

**ОЦЕНКА СООТНОШЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ВОДЫ
ВОДОИСТОЧНИКА ПРИ РАСЧЕТЕ ДОЗЫ ХЛОРА И СОДЕРЖАНИЯ
ТРИГАЛОГЕНМЕТАНОВ В ПИТЬЕВОЙ ВОДЕ***

Малкова Мария Александровна, email: physicpoems@yandex.ru

Кантор Евгений Абрамович, email: evgkantor@mail.ru

Минченков Никита Денисович, email: nminch02@mail.ru

Куликова Анастасия Юрьевна, email: KylikovaAnastasia@yandex.ru

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Важными характеристиками качества воды водоемисточника являются мутность (М), цветность (Ц) и перманганатная окисляемость (О). Мутность и цветность относятся к физическим органолептическим показателям качества воды, окисляемость – это обобщенный химический показатель [1-9].

Мутность воды, с одной стороны, формируется в результате влияния региональных физико-географических условий (рельеф, состав и строение горных пород, растительность, почвы), под воздействием различных природных процессов (смыв почвы, оползни, осыпи, овражная эрозия и др.) и хозяйственной деятельности [1-6]. С другой стороны, поступление твердых частиц в толщу воды происходит за счет взаимодействия водного потока и русловых отложений. Эти факторы влияют на величину мутности речных вод, что важно учитывать при решении проблем организации хозяйственно-питьевого водоснабжения [6].

Существенное влияние на цветность оказывает содержание в воде органического вещества гумусового происхождения, соединений железа (III) и марганца (IV), а также их комплексами. Различают «истинную» цветность, обусловленную только растворёнными веществами, и «кажущуюся», вызванную присутствием в воде растворённых, коллоидных и взвешенных веществ. Они поступают в природные воды в результате процессов химического выветривания горных пород, с подземным стоком, при

вымывании из почв и торфяников. Кроме того, вызывать интенсивную окраску воды могут сточные воды некоторых предприятий [8,9].

Окисляемость — это величина, показывающая общее содержание в воде органических веществ, окисляемых одним из сильных химических окислителей. Этот показатель отражает общую концентрацию органических веществ в воде, природа которых может быть разнообразной: гуминовые и фульвокислоты, сложная по строению органика растений, метаболиты бактерий, а так же химические продукты антропогенного происхождения [7-9].

Представляется интересным провести оценку количественного влияния различных параметров качества воды на величину дозы хлора и содержания тригалогенметанов (ТГМ) в питьевой воде. Исходными служили данные суммарного содержания ТГМ в питьевой воде, дозы хлора (D_{Cl}), мутности, цветности и перманганатной окисляемости воды водоисточника в период 1997 – 2014 гг. на водозаборе инфильтрационного типа. Из временных рядов этих данных сформирован ряд, рассчитанный как средняя величина по каждому месяцу за восемнадцатилетний период (табл. 1) [10-13].

Таблица 1 – Средние величины значений содержания ТГМ (мгк/дм³), дозы хлора (мг/дм³), мутности (мг/ дм³), цветности (⁰Ц) и перманганатной окисляемости (мг/ дм³) за период 1997-2014 гг. по месяцам

Месяц	ТГМ	D_{Cl}	М	Ц	О
1	10,52	0,51	2,44	14,99	2,77
2	10,62	0,51	2,27	17,22	2,72
3	10,29	0,50	2,71	15,27	2,34
4	10,80	0,52	2,18	13,09	1,83
5	12,51	0,55	1,36	9,43	1,58
6	11,70	0,56	1,36	28,71	4,33
7	11,94	0,59	25,51	49,72	5,84
8	11,28	0,60	22,30	30,98	3,95
9	8,67	0,59	4,23	20,12	3,64
10	14,45	0,57	2,45	17,12	3,00
11	11,16	0,56	2,29	14,13	2,79
12	12,08	0,55	1,51	15,07	2,66

В связи с тем, что на качество воды оказывают значительное влияние природно-климатические факторы [10-13], для расчета уравнений, описывающих связь между дозой хлора, ТГМ и параметрами качества воды с помощью метода Гаусса найдены величины коэффициентов в уравнении вида $y = k_1 M + k_2 Ц + k_3 O$, где y – доза хлора (содержание ТГМ) (табл. 2).

Полученные результаты показывают, что в зависимости от времени года наблюдается перераспределение влияния параметров качества воды (M , $Ц$, O) на результирующие величины дозы хлора и содержания ТГМ (табл.2).

Таблица 2 – Уравнения для расчета вклада мутности, цветности и окисляемости воды водоисточника в величины дозы хлора и содержания ТГМ от в разные периоды года

Зимний период				Весенний период			
$D_{Cl} = -0,072 \cdot M + 4,011 \cdot 10^{-5} \cdot Ц + 0,248 \cdot O$ (1)				$D_{Cl} = -0,735 \cdot M + 0,151 \cdot Ц + 0,078 \cdot O$ (3)			
Вклад	M	$Ц$	O	Вклад	M	$Ц$	O
	-0,17	0,0006	0,66		-1,60	1,97	0,14
$ТГМ = -2,377 \cdot M - 0,004 \cdot Ц + 5,912 \cdot O$ (2)				$ТГМ = -18,126 \cdot M + 3,355 \cdot Ц + 3,496 \cdot O$ (4)			
Вклад	M	$Ц$	O	Вклад	M	$Ц$	O
	-5,39	-0,07	16,08		-39,51	43,91	6,40
Летний период				Осенний период			
$D_{Cl} = 0,015 \cdot M - 0,047 \cdot Ц + 0,438 \cdot O$ (5)				$D_{Cl} = -0,089 \cdot M - 0,017 \cdot Ц + 0,362 \cdot O$ (7)			
Вклад	M	$Ц$	O	Вклад	M	$Ц$	O
	0,33	-1,46	1,73		-0,20	-0,24	1,01
$ТГМ = 0,212 \cdot M - 0,806 \cdot Ц + 7,970 \cdot O$ (6)				$ТГМ = -6,410 \cdot M + 1,231 \cdot Ц + 3,029 \cdot O$ (8)			
Вклад	M	$Ц$	O	Вклад	M	$Ц$	O
	4,73	-24,96	31,48		-14,68	17,39	8,45

Следует отметить, что коэффициент при M имеет отрицательное значение в уравнениях как для D_{Cl} , так и для ТГМ в зимний, весенний и осенний периоды в отличие от летнего периода, когда коэффициент принимает положительное значение (таблица 2).

Коэффициент при $Ц$ принимает положительное значение в уравнениях для дозы хлора и содержания ТГМ в весеннем периоде, в зимнем периоде при расчете D_{Cl} , в осеннем – при расчете содержания ТГМ. В остальных случаях коэффициент имеет отрицательное значение (табл.2). Таким образом, знаки при $Ц$ и M нестабильны, что, возможно, связано с тем, что M

как показатель несет в себе элементы, которые проявляются и в показателях Ц и О.

Коэффициент при О во всех случаях положительный. Возможно, что причина этого заключается в том, что при хлорировании воды молекулярным хлором происходит процесс окисления органических примесей в воде, что и отражает такой показатель качества воды, как окисляемость.

Таким образом, параметры качества воды имеют разные вклады в результирующие величины содержания ТГМ и дозы хлора в разные периоды года. Большее разнообразие в знаках и величинах исследуемых параметров при расчете содержания ТГМ, вероятно, является результатом сложных химических процессов, которые происходят при взаимодействии окисляющего агента HClO^\cdot с веществами разной природы: органическими, неорганическими, биохимическими и др.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о том, что хлорирование воды является сложным химическим процессом. По этой причине представляется сложным выделить преимущественное влияние мутности, цветности и окисляемости воды водоисточника на результирующую величину дозы хлора и содержания ТГМ в питьевой воде.

Список литературы

1. Куксина, Л. В. Сезонная изменчивость расхода и мутности воды на реках Камчатского края / Л. В. Куксина // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2018. – № 4. – С. 57-67.
2. Будник, С. В. Антропогенное влияние на мутность рек Западный Буг и Припять / С. В. Будник // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки. – 2018. – Т. 42. – № 4. – С. 532-539. – DOI 10.18413/2075-4671-2018-42-4-532-539.
3. Статистические характеристики взаимосвязи мутности и расходов воды в реке, вызванных попусками водохранилища / А. В. Ялалетдинова, Л.

В. Еникеева, М. Ю. Вожаева, Е. А. Кантор // Теоретическая и прикладная экология. – 2018. – № 1. – С. 33-42.

4. Промахова, Е. В. Расчёт распределения мутности воды вдоль участка реки ниже техногенного источника её поступления / Е. В. Промахова, Е. В. Белозеров // Современные проблемы эрозионных, русловых и устьевых процессов : материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XXXI пленарного межвузовского координационного совещания, Архангельск, 26–30 сентября 2016 года. – Архангельск: ООО «Издательский центр АЗ+», 2016. – С. 158-160.

5. Белозерова, Е. В. Определение мутности речных вод оптическими методами / Е. В. Белозерова, С. Р. Чалов // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2013. – № 6. – С. 39-45.

6. Алексеевский, Н. И. Изменение мутности воды на участках строительства переходов трубопроводов через реки / Н. И. Алексеевский, В. В. Иванов, Т. А. Федорова // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2010. – № 4. – С. 42-57.

7. Бреховских, В. Ф. Оценка качества вод рек севера Европейской России по показателям окисляемости / В. Ф. Бреховских, З. В. Волкова, Д. В. Ломова // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 5. – С. 86-98.

8. Даценко, Ю. С. Природные особенности формирования содержания органического вещества в основных притоках Иваньковского водохранилища / Ю. С. Даценко // Экологическая химия. – 2020. – Т. 29. – № 3. – С. 117-121.

9. Об изменении мутности, цветности, перманганатной окисляемости и рН воды реки Уфы / А. В. Харабрин, С. В. Харабрин, Л. И. Кантор [и др.] // Башкирский химический журнал. – 2003. – Т. 10. – № 3. – С. 80-81.

10. Малкова, М. А. Прогнозирование концентрации тригалогенметанов в питьевой воде / М. А. Малкова, Е. А. Кантор, М. Ю. Вожаева // Успехи современного естествознания. – 2018. – № 4. – С. 133-138.

11. Malkova, M. A. Method for predicting trihalomethanes content in drinking water (by the example of surface type water intake) / M. A. Malkova, M. Y.

Vozhdaeva, E. A. Kantor // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering : International Conference on Civil, Architectural and Environmental Sciences and Technologies, CAEST 2019, Samara, 19 ноября 2019 года. – Samara: Institute of Physics Publishing, 2020. – P. 012092. – DOI 10.1088/1757-899X/775/1/012092.

12. Malkova, M. A. The Prediction of the Trihalogenomethanes Content in Drinking Water: Infiltration Water Intake / M. A. Malkova, E. A. Kantor, I. I. Beloliptsev // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Barnaul, 22–23 октября 2020 года. – Barnaul, 2021. – P. 012063. – DOI 10.1088/1755-1315/670/1/012063.

13. Некоторые статистические характеристики содержания тригалогенметанов в питьевой воде инфильтрационного водозабора / М. А. Малкова, Е. А. Кантор, М. Ю. Вожаева, И. А. Белолипец // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. – 2019. – № 3. – С. 141-148.

*Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования России в сфере научной деятельности, номер для публикаций FEUR - 2020 – 0004 «Решение актуальных задач и исследование процессов в нефтехимических производствах, сопровождающихся течениями многофазных сред»