

© И.Г. СВАНИДЗЕ, Т.А. КРЕМЛЕВА, А.В. СОРОМОТИН

*svaigor@mail.ru, kreml-ta@yandex.ru, asoromonin@mail.ru*

УДК 556.535.8

**ВОЗДЕЙСТВИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД  
ЗАПАДНО-СИБИРСКОГО АРТЕЗИАНСКОГО БАССЕЙНА  
НА МИГРАЦИЮ МАКРО- И МИКРОЭЛЕМЕНТОВ МАЛЫХ РЕК\***

*АННОТАЦИЯ. В статье приводятся особенности макро- и микроэлементного состава артезианских вод Тобольского района, фонтанирующих из геологоразведочной скважины № 36-РГ и дальнейшей миграции химических элементов в малой реке Аремзянка в результате впадения ручья артезианской воды. Выявлено, что миграция Cl, Br, B, Se, Na, As, Sr, Ba, Te более интенсивна в артезианских водах, в то же время Ca, Mg, Al, Si, P, S, Mn, U сильнее мигрируют в фоновых речных водах. Показано, что в результате впадения в реку ручья артезианской воды, ниже по течению происходит увеличение подвижности наиболее интенсивных мигрантов кислородных вод — Cl, Br, B, Na, Sr, F и среднеинтенсивного мигранта Ba. Подвижность основных макроэлементов речных вод — Ca и Mg — наоборот, несколько уменьшается вследствие изменения ионного состава воды. Увеличения подвижности других макро- и микроэлементов не выявлено.*

*SUMMARY. The article presents the features of macro and trace element composition of artesian waters, leaking from exploration drilling well № 36-RG in Tobolsk area, and further migration of chemical elements in the waters of small river Aremzyanka due to inflow of artesian water stream. Revealed that the migration of Cl, Br, B, Se, Na, As, Sr, Ba, Te is more intensive in artesian waters, while Ca, Mg, Al, Si, P, S, Mn, U stronger migrate in background river waters. Found that as a consequence of the artesian water inflow migration intensity of the most intensive in oxygen waters migrants like Cl, Br, B, F, Na, Sr and medium intensity migrant Ba in the river downstream Aremzyanka enhances. On the contrary, migration mobility of the major macroelements of the river water — Ca and Mg — somewhat reduced due to changes in the ionic composition of the water. Migration mobility increase for other macro and microelements in the stream was not revealed.*

*КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА. Фонтанирующие скважины, термальные воды, микроэлементы вод, макроэлементы вод, малые реки, водная миграция.*

*KEY WORDS. Leaking drilling wells, thermal waters, фонтанирующие скважины, термальные воды, trace-elements of water, macro-elements of water, streams, water migration.*

**Введение.** В последние годы проблема воздействия артезианских вод на окружающую среду Тюменского региона становится все более актуальной в связи с фонтанированием старых геологоразведочных скважин, пробуренных

*\* Работа выполнена при финансовой поддержке проекта «Формирование качества вод и экосистем в условиях антропогенных нагрузок и изменения климата в Западной Сибири» по Постановлению Правительства РФ № 220 (грант № 11G34.31.0036).*

в 50-60-х гг. XX в. при масштабных поисковых работах на нефть и газ и законсервированных в годы бурения вследствие бесперспективности. Эти скважины в результате прорыва устья в настоящее время изливают термальные воды Западно-Сибирского артезианского мегабассейна. Поскольку в 50-60-х гг. прошлого века ограниченное количество транспорта и грузоподъемной техники не позволяло удаляться от водных магистралей, многие геологоразведочные скважины бурились вблизи рек. Именно поэтому большинство бесхозных скважин, изливающих потоки минерализованных вод, расположено на надпойменных террасах и поймах, как крупных рек юга Тюменской области, так и малых водотоков. Их общее количество на территории юга Тюменской области составляет 22, из которых 13 приходится на Тобольский район [1].

Анализ фондовых литературных материалов показал, что водоносными горизонтами фонтанирующих скважин Тобольского района являются готерив-барремский и валанжинский ярусы нижнего мела, а также юрские и даже палеозойские отложения [2], [3], [4]. Исходя из схематической гидрогеохимической карты Западносибирского артезианского бассейна [5], артезианские воды неоком-юрского возраста территории Тобольского района относятся к внутренней гидрогеохимической зоне с пониженной минерализацией, хлоридно-натриевым ионным составом. Содержание микроэлементов повышено даже по сравнению с водами Мирового океана [5]. Однако, несмотря на актуальность и масштабность проблемы, геохимические воздействия неоком-юрских вод на окружающую среду, как результат фонтанирования скважин, не изучены вообще.

**Целью** данной работы является изучение геохимического воздействия артезианских вод на воды малых водотоков при миграции макро- и микроэлементов и связанное с этим воздействием загрязнение реки. Для этого нами была выбрана модельная территория близ фонтанирующей скважины Черкашинской № 36-РГ, расположенной на второй надпойменной террасе реки Аремзянка (т.е. в супераквальных позициях).

#### **Объекты и методика исследований**

**Характеристика объекта исследования.** Скважина Черкашинская № 36-РГ была пробурена в 1965 г. в Тобольском районе в 1 км на юго-запад от деревни Шестаково при доразведке Черкашинского месторождения йодобромных вод [3]. Скважина расположена на второй надпойменной террасе реки Аремзянка и фонтанирует высоконапорной термальной водой. Возраст водоносного горизонта — готерив-барремский (1730-1784 м и 1830-1842 м) и валанжинский ярусы (1862-1882 м) нижнего мела (неокома). Температура воды +90°С. Высота фонтана достигает 7-8 метров. Дебит — 1000 м<sup>3</sup>/сутки [3]. При бурении опробование вод на макро- и микроэлементы не проводилось [3].

**Методика исследования.** Изучение макро- и микроэлементного состава артезианских и речных вод изучалось методом опробования. Пробы отбирались выше по течению (2000 м и 1000 м) и ниже по течению в 100 м, 300 м, 500 м, 1000 м и 2000 м ниже по течению от источника загрязнения и в устье впадения в р. Иртыш (9000 м). Отбор проб проводился в наиболее показательный маловодный сезон — летнюю межень (середина июля 2012 г).

Определение макро- и микроэлементного состава вод выполняли в лабораториях Тюменского государственного университета и Института геохимии и аналитической химии имени В.А. Вернадского РАН. Аналитическая программа

работ включала в себя определение макроэлементов ( $\text{Cl}^-$ ,  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Na}^+$ ) и комплексных ионов воды ( $\text{HCO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ) и осуществлялась на ионных хроматографах ICS-1100 и ICS-2100. Определение микроэлементов воды осуществлялось на ИСР.

Поскольку концентрации микроэлементов в воде сами по себе не дают представления об их миграционной способности, на основании полученных данных для всех макро- и микроэлементов речных и артезианских вод вычислялись коэффициенты водной миграции  $K_x$  по формуле, предложенной А.И. Перельманом (1975) [6]:

$$K_x = \frac{m_x * 100}{a * n_x},$$

где  $m_x$  — содержания элемента в воде (мг/л);  $a$  — минерализация (мг/л);  $n_x$  — кларк литосферы (%). Для вычисления  $K_x$  использовались кларки химических элементов в литосфере по А.П. Виноградову (1967). Степень интенсивности водной миграции оценивалась по градациям для кислородных и термальных вод [7].

### Результаты и обсуждения

*Сравнительный анализ макро и микроэлементного состава артезианских и речных вод.* Макро- и микроэлементный состав артезианской воды из фонтана скважины № 36-РГ и фоновой речной воды приведены на рис. 1.

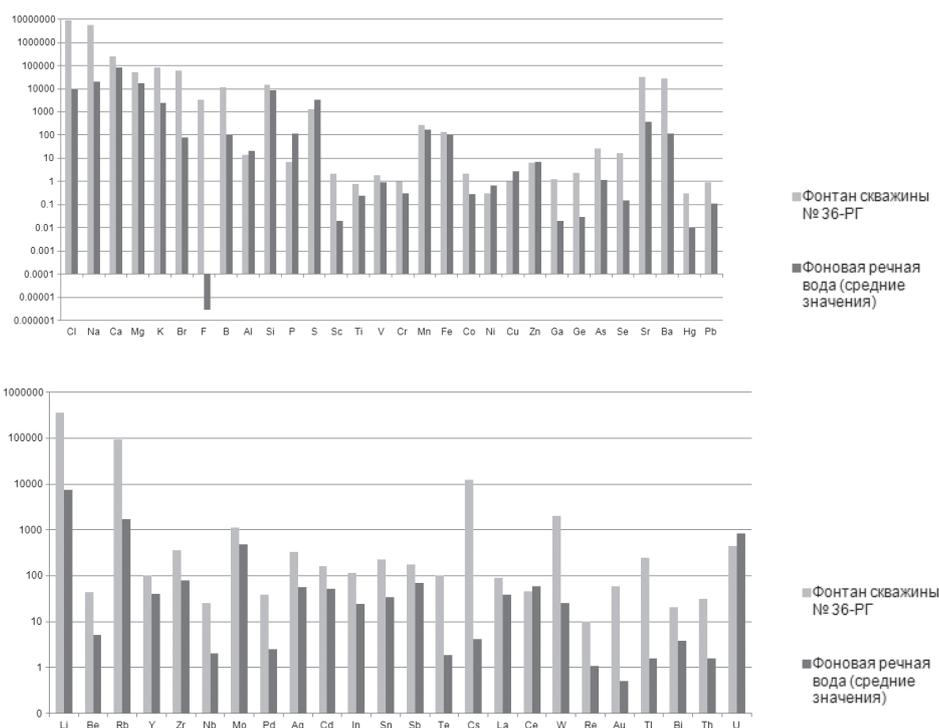


Рис. 1. Макро- и микроэлементный состав термальных вод из фонтана скважины № 36-РГ и фоновых речных вод (а — мкг/л, б — нг/л)

По ионному составу артезианская вода является хлоридно-натриевой. По концентрациям анионов на первом месте  $\text{Cl}^-$  ( $8788 \pm 879$  мг/л), на втором  $\text{HCO}_3^-$  ( $505.4$  мг/л) и далее  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $54.2 \pm 5.4$  мг/л). По концентрациям катионов на первом месте  $\text{Na}^+$  ( $5747 \pm 575$  мг/л), на втором  $\text{Ca}^{2+}$  ( $255 \pm 26$  мг/л) и далее  $\text{K}^+$  ( $83.6 \pm 8.4$  мг/л) и  $\text{Mg}^{2+}$  ( $53.3 \pm 5.3$  мг/л). По венецианской системе артезианские воды относятся к категории солоноватых мезогалинных вод (5-18д) с суммой ионов  $15486$  мг/л (т.е. более 15д.). Все вышеперечисленные показатели значительно превышают концентрации основных ионов в фоновой воде р. Аремзянка.

Речная вода имела следующий ионный состав (средние значения):  $\text{HCO}_3^-$  ( $348$  мг/л),  $\text{Cl}^-$  ( $9.5$  мг/л),  $\text{SO}_4^{2-}$  ( $10.6$  мг/л),  $\text{Ca}^{2+}$  ( $79.9$  мг/л),  $\text{Na}^+$  ( $19.5 \pm$  мг/л),  $\text{Mg}^{2+}$  ( $17.4$  мг/л),  $\text{K}^+$  ( $2.5$  мг/л). Эти воды относятся к гидрокарбонатному классу, кальциевой группы и являются маломинерализованными. Минерализация фоновой воды составляла  $484.4$  мг/л, что согласовывается с литературными данными для периода летней межени [8].

Большинство элементов артезианских вод превосходят по концентрациям речные, за исключением Al, P, S, Ni, Cu, Zn, Se, U (рис. 1, а, б). В них выявлены высокие содержания неметаллов: Br ( $59200$  мкг/л), Si ( $14667$  мкг/л), B ( $11900$  мкг/л), F ( $3450$  мкг/л), а также щелочноземельных металлов: Sr ( $33389$  мкг/л), Ba ( $26978$  мкг/л).

По кислотно-основным условиям артезианская вода обладала нейтральной реакцией ( $\text{pH} = 7.03 \pm 0.2$ ), речная вода имела в целом слабощелочную реакцию ( $\text{pH} = 8.16-8.28 \pm 0.2$ ).

*Увеличение коэффициентов водной миграции макро и микроэлементов речной воды в результате притока артезианских вод.* Расчет коэффициентов водной миграции ( $K_x$ ) выявил существенные различия этого показателя для многих химических элементов в артезианских и речных водах (табл. 1). Для одних элементов (Ca, Mg, Al, Si, P, S, Mn, U и др.) коэффициенты водной миграции в артезианских водах ниже, чем в фоновых речных водах. Другие элементы (Cl, Br, B, Na, F, Sr, Ba, Se, Te и др.) отличаются более высокими коэффициентами в фонтане скважины. Исходя из градаций, предложенных для термальных рассолов [7], очень сильной степенью интенсивности водной миграции в артезианских водах ( $K_x = 1000000 - 700$ ) отличаются Cl и Br, сильной степенью интенсивности обладает B и Se ( $K_x = 700 - 20$ ), средней ( $K_x = 20 - 1$ ) — Na, As, Sr, Ba, Te. Миграция остальных химических элементов слабая и очень слабая.

В фоновых речных водах, согласно рядам миграции для кислородных вод [7], очень сильной степенью интенсивности миграции ( $K_x = 10 - 100$ ) обладают Cl, B, S, Br. Миграция Na, Ca, Mg, As, Se, Sr, Ag, Te, Re сильная ( $K_x = 1 - 10$ ). Интенсивность миграции остальных элементов средняя, слабая и очень слабая.

Таблица 1

**Коэффициенты водной миграции макро и микроэлементов в артезианских и речных водах ( $K_x$ )**

	Фонтан скважины № 36-РГ	Фоновая речная вода (средние значения)	100 м ниже по течению	300 м ниже по течению	500 м ниже по течению	1000 м ниже по течению	2000 м ниже по течению	В устье впадения в р. Иртыш	Речная вода (средние значения)
Cl	3338.0	114.7	1084.1	780.4	595.2	444.1	428.9	543.9	570.2
Na	14.8	1.6	5.9	4.4	3.6	2.9	2.8	3.4	3.5

Продолжение табл. 1

Ca	0.6	5.5	4.1	4.5	4.8	5.0	5.0	4.8	4.8
Mg	0.2	1.9	1.4	1.5	1.6	1.7	1.7	1.6	1.6
K	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Br	1820.3	77.1	602.6	428.2	335.0	247.1	209.4	270.5	310
F	0.3	0.00000001	0.03	0.11	0.03	0.03	0.02	0.03	0.03
B	64.0	16.5	28.6	23.9	20.6	18.5	16.6	19.1	20.6
Al	0.00001	0.0006	0.001	0.0004	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Si	0.003	0.06	0.04	0.05	0.05	0.06	0.05	0.04	0.1
P	0.0005	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.2
S	0.18	15.2	10.0	11.6	12.7	14.0	13.9	12.8	12.9
Sc	0.01	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004
Ti	0.00001	0.0001	0.0004	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
V	0.001	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
Cr	0.001	0.007	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.006
Mn	0.02	0.3	0.2	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	0.3
Fe	0.0002	0.005	0.004	0.003	0.004	0.004	0.004	0.003	0.004
Co	0.008	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
Ni	0.0003	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
Cu	0.001	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Zn	0.005	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Ga	0.0044	0.002	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Ge	0.1	0.04	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
As	1.0	1.4	1.1	1.2	1.3	1.4	1.4	1.2	1.3
Se	22.0	6.2	4.4	5.0	5.3	5.6	5.6	5.4	5.4
Sr	6.3	2.3	3.3	2.7	2.6	2.6	2.5	2.4	2.6
Ba	2.7	0.4	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.6
Hg	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Pb	0.004	0.01	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01
Li	0.7	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
Be	0.001	0.003	0.003	0.002	0.002	0.002	0.004	0.002	0.003
Rb	0.04	0.02	0.03	0.03	0.03	0.03	0.02	0.02	0.03
Y	0.0002	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Zr	0.0001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001
Nb	0.0001	0.0002	0.0003	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
Mo	0.07	0.9	0.7	0.8	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8
Pd	0.002	0.004	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003
Ag	0.31	1.7	1.4	6.2	1.4	1.1	1.3	0.9	2.0
Cd	0.08	0.8	0.8	1.1	1.1	1.2	0.9	1.0	1.0
In	0.03	0.2	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.04
Sn	0.01	0.03	0.04	0.03	0.02	0.02	0.02	0.01	0.03
Sb	0.02	0.3	0.3	0.4	0.5	0.5	0.4	0.3	0.4
Te	6.7	3.9	2.2	2.5	2.7	2.8	2.8	2.7	2.8
Cs	0.2	0.002	0.04	0.03	0.02	0.01	0.01	0.005	0.017
La	0.0002	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003
Ce	0.00004	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002	0.002
W	0.1	0.04	0.03	0.04	0.03	0.04	0.03	0.03	0.03
Re	0.9	3.2	3.3	2.8	4.8	3.3	3.7	4.2	3.6
Au	0.9	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Tl	0.02	0.003	0.01	0.01	0.005	0.005	0.005	0.004	0.005

Окончание табл. 1

Bi	0.15	0.9	0.7	0.6	0.7	0.8	0.6	0.7	0.7
Th	0.0002	0.0003	0.0005	0.0003	0.0003	0.0004	0.0003	0.001	0.0004
U	0.01	0.7	0.5	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.63

Поступление с артезианской водой Вг, Сl, В приводит к значительному росту коэффициентов водной миграции (табл. 1, рис. 2), что объясняется очень сильной степенью интенсивности миграции этих элементов в любых условиях [7]. Наиболее значительные скачки коэффициентов миграции зафиксированы у Сl и Вг. Коэффициент  $K_{Cl}$  увеличивается с 114.9 до 1084 в 100 м ниже по течению от источника загрязнения, что в 9 раз выше по сравнению с фоновыми значениями. Коэффициент  $K_{Вг}$  увеличивается с 77.2 до 602.6. При отдалении от источника загрязнения по течению реки значения коэффициентов постепенно падают, но остаются выше во всех точках опробования до устья впадения Аремзянки в Иртыш. В целом значения коэффициентов миграции Сl в 4-9 раз, Вг в 3-8 раз превышают фоновый уровень. Возврата к фоновому уровню не наблюдается. Коэффициент  $K_{В}$  увеличивается с 16.6 до 28.6 и возвращается к фоновому уровню в 2 км ниже по течению от источника загрязнения.

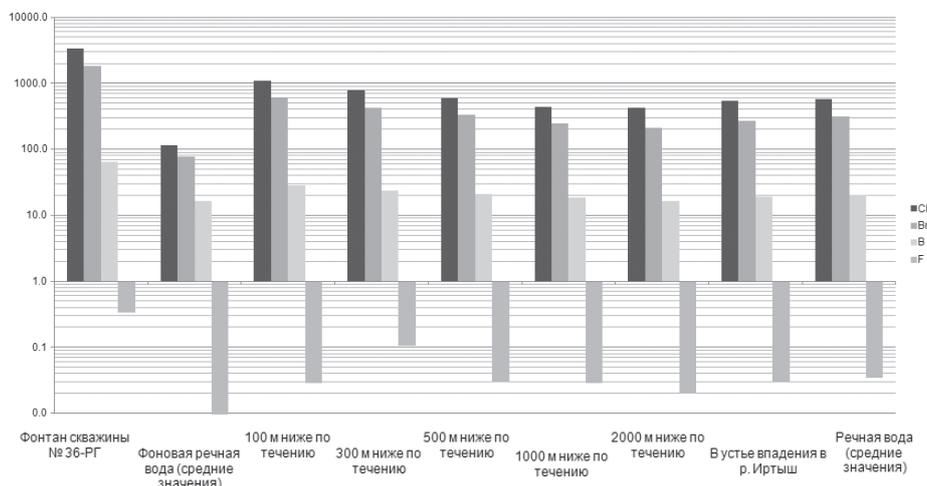


Рис. 2. Изменение коэффициентов водной миграции неметаллов ниже по течению р. Аремзянка.

Необходимо отметить, что в устье впадения Аремзянки в Иртыш коэффициенты миграции Сl, Вг, В, F, Na вновь повышаются, что связано, по-видимому, не только с высокой подвижностью мигрантов, но и с высокой минерализацией самого Иртыша, сток которого формируется в основном в условиях степных и лесостепных ландшафтов, имеющих значительные по площади участки засоленных земель [9].

Помимо вышеперечисленных элементов с артезианскими водами в реку поступает F, который согласно рядам миграции Перельмана является в кислородных водах мигрантом сильной интенсивности [7]. Тем не менее концентрации элемента в фоновой речной воде ничтожно малы, миграция характеризу-

ется как очень слабая. Привнос элемента приводит к увеличению коэффициентов  $K_F$  ниже по течению до 0.02-0.03 и даже до 0.11 в 300 м ниже по течению от источника загрязнения (табл. 1, рис. 2). Степень интенсивности миграции  $F$  из ряда очень слабой переходит в ряд слабой интенсивности. Возврата к фоновому уровню при этом также не происходит.

Другой закономерностью воздействия артезианских вод является повышение коэффициентов миграции  $Na$  ниже по течению от источника загрязнения. В 100 м ниже по течению коэффициент  $K_{Na}$  повышается с 1.6 до 5.9 (табл. 1, рис. 3). В этой точке зафиксировано превышение коэффициентов миграции  $Na$  над  $Ca$  (5.9 и 4.1), смена кальциевой группы речных вод на натриевую. Далее ниже по течению значения коэффициенты  $K_{Na}$  снижаются,  $K_{Ca}$  во всех точках опробования ниже по течению выше  $K_{Na}$ , происходит возврат группы речных вод к кальциевой, но возврата к фоновому уровню коэффициентов миграции не происходит, они остаются повышенными в 2-3 раза до устья впадения в Иртыш.

Значительное увеличение подвижности в речных водах  $Cl$  и  $Na$  приводит к увеличению минерализации реки ниже по течению, изменению состава и соотношений основных катионов и анионов речных вод, смене кальциевой группы на натриевую в непосредственной близости от источника загрязнения при сохранении гидрокарбонатного класса на всем протяжении реки до устья впадения в Иртыш.

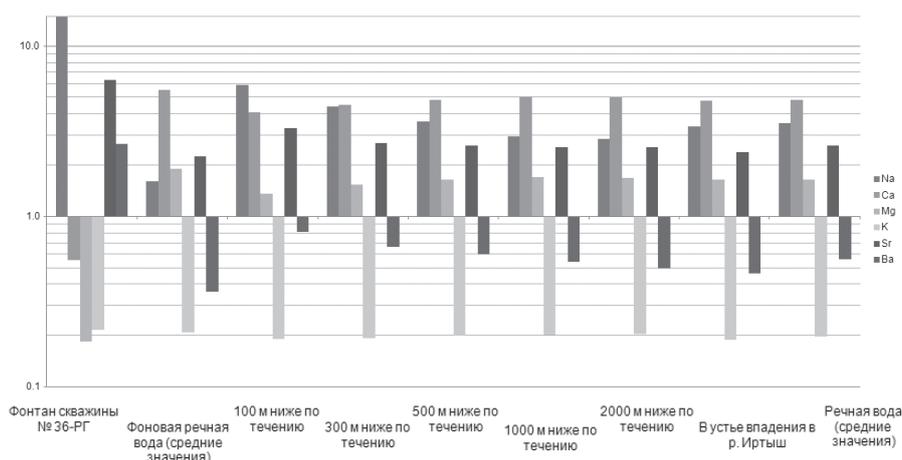


Рис. 3. Изменение коэффициентов водной миграции щелочных и щелочноземельных металлов ниже по течению р. Арэмзянка

В реку с артезианскими водами в заметных концентрациях поступают и другие щелочные и щелочноземельные металлы высокой интенсивности водной миграции:  $Ca$ ,  $Mg$ , а также мигрант средней интенсивности  $K$  [7], которые являются для речной воды макроэлементами. Тем не менее повышения коэффициентов миграции основных макроэлементов речной воды  $K_{Ca}$ ,  $K_{Mg}$ ,  $K_K$  в связи с их поступлением с артезианскими водами не выявлено. Наоборот, коэффициенты миграции  $Ca$  и  $Mg$  ниже по течению несколько понижаются, а по удалении от источника загрязнения вновь повышаются (табл. 1, рис. 3). Если средние значения  $K_{Ca}$  и  $K_{Mg}$  выше по течению реки составляли соответственно 5.5 и 1.9,

то средние значения ниже по течению реки составляли 4.8 и 1.6. Подобный феномен объясняется, по-видимому, сильным изменением ионного состава речных вод в связи с поступлением анионов Cl и катионов Na.

Повышение коэффициентов водной миграции выявлено у щелочноземельных металлов, являющихся микроэлементами речной воды: Sr и Ba (табл. 1, рис. 3). В кислородных водах Sr является мигрантом сильной интенсивности, а Ba — среднеинтенсивным мигрантом [7]. Ниже по течению от источника загрязнения (100 м) коэффициент  $K_{Sr}$  изменяется с 2.3 до 3.3 и далее остается чуть выше фонового уровня. Коэффициент  $K_{Ba}$  также повышается с 0.4 до 0.8 в ниже 100 м по течению реки и постепенно снижается до фоновых значений.

Таким образом, в результате поступления в реку макро- и микроэлементов со стоком артезианских вод ниже по течению Аремзянки происходит увеличение подвижности наиболее интенсивных мигрантов кислородных вод — Cl, Br, B, Na, Sr, F. Также происходит увеличение подвижности среднеинтенсивного мигранта Ba. По средним коэффициентам водной миграции после впадения в реку стока со скважины элементы расположились в порядке убывания: Cl (570.2), Br (310), B (20.6), Na (3.5), Sr (2.6), Ba (0.6), F (0.03). Эти же элементы до впадения имели следующие средние коэффициенты: Cl (114.7), Br (77.1), B (16.5), Na (1.6), Sr (2.26), Ba (0.36), F (0.00000001). Подвижность основных макроэлементов речной воды (Ca, Mg), несмотря на привнос этих компонентов в реку в составе артезианской воды, несколько понижается вблизи территории скважины, что, по-видимому, связано с сильным изменением ионного состава воды за счет анионов Cl и катионов Na, а на удалении от источника загрязнения вновь повышаются. Средние значения коэффициентов миграции Ca и Mg изменяются от 5.5 и 1.9 выше по течению от источника загрязнения до 4.8 и 1.6 в устье впадения Аремзянки в Иртыш. Усиление подвижности других макро и микроэлементов в реке не выявлено.

**Заключение.** Фонтанирование скважины Черкашинская № 36-РГ приводит к поступлению в малую реку Аремзянка дополнительных концентраций макро и микроэлементов, подвижность которых в артезианских и речных водах неодинакова ввиду различий условий миграции. Миграция одних элементов (Ca, Mg, Al, Si, P, S, Mn, U и др.) в артезианских водах слабее, чем в речных. Другие элементы (Cl, Br, B, Na, F, Sr, Ba, Se, Te и др.) отличаются более сильной миграцией именно в артезианских водах.

В результате поступления в водоток Cl, Br, B, Na, Sr, F подвижность этих элементов, являющихся наиболее интенсивными мигрантами кислородных вод, в речных водах увеличивается, что сказывается даже в устье впадения Аремзянки в Иртыш. Также увеличивается подвижность среднеинтенсивного мигранта Ba.

Дополнительный привнос с артезианскими водами основных макроэлементов речных вод в заметных концентрациях (Ca и Mg) не приводит к увеличению подвижности этих элементов в водотоке, наоборот, происходит некоторое понижение подвижности, связанное, по-видимому, с сильным изменением ионного состава речной воды, увеличением доли анионов Cl и катионов Na.

Усиление миграции других макро- и микроэлементов в связи с поступлением артезианских вод не выявлено.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Коновалов И.А., Пак И.В. Экологическое состояние территорий в районах разведочных скважин нераспределенного фонда недр юга Тюменской области. Окружающая среда и менеджмент природных ресурсов: Тезисы докладов Междунар. конф., г. Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2010. С. 177-179.
2. Отчет о результатах геологоразведочных работ по объекту «Инвентаризация и определение состояния скважин на пресную и минеральную воду, пробуренных в южной части Тюменской области». Отчет Территориального центра «Тюменьгеомониторинг», 2008. С. 221.
3. Отчет по результатам выполненных работ по объекту: «Разработка условий пользования недрами и подготовка информационного пакета для проведения конкурса на право пользования недрами с целью геологического изучения (поиски, оценка), разведки и добычи подземной минеральной воды для бальнеоприменения на Шестаковском участке на территории Тобольского района Тюменской области в 2010 году». Управление по недропользованию по Тюменской области Территориальный центр «Тюменьгеомониторинг» ГУПТО ТЦ «Тюменьгеомониторинг». Тюмень, 2010. С. 122.
4. Пакет информации по шестому конкурсу на право пользования недрами территории южных районов Тюменской области. Управление по недропользованию по Тюменской области Тюмень недр Территориальный центр «Тюменьгеомониторинг» ГУПТО ТЦ «Тюменьгеомониторинг». Тюмень, 1999. С. 93.
5. Матусевич В.М. Геохимия подземных вод Западно-Сибирского нефтегазоносного бассейна. М.: Недра, 1976. 157 с.
6. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высшая школа, 1975. 342 с.
7. Перельман А.И. Геохимия природных вод. М.: Наука, 1982. 154 с.
8. Лезин В.А. Реки Тюменской области (южные районы): Справочное пособие. Тюмень: Вектор Бук, 1999.
9. Бабушкин А.Г., Московченко Д.В., Пискунов А.В. Гидрохимический мониторинг поверхностных вод Ханты-Мансийского автономного округа—Югры. Новосибирск: Наука, 2007. 152 с.