

УДК 550.4:546.02

© С.С. Карагодин, Д.В. Карагодин

РАДИОГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКАЯ И ИТОГЕОХИМИЧЕСКАЯ АНОМАЛИЯ «БОЛЬШОЙ АВНЯР»

ФГУП «Зеленогорскгеология», г. Екатеринбург
(Представлена д.чл. УАГН Кузнецовым А.И.)

© Karagodin M.S., Karagodin D.V.

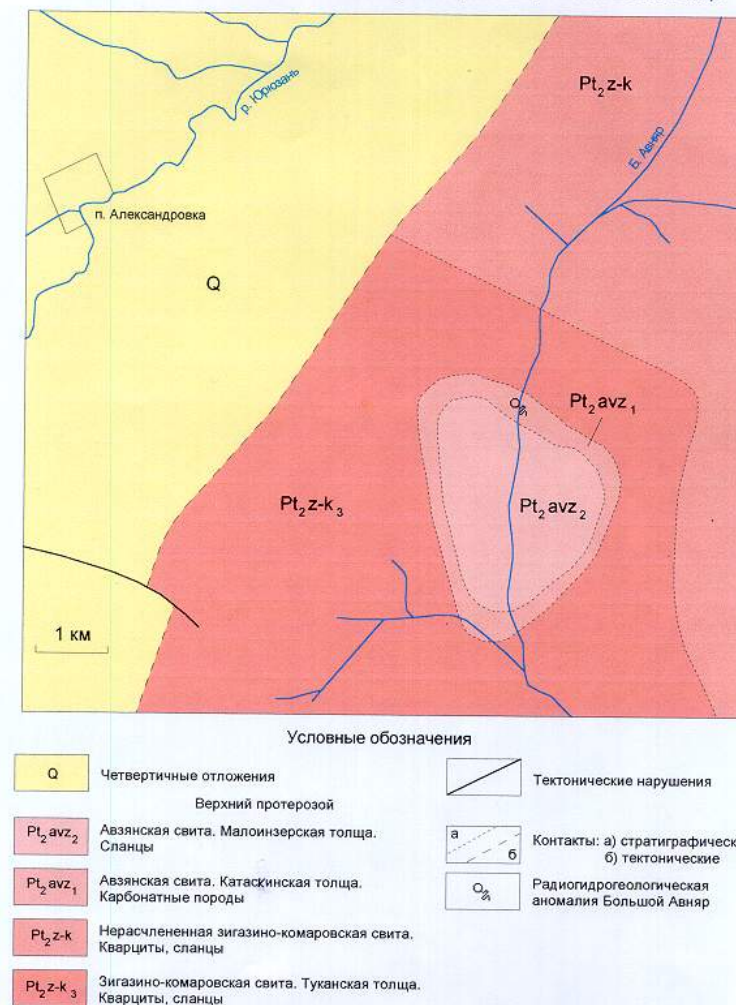
RADIO-HYDRO-GEOLOGICAL AND GEONHEMICAL ANOMALY «BOLSHOI AVNIAR»

Комплексная радиогидрогеологическая и геохимическая аномалия «Большой Авняр», выявленная в 1959г. в процессе поисковых работ на уран в древних толщах западного склона Урала (1), находится в слабо изученном районе Южного Урала в верхнем течении типичной горной реки Большой Авняр, в 6,5 км к юго-востоку от лежащего в долине реки Юрюзань п.Александровка (рис.), на пересечении идущей к юго-востоку от п.Александровка просеки с руслом реки Большой Авняр.

Район аномалии сложен верхнепротерозойскими песчано-сланцевыми толщами, которые образуют серию крупных сложно построенных антиклинальных и синклиналиных структур. Характерные для района разрывные нарушения представлены надвигами и сбросами субмеридионального и широтного направлений. Магматические процессы проявились здесь интрузиями гранитоидов, габброидов, диабазов и эффузивами основного и кислого состава, которые наблюдаются только в древних толщах. Наиболее значительные фазы тектогенеза, проявившиеся после образования верхнепротерозойских осадков, относятся к концу салаирского – началу каледонского цикла. С этим циклом связываются метаморфизм древних толщ, образование кварцевых жил, месторождений горного хрусталя, колчеданных и свинцово-цинковых руд и другие проявления гидротермальных процессов, распространенных в отложениях древних свит. Средние и поздние фазы каледонского и все фазы герцинского циклов тектогенеза по данным геологических исследований, проведенных до 1960 года, в районе проявились слабо (2).

Согласно геологической карте А.И.Иванова масштаба 1:100 000 (2), составленной в 1948г., характеризуемая комплексная радиогид-

Схематическая геологическая карта верховья р. Большой Авняр



рогеологическая, гидрогеохимическая и литогеохимическая аномалия приурочена к северному крылу пологой брахисинклинали, осложненной на крыльях складками более высоких порядков. Брахисинклиналь сложена кристаллическими и филлитовыми сланцами с прослоями графитистых сланцев, аргиллитов, карбонатных пород и кварцитов, которые подразделяются на пять толщ и относятся к зигазино-комаровской и авзянской свитам верхнепротерозойского возраста (см. рис.). Метаморфический комплекс пород, слагающих участок анома-

лии, часто несет следы вторичных изменений: серицитизации, карбонатизации, пиритизации, графитизации. В графитизированных участках наблюдаются маломощные кварцевые прожилки.

Комплексная радиогидрогеологическая аномалия первоначально установлена Башкирским отрядом при проведении регионального геолого-радиометрического маршрута в 1959г. в нескольких небольших разобренных мочежинах, расположенных в заболоченной пойме реки Большой Авняр. В начале здесь были выявлены две радиометрические аномальные точки (№1 и №2), активность в которых связана с водами и составляла 307 и 214 мкр/час. Концентрация радона в воде этих точек составила, соответственно, 360 и 362 эман. Содержание урана в пробе воды из аномальной точки №1 составило $2,0 \times 10^{-6}$ г/л. В воде шурфа №33, пройденного в 10 м севернее аномальной точки №1, обнаружена концентрация радона 6 эман и радия $1,7 \times 10^{-11}$ г/л. Полученные сведения не позволяли дать аномалии однозначную оценку (1), и работы отряда были продолжены в 1960 году.

В процессе оценки аномалии проведено детальное геолого-радиометрическое обследование участка с аномальными точками №№ 1 и 2 в центре: геолого-поисковые маршруты масштаба 1: 25 000 (25,7 кв.км); гамма-поиски по закопушкам в масштабах 1: 10 000 (14,8 кв.км), 1:2 000 (0,13кв.км) и 1:500 (0,12кв.км); эманационная съемка по сети 20 x 5 м (4775 точек наблюдения); шпуровая гамма-съемка по сети 200 x 10 м (690 т.н.); проходка мелких шурфов (114 пог.м) и канавы; штупное опробование (23 пробы), бороздовое (2 пробы) и шлиховое (33 пробы) опробование; уранометрическое опробование по методу донных осадков (146 проб); биохимическое опробование (30 проб); радоновая съемка всех обследованных водопунктов и реки Большой Авняр (76 проб); радиогидрогеологическое и гидрохимическое опробование (35 водопунктов); пробные откачки воды из шурфов, пройденных в эпицентре аномалии (15 откачек)(3).

В результате выполненных работ, кроме известных с 1959 года двух аномальных точек, выявлено еще восемь точек (№№ 3 – 8,10,11) с радиоактивностью вод от 34 до 120 мкр/час и содержанием радона в них от 60 до 845 эман. Семь из этих аномальных точек (№№ 3 – 7,10,11) расположены в пойме реки Бол. Авняр по обеим берегам её русла и являются малодобитными источниками, аналогичными выявленным ранее. При этом пять аномальных точек непосредственно прилегают к аномальной точке №1, а две – удалены ниже по течению реки на 900м (№10) и выше по течению на 1400м^{х)} (№11).

Одна аномальная точка (№ 8), в отличие от всех других, расположена вне площади развития пойменных отложений, в правом борту речной долины на расстоянии 400 м к северо-западу от эпицентра аномалии.

Все аномальные точки в центре аномалии для их изучения вскрыты шурфами. Шурфы, пройденные на правом берегу для изучения аномальных точек №№ 1 и 3, вследствие большого притока воды остановлены в аллювиальных отложениях, представленных несортированным песчано-илистым материалом с гальками и валунами кварцитов, филлитов и обуглившимися древесными остатками. Шурфы, пройденные на левом берегу для вскрытия аномальных точек №№ 4 и 5, были остановлены по той же причине в слое торфа и аллювия. Шурфами вскрыт ореол радиоактивных вод, гамма-активность которых достигает 60–200 мкр/час. Концентрация радона в ореоле составляет от 30 – 70 до 760 эман. Содержание урана в водах колеблется от следов до $n \times 10^{-7}$ г/л и только в одной аномальной точке (№ 6, на левом берегу) оно определено в $2,7 \times 10^{-6}$ г/л. Содержание радия в водах аномальных точек №№ 4 и 7 составляет 1×10^{-11} г/л, во всех остальных случаях – не превышает 1×10^{-12} г/л (табл.1).

После проведения откачек концентрация радона в воде аномальных точек резко возрастает и достигает 150 – 845 эман (табл.2), а ореол радиоактивных вод расширяется и увеличивается в размерах с $25 \times 10 \text{ м}^2$ до $45 \times 25 \text{ м}^2$ (3).

Характеристика удаленных от эпицентра аномальных точек следующая.

Аномальная точка № 10 выявлена по радиоактивности 16 мкр/час на фоне 3–4 мкр/час. Максимальная радиоактивность вод, установленная здесь при детализации, равна 42 мкр/час. Концентрация радона в воде достигает 112 эман, содержание урана – 1×10^{-6} г/л, радия – 1×10^{-12} г/л.

В аномальной точке №11 повышенная радиоактивность связана с несколькими малодобитными родниками, радиоактивность вод в которых колеблется от 22 до 34 мкр/час, концентрация радона в водах – от 11 до 69 эман. В пробах воды обнаружены следы радия (менее 1×10^{-12} г/л) и до 8×10^{-7} г/л урана.

В аномальной точке №8, выявленной, как и все прочие аномалии, гамма-поисками, но приуроченной к выходу коренных верхнепротерозойских пород, повышенное содержание радона установлено также в источнике. Шурфом, пройденном в месте выхода источника, на глубине 2,5 метра под бурными деллювиальными глинами вскрыта обводненная дресва филлитовых сланцев катаскинской толщи авзянской свиты, радиоактивность которых на забое выработки равна 38 мкр/час. Содержание урана в филлитовидных сланцах, определенное лабораторным путем по бета-методу, составляет 0,001%. Концентрация радона в воде равна 57 эман. Уран в воде не обнаружен, радий

^{х)} Примечание: при отсчете расстояния непосредственно вдоль русла реки.

ХАРАКТЕРИСТИКА АНОМАЛЬНЫХ ТОЧЕК НА УЧАСТКЕ "БОЛЬШОЙ АВНЯР"

Таблица 1

| №№ мак-сим-умов | Ради-оакт-ивно-сть, мкр/ч | №№ проб воды | Содержание радиоактивных элементов | | | Дебит источника, л/сек | Геологические условия выхода вод | Химический состав вод | pH |
|-----------------|---------------------------|----------------------|------------------------------------|----------------------------------|--|------------------------|----------------------------------|--|------|
| | | | радон, эман | уран, г/л | радий, г/л | | | | |
| 1 | 170 | 1227 | 760 | 2×10^{-6} | $< 1 \times 10^{-12}$ | -0,1 | Аллювий | $M_{0,135} \text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-, \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Ca}_{4,7} \text{Na}_{1,1} \text{Mg}_{20}$ | 6,8 |
| 2 | 61 | 1241 | 160 | — | — | <0,08 | Аллювий | — | — |
| 3 | 44 | 1240 | 70 | — | — | <0,08 | Аллювий | — | — |
| 4 | 120 | 1202 1224 | 690 | н/оби н/оби | 1×10^{-12} 1×10^{-11} | 0,08 | Аллювий | $M_{0,188} \text{SO}_4^{2-} \text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-$ (Na+K) ₃₇ Mg ₂₃ Ca ₁₉ | 6,2 |
| 5 | 68 | 1229 1233 | 250 | н/оби | — | <0,08 | Аллювий | — | — |
| 6 | 53 | 1238 | 135 | $2,7 \times 10^{-6}$ | — | <0,08 | Аллювий | — | — |
| 7 | 80 | 1237 1269 | 115 | н/оби | 1×10^{-11} | <0,08 | Аллювий | $M_{0,055} \text{HCO}_3^-, \text{NO}_3^-$ $\text{Ca}_{0,6} \text{Mg}_{23}(\text{Na}+\text{K})_{13}$ | 6,1 |
| 8 | 38 | 1204 | 57 | н/оби | 1×10^{-12} | -0,04 | Дресна филлитов | $M_{0,062} \text{HCO}_3^-, \text{SO}_4^{2-}$ $\text{Na}_{7,2} \text{Ca}_{10} \text{Mg}_{69}$ | 6,2 |
| 10 | 42 | 1242 | 112 | 1×10^{-6} | 1×10^{-12} | <0,08 | Аллюв-болот. отл. | — | — |
| 11 | 34 | 1208 1209 1205 | 69 68 60 | — н/оби 8×10^{-7} | $< 1 \times 10^{-12}$ — — | <0,08 | Аллювально-болотн. отл. | $M_{0,212} \text{HCO}_3^-, \text{Cl}^-$ $\text{Ca}_{51} \text{Mg}_{29} \text{Na}_{20}$ | 7,45 |

РЕЗУЛЬТАТЫ ОТКАЧЕК ВОДЫ ИЗ ШУРФОВ

Таблица 2

| № п/п | Номера шурфов (и аномальных точек) | Концентрация радона в воде откачкой, эман | Продлжит. понижения уровня воды, минут | Понижение уровня, м | Продолжительность откачек | Дебит в конце откачки, л/сек | Концентрация радона в конце откачки, эман |
|-------|------------------------------------|---|--|---------------------|---------------------------|------------------------------|---|
| 1 | 32 | — | 2 | 0,72 | 1 час 03 мин. | 0,075 | 27 |
| 2 | 33 | — | 6 | 0,85 | 1 час 29 мин. | 0,005 | 13 |
| 3 | 701 | 9 | 9 | 1,13 | 1 час 17 мин. | 0,005 | 21 |
| 4 | 702 | 20 | 13 | 0,85 | 1 час 01 мин. | 0,15 | 86 |
| 5 | 703 | 32 | 5 | 1,0 | 1 час 33 мин. | 0,01 | 85 |
| 6 | 704(ан.1) | 43 | — | 1,16 | 3 часа 39 мин. | 0,04 | 515 |
| 7 | 705(ан.1) | 38 | 5 | 0,4 | 1 час 03 мин. | 0,063 | 150 |
| 8 | 708 | 47 | 7 | 1,02 | 1 час 03 мин. | 0,015 | 96 |
| 9 | 709 | 20 | 11 | 1,0 | 1 час | 0,08 | 90 |
| 10 | 710 | 68 | 7 | 1,15 | 1 час 06 мин. | 0,05 | 80 |
| 11 | 712 | 11 | 6 | 1,16 | 1 час 04 мин. | 0,012 | 15 |
| 12 | 713 | 31 | 4 | 0,70 | 1 час 05 мин. | 0,07 | 0 |
| 13 | 714(ан.4) | 690 ^{х)} | — | 0,50 | 5 часов | 0,08 | 795,845 |
| 14 | 723 | — | 11 | 0,90 | 1 час 04 мин. | 0,025 | 10 |
| 15 | 724(ан.5) | — | 10 | 1,0 | 1 час 01 мин. | 0,1 | 250 |

х) Примечание: Концентрация радона замерена после начала откачки.

находится в пределах следов (1×10^{-12} г/л). Эти сведения позволяют сделать вывод, что и эта аномальная точка обусловлена повышенным содержанием радона.

Таким образом, в результате проведенных Башкирским отрядом оценочных работ установлено, что радиогидрогеологическая аномалия Большой Авняр является существенно радоновой. Вместе с тем, в некоторых водопунктах фиксируются также аномальные содержания урана ($1,0 \times 10^{-6} - 2,7 \times 10^{-6}$ г/л на фоне $1,0 \times 10^{-7}$ г/л) и радия ($1,0 \times 10^{-11} - 1,7 \times 10^{-11}$ г/л на фоне $1,0 \times 10^{-12}$ г/л) (табл.1).

За пределами аномальных точек радиоактивность горных пород на поверхности в местах выхода вод не превышает 1–5 мкр/час, в шурфах – 5–9 мкр/час. Концентрация радона в водах не превышает 10–15 эман (табл.3).

Опробование р.Бол. Авняр, выполненное в 18 пунктах, показало, что концентрация радона в водах реки обычно не превышает 1–9 эман, а в местах смешивания речных вод с радиоактивными концентрация радона в воде повышается до 10–39 эман. Уран в таких пробах не обнаружен.

Как известно из условий миграции элементов в ландшафтах и геохимических средах, концентрация микроэлементов в речном стоке зависит не только от их содержания в омываемых горных породах – источниках обогащения этими элементами, – но **также** и от общей минерализации вод (4). Поэтому определенные спектральным анализом в сухом остатке проб воды содержания микроэлементов, отраженные в таблице №4, получены нами в результате пересчета по предложенной В.С.Комаровым (5) следующим формулам:

$$C = \frac{C_b}{K \times M} \times 100 \%, \text{ где}$$

C – эквивалент среднего содержания (кларк) элемента в объеме пород зоны водообмена, характерный для исследованного участка;

C_b – содержание элемента в воде, мг/л;

M – общая минерализация воды, мг/л;

K – коэффициент водной миграции.

$$K_k = \frac{C}{C_n}, \text{ где}$$

K_k – кларк концентрации элемента: отношение эквивалентного среднего содержания элемента («C») к его среднему (нормированному) содержанию в минеральном остатке воды (« C_n ») по В.С.Комарову и др. (5).

Таблица 3

ХАРАКТЕРИСТИКА ВОДОПУНКТОВ НА УЧАСТКЕ «БОЛЬШОЙ АВНЯР»
ЗА ПРЕДЕЛАМИ АНОМАЛЬНЫХ ТОЧЕК

| № п/п | Номера проб воды | Привязка водопунктов | Содержание радиоактивных элементов | | | Химический состав вод | pH |
|-------|------------------|--|------------------------------------|----------------------|-------------|--|-----|
| | | | уран, г/л | радий, г/л | радон, эман | | |
| 1 | 1248 | р.Б.Авняр 0,05 км южнее аном. точки №1 | н/обн. | – | 0 | HCO^3_{100} $\text{Ca}_{55}\text{Mg}_{29}(\text{Na}+\text{K})_{16}$ | 7,1 |
| 2 | 1272 | Родник 2,5 км ЮВ аном. точки №1 | н/обн. | $<1 \times 10^{-12}$ | 5 | $\text{HCO}^3_{96}\text{Cl}_3\text{NO}^3_1$ $\text{Ca}_{65}\text{Mg}_{32}(\text{Na}+\text{K})_3$ | 7,5 |
| 3 | 1201 | Родник 0,4 км СЗ аном. точки №1 | – | – | 7 | $\text{HCO}^3_{90}\text{SO}^4_6\text{Cl}_4$ $\text{Ca}_{43}\text{Mg}_{34}(\text{Na}+\text{K})_{22}$ | 7,6 |
| 4 | 1247 | р.Б.Авняр 0,16 км севернее аном точки №1 | н/обн. | – | 0 | HCO^3_{100} $\text{Ca}_{52}\text{Mg}_{32}(\text{Na}+\text{K})_{16}$ | 7,1 |

Из числа определенных в пробах воды в повышенных количествах микроэлементов (табл.4) свинец ("К_к" до 6,7), кобальт ("К_к" до 92) и ванадий ("К_к" до 28) обычно являются спутниками урана.

Минерализация вод в аномальных точках, так же как и на всем участке, низкая – 0,055–0,248 г/л. На участке аномалии обычные воды имеют гидрокарбонатно-кальциево-магниевый состав и являются нейтральными или слабо щелочными (рН = 7,1 – 7,6) (табл.3). Аномальные воды характеризуются повышенным содержанием сульфат- и натрий-калий ионов и, судя по результатам откачки (аномальная точка № 4), имеют сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый состав. Иногда воды имеют слабый запах сероводорода (аномальные точки №№ 1,3). Воды аномальных точек обычно слабо кислые (рН = 6,1 – 6,4) (табл.1).

Следовательно, аномальные воды отличаются от обычных не только повышенным содержанием радиоэлементов и некоторых микроэлементов, но еще и величиной рН и химическим составом.

При обследовании участка гамма-поисками масштаба 1:10 000 установлено, что данная площадь характеризуется нормальным (фоновым) гамма-полем в пределах 6–10 мкр/час над задернованной поверхностью и 1–5 мкр/час в заболоченных участках (прибор СРП–2). Радиоактивных аномалий, не связанных с выходами радоновых вод, не выявлено.

По радиоактивности горных пород на участке выделяются три пачки. Две из них, а именно – филлитовые сланцы с **прослоями графитистых сланцев** туканской и сереганской толщ зигазино-комаровской свиты – отличаются наиболее высокой радиоактивностью (10–9 мкр/час). Третья пачка – карбонатные породы катаскинской толщи авзянской свиты, которые, как правило, образуют положительные формы рельефа и залегают среди филлитовых сланцев в виде маломощных прослоев (2–10 м), – имеют самую низкую радиоактивность (3–5 мкр/час).

В горных выработках различные сланцы имеют радиоактивность 8–16 мкр/час (прибор ПГР); максимальная радиоактивность пород в горных выработках, достигающая 18–31 мкр/час, зафиксирована в филлитовых сланцах туканской толщи (шурфы 745,746). Доломиты катаскинской толщи обладают радиоактивностью, равной 4 мкр/час. Радиоактивность торфяных отложений и обуглившихся древесных остатков, вскрытых шурфами в пойме реки при изучении аномальных точек, низкая и не превышает 5 мкр/час.

Содержание урана в сланцах и доломитах: «не обнаружено» – 0,002%. Радиохимическим анализом в породах установлено очень низкое содержание радия (<1х10⁻¹² г/л) (табл.4).

Таблица 4

СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ОБЪЕМЕ ПОРОД ЗОНЫ ВОДОУБЕЖЕНИЯ
НА УЧАСТКЕ АНОМАЛИИ «БОЛЬШОЙ АВНЯР»

| № п/п | №№ проб воды | Минерализация, мг/л | Содержание микроэлементов в сухом остатке проб воды, % / кларк концентрации элемента | | | | | | | | | | | | |
|-------|--------------|---------------------|--|---------------------|----------------------------|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|---|--------------------------|---|--------|--|--|
| | | | уран | радий | ванадий | молибден | Мель | свинец | цинк | серебро | кобальт | марганец | сурьма | | |
| 1 | 1227 | 135 | 7,4х10 ⁻⁴ /5,7 | <1х10 ⁻⁹ | н/обн. | н/обн | 3,5х10 ⁻³ /0,40 | 9,6х10 ⁻⁴ /0,6 | 2,6х10 ³ /0,1 | — | 2,1х10 ⁻¹ /16 | 2,2х10 ⁴ /1,7х10 ³ | | | |
| 2 | 2546 2552 | 100 | 10х10 ⁻⁴ /7,7 | — | 36х10 ⁻³ /28 | 1х10 ⁻⁴ /0,07 | 5,9х10 ⁻³ /0,66 | 1х10 ⁻² /6,7 | н/обн | 2,3х10 ² /62 | 1,4 /110 | — | | | |
| 3 | 1224 | 129 | /обн | 1х10 ⁻⁸ | н/обн | н/обн | 5,9х10 ⁻³ /0,66 | 1х10 ⁻³ /0,6 | 2,7х10 ³ /0,1 | 8,7х10 ⁻⁶ /3,5х10 ⁻² | 2,1 /160 | 1,4х10 ³ /1,1 | | | |
| 4 | 1208 | 212 | н/обн | 1х10 ⁻⁹ | н/обн | н/обн | 3,6х10 ⁻³ /0,4 | 1х10 ⁻⁴ /0,66 | 2,7х10 ³ /0,1 | — | 7х10 ³ /0,54 | 2,3х10 ⁴ /0,18 | | | |
| 5 | 1249 | — | н/обн | — | — | — | 1,8х10 ⁻³ /0,2 | 2х10 ⁻³ /1,33 | 3,5х10 ³ /0,14 | — | 2,14 /165 | 4,6х10 ⁴ /0,35 | | | |
| 6 | 1269 | 55 | — | 1х10 ⁻⁸ | н/обн | — | 5,9х10 ⁻³ /0,66 | 2,9х10 ³ /2,0 | 2,9х10 ³ /0,12 | 3,2х10 ⁻⁶ /1,3х10 ⁻⁴ | 7,1х10 ³ /55 | 1,4х10 ³ /1,1 | | | |
| 7 | 1272 | 156 | н/обн | — | н/обн | н/обн | 0,6х10 ⁻³ /0,07 | 1х10 ⁻³ /0,67 | 2,8х10 ³ /0,1 | — | 4х10 ² /3,3 | 2х10 ³ /1,8 | | | |
| 8 | 1265 | 44 | н/обн | — | н/обн | — | 3,5х10 ⁻³ /0,4 | 1х10 ⁻² /6,6 | 8х10 ² /3,2 | 8,7х10 ⁻⁶ /3,5х10 ⁻⁴ | 2,1 /160 | 7х10 ³ /5,4 | | | |

В илесто-торфянистых отложениях и обуглившись древесных остатках, отобранных в аномальных точках, уран определялся люминесцентно-перловым методом. Анализ 30-ти проб показал либо отсутствие, либо очень низкое содержание урана (1×10^{-4} – 4×10^{-4} %). Четыре пробы, отобранные из аномальной точки № 1, были направлены на альфа-промер (1). В одной из этих проб содержание эквивалентного урана составило 0,011–0,016 %^{х)}, радия – 7×10^{-12} г/л. В остальных пробах содержание эквивалентного урана составляет первые тысячные доли процента. Спектральный анализ илесто-торфянистых отложений, обладающих повышенной альфа-активностью, показал повышенные содержания: титана (0,4–1,0%), хрома (0,1–0,2 %), никеля (0,02–0,1%), кобальта, лантана, иттрия (0,01–0,02 %).

Эманационная съемка, проведенная на крыльях брахисинклиальной структуры, положительных результатов не дала. Овышенные концентрации радона в почвенном воздухе – до 32–45 эман на фоне 5–10 эман – оказались связанными с филлитовидными сланцами авзянской и зигазино-комаровской свит (шурфы 778, 779, 780 и др.). Гамма-активность пород в этих шурфах равна 7–16 мкр/час (прибор ПГР). Содержание урана в сланцах, определенное по бета-методу, не превышает 0,001–0,002%.

Гамма-съемкой по шпурам аномалий не выявлено.

Люминесцентно-перловым анализом уранометрических проб, отобранных по руслу р. Бол. Авняр и его притокам, установлено, что фоновое содержание урана в донных осадках не превышает 5×10^{-4} %. Все пробы с аномальным содержанием др.). Гамма-активность пород в этих шурфах равна 7–16 мкр/час (прибор ПГР). Содержание урана в сланцах, определенное по бета-методу, не превышает 0,001–0,002%.

Гамма-съемкой по шпурам аномалий не выявлено.

Люминесцентно-перловым анализом уранометрических проб, отобранных по руслу р. Бол. Авняр и его притокам, установлено, что фоновое содержание урана в донных осадках не превышает 5×10^{-4} %.

Все пробы с аномальным содержанием урана (от 6×10^{-4} % – 10×10^{-4} % до 35×10^{-4} %) расположены вдоль русла реки.

Одна уранометрическая проба (№02003) была направлена на спектральный анализ. В ней обнаружено аномальное содержание вольфрама – 0,01 %.

Биогеохимическое опробование, выполненное в небольшом объеме в опытном порядке по меридионально ориентированным, вдоль русла реки, и расположенным по обеим её берегам двум

^{х)} Примечание: Радиохимическим анализом в этой пробе определены (в эквиваленте урана): ионий – 0,004 %, уран I + II – 0,005 %, уран X₁ – 0,003 %.

коротким профилям, проходящим через шурфы № 32а (аномальная точка 1) и № 714 (аномальная точка 4), показало наличие аномалий. Последние характеризуются 13 – 20 кратным превышением над местным фоновым содержанием урана в травянистых болотных растениях при концентрации эквивалентного урана, определенно-го по альфа-лучам, равной $4,3 – 7,0 \times 10^{-3}$ %.

Интересно, что выявленные биогеохимические аномалии находятся в левом борту речной долины (около шурфа № 714) и их расположение пространственно не связано с точками выхода радиоактивных радоновых вод на правом берегу реки.

По результатам спектрального анализа 147 проб, отобранных из шурфов и обнажений на участке описываемой аномалии Большой Авняр, в породах (главным образом в филлитовидных сланцах) установлены литогеохимические аномалии – повышенные содержания цинка, меди, свинца, никеля, бария, ванадия и других элементов (3). Семь проб, в которых содержание цинка, меди, ванадия или других элементов превышает кларк элемента (по А.П. Виноградову, 1962) более чем в 10 раз (а фоновое содержание элемента на участке – в 10–50 раз), располагаются в 0,25–1,0 км восточнее аномальных точек №№ 1 и 11, то есть, так же как и биогеохимические аномалии, – на левом берегу реки. Шесть из этих проб довольно четко располагаются вдоль линии северо-северо-западного простирания.

В шлихах, отмытых из русловых отложений реки Бол. Авняр и его притоков, наибольшее количество минералов отмечается в электромагнитной фракции. В ней встречены: кианит (85–95 %), лимонит (8–15 %), гематит (ед. знаки – 12 %), эпидот, ильменит (ед. знаки – 1 %) и, в единичных знаках, циркон, пирит, хромшпинель, мартит, турмалин, монацит, флюорит. Содержание циркона в тяжелой немагнитной фракции шлихов составляет 60–95 %. Кроме того, в остальных фракциях шлихов в единичных зернах встречены апатит, ставролит, рутил, анатаз.

Содержание радиоактивных элементов в электромагнитной фракции по бета-лучам колеблется от «не обнаружено» до 0,007 % эквивалентного урана. Повышенная радиоактивность шлихов объясняется, по-видимому, присутствием циркона, монацита и других радиоактивных аксессуарных минералов.

Таким образом, комплексная **радиогеогеологическая и литогеохимическая аномалия Большой Авняр** проявляется в двух средах – в воде и в горных породах, – которые, по-видимому, явились причиной возникновения вторичных ореолов рассеяния, зафиксированных уранометрической (метод донных осадков) и биогеохимической съемками.

В заключение описания комплексной радиогидрогеологической, гидрохимической, литогеохимической, биогеохимической и металлометрической аномалии Большой Авняр считаем необходимым отметить следующее.

Радиоактивные воды, выявленные в долине реки Большой Авняр, обладают аномальным содержанием радиоэлементов: содержание **радона** в них превышает фоновое в 10–50 (и более) раз, урана – в 10–20 раз, радия – в 10 раз.

Эти воды являются восходящими и обнаруживаются на поверхности в локальных малодобитных (около 5 л/мин.) родниках и мочевинах в заболоченной речной пойме, а также, частично, в правом борту речной долины. Их ресурс, определенный в пределах эпицентра аномального участка (на площади 45х25 м²), составляет 50 куб.м/сут. Общие запасы радоновых вод, которые обладают лечебными свойствами, на наиболее изученной части верховьев р.Большой Авняр насчитывают не менее 100 куб.м/сут., что отвечает **месторождению бальнеологических радоновых вод средних масштабов.**

Пойма реки заполнена аллювиальными галечными отложениями, а борта речной долины сложены преимущественно филлитовидными сланцами с прослоями графитистых сланцев. Радиоактивные воды, содержащие радон в количестве от 60 до 300–760 эман, уран – до $1,0 \times 10^{-6}$ г/л – $2,7 \times 10^{-6}$ г/л, радий – до $1-10 \times 10^{-12}$ г/л, имеют сульфатно-гидрокарбонатно-натриевый состав, слабо кислые (рН = 6,1 – 6,4). При проведении откачек содержание радона в них резко возрастает и достигает 845 эман.

Все это свидетельствует о том, что независимо от генезиса радиоактивных вод **содержание радона** в них, наряду с уже установленными объемами последних, **достаточно для** постановки вопроса об открытии здесь **бальнеологического курорта.**

На участках выхода радиоактивных вод в пойме р.Бол. Авняр вскрыть коренные породы с помощью горных работ не представилось возможным вследствие сильной обводненности пойменных отложений. Поскольку источник возникновения аномально высоких концентраций радиоэлементов остался не выясненным, аномалия осталась не оцененной. Можно предположить, что радоновые воды связаны со вторичными эманулирующими коллекторами, расположенными в четвертичных отложениях либо в тектонически нарушенных графитистых сланцах.

Однако, восходящий характер радиоактивных вод, узкая локализация их выходов, специфический химический состав вод и содержащихся в них микроэлементов, наличие биогехимических и металлометрических аномалий, позволяют предположить также связь этих

вод с рудными концентрациями урана и других металлов в тектонической зоне, проходящей по долине реки.

Для оценки аномалии Большой Авняр было рекомендовано пройти 8 скважин колонкового механического бурения глубиной от 25 до 150 м с общим метражем 400–500 погонных метров (3). Из них две скважины глубиной до 150 м предлагалось пройти друг другу навстречу – вилкой – для подсечения предполагаемой рудоносной тектонической зоны в долине реки. Шесть скважин глубиной до 50 м целесообразно использовать для выяснения геологической обстановки и определения направления потока подземных вод.

Вместе с тем, участок комплексной **аномалии Большой Авняр** уже сейчас заслуживает пристального внимания.

Кроме того, в прилегающем к аномалии районе в 1959 г. выявлены две радио-гидрогеологические аномалии, сходные с радиогидрогеологической аномалией Большой Авняр, – «г.Малый Ирмель» и Тыгынская II. Концентрация радона в водах этих аномалий составляет, соответственно, 67 и 17 эман (1,3).

Литература

1. **Карагодин С.С. и др.** Отчет о поисковых работах, проведенных в 1959 году в грубообломочных отложениях Башкирско-Уралтауского мегантиклинория, том II, Башкирский отряд Центрально-Уральской партии, 1960. Свердловск, фонды ЦУП (ФГУП «Зеленогорскгеология»), инв.1290.
2. **Иванов А.И.** Геологическое строение окрестностей Тирлянско-го завода. Лист N–40–XVIII, планшеты N–40–58, N–40–69, N–40–70, 1949. Свердловск, фонды УГУ, инв. 02889.
3. **Горшков Г.Г. и Карагодин С.С.** Радиогидрогеологическая аномалия Большой Авняр, 1960. Свердловск, фонды ЦУП (ФГУП «Зеленогорскгеология»), инв.1384
4. **Перельман А.И.** Геохимия ландшафта. Москва, Высшая школа, 1975.
5. **Комаров В.С., Лопатина А.П. и др.** Отчет ВИРГа по теме № 83 за 1981г. Фонды ВГО, 1981.