

УДК 551.4

## ОЦЕНКА ГИДРОХИМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ РЕК АРИДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ АЗЕРБАЙДЖАНА

© 2014 г. М.А. Абдуев

*Институт географии Национальной академии наук Азербайджана, г. Баку*

**Ключевые слова:** аридные территории, главные ионы, внутригодовые изменения концентраций, минерализация.

Методом линейного тренда проведена оценка изменения минерализации воды рек аридных территорий Азербайджана. Анализ многолетних рядов минерализации рек показал, что тенденции ее изменений имеют очень сложный и неоднозначный характер. Гидрохимический режим рек аридных территорий Азербайджана характеризуется небольшими внутригодовыми изменениями концентраций, тесными связями концентраций с расходами воды для ионов  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{HCO}_3^-$  и минерализации (С).

Азербайджан почти целиком является территорией орошаемого земледелия. В настоящее время источником орошения земель в Азербайджане служат в основном поверхностные воды. Подземными водами орошается лишь незначительная часть земель в бассейнах р. Куры (8,7 %), Самур-Апшеронского канала (2,9 %), ленкоранских рек (4,48 %). В среднем по республике подземными водами орошается 8,2 % земель, 80 % продукции земледелия возделывается на базе орошения.

Основным массивом орошаемого земледелия является Кура-Аразская низменность, расположенная в аридной зоне субтропиков. На аридных территориях Азербайджана, занимающих около 60 % общей площади страны, сосредоточено более 80 % населения и почти 90 % экономической и социальной инфраструктуры республики. Вместе с тем дефицит водных ресурсов в этом регионе препятствует его дальнейшему развитию. Воды рек – главные водные ресурсы, используемые в сельском хозяйстве. Потребность в воде обеспечивается за счет рек Кура, Араз, Габырры, Турианчай, Геокчай, Нахичеванчай, Гиланчай, Пирсаатчай и др. Большая часть речного стока в республике приходится на весенний период, а когда потребность в воде для ирригации достигает максимума, сток рек не превышает 10–15 % годового объема. Такая неравномерность распределения поверхностного стока в течение года создает крайне неблагоприятные условия для эффективного использования этих ресурсов. Дефицит водных ресурсов составляет от 1000 до 1200 мм в год. Потому на этой территории всегда была

Водное хозяйство России № 4, 2014

# Водное хозяйство России

проблема водоснабжения, но в последние десятилетия она особенно обострилась. В результате роста населения в городах и расширения орошаемых сельскохозяйственных площадей спрос на воду постоянно увеличивается. Одновременно ухудшается качество воды за счет сброса неочищенных вод предприятиями промышленности и сельского хозяйства. Некоторые реки используются столь интенсивно, что вода не всегда доходит до устья, поскольку разбирается по пути на орошение.

Тем не менее, в Азербайджане природные условия благоприятствуют проведению водохозяйственных мероприятий, т. к. низменные районы с недостаточным увлажнением непосредственно примыкают к горным районам избыточного увлажнения или пересекаются реками, берущими начало в горах. С нехваткой воды связаны экономические и социальные проблемы. Особенно остро эти вопросы стоят на трансграничных водотоках – реки Кура, Араз, Ганых, Габырры и др., поэтому так актуальна исследуемая тематика.

#### Методика исследований

Для изучения направленности процессов изменения минерализации и содержания главных ионов в речных водах выбран период с 1980 по 2010 гг., что обусловлено наличием наиболее полных и достоверных исходных данных. В расчетах использованы данные гидрохимических бюллетеней и качества поверхностных вод [1, 2]. Помесячно определено содержание в воде каждого из главных ионов и ее минерализация. Эти данные позволили выявить, какие существенные изменения произошли в последние годы в гидрохимическом режиме рек региона.

Для изучения внутригодовых изменений вычисляли среднегодовые месячные минерализации ( $C$ ) и расходы воды ( $Q$ ), анализировали величины, характеризующие внутригодовые изменения ( $\max C/\min C$ , коэффициент вариации  $C_v$  и др.), а также устанавливали регрессионные зависимости концентрация-расход.

Коэффициент вариации

$$C_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (k_i - 1)^2}{(n-1)}}, \quad (1)$$

где  $k$  – модульный коэффициент, равный отношению каждого члена ряда к его среднему значению, т. е.  $k_1 = C_1/C_{\text{ср}}$ ,  $k_2 = C_2/C_{\text{ср}}$ ,  $k_n = C_n/C_{\text{ср}}$ ;  
 $n$  – число лет наблюдений [3].

Коэффициент  $C_v$  характеризует степень изменчивости ряда, степень отклонения отдельных членов ряда от их среднего значения, т. е. изменчивость параметра химического состава воды за период наблюдений в том или ином пункте реки.

Коэффициент корреляции

$$r = \frac{\sum (k_x - 1)(k_y - 1)}{(n - 1)C_{vx}C_{vy}}, \quad (2)$$

где  $C_{vy}$  – коэффициенты вариации средних годовых расходов воды;

$C_{vx}$  – коэффициенты вариации средних годовых показателей химического состава воды (определяются по формуле (1)).

Коэффициент  $r$  служит мерой связи между рассматриваемыми величинами  $x$  и  $y$  [3].

Для анализа тенденций в изменении гидрохимических параметров использовали уравнение линейного тренда

$$Y_t = Y_{cp} + \alpha(t - t_{cp}), \quad (3)$$

где  $Y_t$  – расчетное значение среднегодовой величины минерализации воды в момент времени  $t$ ;

$Y_{cp}$  – средняя величина минерализации за период наблюдений;

$\alpha$  – угловой коэффициент, отражающий наклон линии тренда;

$t$  – порядковый номер члена ряда (для первого члена ряда  $t = 1$ );

$t_{cp}$  – среднее значение срединного члена ряда.

Коэффициент  $\alpha$  определялся по формуле [3]

$$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^N (t - \bar{t})(Y - \bar{Y})}{\sum_{i=1}^N (t - \bar{t})^2}. \quad (4)$$

### Обсуждение результатов

Водные ресурсы Азербайджана в основном формируются в горных районах, а большая их часть расходуется в густонаселенных и развитых в сельскохозяйственном отношении аридных районах. Засушливость климата и наличие здесь значительной доли орошаемых земель республики обуславливают большую потребность в поливной воде, поэтому с каждым годом в этом регионе все более остро ощущается дефицит водных ресурсов. Интенсивные мелиоративные работы нарушают водно-солевой баланс и гидрохимический режим земель.

В последние годы гидрохимическое состояние поверхностных вод Azerbaijan значительно ухудшилось. В первую очередь, это относится к речным водам, в которые отводятся коллекторно-дренажные и промышленно-бытовые стоки. Исследования гидрохимического состояния речных вод аридных районов Azerbaijan позволили сделать следующие выводы.

В условиях рассматриваемой территории формируются в основном гидрокарбонатные кальциевые речные воды, преимущественно средней (200–500 мг/л) и высокой (501–1000 мг/л) минерализации. Преобладание ионов гидрокарбоната и кальция в химическом составе воды наблюдается в течение всего года. Для исследуемых рек средний многолетний ионный состав воды изменяется в следующих пределах: кальций 30–33; магний 8,7–15,9; сумма натрия и калия составляет 8,2–23,4; гидрокарбонат-иона 36–45,6; сульфат-иона 10,0–22,7; хлор-иона 0,9–4,0 % экв/л. По классификации О.А. Алекина [4], гидрокарбонатные воды рек исследуемой территории, минерализация которых не превышает 1200 мг/л, относятся к гидрокарбонатному классу, группе кальция.

Речные воды характеризуются невысокой минерализацией с преобладанием в ионном составе кальция и гидрокарбонатов. Среднемноголетняя минерализация этих вод колеблется от 260 до 600 мг/л. Минимальная минерализация воды (160–390 мг/л) наблюдается в весеннее половодье (апрель–июнь). К лету минерализация воды возрастает и достигает максимальных значений (365–1200 мг/л).

В формировании химического состава речных вод предгорно-горной зоны преобладающую роль играют природные факторы, в равнинной – антропогенные, главным образом, за счет интенсивного развития орошаемого земледелия – источника возвратных коллекторно-дренажных вод. Минерализация возвратных вод выше, чем речных, в 2–3 раза. Вследствие этого весь рассматриваемый период (1950–2010 гг.) воды рек равнинной зоны обогащались ионами сульфата, хлора, магния и натрия. Соответственно повышалась минерализация воды этих рек. Среднемноголетняя минерализация речных вод равнинной зоны колеблется от 460 до 780 мг/л. В летний период (июнь–август) минерализация воды увеличивается (500–1200 мг/л), а в половодье понижается (460–590 мг/л).

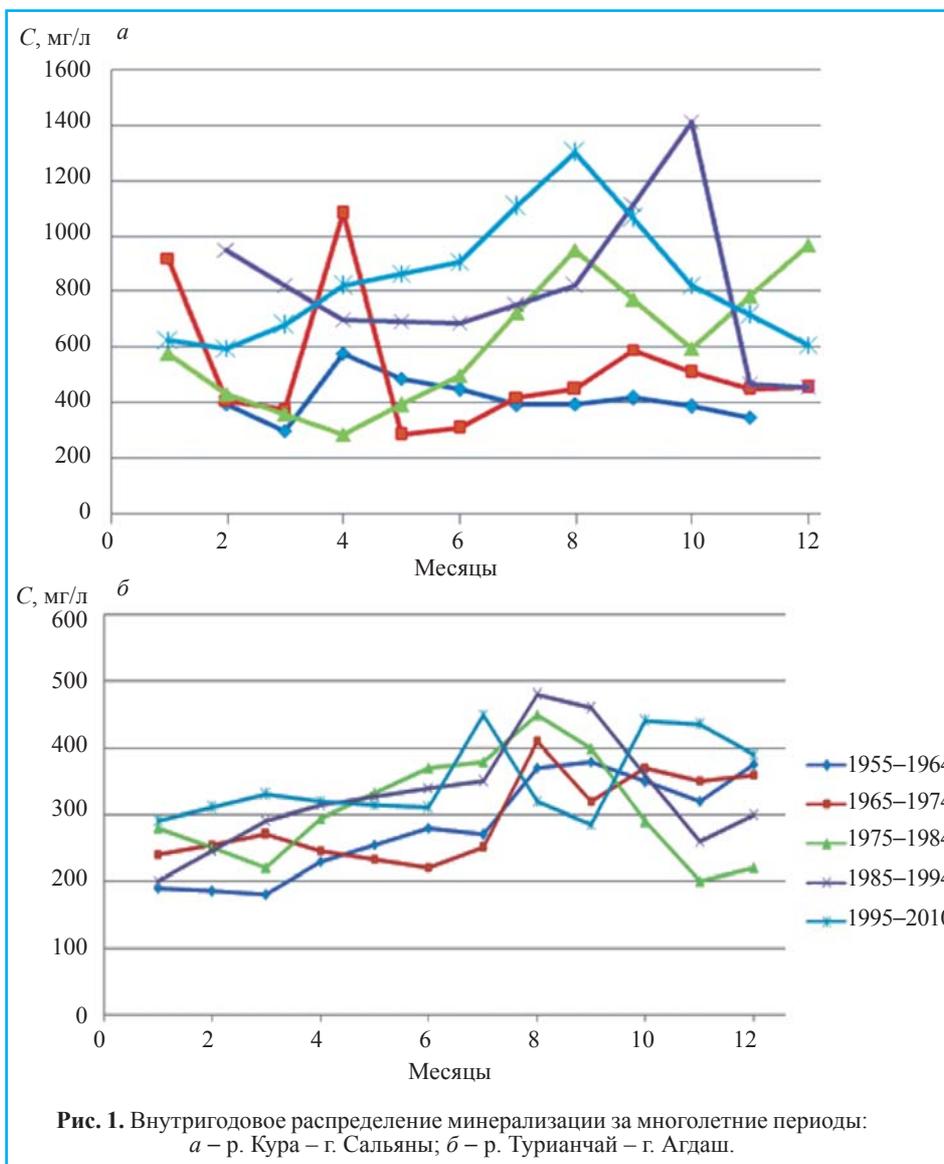
Изменения концентраций главных ионов, как и изменения минерализации воды, подвержены влиянию природных и антропогенных факторов и зависят от зоны расположения водосбора. В воде рек предгорно-горной зоны содержание ионов кальция колеблется от 43 до 69; равнинной – от 31 до 46; иона гидрокарбонат – в пределах 44–77 и 11–34; ионов магния 22–36 и 25–38; суммы ионов натрия и калия 7–22 и 22–44; иона сульфат 16–46 и 52–66; иона хлора 7–11 и 11–35 % экв/л.

Внутригодовые изменения концентраций главных ионов – кальция, магния и гидрокарбоната в воде рек аридных территорий Азербайджана невелики (отношение  $C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$  не превышает 3,0–3,5, а коэффициенты вариации  $C_v$ , рассчитанные по формуле (1), изменяются в пределах 0,43–1,63). Значительно большие внутригодовые изменения концентрации могут наблюдаться для иона хлора и суммы ионов натрия и калия, а также для сульфат-иона на реках, испытывающих влияние антропогенного воздействия с середины 1960 г. [5].

Минимальная минерализация воды и концентрация большинства главных ионов в воде рек обычно наблюдается в мае-июне, в период прохождения пика половодья. Необходимо отметить, что концентрация большинства главных ионов на подъеме половодья больше, чем на спаде. На реках, имеющих паводочный режим, наблюдается второй минимум концентрации в сентябре-октябре, в начале прохождения дождевых паводков. В ноябре-декабре, когда расходы воды достигают максимума, концентрации ионов в воде этих рек несколько возрастают, что, по-видимому, связано с увеличением роли смыва и растворения веществ с поверхности водосборов. Максимальные концентрации ионов в воде большей части рек приурочены к летней и осенне-зимней межени. Для большинства рек наблюдаются тесные обратные связи концентраций гидрокарбонат-иона, кальция, магния и суммы ионов с расходами воды. Характер и теснота связей  $C = f(Q)$  для сульфат-иона, хлор-иона и суммы натрия и калия отличаются сильной изменчивостью, обычно концентрации этих ионов имеют тенденцию к незначительному убыванию с ростом расходов.

Внутригодовые изменения концентраций главных ионов не являются постоянными во времени. Проведенное на реках Азербайджана изучение внутригодовых изменений концентраций главных ионов по десятилетиям выявило наличие существенных отличий в их среднемесячных значениях и характере. Прежде всего, привлекает внимание значительное увеличение минерализации и концентрации главных ионов во времени. Характерно, что изменения наиболее четко наблюдаются для ионов хлора, сульфата, суммы натрия и калия как результат хозяйственной деятельности человека. Ускоренное увеличение концентрации в месяцы с повышенным водным стоком по сравнению с меженью свидетельствует о том, что источник дополнительного поступления веществ в речные воды имеет преимущественно поверхностный генезис. В качестве иллюстрации к этому выводу на рис. 1 представлены данные по внутригодовому распределению минерализации рек Кура и Турианчай за различные периоды.

Изменяются во времени также связи концентраций ионов с расходами воды, т. к. теснота связей  $C = f(Q)$  в современный период ослабевает, а вид функций, наилучшим образом аппроксимирующих зависимость



$C = f(Q)$ , преобразуется от степенной и гиперболической до обратно-квадратической и линейной.

Трансформации функций по периодам представлены в табл. 1. Вид функции выбирался с использованием программы «Stok-stat».

Для исследуемых рек обнаружено много общего в характере многолетних изменений концентрации одноименных ионов. Вместе с тем характер многолетних изменений концентрации хлорид-иона существенно отличен

**Таблица 1.** Связи концентраций главных ионов (мг/л) и минерализации  $C$  (мг/л) с расходами воды  $Q$  (м<sup>3</sup>/с) на примере р. Геокчай у г. Геокчай, 1980–2010 гг.

Главные ионы и минерализация	Вид связи между величинами 1980–1995 гг.	Коэффициент корреляции, $r$	Вид связи между величинами 1996–2010 гг.	Коэффициент корреляции, $r$
Ca <sup>2+</sup>	Ca <sup>2+</sup> = 169Q <sup>-0,286</sup>	0,91	Ca <sup>2+</sup> = 27 + 2540/Q	0,83
Mg <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup> = 60,2Q <sup>-0,382</sup>	0,88	Mg <sup>2+</sup> = 5,8 + 792/Q	0,87
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> = 1,5 + 278/Q	0,47	Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> = 9,2Q <sup>-0,188</sup>	0,43
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = 878Q <sup>-0,352</sup>	0,83	HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> = 62,8 + 1540/Q	0,92
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> = 6,7+79,8/Q	0,88	SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> = 8,7 + 5,9×10 <sup>-4</sup> /Q	0,78
Cl <sup>-</sup>	Cl <sup>-</sup> = 19,3Q <sup>-0,537</sup>	0,52	Cl <sup>-</sup> = 1,4 + 296/Q	0,51
C	C = 973Q <sup>-0,354</sup>	0,96	C = 122+17390/Q	0,94

*Примечание:* В таблице приведены две функции с наибольшими корреляционными отношениями (величинами коэффициентов корреляции).

от сульфат иона. Так, для хлорид-иона незначительное увеличение концентраций начинается в середине 1960-х гг. и продолжается до середины 1970-х, после чего в течение 4–6 лет происходит резкое (в 2–4 раза) увеличение концентрации. С начала 1980-х гг. рост прекращается и происходит довольно существенное уменьшение концентрации хлоридов. Что касается сульфатов, то увеличение их концентрации в воде рек Азербайджана началось с середины-конца 1960-х гг. и продолжалось примерно с одинаковой интенсивностью до середины 1980-х гг., после чего отмечается стабилизация концентрации или ее незначительное увеличение.

Гидрохимический режим исследуемых рек можно считать ненарушенным (условно-естественным, фоновым) только до середины-конца 1960-х гг. [6]. Масштабное строительство водохозяйственных систем и их эксплуатация начались после середины 1960-х гг., что привело к расширению орошаемых площадей почти в 2,5 раза. В результате произошли большие изменения в гидрохимии поверхностных вод в количественном и качественном отношении.

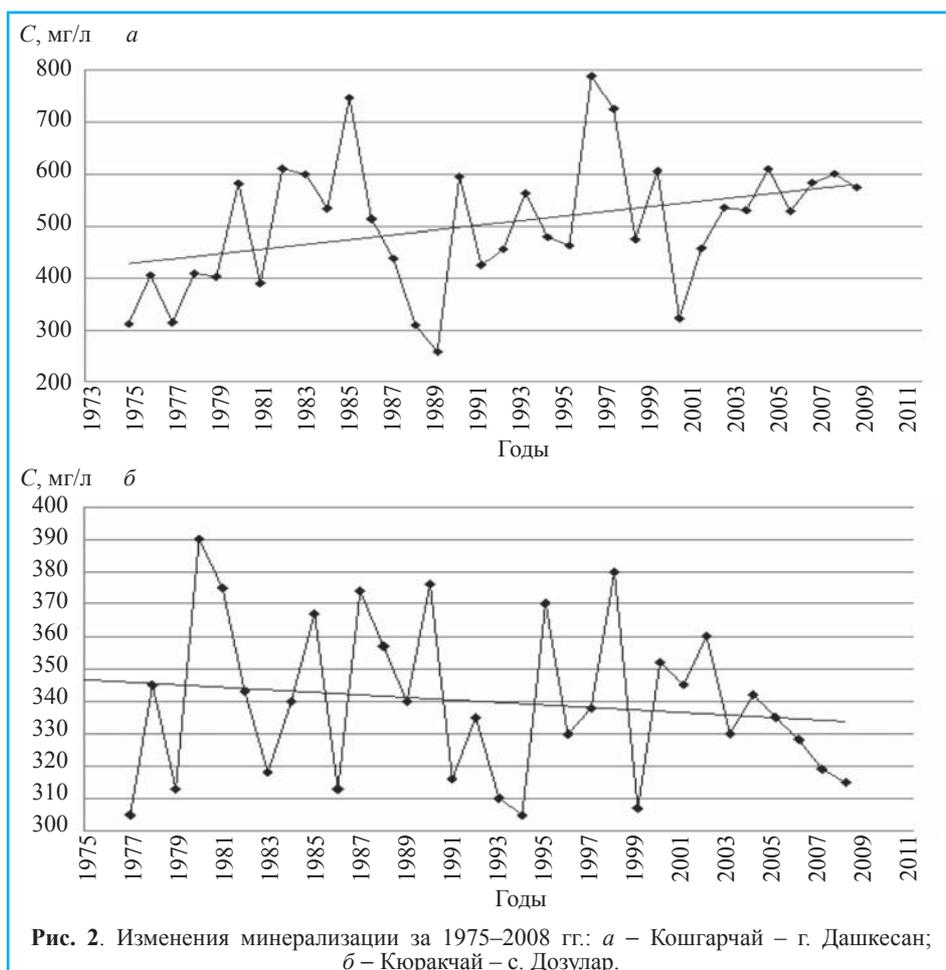
На реках, имеющих наиболее длинные ряды наблюдений, зафиксированы значительные изменения минерализации и содержания главных ионов в течение годового цикла и в многолетии (табл. 2). Так, вынос ионов хлора, сульфата, натрия и калия увеличился до 10 т. Следовательно, в настоящее время дополнительное поступление этих веществ в речную сеть из антропогенных источников уже в несколько раз превышает их поступление из природных источников. Вынос гидрокарбонат-иона и кальция возрос незначительно (менее чем на 1 т), а в отдельных случаях уменьшился. Вынос магния увеличился в среднем на 1,5 т.

**Таблица 2.** Изменение минерализации и содержания главных ионов в речных водах (среднее за 1980–2010 гг.)

Наименование ингредиента	Месяцы						Средняя многолетняя
	февраль	апрель	июнь	август	октябрь	декабрь	
р. Кура – с. Сурра							
Минерализация, мг/л	1021	897	720	626	739	910	819
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	238,6	207,5	186,1	171,3	207,7	295,9	218
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	370,1	327,9	183,0	228,0	254,2	266,7	272
Cl <sup>-</sup>	67,4	106,1	139,6	60,2	70,7	89,1	89
Ca <sup>2+</sup>	56,4	87,9	84,7	40,5	71,5	68,1	68
Mg <sup>2+</sup>	24,2	48,3	36,2	52,1	39,7	44,1	41
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	264,1	119,0	90,5	74,0	95,2	145,7	131
р. Араз – г. Саатлы							
Минерализация, мг/л	996	1026	958	962	950	1104	1000
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	284,4	276,5	283,1	228,9	221,3	296,8	265
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	253,8	266,2	274,2	273,5	245,2	284,7	266
Cl <sup>-</sup>	138,7	142,1	82,4	123,9	168,7	169,3	138
Ca <sup>2+</sup>	89,4	112,4	85,9	65,6	79,2	68,5	84
Mg <sup>2+</sup>	39,7	41,0	52,3	72,4	64,5	73,5	57
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	190,4	187,3	179,6	197,3	171,3	211,3	190
р. Габырры – с. Касаман							
Минерализация, мг/л	1294	743	890	1055	1221	1286	1082
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	184,9	180,0	238,0	246,9	238,3	198,3	214
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	551,4	297,7	319,9	410,3	501,0	616,9	450
Cl <sup>-</sup>	144,4	49,3	49,8	72,3	84,2	77,3	80
Ca <sup>2+</sup>	138,0	129,4	57,3	66,9	60,3	127,5	97
Mg <sup>2+</sup>	11,0	18,0	7,2	16,6	8,8	22,4	14
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	264,5	69,0	217,5	242,2	328,0	243,1	227
р. Турианчай – г. Агдаш							
Минерализация, мг/л	451	450	242	433	508	396	445
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	178,8	237,4	167,8	153,0	182,3	170,1	182
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	144,0	100,3	128,0	121,5	149,8	113,9	126
Cl <sup>-</sup>	7,7	6,0	8,8	9,3	10,1	14,0	9
Ca <sup>2+</sup>	80,2	74,0	52,9	52,8	55,7	70,1	64
Mg <sup>2+</sup>	11,4	16,5	13,5	12,7	14,7	20,2	15
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup>	28,9	26,0	52,9	83,5	95,0	7,5	49

Оценка изменения минерализации воды рек проведена с помощью метода линейного тренда. Анализ многолетних рядов минерализации рек показал, что тенденции ее изменений имеют очень сложный и неоднозначный характер. Положительный тренд отмечается на реках Акстафачай, Таузчай, Шамкирчай, Гянджачай, Кендаланчай и Кошгарчай. За период 1975–2008 гг. минерализация р. Акстафачай в створе г. Казах повысилась за многолетие в 1,8 раза, изменяясь от 474 до 842 мг/л. В р. Таузчай величина средней годовой минерализации составляет 13,6 мг/л. Слабый отрицательный тренд отмечается на реках Тертерчай и Кюракчай.

В качестве примера на рис. 2 приведены графики изменения минерализации для рек Кошгарчай и Кюракчай. За 1975–2008 гг., согласно полученной оценке тренда, минерализация в этих реках повысилась почти на 200 мг/л, что составляет около 60 % ее среднемноголетней величины.



На реках Нахичеванской Автономной Республики также наблюдается положительный тренд: наиболее существенному изменению гидрохимического режима подвержена р. Нахичеванчай. В р. Кура обнаруживаются многолетние колебания минерализации. О современном качестве воды р. Куры и его изменении по протяженности реки можно судить по приведенным цифрам. Например, у с. Пойлу величина минерализации в течение года меняется от 351,4 (весна) до 680,2 мг/л (лето); у с. Сурра от 795,1 (весна) до 1016,2 мг/л (лето); у г. Ширван от 786,2 (зима) до 1058,9 мг/л (лето), а в устье реки минерализация в течение года меняется от 956,0 (весна) до 1227,4 мг/л (осень). Сравнение приведенных данных, а также сведений по содержанию главных ионов показывает, что в воде р. Куры наблюдается повышенное содержание не только величины минерализации, но и концентраций ионов магния, натрия, калия, хлора и сульфата. Основной причиной изменения химического состава воды являются антропогенные факторы. Попадая в реку, коллекторно-дренажные воды, минерализация которых составляет 1–35 г/л, и возвратные не только увеличивают минерализацию, но также влияют на изменение химического состава и качества воды. Если раньше по химическому составу воды в нижних течениях р. Куры относились к гидрокарбонатным кальциевым, то в настоящее время – к сульфатным натриевым. Средняя годовая концентрация органических веществ в воде р. Куры по бихроматной окисляемости составляет около 13 мг/л. В воде рек преобладают органические вещества гумусового происхождения, о чем свидетельствуют высокие значения отношения перманганатной окисляемости к бихроматной ( $> 50\%$ ). По длине реки средние значения окисляемости воды варьируют незначительно.

Река Кура выносит ежегодно более 200 тыс. т органических веществ. Доминирующее значение в поступлении органических веществ имеет сток весеннего половодья: в этот период р. Кура выносит около 50 % суммарного годового количества органических веществ. Доля органических веществ от ионного стока р. Кура составляет около 1,54 % [7].

Для экологической оценки водных объектов особенно важное значение имеет изучение стока биогенных элементов. В табл. 3 представлены данные о речном стоке минеральных форм азота, фосфора, железа, кремния.

Преобладающей формой азота в воде исследованных рек аридных территорий являются нитраты. В среднем р. Кура выносила ежегодно более 44 тыс. т азота, около 2 тыс. т фосфора, более 2 тыс. т железа и около 80 тыс. т кремния.

Качество воды в большой степени зависит от количества загрязняющих веществ, поступающих с речным стоком. В данной работе проведена оценка выноса р. Курой нефтепродуктов, фенолов и СПАВ. Средний годовой вынос загрязняющих веществ в замыкающем створе у г. Сальяны составил более 2,0 тыс. т (табл. 4).

**Таблица 3.** Средний годовой сток органических и биогенных веществ р. Куры

Река–пункт	Сток органических веществ, 10 <sup>3</sup> т	Азот аммонийный, т	Азот нитраты, т	Азот нитриты, т	Суммарный минеральных форм азота, т	Фосфор фосфатов, т	Железо общее, т	Кремний, т	Суммарный сток биогенных элементов, т
р. Кура – с. Крахкесаман	107	526	26119	81	26726	949	1124	58254	87053
р. Кура – с. Хулуф	102	528	15300	113	15941	892	1000	43392	61225
р. Кура – с. Мингечаур	124	352	22153	93	22598	1934	1233	49308	75073
р. Кура – с. Зардаб	103	299	12251	64	12614	1372	1346	56394	71726
р. Кура – с. Сурра	213	582	37270	220	38072	1611	2553	77372	119608
р. Кура – с. Сальяны	218	1000	43212	103	44315	1898	2278	79124	127615

**Таблица 4.** Средний годовой вынос загрязняющих веществ р. Куры

Река–пункт	Нефтепродукты, т	Фенолы, т	СПАВ, т	Суммарный сток загрязняющих веществ, т
р. Кура – с. Крахкесаман	591	18	248	857
р. Кура – с. Хулуф	475	19	225	719
р. Кура – г. Мингечаур	713	25	338	1076
р. Кура – г. Зардаб	209	25	224	458
р. Кура – с. Сурра	1332	26	531	1889
р. Кура – г. Сальяны	1598	40	465	2103

Основную часть загрязняющих веществ составляют нефтепродукты, концентрация которых в нижнем створе р. Куры в сравнении с верхним значительно увеличилась. Река Кура выносит ежегодно в среднем более 40 т фенолов и около 470 т СПАВ. Проведенные исследования позволяют заключить, что в Каспийское море с речным стоком поступает ежегодно более 13,0 млн т растворенных веществ (главные ионы, органические и биогенные вещества), более 16 млн т взвешенных веществ и более 2,0 тыс. т загрязняющих веществ (нефтепродукты, фенолы, СПАВ).

Концентрации компонентов химического состава воды р. Кура подчинены сезонной динамике, средние годовые их содержания изменяются со временем несущественно (исключение составляют загрязняющие вещества).

Максимальное количество загрязняющих веществ вносится в р. Куру на всем ее протяжении в весенний период. Показатели ионного стока (сток с единицы площади водосбора) для всех рассмотренных пунктов превышают 70 т/км<sup>2</sup>/год [8].

Наиболее значительный положительный тренд отмечается на р. Араз [9]. В пределах Армении р. Араз и ее притоки, увеличивая свой сток за счет сточных вод на 2,1 млн м<sup>3</sup> в сутки, подвергаются жесточайшему загрязнению.

Особенно интенсивно используются воды р. Габырры. В настоящее время р. Габырры не доносит своих вод до Мингечаурского водохранилища, и только в исключительно многоводные годы в период половодий в русле наблюдается сток. Протекая по территории Грузии, она значительно меняет свою водность и качественный состав. В табл. 2 приведены среднееголетние величины минерализации и содержания главных ионов р. Габырры, свидетельствующие о повышенном содержании не только минерализации, но и ионов натрия, калия, а иногда и сульфатов.

Таким образом, на аридных территориях Азербайджана антропогенные факторы оказывают значительное влияние на количественный и качественный состав речных вод, приводя к глубоким изменениям в гидрохимическом режиме исследуемых рек.

### Выводы

Гидрохимический режим рек аридных территорий Азербайджана характеризуется:

- небольшими средними многолетними внутригодовыми изменениями (коэффициенты вариации  $C_v$  изменяются в пределах 0,23–1,63);
- тесными связями  $C = f(Q)$  для кальция, магния, гидрокарбонат иона и минерализации, которые могут быть аппроксимированы уравнениями степенной и гиперболической зависимостей;
- характер и теснота связей  $C = f(Q)$  для сульфатов, хлора и суммы натрия и калия отличаются сильной изменчивостью;
- концентрации ионов и минерализации почти всегда имеют тенденцию к убыванию с ростом расходов;
- при использовании линейной связи вида  $C = a - bQ$  наблюдаются менее тесные зависимости (корреляционное отношение не превышает 0,34).

Внутригодовые изменения концентраций главных ионов трансформируются во времени в результате хозяйственной деятельности человека с середины 1960-х гг. При этом наблюдаются уменьшение внутригодовых изменений за счет ускоренного роста концентраций в месяцы с наибольшим водным стоком; уменьшение тесноты связей  $C = f(Q)$  и преобразование их вида (см. табл. 1).

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гидрохимический бюллетень ГТМ по окружающей среде 1995–2010 гг.
2. Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. 1980–1994 гг. Часть 1. Реки.
3. Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеиздат, 1986. 166 с.
4. *Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л.: Гидрометеиздат, 1970. 444 с.
5. *Абдуев М.А.* Изменение гидрохимического режима горных рек Азербайджана под воздействием антропогенных факторов // III Междунар. науч. конф. «Восстановление нарушенных природных экосистем». Донецк. 2008. С. 30–33.
6. *Абдуев М.А.* Современные изменения гидрохимического режима рек Азербайджана // Вестник КРАУНЦ. Науки о Земле. 2011. № 1. Вып. № 17. С. 147–156.
7. *Абдуев М.А., Исмаилов Р.А.* Оценка изменений режима и качества вод рек Куры под влиянием хозяйственной деятельности // Вода: химия и экология. 2014. № 3(69). С. 26–31.
8. *Абдуев М.А., Исмаилов Р.А.* Роль реки Куры в загрязнении Каспийского моря // Географический вестник. 2012. № 3(22). С. 72–76.
9. *Абдуев М.А.* Охрана от загрязнения трансграничных водных ресурсов Азербайджана // Мат-лы V Междунар. конф. «Стратегия качества в промышленности и образовании». Варна, Болгария, 2009. С. 9–12.

### Сведения об авторе:

Абдуев Магамед Абду оглы, д-р геогр. наук, заведующий кафедрой «Физическая география и экология», Институт географии Национальной академии наук Азербайджана, Азербайджанская Республика, г. Баку, пр-т Г. Джавида, 115; e-mail: abduyevm@gmail.com, magamed@box.az