

Гидравлика и инженерная гидрология

УДК 502/504 : 556

Г. Х. ИСМАЙЛОВ

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
«Московский государственный университет природообустройства»

В. М. ФЕДОРОВ

Институт водных проблем РАН

МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЭЛЕМЕНТОВ ВОДНОГО БАЛАНСА РЕКИ ВОЛГИ В УСЛОВИЯХ МАЛОВОДЬЯ*

Рассмотрены межгодовые закономерности изменчивости элементов водного баланса бассейна реки Волги в условиях маловодья. Дана оценка их статистических параметров и степени взаимосвязи. Определена межгодовая изменчивость атмосферных осадков, испарения, годового стока и изменения бассейновых влагозапасов реки Волги как в современных условиях, так и при различных сценариях возможных изменений регионального климата.

Водный баланс, маловодный год, бассейновые влагозапасы, сценарии изменения климата, атмосферные осадки, испарения, норма стока, годовой сток.

The interannual regularities of the elements variability of the water balance of the Volga river basin under the conditions of a low water level are considered. There is given an estimation of their statistical parameters and degrees of interrelation. The interannual variability is given of atmospheric precipitation, evaporations, an annual flow and changes of water content in the Volga river basin both under the present conditions and different scenarios of possible changes of the regional climate.

Water balance, shallow year, water content of the basin, scenarios of the climate change, atmospheric precipitation, evaporations, a flow norm, an annual flow.

*Работа выполнена при финансовой поддержке
РФФИ, грант № 07-05-00121а

Для оценки изменчивости элементов водного баланса (ЭВБ) бассейна реки Волги в условиях маловодья были использованы временные ряды ЭВБ как для бассейна в целом (до города Волгограда), так и для частных водосборов водохранилищ Волжско-Камского каскада (ВКК). При этом в качестве элементов водного баланса рассматривались годовые атмосферные осадки P , суммарное испарение E , речной сток R и изменение бассейновых влагозапасов ΔV . Границами годового отрезка времени для атмосферных осадков приняты ноябрь предыдущего календарного и октябрь текущего года (X1–X), а для остальных элементов водного баланса соответственно апрель текущего года и март последующего года (1У–Ш).

Оценки годовых величин элементов водного баланса для бассейна в целом получены за период с 1892/93 по 2000/01 годы ($n = 109$ лет), а для частных водосборов – за период с 1914/15 по 2000/01 годы ($n = 87$ лет). Использована методика оценки суммарного испарения и бассейновых влагозапасов, приведенная в работе [1], для условно-естественных условий.

При анализе закономерностей изменчивости элементов водного баланса в условиях маловодья основное внимание уделялось тем частным водосборам, в пределах которых формируется приток речных вод во «входных» створах Волжско-Камского каскада, а именно во-

досборам Ивановского, Рыбинского, Чебоксарского и Камского водохранилищ. Площадь этих водосборов 724 тыс. км² (53 % от площади бассейна), и в их пределах формируется 75 % (152 км³/год) общего притока речных вод к водохранилищам Волжско-Камского каскада. Кроме того, эти водосборы расположены в пределах лесной и лесостепной зон, характерных для стокоформирующей части бассейна реки Волги.

В качестве критерия выделения маловодных лет выбран годовой сток 75%-й обеспеченности (маловодными считались годы, обеспеченность стока которых равна или превышает критическую).

Для бассейна Волги до города Волгограда за рассматриваемый период к числу маловодных были отнесены годы с условно-естественным стоком, равным или меньше 167 мм/год (227 км³/год). В результате из 109 лет к числу маловодных были отнесены 27 лет (25 %), годовой сток которых изменился от 167 до 117 мм/год (227...159 км³/год). Модульные коэффициенты стока этих лет находились в пределах от 0,88 до 0,62 по отношению к среднемноголетнему годовому стоку 189 мм/год (257 км³/год).

Диапазон изменения годового стока маловодных лет для рассматриваемых частных водосборов водохранилищ Волжско-Камского бассейна приведен в табл. 1. Как видно, годовой сток средне-маловодных лет ($P \approx 75\%$) составляет 82...88 % среднемноголетнего

Таблица 1

Годовой условно-естественный сток маловодных лет в бассейне Волги

Водосбор	Общее число лет	Число маловодных лет	Диапазон изменения годового стока	
			$\frac{\text{мм/год}}{\text{км}^3/\text{год}}$	Модульный коэффициент K
Волга – Волгоград	109	27	$\frac{167 - 117}{227 - 159}$	0,88...0,62
Ивановское водохранилище	87	23	$\frac{173 - 81}{7,0 - 3,3}$	0,82...0,38
Рыбинское водохранилище	87	23	$\frac{119 - 69}{17,0 - 9,4}$	0,83...0,45
Чебоксарское водохранилище	87	23	$\frac{132 - 85}{49,6 - 31,8}$	0,82...0,53
Камское водохранилище	87	23	$\frac{279 - 181}{46,4 - 30,0}$	0,86...0,56

годового стока, в катастрофически маловодные годы он снижался до 38...62 % ($P \approx 99$ %).

В табл. 2 приведены оценки изменчивости элементов водного баланса реальных маловодных лет 75, 90 и 99% -й обеспеченности и их среднегодовые величины. Рассмотрение данных этой таблицы свидетельствует о том, что сток маловодных лет обусловлен прежде всего снижением уровня естественной увлажненности водосборов, поскольку годовая сумма атмосферных осадков во всех случаях меньше их среднегодового значения. На фоне уменьшения осадков в эти годы отмечается также увеличение суммарного испарения, особенно в маловодные годы. Обращает на себя внимание также факт сработки бассейновых влагозапасов в эти годы (разность начальных и конечных запасов воды положительная). В целом же по бассейну Волги в экстремально маловодные годы ($P \geq 90$ %) на сток затрачивается от 20 до 23 % годовых осадков, а на испарение – от 78 до 86 %, тогда как в среднем за многолетие на сток расходуется 30 %, а на испарение 70 % годовой суммы осадков. Примерно такое же соотношение характерно и для рассматриваемых частных водосборов, исключая водосбор Камского водохранилища, для которого доля стока в крайне маловодные годы составляла 32...34 %, а доля испарения – 63...82 % при средних значениях 45 и 55 % соответственно. В табл. 3 приведены значения ординат нормированных кривых обеспеченности элементов водного баланса в зоне маловодных лет для рассматриваемых частных водосборов и для бассейна реки Волги до города Волгограда, а также коэффициенты вариации элементов водного баланса.

Проведенный анализ изменчивости элементов водного баланса маловодных лет позволяет сделать вывод о том, что наиболее явной причиной формирования маловодья в бассейне Волги является такое соотношение тепла и влаги, когда пониженные атмосферные

Таблица 2

Элементы годового водного баланса характерных маловодных лет в бассейне реки Волги $\left(\frac{\text{мм/год}}{\text{км}^2/\text{год}} \right)$

Водосбор	Среднегодовое			$P = 75$ %			$P = 90$ %			$P = 95$ %						
	P	R	E	ΔV	P	R	E	ΔV	P	R	E	ΔV				
Волга–Волгоград	646 878	189 257	457 621	0 0	621 844	167 227	466 634	+12 +17	626 851	145 197	492 669	+11 +15	570 775	117 159	490 666	+37 +50
Иваньковское водохранилище	691 28,1	212 8,6	479 19,5	0 0	580 23,6	173 7,0	452 18,4	+45 +1,8	517 21,0	138 5,6	454 18,5	+75 +3,1	505 20,5	81 3,3	482 19,6	+58 +2,4
Рыбинское водохранилище	689 28,1	146 20,6	543 77,8	0 0	636 91,1	119 17,0	542 77,6	+25 +3,5	540 77,3	91 13,0	480 68,7	+31 +4,4	437 62,5	69 9,9	478 68,4	+110 +15,8
Чебоксарское водохранилище	672 251	159 59	513 192	0 0	571 213	132 49	494 185	+55 +21	530 198	114 43	500 187	+84 +32	546 204	85 32	554 207	+93 +35
Камское водохранилище	723 120	324 54	399 66	0 0	688 114	279 46,3	428 71,1	+19 +3,4	685 114	236 39,2	432 71,8	-17 -3	574 95,3	181 30,1	470 78,1	+7,7 +12,9

осадки совпадают с повышенными значениями суммарного испарения с поверхности водосборов. В связи с этим несомненный интерес представляет оценка степени взаимосвязи элементов водного баланса маловодных лет. В табл. 4 приведены коэффициенты взаимной корреляции элементов водного баланса бассейна реки Волги для выборки из 28 маловодных по годовому стоку лет. Помимо собственно элементов, рассматривались также потенциальные ресурсы стока $P - E$ и испарения $P - R$ как для текущего i , так и предшествующего $(i - 1)$ года. При рассмотрении данных табл. 4 внимание привлекает функциональная обратная зависимость $r = -1$ изменения бассейновых влагозапасов от атмосферных осадков. Это неудивительно, поскольку изменение бассейновых влагозапасов

в соответствии с принятой методикой определяется как остаточный член уравнения водного баланса ($\Delta V_i = R_i + E_i + P_i$). Такая же обратная функциональная зависимость изменения бассейновых влагозапасов характерна и для всего рассматриваемого периода $n = 109$ лет. В результате для оценки изменения условно-естественных годовых влагозапасов могут быть использованы следующие уравнения:

для маловодных лет –

$$[\Delta V_i] = -0,462P_i + 299 \text{ мм/год}; \quad (1)$$

для лет любой водности –

$$[\Delta V_i] = -0,794P_i + 309 \text{ мм/год}. \quad (2)$$

Оценки изменения влагозапасов по этим уравнениям в зоне маловодных лет в большинстве случаев совпадают, а имеющиеся расхождения не выходят за пределы $\pm 1...2$ мм/год.

Таблица 3

Ординаты нормированных кривых обеспеченности элементов водного баланса бассейна реки Волги в зоне маловодных лет $\left(\frac{k_p - 1}{C_v}\right)$

Водосбор	C_v	Обеспеченность P , %					
		75	80	85	90	95	99
Атмосферные осадки							
Волга	0,11	-0,64	-0,80	-1,23	-1,41	-1,87	-2,28
Рыбинское водохранилище	0,14	-0,57	-0,79	-0,90	-1,30	-1,69	-2,61
Чебоксарское водохранилище	0,13	-0,72	-0,89	-1,15	-1,26	-1,60	-2,18
Камское водохранилище	0,15	-0,51	-0,74	-0,91	-1,41	-1,58	-2,07
Речной сток							
Волга	0,17	-0,69	-0,91	-1,18	-1,43	-1,78	-2,24
Рыбинское водохранилище	0,26	-0,58	-0,74	-1,08	-1,29	-1,85	-2,03
Чебоксарское водохранилище	0,23	-0,68	-0,93	-1,06	-1,23	-1,37	-2,03
Камское водохранилище	0,20	-0,70	-1,05	-1,08	-1,36	-1,64	-2,20
Суммарное испарение							
Волга	0,07	-0,41	-0,79	-1,03	-1,16	-2,00	-2,26
Рыбинское водохранилище	0,09	-0,49	-0,82	-0,88	-1,14	-1,48	-2,04
Чебоксарское водохранилище	0,11	-0,58	-0,73	-0,84	-1,03	-1,79	-2,14
Камское водохранилище	0,14	-0,66	-0,84	-0,91	-1,47	-1,77	-2,54

Следует отметить также относительно невысокую степень зависимости годового стока маловодных лет от атмосферных осадков ($r_{RP} = 0,34$), тогда как в целом для всего периода эта зависимость гораздо выше ($r_{RP} = 0,63$). Доля испарения имеет более высокую

степень зависимости от атмосферных осадков в маловодные годы ($r_{EP} = 0,89$) против $r_{RP} = 0,53$ в целом для всего рассматриваемого периода. Это еще раз подтверждает вывод о преимущественной роли испарения в формировании стока маловодных лет.

Таблица 4

Коэффициенты взаимной корреляции элементов водного баланса бассейна Волги в маловодные годы

Элемент водного баланса	P_i	R_i	E_i	ΔV_i	$(P-E)_i$	$(P-R)_i$	P_{i-1}	R_{i-1}	$(P-E)_{i-1}$	$(P-R)_{i-1}$
P_i	1	0,34	0,89	-1	0,92	0,97	-0,12	-0,18	-0,17	-0,03
R_i		1	-0,14	-0,34	0,68	0,09	0,49	0,29	0,43	0,43
E_i			1	-0,88	0,63	0,97	-0,37	-0,33	-0,39	-0,25
ΔV_i				1	-0,92	-0,97	0,10	0,18	0,16	0,02
$(P-E)_i$					1	0,80	0,12	-0,01	0,05	0,16
$(P-R)_i$						1	-0,25	-0,27	-0,29	-0,15
P_{i-1}							1	0,57	0,88	0,88
R_{i-1}								1	0,91	0,12
$(P-E)_{i-1}$									1	0,55
$(P-R)_{i-1}$										1

В последние годы в связи с гипотезой о глобальном изменении климата под влиянием хозяйственной деятельности человека для оценки возможных изменений широко используются модели общей циркуляции атмосферы и океана (МОЦАО). В рамках этих моделей осуществляется оценка изменения глобальной (региональной) приземной температуры воздуха, а также атмосферных осадков и испарения. Оценка речного стока при этом, как правило, осуществляется по разности осадков и испарения. Однако такой подход справедлив лишь для достаточно продолжительных периодов времени (30–50 лет), а при оценке стока отдельных лет, особенно экстремальных по водности, он может привести к существенным погрешностям вследствие недоучета характера и величины изменения бассейновых влагозапасов. Так, для экстремально маловодного 1937/38 года при осадках 570 мм/год и испарении 490 мм/год оценка годового стока реки Волги по их разности составляли 80 мм/год, тогда как условно-естественный сток этого был года равен 170 мм/год, т.е. расчетный сток был на 32 % меньше фактического. Для 1996/97 года это расхождение стало еще более существенным. При осадках 484 мм/год и испарении 422 мм/год расчетный сток по их разности равнялся 62 мм/год (фактический сток – 138 мм/год), т.е. расчетный сток на 55 % был меньше

фактического. Как в первом, так и втором случае для этих лет в реальных условиях была характерна сработка бассейновых влагозапасов (соответственно 37 и 76 мм/год). Итак, чтобы достоверно оценить речной сток для различных сценариев возможного изменения глобального (регионального) климата, модели МОЦАО должны быть дополнены моделями гидрологического цикла.

Выявленные закономерности изменения элементов водного баланса и оценка степени их взаимосвязи в бассейне Волги для лет различной водности делают возможной оценку стока в годы различной водности с учетом лишь оценки годовых атмосферных осадков и испарения, полученных по моделям МОЦАО. В основу такого подхода положены эмпирические уравнения, связывающие аномалии годового стока с аномалиями осадков и испарения:

$$\Delta R = a\Delta P + b\Delta E, \tag{3}$$

где ΔR , ΔP , ΔE – отклонения стока, осадков и испарения от среднеемноголетних значений соответственно.

Так, на основе найденных оценок статистических параметров элементов водного баланса бассейна Волги для маловодных лет и коэффициентов их взаимной корреляции было получено уравнение связи аномалий годового стока маловодных лет с аномалиями осадков и испарения (см. табл. 4):

$$\Delta R = 0,55\Delta P - 1,02\Delta E, \tag{4}$$

где ΔR , ΔP , ΔE – отклонения стока, осадков и испарения от среднеемноголетних значений,

равных соответственно 147, 575 и 462 мм/год. Уравнение (4) учитывает около 99 % дисперсии стока маловодных лет (отношение стандарта отклонений расчетного стока от фактического к стандарту фактического стока равно 0,06).

Аналогичное уравнение получено и для оценки аномалий годового стока и для всего рассматриваемого периода ($n = 109$ лет):

$$\Delta R = 0,52\Delta P - 0,92\Delta E. \quad (5)$$

Данное уравнение также учитывает около 99 % дисперсии годового стока. При этом аномалии стока, осадков и испарения определяются по отношению к их среднемноголетним значениям, равным соответственно 189, 646 и 457 мм/год. Заметим, что оценки годового стока маловодных лет по уравнениям (4) и (5) практически совпадают.

Покажем возможность такого подхода на примере одного из сценариев возможного изменения климата в бассейне реки Волги. Так, в работе* в качестве сценарных оценок будущих климатических условий в бассейне Волги были использованы результаты численных экспериментов на моделях общей циркуляции атмосферы и океана. Для расчета отклонений среднемноголетних значений элементов водного бассейна от современных значений (1961–1990) были использованы два периода: 2010–2039 и 2040–2069 годы. По данным модели GFDL-R30 (США), для периода 2010–2039 годов по одному из сценариев (A_2) получены следующие значения среднемноголетних отклонений элементов водного баланса для бассейна реки Волги: $\Delta T = +1,4$ °C, $\Delta P = +37$ мм/год и $\Delta R = +9$ мм/год. Для современных условий (1961–1990), по оценкам авторов статьи, имеем: $P_{cp} = 658$ мм/год, $R_{cp} = 194$ мм/год, $E = 458$ мм/год и $\Delta V_{cp} = 6$ мм/год (для условно-естественных условий). Тогда для периода 2010–2039 годов будем иметь: $P_{cp} = 695$ мм/год, $R_{cp} = 203$ мм/год и $\Delta V_{cp} = -23$ мм/год [для оценки ΔV_{cp} использовано уравнение (2)]. На основе этих оценок получаем и оценку испарения:

$$E_{cp} = P_{cp} + \Delta V_{cp} - R_{cp} = 469 \text{ мм/год.}$$

В отсутствие сценарных оценок статистических параметров элементов водного бассейна допустим, что модульные коэффициенты осадков и испарения останутся теми же, что и для современных условий. В этом случае, например, для маловодного 1996/97 года имеем $k_p = 0,735$ и $k_E = 0,921$. Тогда для данного сценария изменения климата $P_i = 511$ мм/год, $E_i = 432$ мм/год. Для оценки годового стока воспользуемся уравнением (5), принимая при этом $\Delta P_i = 511 - 646 = -135$ мм/год и $\Delta E_i = 432 - 457 = -25$ мм/год. В результате получаем $\Delta R_i = 0,52 \cdot (-135) + 0,98 \cdot 25 = -46$ мм/год и $R_i = 189 - 46 = 143$ мм/год, а $\Delta V_i = R_i + E_i - P_i = +64$ мм/год. Для современных условий $R_i = 138$ мм/год и $\Delta V_i = +76$ мм/год при $P_i = 484$ мм/год и $E_i = 422$ мм/год. Таким образом, увеличение осадков в сценарном году на 27 мм привело к увеличению стока на 5 мм и испарения на 10 мм. Сработка влагозапасов уменьшилась на 12 мм.

Все приведенные расчеты относились к условно-естественному стоку, и для перехода к возможному реальному стоку для рассматриваемого сценария изменения климата необходимо учесть антропогенное воздействие на сток, соответствующее социально-экономическим условиям, которые могут сложиться в бассейне реки Волги ближе к 2025 году. Оценка такой поправки является еще более сложной задачей, чем оценка возможного изменения естественного стока. Для ее решения необходимо оценить в первую очередь масштабы антропогенного воздействия на сток Волги в современных условиях.

В течение всего XX века бассейн реки Волги подвергался антропогенному воздействию. Это воздействие проявилось как в коренном преобразовании естественных природных ландшафтов, так и в характере и масштабах использования его водных ресурсов. Особенно заметно антропогенное воздействие начало проявляться с середины 30-х годов, а в 70–80-х годах XX века оно

*Исмаилов Г. Х., Федоров В. М. Межгодовая изменчивость и взаимосвязь элементов водного баланса реки Волги // Водные ресурсы. – 2008. – Т. 35. – № 3. – 2008. – С. 259–276.

достигло своего максимума вследствие завершения создания Волжско-Камского каскада водохранилищ, развития орошаемого земледелия и роста промышленно-коммунального водопотребления. Все это не могло не сказаться на водном балансе территории и водных объектов, режиме поверхностных и подземных вод бассейна. Для оценки изменения элементов водного баланса Волги в маловодные годы были использованы две версии временных рядов годовых значений элементов водного баланса в целом по бассейну за период 1935/36–2000/01 годов ($n = 66$ лет): условно-естественная и антропогенно-измененная. При этом считалось, что условия естественного увлажнения территории бассейна для этих версий были одни и те же, т.е. атмосферные осадки не подвергались антропогенному воздействию. В качестве количественной оценки степени антропогенного воздействия на элементы водного баланса принята разность их значений для антропогенно-измененных и естественных условий.

За рассматриваемый период к числу маловодных (по стоку) были отнесены 15 лет (23 % от общего числа лет), в том числе и затяжное ($n = 6$ лет) маловодье 1935/36–1940/41 годов. В табл. 5 приведены выборочные оценки статистических параметров элементов водного баланса маловодных лет в бассейне реки Волги для естественных и антропогенно-измененных условий. Как видно, при одних и тех же осадках под антропогенным воздействием сток в среднем уменьшился на 6 мм/год ($8 \text{ км}^3/\text{год}$), а испарение увеличилось на 11 мм/год ($15 \text{ км}^3/\text{год}$), увеличилась и сработка бассейновых влагозапасов – на 5 мм/год ($7 \text{ км}^3/\text{год}$). В то же время параметры изменчивости элементов водного баланса маловодных лет практически не изменились, мало изменилась и структура водного баланса. Из данных табл. 5, кроме того, следует, что при оценке интегрального эффекта антропогенного воздействия на водные ресурсы бассейна целесообразно опираться на величину изменения суммарного испарения.

Таблица 5

Выборочные оценки основных статистических параметров элементов водного баланса бассейна Волги для маловодных лет (1935/36–2000/01)

Параметр	Элементы водного баланса							
	Условно-естественные				Антропогенно-измененные			
	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	$\pm\Delta V$	<i>P</i>	<i>R</i>	<i>E</i>	$\pm\Delta V$
<i>M</i>	568	144	462	+38	568	138	473	+43
<i>M/P</i>	1	0,25	0,81	0,07	1	0,24	0,83	0,08
σ	71	15	35	33	71	14	36	33
<i>C_v</i>	0,12	0,10	0,08	0,87	0,12	0,10	0,08	0,77

Выводы

Оценка изменчивости элементов годового водного баланса (осадков, стоков, испарения и изменения бассейновых влагозапасов) бассейна реки Волги в условиях маловодья показывает, что в экстремально маловодные годы ($P > 90$ %) на речной сток затрачивается от 23 до 20 % выпавших осадков, а на испарение – 86...78 %, тогда как в среднем за многолетие на сток расходуется 30 %, а на испарение 70 % годовой суммы осадков.

Анализ степени взаимосвязи элементов водного баланса в маловодные годы выявил относительно невысокую степень зависимости годового стока от атмосферных осадков ($r = 0,34$), тогда как для всего периода $r = 0,63$. В то же время для испарения оценка корреляции с осадками составляла соответственно 0,89 и 0,53. Это позволяет сделать вывод о преимущественной роли испарения в формировании стока маловодных лет.

Полученные эмпирические зависимости стока от осадков и испарения

позволят сделать оценку годового стока для различных сценариев возможного изменения климата в бассейне реки Волги. В частности, для периода 2010–2039 годов установлено, что увеличение нормы осадков и стока на 37 и 9 мм/год соответственно приведет к увеличению осадков в маловодном году на 27 мм/год, из-за чего испарение увеличится на 19, а сток – на 8 мм/год

при дополнительной сработке бассейновых влагозапасов 12 мм/год.

Материал поступил в редакцию 30.04.09.

Исмайлов Габил Худуи оглы, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Гидрология, метеорология и регулирование стока»

Тел. 8 (495) 976-23-68

E-mail: Ism37@mail.ru

Федоров Владимир Михайлович, кандидат технических наук, старший научный сотрудник

Тел. 8 (499) 135-04-06

УДК 502/504 : 556.31

Е. С. КУЛАКОВА, Т. И. ДРОВОВОЗОВА

Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Новочеркасская государственная мелиоративная академия»

АНАЛИЗ САНИТАРНО-ГИГИЕНИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИРОДНОЙ ВОДЫ, ОБРАБОТАННОЙ ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА

Рассмотрена возможность применения в технологии подготовки питьевой воды пероксида водорода. Предложено уравнение, позволяющее рассчитать необходимую дозу H_2O_2 . Установлено повышение бактерицидного действия при комбинированном сочетании H_2O_2 с ионами Ag^+ и Cu^+ .

Загрязнители природных вод, обезвреживание и обеззараживание воды, сильный окислитель, экологическая безопасность воды, доза реагента, ионы-бактерициды.

There is considered a possibility of hydrogen peroxide usage in the technology of the drinking water preparation. The equation is proposed which allows estimating the necessary doze of H_2O_2 . The increase of the bactericidal action is determined under the combined combination of H_2O_2 with Ag^+ and Cu^+ ions.

Pollutants of the natural water, neutralization and disinfection of water, strong oxidant, ecological safety of water, dose of reagent, bactericidal ions.

Вода для питья и для приготовления пищевых напитков должна быть безопасной. Природные воды (поверхностные и подземные) нередко содержат загрязнители, которые должны быть удалены полностью либо подвергнуты химической деструкции.

При выборе источника водоснабжения проводят физико-химический анализ вод, позволяющий получить качественный и количественный состав различных химических веществ, содержащихся в ней, и выбрать технологию

очистки воды от последних. Многие загрязнители, особенно органического происхождения, могут попадать в водные объекты в результате залповых несанкционированных сбросов, приводящих в некоторых случаях к возникновению чрезвычайных ситуаций. Согласно [1], содержание компонентов макросолевого состава в подземных водах достигает следующих величин: сульфатов – 620 мг/л, хлоридов – 230 мг/л; щелочность может достигать до 11...12 ммоль/л. Из группы металлов основными