М. А. Малкова (асп.)¹, И. И. Белолипец (к.т.н., доц.)²,
М. Ю. Вождаева (д.х.н.)^{1,3}, Е. А. Кантор (д.х.н., проф., зав. каф.)¹

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ В ПЕРИОД 2005–2016 гг. МЕТОДОМ РАНЖИРОВАНИЯ ВРЕМЕННЫХ ПЕРИОДОВ И СОДЕРЖАНИЯ ТРИГАЛОГЕНМЕТАНОВ ПО СТЕПЕНИ ИХ ВЛИЯНИЯ НА ЗАГРЯЗНЕННОСТЬ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ

¹ Уфимский государственный нефтяной технический университет,
кафедра «Физика»

450062, г. Уфа, ул. Космонавтов, 1; e-mail: evgkantor@mail.ru

² Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Уфимский филиал,
кафедра «Математика и информатика»

450015, г. Уфа, ул. Мустая Карима 69/1; e-mail: beloliptsev.ilya@yandex.ru

³ МУП «Уфаводоканал»

450098, г. Уфа, ул. Российская, 157/2; e-mail: vozhdavea@mail.ru

M. A. Malkova, I. I. Beloliptsev, M. Yu. Vozhdaeva, E. A. Kantor

ASSESSMENT OF THE DRINKING WATER QUALITY IN THE PERIOD 2005–2016 BY THE METHOD OF TEMPORARY PERIODS AND CONTENT OF TRIGALOGENMETANS RANKING ON THE DEGREE OF THEIR INFLUENCE ON THE DRINKING WATER POLLUTION

¹ Ufa State Petroleum Technological University

1, Kosmonavtov Str., 450062 Ufa, Russia; e-mail: evgkantor@mail.ru

² Financial University under the Government of the Russian Federation
69/1, Mustai Karim Str., 450015 Ufa, Russia; e-mail: beloliptsev.ilya@yandex.ru

³ MUE «Ufavadokanal»

157/2, Rossiyskaya Str., 450098, Ufa, Russia; e-mail: vozhdavea@mail.ru

Проведен сравнительный анализ качества питьевой воды по содержанию компонентов тригалогенметанов в инфильтрационных и поверхностном водозаборах методом ранжирования за периоды 1995–2013 гг. и 2005–2016 гг. с учетом фактора старения информации. Выявлено, что больший вклад в загрязнение питьевой воды среди компонентов тригалогенметанов вносит бромдихлорметан, а на поверхностном — хлороформ. Для второго периода больший вклад в загрязнение питьевой воды вносит бромдихлорметан на трех водозаборах. Ранжирование по временным периодам позволило выявить существенное изменение рангов отдельных месяцев.

Ключевые слова: качество воды; ранжирование; тригалогенметаны.

A comparative analysis of drinking water quality on the content of the components of trihalomethanes in infiltration and surface water intakes was carried out by the ranking method for the periods 1995–2013 and 2005–2016 taking into account the aging factor of information. It has been revealed that bromodichloromethane contributes more to the contamination of drinking water among the components of trihalomethanes, and chloroform on the surface one. For the second period, a greater contribution to the contamination of drinking water is made by bromodichloromethane for three water intakes. The ranking by months allowed to reveal a significant change in the ranks of individual months.

Key words: ranking; trihalomethanes; water quality.

Дата поступления 22.02.18

Качество питьевой воды во многом зависит от состояния водоисточника ^{1–3}. Известно, что при хлорировании воды с целью ее обеззараживания, происходит образование тригалогенметанов (ТГМ) ⁴. Эти вещества обладают канцерогенным и мутагенным эффектами, поэтому могут оказывать негативное влияние на здоровье человека ^{5–8}.

Содержание ТГМ в питьевой воде может существенным образом изменяться, что определяет необходимость в идентификации временных периодов, представляющих наибольшую опасность с позиции возможного загрязнения питьевой воды ТГМ ³.

Материалы и методы

Исходными данными для расчетов послужили концентрации хлороформа (ХФ), дибромхлорметана (ДБХ), бромдихлорметана (БДХ) и бромоформа (БФ) в резервуарах чистой воды водозаборов В1, В2, В3. В1 и В3 являются водозаборами инфильтрационного, В2 — поверхностного типа. В1 и В2 расположены выше, а В3 — ниже черты города по течению реки ⁹.

Концентрации ТГМ определялись методом хроматографического анализа равновесного пара с детектором электронного захвата ¹⁰.

Ранее нами была проведена оценка качества питьевой воды с помощью ранжирования по значениям истинных концентраций ТГМ за период наблюдений 1995–2013 гг. Анализ указанного временного периода показал, что наибольший вклад в загрязненность питьевой воды среди компонентов ТГМ вносят хлороформ на В2 и бромдихлорметан на В1 и В3. Ранжирования временных периодов по степени загрязнения компонентами ТГМ показало, что на водозаборе В1 наиболее опасными меся-

цами являются апрель и октябрь, для водозаборов В2 и В3 — с июня по октябрь.

На примере временного ряда содержания ХФ в питьевой воде В1 показано, что в период с 2000 по 2004 гг. наблюдалось повышенное содержание этого компонента ТГМ. Среднегодовая концентрация ХФ в этот период увеличивалась с 2–5 мкг/дм³ (1995–2000 гг.) до 11–17 мкг/дм³. После 2005 г. истинная концентрация достигает значений 4–8 мкг/дм³ (рис. 1).

Таким образом, можно считать, что для обеспечения большей достоверности результатов необходим учет фактора старения информации. Поэтому для описания качества питьевой воды выбран период 2005–2016 гг.

При проведении ранжирования ТГМ по степени их влияния на загрязненность питьевой воды выполняется следующее:

- расчет относительных концентраций вещества-загрязнителя для каждого месяца в рамках рассматриваемого периода;
- присвоение рангов каждому веществу-загрязнителю (минимальному значению относительной концентрации соответствует значение ранга 1);
- расчет отношения ранга месяца к максимальному месячному рангу;
- расчет среднего арифметического полученных на 3 этапе значений в рамках рассматриваемого периода для каждого вещества;
- ранжирование полученных значений (чем выше ранг, тем больше степень влияния вещества-загрязнителя);
- деление полученных рангов на максимальный в рассматриваемом периоде
- расчет средних арифметических значений, полученных на 6 этапе.

Алгоритм ранжирования по временным периодам представляет собой следующее:

Рис. 1. Временной ряд содержания хлороформа в питьевой воде В1, мкг/дм³.

Ранги месяцев по водозаборам В1, В2 и В3 для разных периодов

№ месяца	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
В3												
1995–2013												
В1	2	4	2	11	7	9	6	8	1	12	5	10
В2	5	4	3	2	1	9	11	12	10	8	7	6
В3	3	1	2	6	5	8	12	11	10	9	7	4
2005–2016												
В1	2	4	1	6	5	11	7	9	8	12	10	3
В2	5	4	1	3	2	8	11	12	10	9	7	6
В3	3	2	1	7	4	9	10	12	11	8	6	5

— расчет относительных концентрации вещества-загрязнителя для каждого месяца в рамках рассматриваемого периода;

— расчет отношения относительной концентрации вещества-загрязнителя к годовой сумме относительных концентраций всех веществ;

— присвоение рангов полученным значениям (месяцу, которому соответствует наименьшее значение суммы относительных концентраций, присваивается значение ранга 1);

— расчет отношения ранга месяца к максимальному месячному рангу;

— расчет среднего арифметического полученных на 4 этапе значений в рамках рассматриваемого периода для каждого вещества;

— ранжирование полученных значений.

Результаты и их обсуждение

Сравнение результатов ранжирования по компонентам ТГМ за период 1995–2013 гг. и 2005–2016 гг. показывает, что для первого периода на водозаборах инфильтрационного типа больший вклад в загрязнение питьевой воды среди компонентов ТГМ вносит БДХ, а на поверхностном — ХФ. Для второго периода

больший вклад в загрязнение питьевой воды вносит БДХ для трех водозаборов.

Результаты ранжирования по месяцам показали, что наблюдаются существенные изменения в рангах отдельных месяцев (табл. 1).

На В1 существенно изменялись ранги сентября и декабря. Если для периода 1995–2013 гг. сентябрь имел ранг 1 (самый «чистый» месяц), декабрь — 10 (рис. 1), то для периода 2005–2016 гг. их значение сменилось на 8 для сентября и 3 для декабря (табл. 1).

Свертка критериев по всем водозаборам показывает, что самым «грязным» периодом считается июнь–октябрь, характеризующийся высокими значениями рангов (8–12), для зимне-весеннего периода (январь–март) характерны низкие значения рангов (1–3), средними значениями рангов характеризуется весенний период (апрель–май).

Расчет коэффициента ранговой корреляции ⁴¹, отражающий меру близости ранжировок, показал, что для В2 и В3 ранжируемые периоды слабо отличаются друг от друга (коэффициент составил 0.97 и 0.95 соответственно). Для В1 значение коэффициента ранговой корреляции составило 0.44.

Литература

1. Кантор Л.И., Харабрин С.В., Кантор Е.А. Выявление особенностей изменения концентрации бромсодержащих тригалогенметанов в питьевой воде поверхностного и инфильтрационных водозаборов // Вода и экология: проблемы и решения. — 2004. — №1(18). — С.7-10.
2. Малкова М.А. Некоторые проблемы образования тригалогенметанов при хлорировании питьевой воды // Вестник молодого ученого УГНТУ. — 2016. — №3(7). — С.68-74.
3. Харабрин С.В., Кантор О.Г., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Оценка сезонных изменений качества воды в водисточнике // Баш. хим. ж. — 2003. — Т.10, №1. — С.87-89.
4. Труханова Е.В., Вождаева М.Ю., Кантор Л.И., Кантор Е.А., Мельницкий И.А. Исследование влияния галогенуксусных кислот на результаты

References

1. Kantor L.I., Kharabrin S.V., Kantor E.A. *Vyyavleniye osobennostey izmeneniya kontsentratsii bromsoderzhashchikh trigalogenmetanov v pit'yevoy vode poverkhnostnogo i infil'tratsionnykh vodozaborov* [Identification of the specific changes in the concentration of bromine-containing trihalomethanes in the drinking water of surface and infiltration water intakes]. *Voda i ekologiya: problemy i resheniya* [Water and Ecology: Problems and Solutions], 2004, no.1(18), pp.7-10.
2. Malkova M.A. *Nekotoryye problemy obrazovaniya trigalogenmetanov pri khlorirovani pit'yevoy vody* [Some Problems of the Trihalomethanes Formation in the Chlorination of Drinking Water]. *Vestnik mladogo uchenogo UGNTU* [Bulletin of a Young Scientist of the USPTU], 2016, no.3(7), pp.68-74.

- определения тригалометанов в воде // Экология и промышленность России. 2011. № 2. С. 41-45.
5. Малкова М.А., Хузиахметова А.А., Жигалова А.В., Егорова Н.Н., Вождаева М.Ю., Кантор Е.А. Сопоставление качества питьевой воды по содержанию тригалогенметанов с заболеваемостью населения // Современные проблемы науки и образования. — 2017. — №3. — С.145.
6. Вождаева М.Ю., Цыпышева Л.Г., Кантор Е.А. Влияние хлорирования на состав ограниченно-летучих органических загрязнителей воды // Журнал прикладной химии. — 2004. — Т.77, №6. — С.952-955
7. Вождаева М.Ю., Цыпышева Л.Г., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Эффективность сочетания масс-селективного и атомно-эмиссионного детектирования при хроматографическом анализе качества воды // Масс-спектрометрия. — 2005. — Т.2, №3. — С.229-235.
8. Вождаева М.Ю., Цыпышева Л.Г., Кантор Л.И., Кантор Е.А. Анализ органических загрязнителей воды методами газовой хроматографии с различными видами детектирования // Аналитика и контроль. — 2001. — Т.5, №2. — С.171-185.
9. Кантор Е.А., Малкова М.А., Жигалова А.В. Содержание тригалогенметанов в питьевой воде некоторых водозаборов г. Уфы: Свидетельство о государственной регистрации базы данных №2016620652 от 23.05.2016.
10. ГОСТ Р 51392-99 Вода питьевая. Определение содержания летучих галогенорганических соединений газожидкостной хроматографией. — М.: Стандартиформ, 2010. — 17 с.
11. Финансовая математика. — М.: Финстатинформ, 2002. — 78 с.
3. Kharabrin S.V., Kantor O.G., Kantor L.I., Kantor E.A. *Otsenka sezonnykh izmeneniy kachestva vody v vodoistochnike* [Estimation of seasonal changes in water quality in a water source]. *Bashkirskii khimicheskii zhurnal* [Bashkir chemical journal], 2003, vol.10, no.1, pp.87-89.
4. Trukhanova E.V., Vozhdaeva M.Yu., Kantor L.I., Kantor E.A., Mel'nitskii I.A. *Issledovaniye vliyaniya galogenuksusnykh kislot na rezul'taty opredeleniya trigalometanov v vode* [Investigation of the effect of haloacetic acids on the results of determination of trigalometanethanes in water]. *Ekologiya i promyshlennost' Rossii* [Ecology and industry of Russia], 2011, no.2, pp.41-45.
5. Malkova M.A., Khuziakmetova A.A., Zhigalova A.V., Egorova N.N., Vozhdaeva M.Yu., Kantor E.A. *Sopostavleniye kachestva pit'yevoy vody po soderzhaniyu trigalogenmetanov s zabolevayemost'yu naseleniya* [Comparison of the quality of drinking water with respect to the content of trihalometanethanes with incidence of the population]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education], 2017, no.3, p.145.
6. Vozhdaeva M.Yu., Tsypysheva L.G., Kantor E.A. *Vliyaniye khlorirovaniya na sostav ogranichenno-letuchikh organicheskikh zagryazniteley vody* [Influence of chlorination on the composition of limited-volatile organic pollutants of water]. *Zhurnal prikladnoy khimii* [Journal of Applied Chemistry], 2004, vol.77, no.6, pp.952-955.
7. Vozhdaeva M.Yu., Tsypysheva L.G., Kantor L.I., Kantor E.A. *Effektivnost' sochetaniya mass-selektivnogo i atomno-emissionnogo detektirovaniya pri khromatograficheskom analize kachestva vody* [Efficiency of Combination of Mass-Selective and Atomic-Emission Detection in Chromatographic Analysis of Water Quality]. *Mass-spektrometriya* [Mass spectrometry], 2005, vol.2, no.3, pp.229-235.
8. Vozhdaeva M.Yu., Tsypysheva L.G., Kantor L.I., Kantor E.A. *Analiz organicheskikh zagryazniteley vody metodami gazovoy khromatografii s razlichnymi vidami detektirovaniya* [Analysis of organic pollutants of water by gas chromatography with various types of detection]. *Analitika i kontrol'* [Analytics and control], 2001, vol.5, no.2, pp.171-185.
9. Kantor E.A., Malkova M.A., Zhigalova A.V. *Soderzhaniye trigalogenmetanov v pit'yevoy vode nekotorykh vodozaborov g. Ufy* [The content of trihalometanethanes in drinking water of some water intakes in Ufa]. Certificate of state registration of a database no. 2016620652, 2016.
10. *GOST R 51392-99 Voda pit'yevaya. Opredeleniye soderzhaniya letuchikh galogenorganicheskikh soyedineniy gazozhidkostnoy khromatografiyey* [State Standart 51392-99 Drinking water. Determination of volatile halogen organic compounds by gas-liquid chromatography]. Moscow, Standartinform, 2010, 17 p.
11. *Finansovaya matematika* [Financial mathematics]. Moscow, Finstatinform Publ., 2002, 78 p.