

ИССЛЕДОВАНИЕ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕННОСТИ ВОД проточных ВОДОХРАНИЛИЩ «Азат», «Кечут», «Ереванское озеро», «Ахурян», «Озеро Арпи» и «Апаран»

Определены гидрохимические показатели качества воды проточных водохранилищ «Азат», «Кечут», «Ереванское озеро», «Ахурян», «озеро Арпи» и «Апаран» за 2010 г. С помощью полученных данных дана оценка качества вод водохранилищ индексными методами.

Введение

В Армении насчитываются более 80 проточных водохранилищ. В основном эти водохранилища используются для орошения близлежащих земель. Отдельные водохранилища имеют энергетическое, рекреационное, рыбохозяйственное, а также природоохранное значение. Общие сведения об этих водохранилища приведены в *табл. 1* [1].

Проточное водохранилище «Азат» расположено в Араратском регионе в середине русла р. Азат. Оно является основным водохранилищем для системы орошения более чем 9 тыс. гектаров угодий Арташатского района. Водохранилище используется также для энергетических и рыбохозяйственных целей [1].

Кечутское водохранилище находится в области Вайоц Дзор в 10 км от г. Джермук, около с. Кечут на р. Арпа. Оно является одним из основных узлов гидротехнического сооружения «Арпа-Севан». В среднем за год из водохранилища «Кечут» в оз. Севан перемещается около 170 млн. м³ воды. Кроме этого вода водохранилища используется для орошения сельскохозяйственных угодий, находящихся на востоке от водохранилища.

Проточное водохранилище «Ереванское озеро» расположено на юго-западе г. Ереван. Оно было построено в ущелье Раздан в 1963-66 гг. Исходящие из озера каналы использу-

Т.Г. Дерцян*,
соискатель,
Ереванский
государственный
университет

Л.А. Маргарян,
кандидат
химических наук,
преподаватель,
Ереванский
государственный
университет

Г.П. Пирумян,
доктор технических
наук, профессор,
заведующий
кафедрой
«Экологическая
химия», химический
факультет,
Ереванский
государственный
университет



ются для орошения сельскохозяйственных угодий районов Эчмиадзина и Масиса. Озеро имеет важное значение для формирования ландшафта города, микроклимата окрестности.

Проточное водохранилище «Озеро Арпи» находится в северно-западной части Армении в Ашоцком районе. Из водохранилища берет свое начало р. Ахурян. «Озеро Арпи» является одним из главных хозяйственных строений Армении. Вода водохранилища используется для орошения более чем 11 тыс. гектаров земель.

Проточное водохранилище «Ахурян» расположено в нижнем течении р. Ахурян на армяно-турецкой границе. Оно является крупнейшим водохранилищем Армении. Используется для орошения земель сельскохозяйственного назначения по обе стороны

* Адрес для корреспонденции: derdzyan.t@gmail.com

Таблица 1

Основные характеристики проточных водохранилищ

Водохранилище	Азат	Кечут	Ереванское Озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
Объем воды, млн м ³	70	25	4,8	105	525	91
Полезный объем, млн м ³ [2]	60,9	3,5	0,2	90,6	510	81
Площадь зеркала, га	285	135	95	2247	4180	735
Высота плотины, м	76	50	28	69	59,1	51,5

границы, площадь орошаемых земель оценивается в 104 тыс. гектаров.

Проточное водохранилище «Апаран» находится в области Арагацотн в среднем русле р. Касах. Является одним из водохозяйственных сооружений Армении, построенных для сохранения оз. Севан. Вода водохранилища используется для орошения более чем 7520 гектаров угодий. Кроме этого она используется для снабжения ветви канала «Арзни-Шамирам», который является основным потребителем воды оз. Севан.

Цель работы – исследование экологического состояния указанных искусственных водохранилищ за 2010 г, определение основных гидрохимических показателей водохранилищ, оценка и классификация качества воды с помощью индексных методов.

Материалы и методы исследования

Взятие и хранение проб проводились согласно методикам [3, 4]. Во взятых пробах были определены рН, минерализация, жесткость воды, величины БПК₅ и ХПК, содержание растворенного кислорода, главных ионов (Na⁺, Mg²⁺, K⁺, Ca²⁺, HCO₃⁻, SO₄²⁻, Cl⁻), биогенных веществ (Si, общий P, неорганические соединения азота), а также содержание Fe, Al, Cu, Zn, V, Cr, Mn, Se, Br,

Таблица 2

Некоторые гидрохимические показатели вод водохранилищ

Показатели, мг/л	ПДК	Азат	Кечут	Ереванское озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
рН	6,5-8,5	9,1	8,0	7,9	8,3	7,9	8,2
Жесткость, мгэкв/л	-	1,79	0,77	3,87	1,01	2,61	1,18
Растворенный кислород	>6	9,37	9,60	8,97	8,88	8,31	7,74
БПК ₅	3	3,71	2,47	3,12	2,87	2,83	2,80
ХПК	30	18,50	12,80	21,67	17,33	17,50	17,00

Sr, Cd, Pb, Sn, Mo, As, Co, Ni. Гидрохимические исследования проводились согласно методикам [3-5].

Реагенты, используемые для анализов, были марками «х.ч.» или «ч.д.а.». Все лабораторные измерения проводились при комнатной температуре (20±0,5 °С).

Индексы качества воды

На основании полученных гидрохимических показателей была определена степень загрязненности водохранилищ индексными методами. Для этого использовались индексы качества воды (**ИКВ**), которые различаются по структуре, применимости и используемым подходам [6-8]. Применялись Индекс загрязненности воды (**ИЗВ**), Орегонский индекс качества воды (**ОИКВ**), Малайзийский индекс качества воды (**МИКВ**), Канадский индекс качества воды (**КИКВ**), Удельно-комбинаторный индекс качества воды (**УКИКВ**). В качестве критериев для расчета индексов используются рыбохозяйственные нормативы качества воды [9].

Результаты и их обсуждение

Гидрохимические исследования водохранилищ за 2010 г. показали, что вода водохранилищ «Азат», «Озеро Арпи» и «Апаран», в основном, слабощелочная, в отдельные периоды с выраженной щелочностью, а водохранилищ «Кечут», «Ереванское озеро» и «Ахурян», в основном, с нейтральным рН; лишь в отдельные месяцы вода слабощелочная, с удовлетворительным кислородным режимом (табл. 2). Во всех водохранилищах кислородный режим был удовлетворительным для жизнедеятельности водных экосистем. Несмотря на это, во всех водохранилищах летом и в начале осени количество кислорода снижалась. Вода водохранилищ «Азат» и «Ахурян» мягкая, в водохранилищах «Кечут», «Арпи» и «Апаран» очень мягкая, а в водохранилище «Ереванское озеро» средней жесткости.

Значения БПК₅ в водохранилищах «Кечут», «Ахурян», «Озеро Арпи» и «Апаран» в основ-

Таблица 3Содержание NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} , Si в водах водохранилищ

Показатели, мг/л	ПДК	Азат	Кечут	Ереванское озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
Нитратный азот	9	0,28	0,18	3,25	0,02	1,04	0,25
Нитритный азот	0,024	0,006	0,007	0,070	0,006	0,022	0,014
Аммонийный азот	0,39	0,230	0,151	0,794	0,217	0,162	0,221
PO_4^{3-}	3,5	0,12	0,10	0,51	0,15	0,18	0,11
Si	-*	18,31	19,69	23,86	18,33	22,33	14,12

Примечание: * – нет соответствующего ПДК.

Таблица 4

Содержание главных ионов в водах водохранилищ

Показатели, мг/л	ПДК	Азат	Кечут	Ереванское озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
Na^+	120	18,6	7,6	61,4	4,8	21,5	3,8
K^+	50	2,2	2,3	6,1	1,8	3,8	2,4
Ca^{2+}	180	23,0	10,3	44,8	13,3	33,3	17,7
Mg^{2+}	40	7,8	3,1	19,8	4,2	11,5	3,6
SO_4^{2-}	100	40,7	9,8	66,1	3,0	22,4	11,5
Cl ⁻	300	8,4	3,5	80,5	1,2	11,6	3,4
HCO_3^-	-*	78,9	37,2	155,3	85,9	114,8	62,0
Минерализация	1000	179,6	73,8	434,1	114,2	218,8	99,9
Жесткость, мг-экв/л	-	1,8	0,8	3,9	1,0	2,6	1,2

Примечание: * – данные параметры не имеют установленных рыбохозяйственных ПДК.

ном не превышали нормативы (табл. 2). Высокие значения в этих водах наблюдаются летом, превышая допустимые нормы до 1,6 раза. В водохранилищах «Азат» и «Ереванское озеро» превышения достигают 1,9 раза и наблюдаются почти за весь период. За указанный период значение ХПК во всех водохранилищах не превышало соответствующее нормативу.

Исследование содержания соединений азота показало, что во всех водохранилищах, кроме «Ереванское озеро» нитратный, нитритный и аммонийный азот, в основном, не превышают ПДК. Наблюдалось только превышение аммонийного азота в водохранилищах «Азат» и «Озеро Арпи» (соответственно, в августе и июле – 1,3 и 1,8 ПДК), а в водохранилище «Ахурян» содержание нитритного азота в некоторые месяцы превысило ПДК (1,6–2 ПДК).

Нитритный и аммонийный азот имеют высокую концентрацию в водохранилище «Ереванское озеро». Наблюдаются превышения содержания нитритного азота в разные месяцы, достигая высокого загрязнения (11,1 ПДК). Превышения содержания аммонийного азота до 1,3 до 5,3 ПДК наблюдалось почти всегда.

Увеличение содержания общего азота в водохранилищах усугубляет эвтрофические

процессы, что в дальнейшем приведет к изменению водохранилищ от мезотрофного вида до эвтрофного.

Содержание PO_4^{3-} за период наблюдений во всех водохранилищах не превысило ПДК. Сравнительно высокое содержание наблюдалось в «Ереванском озере».

Содержание Si имеет колебательный характер во всех водохранилищах и достаточно высоко в водохранилищах «Ереванское озеро» и «Ахурян».

Из выше сказанного видно, что самое высокое содержание биогенных веществ наблюдается в водохранилище «Ереванское озеро». Содержание Na^+ , K^+ , Mg^{2+} , Ca^{2+} , SO_4^{2-} и Cl⁻ за период наблюдений во всех водохранилищах не превысило ПДК (табл. 4). По сравнению с другими водохранилищами в «Ереванском озере» наблюдается высокое содержание всех главных ионов, однако не превышающее ПДК.

Минерализация вод водохранилищ низкая. Сравнительно высокую минерализацию имеет водохранилище «Ереванское озеро». Во всех водохранилищах за указанный период минерализация колеблется в широком диапазоне. В конце весны и летом наблюдается снижение минерализации.

Al имеет фоновое высокое содержание во всех водохранилищах, что в отдельные меся-

Таблица 4

Содержание некоторых элементов в водах водохранилищ

Содержание металлов, мг/л	ПДК	Азат	Кечут	Ереванское озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
Al	0,04	0,13	0,13	0,19	1,07	0,15	0,27
V	0,001	0,009	0,004	0,017	0,007	0,009	0,003
Cr	0,001	0,0011	0,0006	0,0050	0,0021	0,0016	0,0010
Fe	0,5	0,13	0,12	0,27	1,05	0,17	0,23
Mn	0,01	0,014	0,016	0,041	0,050	0,031	0,031
Cu	0,001	0,0013	0,0027	0,0019	0,0021	0,0022	0,0012
Zn	0,01	0,002	0,007	0,016	0,004	0,003	0,005
Br	0,2	0,03	0,01	0,21	0,01	0,06	0,02
Se	0,001	0,00055	0,00029	0,0014	0,01048	0,00205	0,00043
As	0,05	0,002	0,004	0,007	0,001	0,007	0,002
Co	0,01	0,0013	0,0002	0,0003	0,0006	0,0003	0,0002
Ni	0,01	0,002	0,001	0,002	0,004	0,003	0,002
Sr	2	0,20	0,10	0,41	0,07	0,18	0,08
Mo	0,5	0,0013	0,0007	0,0038	0,0003	0,0017	0,0005
Cd	0,005	0,00001	0,00002	0,00001	0,00002	0,00002	0,00001
Sn	0,66	0,00001	0,00002	0,00000	0,00001	0,00001	0,00002
Sb	0,05	0,0002	0,0002	0,0005	0,0002	0,0004	0,0004
Ba	2	0,31	0,01	0,03	0,03	0,02	0,02
Pb	0,1	0,0001	0,0002	0,0006	0,0010	0,0003	0,00023

цы многократно превысило ПДК. В водохранилищах «Азат», «Кечут», «Ереванское озеро» и «Апаран» превышения наблюдались почти во все месяцы в достаточно широком диапазоне (соответственно, 2,0–7,3, 1,3–10,6, 1,5–8,6 и 2,0–5,7 ПДК), а в водохранилище «Ахурян» за весь период наблюдений от 1,6 до 6,5 ПДК. Достаточно высокое содержание Al наблюдалось в мае и августе в водохранилище «Ереванское озеро» (соответственно, 13,1 и 16,6 ПДК) и в апреле и мае в водохранилище «Апаран» (12,7 ПДК). Значительно высока концентрация Al в водохранилище «Озеро Арпи», где превышения достигли от 15,9 до 43,2 ПДК.

V также имеет высокое фоновое значение в водохранилищах. Во всех водохранилищах за весь период наблюдений содержание V превысило ПДК. В водохранилищах «Кечут», «Озеро Арпи» и «Апаран» превышения колебались, соответственно, в интервалах 2,7–6,8; 5,9–8,9 и 2,4–4,1 ПДК. В водохранилищах «Азат» и «Ахурян» в сентябре наблюдалось самое высокое значение V (соответственно, 12,4 и 14,8 ПДК), а в остальные месяцы превышения достигли 7,1–9,7 ПДК в водохранилище «Азат» и 5,9–9,6 ПДК в водохранилище «Ахурян».

В исследуемом периоде в водохранилищах также высоки концентрации Cr, Mn и Cu.

В августе в водохранилище «Кечут» наблюдается превышение содержания Cr в 1,7

ПДК. В некоторые месяцы в водохранилищах «Азат» и «Апаран» концентрация Cr близка к ПДК, а превышения содержания Cr наблюдаются в водохранилище «Азат» в июне (2,1 ПДК), а в водохранилище «Апаран» в мае (1,9 ПДК). В водохранилище «Ахурян» превышения наблюдались почти во все месяцы – от 1,4 до 2,7 ПДК. Самые высокие значения Cr наблюдались в водохранилищах «Ереванское озеро» и «Озеро Арпи». Превышения наблюдались за весь период наблюдений: в водохранилище «Ереванское озеро» – 2,4–8,9 ПДК и в водохранилище «Озеро Арпи» – 1,3–3,4 ПДК.

В водохранилище «Азат» концентрация Mn превысила в июне (1,7 ПДК), июле (1,4 ПДК) и сентябре (3,7 ПДК). В водохранилищах «Кечут» и «Ахурян» в некоторые месяцы содержание Mn близко к ПДК, а в отдельные месяцы превысило содержание в водохранилище «Кечут», достигая 2,5–4,9 ПДК (апрель, август, сентябрь), а в водохранилище «Ахурян» 2,7–7,2 ПДК (с июля до октября). Высокое содержание Mn наблюдается также в водохранилищах «Ереванское озеро», «Арпи» и «Апаран», где превышения наблюдаются за весь период исследований, достигая, соответственно, 1,8–9,0; 2,7–7,3 и 1,6–5,3 ПДК.

Почти за весь период исследований концентрация Cu превысила ПДК в водохранилищах «Кечут», «Ереванское озеро» и

«Ахурян», соответственно, 1,4–8,4 ПДК, 1,5–3,7 ПДК и 2,1–3,7 ПДК. В водохранилище «Озеро Арпи» концентрация Си превысила ПДК (1,6–3,0) за весь период наблюдений. В отдельные месяцы превышения ПДК наблюдались также в водохранилище «Азат» – в июне (2,0 ПДК) и июле (1,7 ПДК), а в водохранилище «Апаран» – в мае (1,9 ПДК) и в августе (2,1 ПДК).

Наблюдалось превышение содержания Zn в водохранилищах «Кечут» – в мае (2,2 ПДК) и «Ереванском озере» – в октябре (14,7 ПДК).

Концентрация Fe за весь период наблюдений превысила ПДК в водохранилище «Озеро Арпи» – 1,3–3,4 ПДК и в водохранилище «Ереванское озеро» в июле – 1,8 ПДК и в августе – 1,7 ПДК.

В водохранилище «Ереванское озеро» было высоко также содержание Br и Se. В некоторые месяцы концентрации были близки к ПДК. Br превысило ПДК в августе (1,3 ПДК), октябре (1,5 ПДК), ноябре (1,5 ПДК) и декабре (1,5 ПДК), а Se в январе (5,0 ПДК), июне (2,3 ПДК), июле (1,8 ПДК) и августе (1,6 ПДК).

В некоторые месяцы Se имел высокую концентрацию также в водохранилищах «Озеро Арпи» (в марте 55,9 ПДК и в мае 6,2 ПДК), «Ахурян» (в мае 11,7 ПДК и июне 1,9 ПДК) и «Апаран» (в мае 1,7 ПДК).

За 2010 г. определялись концентрации As, Co, Ni, Sr, Mo, Cd, Sn, Sb, Ba, Pb, которые за весь период наблюдений оставались в пределах ПДК.

Данные о классификации степени загрязненности водохранилищ по индексам качества воды приведены в *табл. 5*.

По оценкам ИЗВ степень загрязненности водохранилища «Ереванское озеро» принадлежит V классу (грязная), а в остальных водохранилищах – III классу (умеренно загрязненная).

По оценкам МИКВ все водохранилища принадлежат II классу (слабо загрязненная).

Таблица 5

Классификация степени загрязненности вод водохранилищ

Индекс качества воды	Азат	Кечут	Ереванское озеро	Озеро Арпи	Ахурян	Апаран
ИЗВ	2,11 III	1,46 III	4,20 V	1,96 III	2,36 III	1,18 III
МИКВ	82,92 II	87,13 II	80,86 II	77,14 II	86,64 II	82,80 II
ОИКВ	67,91 IV	83,66 III	25,79 V	81,62 III	69,91 IV	26,87 V
КИКВ	74,44 III	78,99 III	55,33 IV	58,89 IV	65,90 III	77,46 III
УКИКВ	2,00 III	1,86 III	3,67 V	2,74 IV	2,60 III	2,25 III

По оценкам ОИКВ загрязненность водохранилища «Кечут» и «Озеро Арпи» принадлежит к III классу (загрязненная), водохранилища «Азат» и «Ахурян» – IV классу (грязная), а водохранилище «Ереванское озеро» – V классу (экстремально грязная).

По оценкам КИКВ водохранилища «Ереванское Озеро» и «Озеро Арпи» принадлежат к IV классу (грязная), а остальные водохранилища к III классу (загрязненная).

По оценкам УКИКВ «Ереванское озеро» принадлежит к V классу (экстремально грязная), водохранилище «Озеро Арпи» к IV классу (грязная), а остальные водохранилища к III классу (загрязненная).

Обобщенная оценка качества вод водохранилищ индексными методами показала, что загрязненность вод водоемов распределяется следующим образом:

«Кечут» < «Озеро Арпи» < «Апаран» < «Азат» < «Ахурян» < «Ереванское озеро»

Водоохранилища «Кечут» и «Озеро Арпи» расположены в высокогорье и находятся в истоках рек Арпа и Ахурян, где почти отсутствует антропогенное загрязнение.

Заключение

В водохранилищах высокие значения БПК₅ и снижение количества растворенного кислорода в течение лета свидетельствуют о том, что в этот период вода водохранилищ загрязняется легко окисляемыми органическими загрязнителями.

Водоохранилище «Ереванское озеро» сильно загрязнено соединениями азота. Наблюдается высокое содержание фосфат-иона. За весь период наблюдений в водохранилище наблюдается высоко содержание Br и Se.

Во всех водохранилищах содержание главных ионов ниже ПДК.

Все исследуемые водохранилища сильно загрязнены Al.

В водохранилищах наблюдается высокое фоновое содержание V, в отдельные месяцы отмечается сильное загрязнение V.

В водохранилищах наблюдается высокое содержание Cr, Mn и Cu; самые высокие их значения – в «Ереванском озере» и «Озере Арпи».

Содержание Fe имеет высокое значение в «Озере Арпи» и «Ереванском озере».

По оценкам МИКВ вода водохранилищ может использоваться для водоснабжения (после предварительной очистки), в рекреационных целях и рыбоводстве.

Литература

1. Чилингарян Л.А. Гидрография рек и озер Армении / Л.А.Чилингарян, Б.П. Мнацаканян, К.А. Агабабян, О.В. Токмаджян. Ер.: Агропресс 2002. 50с.
2. Габриелян Г.К. Армянское нагорье. Ереван: Изд-во ЕГУ. 2000. 87 с.
3. Standard methods for the examination of water and wastewater, 20th edition USA. Eds. Lenore S. Clesceri, Arnold E. Greenberg, Andrew D. Eaton. 1998. p. ii-4.11
4. Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши. Главное управление гидрометеорологической службы при

Ключевые слова:

проточное водохранилище, гидрохимические показатели, индексные методы, предельно допустимые концентрации (ПДК)

Совете Министров СССР. Л.: Гидрометеоиздат. 1977. 542 с.

5. Фомин Г.С. Вода. Контроль химической, бактериальной и радиационной безопасности по международным стандартам. М.: Энциклопедический справочник, 2000.

6. Дерцян Т.Г., Л.А. Маргарян, С.Г. Минасян, Г.П. Пирумян. Гидрохимическая оценка экологического состояния искусственного водоема «Азат» и оценка качества воды индексными методами / Т.Г. Дерцян, Л.А. Маргарян, С.Г. Минасян, Г.П. Пирумян // Вода: химия и экология. 2012. №. 3. С. 105-109.

7. Маргарян Л.А. Комплексная оценка качества поверхностных вод при помощи компьютерного моделирования / Л.А. Маргарян, С.Г. Минасян, Г.П. Пирумян // Вода и экология: проблемы и решения. 2009. Вып. 3. С. 50-61.

8. Маргарян Л.А. Сравнение канадского и удельно-комбинаторного индексов качества воды при оценке загрязненности р. Раздан / Л.А. Маргарян, С.Г. Минасян, Г.П. Пирумян // Вода и экология: проблемы и решения. 2008. Вып. 3. С. 57-64.

9. Рыбоохрана, Сборник нормативных актов, Министерство рыбного хозяйства СССР. М.: Юрид. Лит, 1988.



T.G. Derdzyan, L.A. Margaryan, G.P. Pirumyan

POLLUTION LEVEL OF WATER FLOWING RESERVOIRS "AZAT", "KECHUT", "YEREVAN LAKE", "AKHURYAN", "LAKE ARPI", "APARAN"

Hydrochemical parameters of water quality flowing reservoirs "Azat", "Kechut", "Yerevan Lake", "Akhuryan", "Lake Arpi" and "Aparan" for 2010 have been defined. With the help of the data assessed the water quality of reservoirs index methods was given.

Key words: running water reservoir, hydrochemical indices, index methods, the maximum permissible concentration (MPC).