

УДК 551.48(479.24)

## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА РЕК АЗЕРБАЙДЖАНА

© 2011 М.А. Абдуев

*Институт Географии НАНА, Азербайджан, Баку, 1143;  
e-mail: magamed@box.az*

На примере рек Азербайджана рассмотрены внутригодовые и многолетние изменения концентраций главных ионов с 1950 по 2008 г. Выявлена тенденция роста концентраций с середины 60-х годов XX в., сопровождающаяся ростом межгодовой изменчивости. Отмечено, что при оценке антропогенного воздействия на изменение химического состава речных вод продолжительность наблюдений для рек исследуемого региона должна быть не менее 45-50 лет.

*Ключевые слова: главные ионы, внутригодовые и многолетние изменения концентраций, минерализация.*

### ВВЕДЕНИЕ

Гидрохимический режим и ионный сток рек Азербайджана рассматривались в работах (Гаджиев, 1984; Рустамов, Кашкай, 1989). Вместе с тем, эти исследования по территории Азербайджана выполнялись до начала-середины 70-х гг. XX в., когда ряды наблюдений за химическим составом воды были относительно короткими, а антропогенное воздействие на речные воды имело сравнительно ограниченные масштабы. В связи с этим актуальной задачей является изучение гидрохимического режима рек Азербайджана в современный период, а также анализ изменения гидрохимических характеристик во времени с учетом возросших масштабов антропогенного воздействия.

В данной статье приведены результаты анализа гидрохимических данных по рекам Азербайджана (Гидрохимический..., 2008; Ежегодные..., 1994) за 1950-2008 гг. Произведена систематизация данных и выявлена связи концентраций кальция, магния, гидрокарбонат-иона с расходами воды. На примере рек Азербайджана показано, что источники антропогенного воздействия оказывают сильное влияние на гидрохимический режим. Для анализа изменения гидрохимического режима рек использовались данные на 39 пунктах с периодами наблюдений 25-40 лет. Эти пункты расположены на основных реках республики и относительно равномерно рас-

пределены по территории Азербайджана (рис. 1).

Целью работы является описание характера и среднемноголетних внутригодовых изменений концентраций главных ионов в воде рек Азербайджана, а также их изменчивости во времени. Для этого использованы данные концентраций главных ионов и значение коэффициентов вариации.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

В основе исследования внутригодовых изменений гидрохимического режима рек лежит вычисление средних многолетних среднемесячных значений минерализации (С) и расходов воды (Q), графическое описание средних многолетних гидрографов и «хемографов» — графиков изменения концентраций ионов в воде в течение года, анализ внутригодовых изменений  $C_{\max}/C_{\min}$ , коэффициентов вариации  $C_v$  и др., а также установление регрессионных зависимостей «концентрация-расход».

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

где  $k$  — модульный коэффициент, равный отношению каждого члена ряда к среднему значению его, т.е.  $k_1 = C_1/C_{cp}$ ,  $k_2 = C_2/C_{cp}$ ,  $k_n = C_n/C_{cp}$ ;  $n$  — число лет наблюдений (Методические..., 1986). Коэффициент  $C_v$  характеризует



Рис. 1. Схема размещения основных пунктов наблюдений (показаны треугольниками) за химическим составом воды рек Азербайджана.

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.

$$\text{Коэффициент корреляции } r = \frac{\sum (k_x - 1)(k_y - 1)}{(n - 1)C_{xx}C_{yy}}, \quad (2)$$

где  $C_{yy}$  – коэффициенты вариации средних годовых расходов воды;  $C_{xx}$  – коэффициенты вариации средних годовых показателей химического состава воды (определяются по формуле (1)). Коэффициент  $r$  служит мерой связи между рассматриваемыми величинами  $x$  и  $y$  (Методические..., 1986).

Для анализа тенденций в изменении гидрохимических параметров использовалось уравнение линейного тренда, которое имеет вид:

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

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 (Методические..., 1986):

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

Чтобы определить, какой продолжительности должны быть наблюдения за химическим составом воды при среднем значении  $C_v = 0.34$

и при заданной ошибке определения средней арифметической величины гидрохимических показателей не более 5% (т.е.  $\varepsilon C = 5\%$ ), использовалось выражение:  $n = 10^4 C_v^2 / \varepsilon^2 Q_0$ . Подставляя соответствующие значения  $\varepsilon C$  и  $C_v$ , получаем  $n = 10^4 \times 0.34^2 / 5^2 = 46$ . Следовательно, для определения среднего многолетнего значения минерализации и других гидрохимических параметров химического состава воды рек в данном случае необходим ряд наблюдений продолжительностью не менее 46 лет.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

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. Исключением являются некоторые реки юго-восточной и юго-западной части республики

Для исследуемых рек средний многолетний ионный состав воды изменяется в следующих пределах: кальций – 30-33%-экв/л, магний – 8.7-15.9%-экв/л, сумма натрия и калия – 8.2-23.4%-экв/л, гидрокарбонат-иона – 36-45.6%-экв/л, сульфат-иона – 10.0-22.7%-экв/л, хлор-иона – 0.9-4.0%-экв/л.

Все природные воды по преобладанию анионов подразделяются О.А. Алекиным (1970)

на три класса: гидрокарбонатный, сульфатный и хлоридный. Каждый класс по эквивалентному преобладанию катионов делится на три группы: кальциевую, натриевую и магниевую. В работе (Рустамов, Кашкай, 1989) показано, что в речных водах Азербайджана распространены все три выделенных класса вод. При этом воды 97% рек относятся к гидрокарбонатному классу, а на сульфатный класс приходится 1.9% от всех речных вод. Наименьшее распространение (1.1%) имеют хлоридные воды с преобладанием натрия в составе катионов.

Гидрокарбонатные воды, преимущественно кальциевой группы, характерны для бассейнов рек Куры, Араза и северо-восточного Азербайджана. Сульфатные воды, преимущественно натриевой группы, характерны для рек южного склона Большого Кавказа (междуречье рр. Белоканчай-Катехчай) и для рек юго-восточной части Большого Кавказа (междуречье рр. Гирдыманчай-Атачай). Хлоридные воды, относящиеся также к натриевой группе, характерны для незначительной площади республики, главным образом, для рек северо-восточной части Ленкоранской природной области (р. Виляшчай и плавни) и среднего течения р. Астарачай.

Речные воды предгорно-горной зоны характеризуются невысокими величинами среднесуточных минерализаций (260-600 мг/л) с преобладанием в их химическом составе гидрокарбонат-иона и кальция. Минимальная минерализация воды (160-390 мг/л) наблюдается в весеннее половодье (апрель-июнь). К лету минерализация воды возрастает и достигает максимальных значений (365-750 мг/л).

В формировании химического состава речных вод предгорно-горной зоны преобладающую роль играют природные факторы, а равнинной – антропогенные, главным образом, за счет интенсивного развития орошаемого земледелия – источника возвратных коллекторно-дренажных вод. Их минерализация выше в 2-3 раза по сравнению с речными водами. Вследствие этого, за период наблюдений 1950-2008 гг. воды рек равнинной зоны обогащались ионами сульфата, хлора, магния и натрия (Абдуев, 2009а). Соответственно, повышалась минерализация воды в этих реках. В качестве примера на рис. 2 приведены графики изменения главных ионов и минерализации воды р. Гилянчай.

Среднесуточная минерализация речных вод равнинной зоны колеблется от 460 до 780 мг/л. В летний период (июнь-август) минерализация воды увеличивается (500-780 мг/л), а в половодье понижается (460-590 мг/л).

Изменения концентраций главных ионов также, как и изменения минерализации воды, подвержены влиянию природных и антропогенных

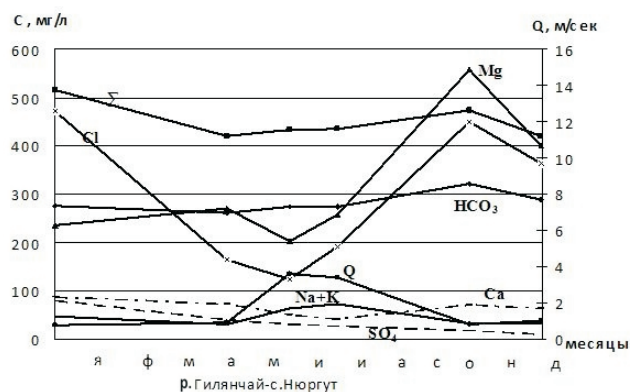


Рис. 2. Средние многолетние хемограф и гидрограф р. Гилянчай у с. Ньюргут.

факторов и зависят от зоны расположения водосбора. В воде рек предгорно-горной зоны содержание ионов кальция колеблется от 43 до 69 %-экв/л, равнинной – от 31 до 46 %-экв/л, гидрокарбонат-иона – 44-77 %-экв/л и 11-34 %-экв/л, ионов магния 22-36 %-экв/л и 25-38 %-экв/л, суммы ионов натрия и калия 7-22 %-экв/л и 22-44 %-экв/л, сульфат-иона 16-46 %-экв/л и 52-66 %-экв/л, иона хлора 7-11 %-экв/л и 11-35 %-экв/л.

Внутригодовые изменения концентраций главных ионов – кальция, магния и гидрокарбоната в воде рек Азербайджана невелики: отношение  $C_{\text{макс}}/C_{\text{мин}}$  не превышает 3.0-3.5, величины коэффициентов вариации  $C_v$ , рассчитанные по (1), изменяются от 0.23 до 0.63, составляя в среднем 0.34. Значительно большие внутригодовые изменения концентраций наблюдаются для иона хлора и суммы ионов натрия и калия, а также для сульфат-иона на реках, испытывающих существенное антропогенное влияние с середины 60-х гг. XX в. (Абдуев, 2008).

Минимальная минерализация воды и концентрации большинства главных ионов в воде рек Азербайджана обычно наблюдаются в мае-июне в период прохождения пика половодья. Наиболее резко этот минимум выражен для рек Большого Кавказа. Необходимо отметить, что для этих рек концентрации большинства главных ионов на подъеме половодья больше, чем на спаде. На реках с паводочным режимом также наблюдается второй минимум концентраций 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 смыва минеральных веществ с поверхности водосборов и их растворением. Максимальные концентрации ионов в воде большей части азербайджанских рек приурочены к летней и осенне-зимней межени.

Для большинства рек наблюдаются тесные обратные связи концентраций гидрокарбонат-иона, кальция, магния и суммы ионов натрия

и калия 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. Наиболее тесные связи  $C = f(Q)$ , которые наилучшим образом аппроксимируются уравнениями степенной и гиперболической функций, наблюдаются на реках северо-восточного и южного склонов Большого Кавказа, а также на реках Малого Кавказа. Реки Ленкоранской природной области, Нахчыванской АР и Ширванские реки характеризуются менее тесными связями различного вида (рис. 3).

В работе (Абдуев, 2009а) показано, что для рек Большого и Малого Кавказа максимальный вынос ионов наблюдается в апреле (>15% от годового стока) и мае (20%), а минимальный – в августе-сентябре (5%). Для рек Ленкоранской природной области наибольший сток главных ионов приурочен к ноябрю-декабрю (>30%), минимальный сток наблюдается в июне-июле (5.5%).

Внутригодовые изменения концентраций главных ионов не являются постоянными во времени. Вместе с тем, анализ многолетних временных рядов для рек, не испытывающих существенного антропогенного воздействия, показал, что для них значения  $C_v$  и характер внутригодовых изменений концентраций главных ионов довольно стабильны (Абдуев,

2008). Изучение внутригодовых изменений концентраций главных ионов по отдельным десятилетиям показало существенные отличия в их среднемесячных значениях и характере. Было обнаружено значительное увеличение минерализации и концентраций главных ионов во времени. Наиболее четко такие изменения наблюдаются для ионов хлора, сульфата и суммы натрия и калия. Ускоренный рост концентраций 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, связанный с антропогенной деятельностью. В качестве иллюстрации к этому выводу на рис. 4 представлены данные по внутригодовому распределению минерализации в воде рек Виляшчай и Кудиалчай за различные периоды времени.

Изменяются во времени также связи концентраций ионов с расходами воды. В современный период наблюдается ослабление тесноты связей  $C = f(Q)$  и преобразование вида функций, аппроксимирующих зависимость  $C = f(Q)$ , от степенной и гиперболической к обратноквадратической и линейной. Трансформация вида функции  $C = f(Q)$  по периодам представлена в табл. 1. Вид функции выбирался с использованием компьютерной программы Stok-stat, позволяющей установить форму графика.

Анализ относительных многолетних изменений концентраций главных ионов для рек Азербайджана показывает, что они могут достигать очень больших значений для рек с длинными рядами наблюдений. Так для рядов среднегодовых концентраций ионов хлора, сульфата, натрия и калия в воде 20 рек, длительность наблюдений за химическим составом воды которых составляет не менее 30 лет, амплитуды изменения концентраций обычно превышают 100-150 мг/л, достигая в отдельных случаях 400-500 мг/л. Рост концентраций наблюдается и для других ионов: магния – от 30 до 78 мг/л, кальция – от 27 до 57 мг/л и гидрокарбонат-иона – от 15 до 70 мг/л. Минерализация воды рассматриваемой группы рек также возрастает на 45-165 мг/л, а водный сток для большинства рек имеет тенденцию к убыванию.

Увеличение в воде концентраций главных ионов наблюдается также и на других реках. Для рек с рядами наблюдений от 17 до 28 лет, как правило, наблюдается тенденция к возрастанию концентраций суммы натрия и калия, ионов сульфата и хлора и к уменьшению концентраций гидрокарбонат-иона, кальция и магния.

В целом, следует отметить достаточно закономерный характер многолетних изменений концентраций одноименных ионов в воде рек

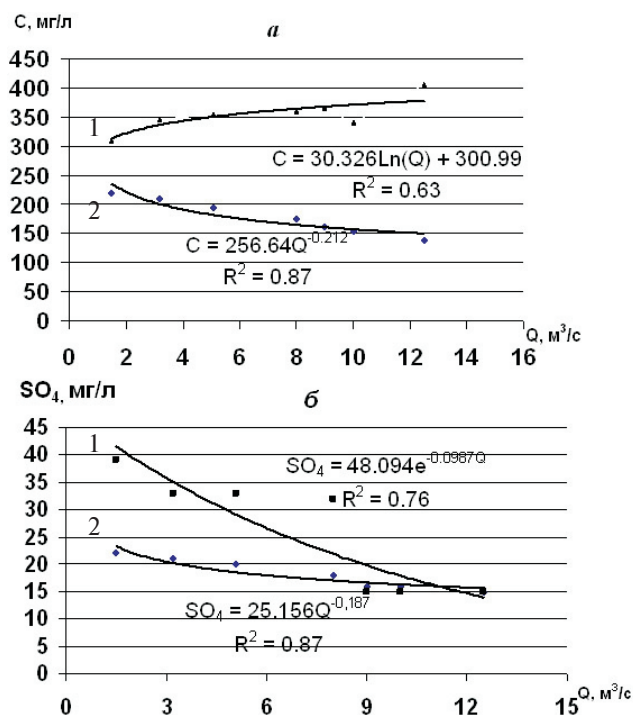


Рис. 3. Изменение во времени вида и тесноты связей минерализации и расхода воды  $C=f(Q)$  (а) и концентрации сульфат-иона в воде и расхода  $SO_4=f(Q)$  (б) на примере р. Белоканчай у г. Белокан: 1 – 1950-1970 гг., 2 – 1971-2008 гг.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

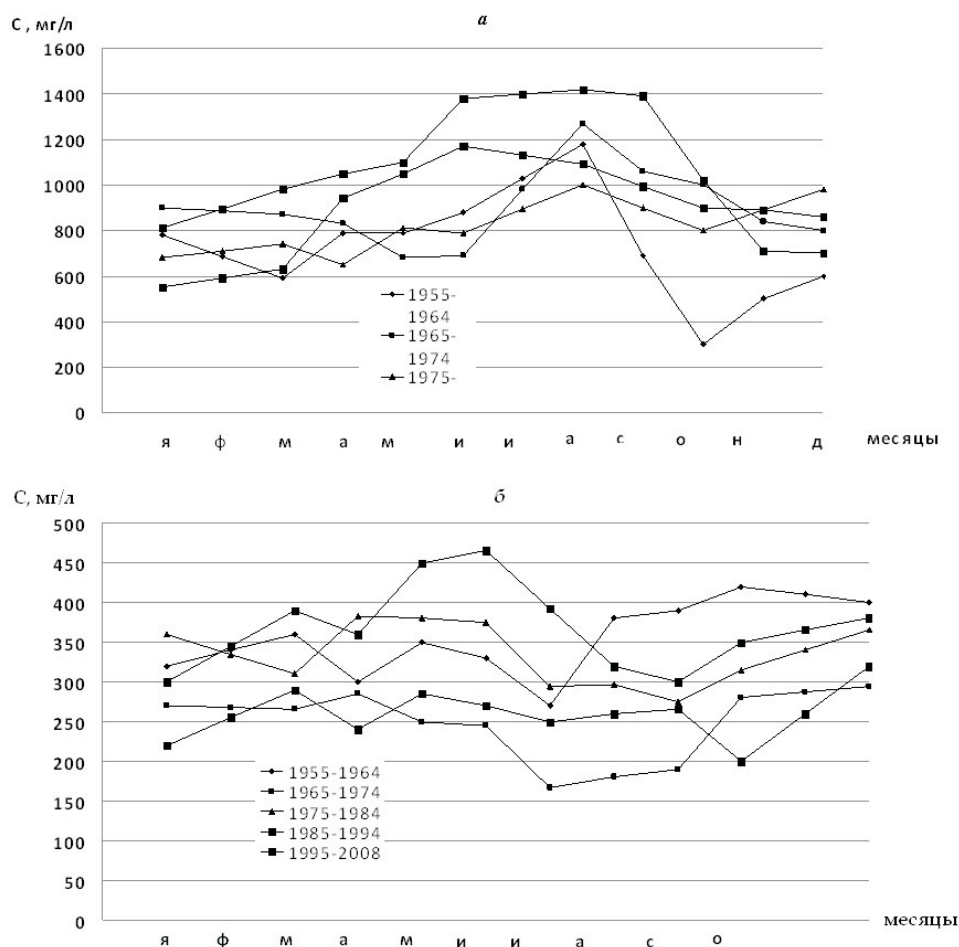


Рис. 4. Внутригодовое распределение минерализации воды за многолетние периоды времени в р. Виляшчай у с. Шыхлар (а) и в р. Кудиалчай у с. Кюпчал (б).

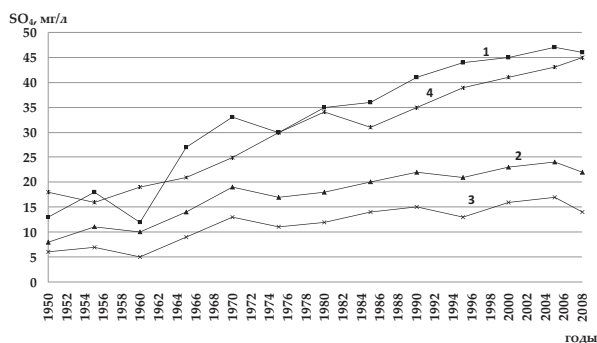
Таблица 1. Оценки связи среднемесячных концентраций главных ионов (мг/л) и минерализации воды С (мг/л) с расходом реки Q (м<sup>3</sup>/с) для периодов наблюдений 1950-1970 гг. и 1971-2008 гг. (на примере р. Велвеличай у с. Тенгиалты).

Главные ионы и минерализация	Связь С=f(Q) за 1950-1970 гг.	Коэффициент корреляции(r)	Связь С=f(Q) за 1971-2008 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
С	С=973Q <sup>-0.354</sup>	0.96	С=122+17390/Q	0.94

Азербайджана. Вместе с тем, характер изменений концентрации хлор-иона существенно отличается от такового для сульфат-иона. Незначительное увеличение концентрации хлор-иона началось в середине 60-х гг. и продолжалось до середины 70-х гг. XX в. Затем в течение 4-6 лет произошло резкое (в 2-4 раза) увеличение концентрации. С начала 80-х гг. XX в. рост прекратился и произошло существенное уменьшение концентрации хлор-иона в воде. Увеличение концентрации сульфат-иона в воде рек Азербайджана началось с середины-конца 60-х гг. и продолжалось

примерно с одинаковой скоростью до середины 80-х гг. XX в. Затем наблюдалась стабилизация концентрации сульфат-иона или незначительное ее увеличение (рис. 5).

В работе (Абдуев, 2009а) показано, что гидрохимический режим исследуемых рек можно считать ненарушенным (условно-естественным, фоновым) только до середины-конца 60-х гг. XX в. Масштабное строительство водохозяйственных систем и их эксплуатация начались с середины 60-х гг. XX в. Это привело к расширению орошаемых площадей примерно в 2.5 раза. В результате



**Рис. 5.** Многолетние изменения концентрации сульфат-иона в воде рек Азербайджана: 1 – р. Гянджачай у с. Зурнабад; 2 – р. Кусарчай у с. Кузун; 3 – р. Талачай у г. Загатала; 4 – р. Ленкоранчай у г. Ленкоран.

произошли значительные изменения в гидрохимическом режиме поверхностных вод.

Как было показано ранее, для оценки антропогенного воздействия на гидрохимический режим рек необходимы временные ряды среднегодовых данных наблюдений продолжительностью не менее 45-50 лет. Использование для этой цели более коротких рядов является относительно малоинформативным. Такие ряды характеризуют, в основном, изменение интенсивности антропогенного воздействия на гидрохимический режим в современный период. По таким рядам сложно оценивать вклад антропогенного фактора в изменение гидрохимического режима рек по отношению к его фоновому (условно-естественному) состоянию.

На реках Азербайджана, для которых имеются наиболее длинные ряды наблюдений, зафиксированы значительные изменения минерализации и содержания в воде главных ионов (табл. 2). Наблюдается увеличение на 100-200 мг/л концентраций ионов хлора, сульфата, суммы натрия и калия. Это показывает, что в последние десятилетия дополнительное поступление этих веществ в речную сеть из антропогенных источников в несколько раз превышает их поступление из природных источников. Увеличение концентраций гидрокарбонат-иона и кальция составило не более 100 мг/л, но для отдельных рек произошло уменьшение их концентраций. Средний прирост концентрации магния в воде составил 50 мг/л (от 35 мг/л на р. Катехчай до 94 мг/л на р. Кудиалчай).

Оценка изменения минерализации воды рек Азербайджана за многолетний период проводилась с помощью метода линейного тренда. Анализ многолетних рядов минерализации воды показал, что ее изменения во времени имеют неоднозначный характер (табл. 3).

На реках Малого Кавказа наблюдаются разнонаправленные изменения минерализации воды. Положительные тренды отмечаются на

реках Акстафачай, Таузчай, Шамкирчай, Гянджачай, Гошгарчай (рис. 6а), Кендаланчай и Каркарчай. За период 1975-2008 гг., минерализация воды в р. Акстафачай в створе г. Казах повысилась от 474 до 842 мг/л, т.е. в 1.8 раза. Слабый отрицательный тренд в изменении минерализации воды отмечается на реках Кюракчай, Тертерчай, Ахохчай (рис. 6б) и Акерачай. За период 1950-2008 гг., согласно полученной оценке тренда, минерализация в этих реках повысилась примерно на 200 мг/л, что составляет около 60% среднемноголетней величины.

На реках Ленкоранской природной области, Нахчыванской АР, а также для воды р. Кура также обнаруживаются слабые положительные тренды в многолетних изменениях минерализации воды. В воде р. Кура наблюдается не только повышение величины минерализации, но и концентраций ионов магния, натрия, калия, хлора и сульфата. Основной причиной изменения химического состава речных вод являются антропогенные факторы. Коллекторно-дренажные воды, минерализация которых составляет 1-35 г/л, а также возвратные воды, попадая в реку, не только увеличивают минерализацию речной воды, но также обуславливают изменение ее химического состава и качества. Если раньше по химическому составу воды р. Куры в нижнем течении относились к гидрокарбонатным кальциевым, то в настоящее время они относятся к сульфатному натриевому типу.

Наиболее значительный положительный тренд в изменении минерализации воды отмечается на р. Араз. В пределах Армении р. Араз и ее притоки, увеличивая свой расход за счет сточных вод на 2.1 млн. м<sup>3</sup>/сутки, подвергаются жесточайшему загрязнению (Абдуев, 2009б).

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. В табл. 2 приведены среднемноголетние величины минерализации и содержания главных ионов в воде р. Габырры. Приведенные данные показывают, что для воды этой реки характерны повышенные минерализация и концентрации ионов натрия, калия, сульфата.

Гидрохимические данные, приведенные в табл. 2 и 3, указывают на существенное влияние сбрасываемых сточных вод на химический состав речных вод.

Предприятиями г. Агдаша в р. Турианчай ежегодно сбрасывается около 230 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод. Вследствие этого после сброса сточных вод вниз по течению реки наблюдается резкое увеличение показателей загрязнения.

СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА

Таблица 2. Внутригодовые изменения минерализации и концентраций главных ионов в речных водах Азербайджана (среднее за 1950-2008 гг.)

Минерализация и главные ионы	Месяцы						Среднее многолетнее
	февраль	апрель	июнь	август	октябрь	декабрь	
р. Габырры – 0.5 км выше с. Касаман							
Минерализация, мг/л	1294	743	890	1055	1221	1286	1082
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	184.9	180.0	238.0	246.9	238.3	198.3	214
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	551.4	297.7	319.9	410.3	501.0	616.9	450
Cl, мг/л	144.4	49.3	49.8	72.3	84.2	77.3	80
Ca <sup>2+</sup> мг/л	138.0	129.4	57.3	66.9	60.3	127.5	97
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	11.0	18.0	7.2	16.6	8.8	22.4	14
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	264.5	69.0	217.5	242.2	328.0	243.1	227
р. Турианчай- 0.55 км ниже г. Агдаш							
Минерализация, мг/л	451	450	242	433	508	396	445
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	178.8	237.4	167.8	153.0	182.3	170.1	182
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	144.0	100.3	128.0	121.5	149.8	113.9	126
Cl, мг/л	7.7	6.0	8.8	9.3	10.1	14.0	9
Ca <sup>2+</sup> мг/л	80.2	74.0	52.9	52.8	55.7	70.1	64
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	11.4	16.5	13.5	12.7	14.7	20.2	15
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	28.9	26.0	52.9	83.5	95.0	7.5	49
р. Гекчай - 0.5 км ниже г. Гекчай							
Минерализация, мг/л	510	533	423	486	555	488	492
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	210.5	246.5	158.7	205.0	245.7	210.5	213
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	170.0	160.9	159.7	161.2	160.5	150.4	160
Cl, мг/л	4.3	2.0	5.3	8.6	12.2	17.4	8.3
Ca <sup>2+</sup> мг/л	83.6	72.2	61.8	46.6	59.6	60.1	64
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	6.6	11.8	10.3	11.5	13.9	13.5	11
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	35.2	39.7	26.9	53.3	63.4	36.2	42
р. Нахичеванчай- 0.2 км ниже г. Нахчыван							
Минерализация, мг/л	566	595	705	756	444	748	636
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	287.4	227.9	247.1	330.5	125.3	206.5	237
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	39.3	129.1	183.1	136.8	122.9	189.5	133
Cl, мг/л	81.0	67.3	63.5	77.4	64.7	127.9	80
Ca <sup>2+</sup> мг/л	86.2	60.5	42.9	55.4	54.8	101.2	67
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	12.0	18.9	12.6	28.3	14.3	19.4	17
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	60.4	91.2	156.2	127.6	61.9	103.7	100
р. Кудиалчай – 0.5 км ниже г. Хачмас							
Минерализация, мг/л	600	613	523	603	473	460	545
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup> , мг/л	308.2	297.2	283.7	281.5	207.3	202.9	263
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> , мг/л	125.0	149.9	100.5	145.9	128.5	124.0	129
Cl, мг/л	6.1	5.7	4.4	12.0	10.1	16.6	9.0
Ca <sup>2+</sup> мг/л	86.2	80.9	78.9	54.6	51.3	62.0	69
Mg <sup>2+</sup> , мг/л	11.9	21.2	18.1	19.2	17.3	24.8	19
Na <sup>+</sup> + K <sup>+</sup> , мг/л	62.2	58.1	37.2	90.0	58.6	28.1	56

Таблица 3. Среднемноголетняя минерализация (мг/л) воды рек Азербайджана.

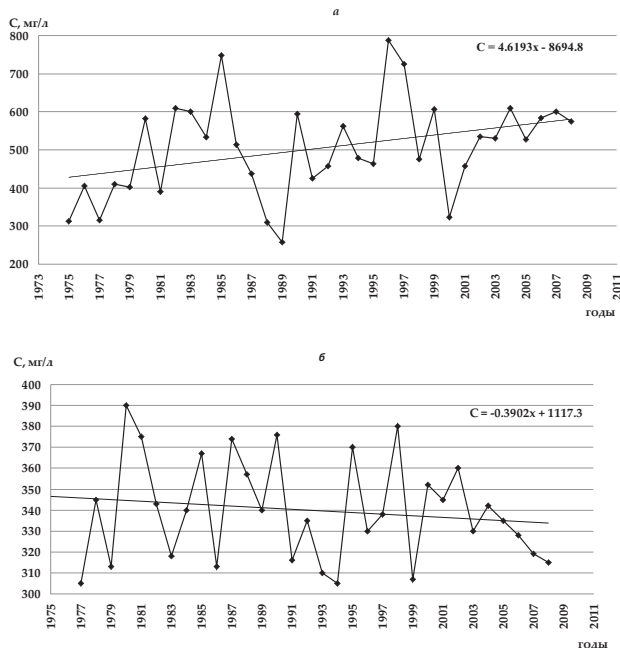
Река-пункт	годы	М Е С Я Ц Ы					
		февраль	апрель	июнь	август	октябрь	декабрь
Белоканчай-Белокан	1965-74	426	318	193	326	319	338
	1975-84	444	340	195	342	339	364
	1985-94	488	666	484	394	454	376
	1995-08	512	695	622	536	583	455
Турианчай-Агдаш	1965-74	429	408	432	496	511	332
	1975-84	498	442	468	527	648	398
	1985-94	499	458	427	510	562	395
	1995-08	598	483	479	576	609	454
Гекчай-Гекчай	1965-74	566	387	325	376	394	382
	1975-84	626	412	364	451	441	411
	1985-94	668	477	374	469	510	422
	1995-08	754	585	518	712	681	573
Кудиалчай-Куба	1965-74	555	497	329	319	563	487
	1975-84	604	523	381	357	589	520
	1985-94	614	551	387	392	619	596
	1995-08	669	609	511	468	672	629
Актафачай-Казах	1965-74	743	674	558	444	594	522
	1975-84	1031	755	581	463	646	551
	1985-94	1218	872	637	612	683	646
	1995-08	1443	1123	877	1271	886	819
Таузчай-Тауз	1965-74	900	647	611	635	762	643
	1975-84	1054	709	649	689	821	671
	1985-94	1091	920	682	693	1068	673
	1995-08	1245	1368	794	876	1164	894
Гошгарчай-Дашкесан	1965-74	400	300	320	465	440	395
	1975-84	507	318	544	527	551	451
	1985-94	979	710	696	821	1380	552
	1995-08	640	716	732	884	828	605
Кюралчай-Чайкенд	1965-74	297	312	324	448	382	324
	1975-84	275	288	288	395	336	275
	1985-94	265	280	258	316	317	220
	1995-08	253	251	242	304	318	284
Нахичеванчай-Нахчыван	1965-74	536	529	403	641	416	424
	1975-84	552	567	428	672	459	468
	1985-94	570	598	447	708	760	750
	1995-08	582	617	478	764	773	777
Виляшчай-Шыхлар	1965-74	700	612	648	825	757	518
	1975-84	727	669	725	887	801	524
	1985-94	791	860	800	1095	960	815
	1995-08	825	1000	1200	1400	1040	860
Ленкоранчай-Сифидор	1965-74	310	328	264	278	273	249
	1975-84	314	341	282	297	273	276
	1985-94	353	344	325	352	387	298
	1995-08	378	391	367	389	405	355
Тенгерю-Ваго	1965-74	305	323	352	306	218	222
	1975-84	327	334	381	314	223	229
	1985-94	340	381	390	330	371	305
	1995-08	377	387	397	362	393	364

Так, если выше сброса сточных вод содержания в воде хлор и сульфат ионов обычно колеблется в пределах 3-7 и 40-50 мг/л, то ниже сброса сточных вод они достигает, соответственно, 6-14 и 100-150 мг/л. Такая же тенденция наблюдается и в изменении величины минерализации: выше сброса сточных вод ее величина составляет 300-400 мг/л и повышается до 400-500 мг/л ниже их сброса.

Существенному антропогенному воздействию подвержена также р. Гекчай. В нее в течение года сбрасывается без очистки более 150 тыс. м<sup>3</sup> сточных вод. В воде р. Гекчай ниже сброса сточных вод отмечается значительный рост содержания иона хлора (от 2-5 выше источников загрязнения до 17 мг/л ниже источников загрязнения), сульфат иона (от 50-60 до 150-170 мг/л) и величины минерализации (от 250-300 до



## СОВРЕМЕННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ГИДРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА



**Рис. 6.** Изменения минерализации воды за период 1975-2008 гг. в р. Гошгарчай у г. Дашкесан (а) и в р. Ахохчай у с. Ханага (б)

420-550 мг/л). В воде этой реки также наблюдаются повышенные концентрации загрязняющих веществ, таких как алюминий, железо и марганец.

Организованного сброса сточных вод в р. Алджиганчай нет. В эту реку поступают хозяйственно-бытовые сточные воды ряда мелких населенных пунктов, расположенных в ее долине. После этого в воде указанной реки заметно увеличивается содержание таких косвенных показателей загрязнения, как сульфат иона (на 90-110%) и хлор иона (на 50-60%), а величина минерализации повышается на 15-20%.

Наиболее существенному антропогенному воздействию подвержена р. Кудиалчай. В нее предприятиями г. Кубы ежегодно сбрасывается около 1400 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод, а в районе г. Хачмаса – более 100 тыс. м<sup>3</sup> хозяйственно-бытовых сточных вод. После организованного сброса сточных вод предприятиями г. Хачмас в р. Кудиалчай качество речной воды резко ухудшается. Ниже источников загрязнения в г. Хачмас в воде р. Кудиалчай содержание иона хлора достигает 19 мг/л (при фоновом содержании 6-7 мг/л), сульфат иона – до 150 мг/л (фоновое содержание 100-120 мг/л), а величина минерализации возрастает от 350-400 (фоновый створ) до 450-700 мг/л (в створе ниже сброса сточных вод).

Среди рек Нахчыванской АР наиболее существенные изменения гидрохимического режима отмечаются для р. Нахичеванчай. В нее за ежегодно сбрасывается около 47 тыс. м<sup>3</sup> неочищенных сточных вод. Это приводит к заметному росту минерализации (на 20%) и содержаний главных ионов

(40-80%) в воде р. Нахичеванчай ниже по течению.

Таким образом, в современный период на территории Азербайджана антропогенные факторы оказывают значительное влияние на качественный состав речных вод и приводят к существенным изменениям их гидрохимического режима.

## ВЫВОДЫ

1. Гидрохимический режим рек Азербайджана характеризуется:

- небольшими средними многолетними внутригодовыми изменениями (коэффициенты вариации  $C_v$  изменяются в пределах 0.23-0.63, составляя в среднем 0.34);

- тесными связями  $C = f(Q)$  для минерализации и концентраций кальция, магния, гидрокарбонат-иона, которые могут быть аппроксимированы уравнениями степенной и гиперболической зависимостей;

- характером и теснотой связей  $C = f(Q)$  для ионов сульфата, хлора и суммы натрия и калия, отличающихся сильной изменчивостью;

- концентрацией основных ионов в речных водах и их минерализацией, имеющих обычно тенденцию к убыванию с ростом расходов рек.

2. В результате хозяйственной деятельности человека наблюдается тенденция трансформации во времени внутригодовых изменений гидрохимического режима рек. При этом обнаружено:

- уменьшение внутригодовых изменений концентраций главных ионов в воде за счет ускоренного роста концентраций в месяцы с наибольшим водным стоком;

- уменьшение тесноты связей  $C = f(Q)$  и преобразование их вида (табл. 1);

- наибольшее увеличение концентрации в воде (от 200 до 600%) наблюдается для ионов хлора, сульфата, натрия и калия; минерализация воды увеличилась на 25-55%.

3. Для оценки антропогенного воздействия на изменения концентраций главных ионов продолжительность наблюдений для рек Азербайджана должна быть не менее 45-50 лет.

## Список литературы

- Абдуев М.А.* Изменение гидрохимического режима горных рек Азербайджана под воздействием антропогенных факторов // Материалы III Международной научной конференции «Восстановление нарушенных природных экосистем». Донецк, 2008. С. 30-33
- Абдуев М.А.* Исследование ионного стока горных рек Азербайджана // Известия РГО. 2009а. Т. 141. Вып. 1. С. 72-76
- Абдуев М.А.* Охрана от загрязнения трансграничных водных ресурсов Азербайджана //

- Материалы V Международная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании». Варна, Болгария, 2009б. С. 9-12
- Алекин О.А.* Основы гидрохимии. Л. Гидрометеоздат, 1970. 444 с
- Гаджиев Г.А.* Химический сток и загрязнение рек Большого Кавказа в пределах Азербайджанской ССР. Автореф. дисс. канд. геогр. наук. Баку, 1984. 24 с.
- Гидрохимический бюллетень ГГМ по окружающей среде 1995-2008 гг. Баку: Изд-во «Элм», 2008. 116 с.
- Ежегодные данные о качестве поверхностных вод суши. Часть 1. Реки. 1950-1994 гг. Баку: Изд-во «Элм», 1994. 221 с.
- Методические рекомендации по учету влияния хозяйственной деятельности на сток малых рек при гидрологических расчетах для водохозяйственного проектирования. Л.: Гидрометеоздат, 1986. 166 с.
- Рустамов С.Г., Каишай Р.М.* Водные ресурсы Азербайджанской ССР. Баку: Элм, 1989. 180 с.

## MODERN ALTERATIONS IN HYDRO CHEMICAL REGIME OF AZERBAIJAN RIVERS

**M.A. Abduyev**

*Institute of Geography of ANAS*

Case study of Azerbaijan rivers revealed intra-and long-term alterations in concentrations of major ions over the period 1950-2008. The authors also revealed the growth trend of concentrations since the mid-late 60's, accompanied by an increase of interannual variability. Assessment of human impact on the chemical composition of river water requires at least 45-50 years of monitoring of rivers within the study area.

*Keywords: major ions, intra-and long-term alterations in concentration, mineralization.*