

DOI: 10.26693/jmbs06.01.168

УДК 613:614.78:613.74

Соломаха К. В., Гаркавий С. І.

ВИКОРИСТАННЯ ГІПОХЛОРИТУ НАТРІЮ ПРИ ЗНЕЗАРАЖУВАННІ ВОДИ БАСЕЙНУ СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСУ НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ (СК НТУ)

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, Київ, Україна

kseniasolomakha@gmail.com

У статті піднімається питання важливості санітарно-гігієнічного обстеження водних об'єктів, зокрема, басейнів та аквапарків. В Україні спостерігається зростання попиту на відвідування подібних водних комплексів, як з метою занять спортом, так і для проведення дозвілля. Фокус уваги в статті спрямований на обстеження та дослідження води басейну, що дезінфікується гіпохлоритом натрію (отриманого хімічним шляхом). Дослідження проводились протягом 10 тижнів, у тому числі серія проб води була відібрана в карантинний період, коли плавцям було заборонено відвідувати басейн, що дозволило зробити порівняльну гігієнічну оцінку впливу навантаження на стан води в басейні та ефективність дезінфекції.

Зроблено короткий огляд та характеристику гіпохлориту марки А, отриманого хімічним шляхом, його переваги та недоліки в якості дезінфектанту. В статті проведено аналіз даних, що були отримані в ході санітарно-гігієнічного обстеження басейну спортивного комплексу Національного технічного університету, зроблено їх статистичну обробку та проведено порівняння з діючими нормативними документами України та деяких інших держав.

Отримані в ході серії досліджень результати свідчать про значний вплив людини на стан води в басейні, що в черговий раз доводить важливість санітарної просвіти населення та відвідувачів басейнів і аквапарків, зокрема, необхідності прийому душу перед плаванням, після туалету тощо; навчання культурі відвідування водних об'єктів. Зокрема, статистично значима відмінність була отримана за показниками аміаку та іонами амонію (сумарно), що свідчить про вагомий вплив відвідувачів на цей параметр. А, як відомо, органічні домішки (піт, сеча, залишки косметичних засобів тощо), що потрапляють до води разом з плавцями, взаємодіють з хлором і формують хлораміни, що здатні негативно впливати на здоров'я як самих

відвідувачів, так і персоналу. Потрібно враховувати це при зміні робочого навантаження на басейн та виборі дози дезінфектанту.

Ключові слова: басейн, аквапарк, гіпохлорит натрію, плавання.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконана на кафедрі гігієни та екології №3 Національного медичного університету імені О. О. Богомольця в рамках НДР «Гігієнічне обґрунтування медико-педагогічного та санітарно-технічного забезпечення навчально-виховного процесу на базі басейнів при освітянських закладах», № державної реєстрації 0113U004673.

Вступ. Відвідування басейнів і аквапарків є достатньо популярним способом проведення дозвілля в нашій країні. Навіть в період карантину населення обирає водні процедури, як для оздоровлення, так і для відпочинку, про що свідчать результати пошукових запитів в google (**табл. 1, рис. 1, рис. 2**). За Google Trends, бачимо, що пік запитів від користувачів припадає на літні місяці. Це обумовлено сезонним попитом на відкриті аквапарки та басейни в курортних регіонах країни, а в топ-10 пошукових запитів в категорії розваг, потрапили 4 аквапарки. Пропозиція ж закритих аквапарків в нашій країні є недостатньою, оскільки навіть в столиці наразі немає жодного функціонуючого аквапарку (лише в м. Бровари, Київської області). Що стосується басейнів, то в даній категорії пропозиція значно краща. Багато басейнів відкриті при спортивних залах, школах та університетах.

Знезаражування води, що подається до чаші басейну, – є одним з найважливіших етапів водопідготовки, оскільки забезпечує крім іншого епідеміологічну безпеку води, що використовується населенням. Основним дезінфектантом на сьогоднішній день, що використовується на заключному етапі водопідготовки є хлор та хлорвмісні продукти.

Таблиця 1 – Топ туристичних об'єктів, місць та напрямків за кількістю пошукових запитів (дані за 9 місяців 2020 року), за даними Google Maps&Search

Міські розважальні парки та зони
1. Парк ім. М.Т. Горького (Харків)
2. Зоопарк (Київ)
3. Аквапарк (Затока)
4. Аквапарк (Одеса)
5. Х-парк (Київ)
6. Аквапарк (Дніпро)
7. Аквапарк (Кирилівка)
8. Екопарк Фельдмана (Харків)
9. Парк Динозаврів (Буковель)
10. Ботанічний сад ім. Гришка (Київ)



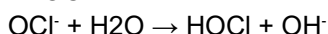
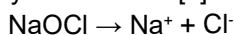
Рис. 1. Графік тренду пошукових запитів «аквапарк» за 2019-2020 рік, за даними Google Trends



Рис. 2. Графік тренду пошукових запитів «басейн» за 2019-2020 рік, за даними Google Trends

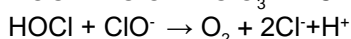
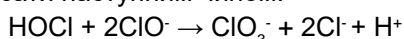
В останні роки в якості альтернативи газоподібному хлору здебільшого використовують гіпохлорит натрію.

Гіпохлорит натрію є доволі нестійкою сполукою, що легко розкладається з виділенням кисню. У воді утворює хлорноватисту кислоту (HOCl) і гіпохлорит іон у співвідношеннях, які визначаються показником рН розчину (**рис. 3**). Розчиняючись у воді гіпохлорит дисоціює на катіон натрію та аніон хлорноватистої кислоти, що можна представити наступним чином [1]:



HOCl відома як сильний дезінфектант з високою антибактеріальною активністю, через що хлорвмісні засоби й зайняли одне з лідируючих місць серед дезінфектантів масового вжитку, як в громадських, так і в приватних водних комплексах.

В середовищі з рН від 5 до 10, концентрація HOCl^- в розчині вища, а розпад гіпохлориту можна описати наступним чином:



Оптимальний рівень рН – 7,0-7,4, коли у воді утворюється хлорноватиста кислота (за умови кон-

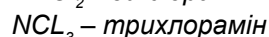
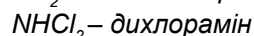
центрації вільного хлору на рівні 0,3-0,5 мг/л), що забезпечує максимальний дезінфікуючий ефект [2, 3]. За $\text{pH} > 7,6$ дезінфекційні властивості хлору починають зменшуватись, оскільки серед форм активного хлору у воді починає переважати ClO^- (**рис. 3**), і, відповідно, також зменшується і ефективність обробки води, що тягне за собою необхідність збільшувати дозу дезінфектанту [4].



Рис. 3. Співвідношення вмісту форм активного хлору в залежності від значення рН

Серед недоліків використання гіпохлориту натрію варто відмітити високу корозійну здатність гіпохлориту, пов'язану з високими окисними властивостями, що варто враховувати в контексті вибору обладнання та комплектуючих матеріалів в басейнах та аквапарках.

Органічні домішки (піт, сеча, залишки косметичних засобів тощо), що потрапляють до води разом з плавцями, взаємодіють з хлором і формують хлораміни:



Концентрація хлорамінів залежить від рН, масового співвідношення хлору та органічних домішок, температури води тощо. Особливу увагу потрібно звернути на басейни, що відвідують діти, оскільки часто вони не мають достатніх навичок гігієни, або ж в силу віку не можуть постійно контролювати сечовиділення, тому, зазвичай, саме в дитячих басейнах гостро стоїть питання утворення великої кількості хлорамінів.

Мета дослідження – санітарно-гігієнічне обстеження та дослідження води басейну, що дезінфікується гіпохлоритом натрію (отриманого хімічним шляхом), під час плавання плавців та без відвідувачів (в період простою під час карантину), з метою порівняльної оцінки впливу навантаження на стан води в басейні та ефективність дезінфекції.

Матеріал та методи дослідження. В період з листопада 2019 по червень 2020 було відібрано серію проб води з басейну СК НТУ, в тому числі проби були відібрані в період карантину, за

відсутності відвідувачів, що дозволило зробити порівняння показників якості води в чаші басейну за умов завантаженості басейну відвідувачами та без, відповідно. Проведено аналіз та оцінку основних санітарно-хімічних показників води плавального басейну, зроблено статистичну обробку отриманих результатів (*IBM SPSS Statistics Base v.22.*)

Результати дослідження. Басейн, що було обрано для дослідження, має 6 доріжок довжиною по 25 метрів (ширина – 12,5м, глибина 4,5 м). В якості основного дезінфектанту в технологічній схемі водопідготовки використовується гіпохлорит марки А, що отриманий хімічним шляхом. Дослідження проводились протягом 10 тижнів, у тому числі серія проб води була відібрана в карантин-

ний період, коли плавцям було заборонено відвідувати басейн, що дозволило зробити порівняльну гігієнічну оцінку впливу навантаження на стан води в басейні та ефективність дезінфекції. Отримані результати представлено в **табл. 2** (рівень надійності статистичної обробки – 0,95) [5, 6, 7].

Обговорення отриманих результатів. Результати отримані під час обстеження й санітарно-хімічного дослідження якості води басейну СК НТУ були проаналізовані на предмет залежності отриманих результатів від зміни навантаження на басейн (порівняли результати отримані за звичайної кількості відвідувачів та під час карантинного простою без відвідувачів) (**рис. 4**). За допомогою t-критерію Ст'юдента отримали статистично зна-

Таблиця 2 – Санітарно-хімічний аналіз води басейну СК НТУ та порівняння з деякими діючими нормативними документами

Показник	Дані з навантаженням	Дані без відвідувачів	ДСанПін 2.2.4-171-10	СОУ 97.2-32774846-001:2014 ¹	ГОСТ Р 53491.1 –2009	СанПін 2.1.2.10-39-2002*
pH	7,56±0,16	7,39±0,22	6,5–8,5	7,0-7,6	7,2-7,6	не більше 7,8
ОВП, мВ	760,4±16,4	748±5,8	-	-	750-780	-
t °С	25,8±1,6	25,7±1,2	-	26	24-28 (26-29)****	24-26
Жорсткість загальна, ммоль-екв/л	4,35±1,01	3,83±0,3	≤7,0 (10,0) ²	не більше 7	5,0	7,0 ммоль/л
Запах, бали	2,2±1	1,66±1,16	≤2	не більше 3	не більше 3	не більше 3
Каламутність, мг/л	0,35±0,26	0,3±0,2	≤1,0 (3,5) ²	не більше 2	0,2-0,5	не більше 2
Кольоровість, град	3±2,24	0,3±1,0	-	не більше 5	0° - 5°	не більше 5
Хлориди, мг/л	347,6±101,2	285±36	≤250 (350) ²	-	350	***
Аміак та іони амонію (сумарно), мг/л	1,92±1,24	1,36±1,56	≤0,5 (2,6) ²	не більше 0,6	2,0	ГДК 2,0 мг/л**
Залишковий вільний хлор, мг/л	0,59±0,16	0,43±0,12	≤0,5	0,3-1,0	0,3-0,5	0,3-0,5
Залізо загальне, мг/л	0,27±0,16	0,12±0,06	≤0,2 (1,0) ²	-	0,3	ГДК не більше 0,3
Сульфати, мг/л	494,6±36,4	471,6±5,78	≤250 (500) ²	-	не більше 500	ГДК не більше 500
Перманганатна окиснюваність, мгО ₂ /л	4,99±0,23	4,76±0,12	-	3	0,5-1,0	5,0

Примітки: * СанПін 2.1.2.10-39-2002 «Гигиенические требования к устройству, эксплуатации и качеству воды плавательных бассейнов» (Білорусь);

** допускається збільшення не більше, ніж в 2 рази в порівнянні з вихідним вмістом;

*** допускається збільшення не більше, ніж на 200 мг/л в порівнянні з вихідним вмістом;

**** для оздоровчих басейнів;

¹ – СОУ 97.2-32774846-001:2014 СТАНДАРТ «АСОЦІАЦІЯ АКВАПАРКІВ УКРАЇНИ» БАСЕЙНИ ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ (Україна);

² – норматив, зазначений у дужках, встановлюється в окремих випадках за погодженням з головним державним санітарним лікарем відповідної адміністративної території;

³ – допускається збільшення не більше ніж 0,75 у порівнянні з вихідним рівнем



Рис. 4. Порівняння результатів санітарно-гігієнічного обстеження води басейну при відвідуванні плавцями та без них, під час карантинних обмежень (показники аміаку та іонів амонію сумарно)

чимі результати при порівнянні показників аміаку та іонів амонію (сумарно), - значення t -критерію Ст'юдента = 2,21 ($p=0,0358$) в воді басейну, що відвідують плавці та ні.

Зростання рівня аміаку та амоній хлориду в пробах, що були відібрані в період, коли плавці відвідували басейн, свідчить про їх значний вплив на цей показник. Органічні домішки, зокрема піт, сеча, косметичні засоби, що безумовно потрапляють до

води разом з відвідувачами, підвищують рівень аміаку та іонів амонію, а, отже, і побічних продуктів дезінфекції (тригалометанів), що підтверджується в роботах багатьох науковців [8, 9, 10].

Висновки. Санітарно-гігієнічне обстеження та дослідження якості води в басейні, проведене в період з листопада 2019 по червень 2020 року, дозволило оцінити якість води в період, коли басейн відвідують плавці та в період простою (під час карантинних обмежень). Статистично значиму різницю отримали за показниками аміаку та іонів амонію (сумарно). Це свідчить про вагомий вплив людини на стан води в басейні, що ще раз доводить важливість санітарної просвіти серед населення та відвідувачів басейнів і аквапарків зокрема, необхідності прийому душу перед плаванням, після туалету тощо; навчання культурі відвідування водних комплексів.

Перспективи подальших досліджень. В подальшому планується провести, окрім санітарно-гігієнічного обстеження басейну, ще й епідеміологічне дослідження. Дослідити, для порівняння, ще декілька водних об'єктів, провести анкетування відвідувачів басейнів та обслуговуючого персоналу.

References

1. Cherkasov SV. Gypokhloryt natriya. Svoystva, teoriya y praktyka prymerenyya [Sodium hypochlorite. Properties, theory and practice of application]. [Russian]. Available from: <http://wwtec.ru/index.php?id=410>
2. World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. Vol 2. Swimming pool and similar environments. 2006. Available from: https://www.who.int/water_sanitation_health/publications/saferecreational-water-guidelines-2/en/
3. Health and safety in swimming pools. HSG179 (4th edition). 2018. Available from: <https://www.somersetasa.org/sasa/en/News/News-Items?newsid=2743>
4. Bakhyr VM, Leonov BY, Panycheva SA, Prylutskyy VY, Shomovskaya NYu. Khymycheskyy sostav y funktsionalnye svoystva khlorosoderzhashchyykh dezynfytsyruyushchyykh rastvorov [Chemical composition and functional properties of chlorine-containing disinfectant solutions]. Vestnyk novykh medytsynskyykh tekhnologyu. 2003; 4. [Russian]. Available from: http://www.carakurt.principics.pro/hipohlorit_Na_2.htm
5. DSанPiN 2.2.4-171-10. Gigiyenichni vymogy do vody pytnoyi, pryznachenoyi dlya spozhyvannya lyudynoyu [Hygienic requirements for drinking water intended for human consumption]. [Ukrainian]. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text>
6. GOSTR53491.1–2009. Bacceny. Podgotovka vody. Chast 1. Obshchie trebovaniya [Basseins. Water preparation. Part 1. General requirements]. [Russian]. Available from: <https://meganorm.ru/Index2/1/4293819/4293819184.htm>
7. SanPiN 2.1.2.10-39-2002. Gigiyenicheskie trebovaniya k ustroystvu, ekspluatatsii i kachestvu vody plavatelnykh basseynov [Hygienic requirements for the design, operation and water quality of swimming pools]. [Russian]. Available from: <https://studylib.ru/doc/265381/sanitarnye-pravila-i-normy-2.1.2.10-39-2002>
8. Kaczmarek W, Panasiuk J, Borys S, Pobudkowska A, Majsterek M. Analysis of the Kinetics of Swimming Pool Water Reaction in Analytical Device Reproducing Its Circulation on a Small Scale. *Sensors* (Basel, Switzerland). 2020; 20(17): 4820. doi: 10.3390/s20174820
9. Carter R, Joll CA. Occurrence and formation of disinfection by-products in the swimming pool environment: A critical review. *Journal of environmental sciences (China)*. 2017; 58: 19–50. doi: 10.1016/j.jes.2017.06.013
10. Tardif R, Catto C, Haddad S, Simard S, Rodrigue M. Assessment of air and water contamination by disinfection by-products at 41 indoor swimming pools. *Environmental research*. 2016; 148: 411–420. doi: 10.1016/j.envres.2016.04.011

УДК 613:614.78:613.74

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИПОХЛОРИТА НАТРИЯ ПРИ ОБЕЗЗАРАЖИВАНИИ ВОДЫ БАСЕЙНА СПОРТИВНОГО КОМПЛЕКСА НАЦИОНАЛЬНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Соломаха К. В., Гаркавий С. И.

Резюме. В статье затрагивается вопрос важности санитарно-гигиенического обследования водных объектов, в частности, бассейнов и аквапарков. В Украине наблюдается рост спроса на посещение подобных водных комплексов, как с целью занятий спортом, так и для проведения досуга. Фокус внимания в статье направлен на санитарно-гигиеническое обследование и исследование воды бассейна, которая проходит обработку гипохлоритом натрия (полученного химическим путем). Исследования проводились в течение 10 недель, в том числе серия проб воды была отобрана в карантинный период, когда пловцам было запрещено посещать бассейн, что позволило сделать сравнительную гигиеническую оценку влияния нагрузки на состояние воды в бассейне и эффективность дезинфекции.

Сделан короткий обзор и характеристика гипохлорита марки А, полученного химическим путем, его преимущества и недостатки в качестве дезинфектанта. В статье проведен анализ данных, которые были получены в ходе санитарно-гигиенического обследования бассейна спортивного комплекса Национального университета, их статистическая обработка, и сравнение с действующими нормативными документами Украины и некоторых других государств. Данные, полученные в ходе серии исследований, свидетельствуют о значительном влиянии человека на состояние воды в бассейне, что в очередной раз свидетельствует о важности санитарного просвещения населения и посетителей бассейнов и аквапарков, в частности, необходимости приема душа перед плаванием, после туалета и тому подобное; необходимости обучения культуре посещения водных объектов. В частности, статистически значимое отличие было получено по показателям аммиака и ионам аммония (суммарно), что свидетельствует о значительном влиянии посетителей именно на этот параметр. А, как известно, органические примеси (пот, моча, остатки косметических средств, и тому подобное), которые попадают в воду вместе с купающимися, взаимодействуют с хлором и формируют хлорамины, которые способны негативно влиять на здоровье как самих посетителей, так и персонала. Нужно учитывать это при изменении рабочей нагрузки на бассейн и выборе дозы дезинфектанта.

Ключевые слова: бассейн, аквапарк, гипохлорит натрия, плавание.

UDC 613:614.78:613.74

Using Sodium Hypochlorite as the Main Disinfectant in the Swimming Pool of National Technical University Sports Complex

Solomakha K. V., Harkavyi S. I.

Abstract. This article is about the importance of sanitary and hygienic examination of water complexes, in particular, swimming pools and water parks. There is an increasing demand for visiting such water complexes in Ukraine, both for sports activities and for leisure activities. The focus of this article is on the sanitary and hygienic examination and survey of pool water, which is treated with sodium hypochlorite (obtained by chemical way).

Material and methods. The studies were carried out for 10 weeks, including a series of water samples, which were taken during the quarantine period, when swimmers were prohibited from visiting the pool. This situation made possible to make a comparative hygienic assessment of the effect of workload on the water condition in the pool and the effectiveness of disinfection.

There was also a short review and characteristics of hypochlorite A, which was obtained in chemical way, its advantages and disadvantages as a disinfectant.

The article analyzes the data obtained during the sanitary and hygienic survey of the pool of the swimming pool of the national technical university, their statistical processing, and comparison with the current regulatory documents of Ukraine and some other states. The data obtained in the course of a series of studies indicated a significant human influence on the state of water in the pool, which once again indicates the importance of health education of the population and visitors in swimming pools and water parks, in particular, the need to take a shower before swimming, after using the toilet, etc.; the need for training the right culture of visiting different water objects. Particular attention should be paid to swimming pools frequented by children, as they often do not have sufficient hygiene skills, or due to age cannot constantly monitor urination, so, as a rule, it's an acute issue of large amounts of chloramines in swimming pools for children.

Conclusion. In particular, a statistically significant difference was obtained in terms of ammonia and ammonium ions (in total), which indicated a significant influence of visitors on this parameter. And, as you know, organic impurities (sweat, urine, cosmetics remains etc.) that get into the water together with the swimmers, react with chlorine and form chloramines, which can negatively affect the health of both the visitors and the staff. This must be taken into account while changing the workload on the pool and choosing the dose of disinfectant.

Keywords: swimming pool, waterpark, hypochlorite sodium, swimming.

The authors of this study confirm that the research and publication of the results were not associated with any conflicts regarding commercial or financial relations, relations with organizations and/or individuals who may have been related to the study, and interrelations of coauthors of the article.

Стаття надійшла 04.12.2020 р.

Рекомендована до друку на засіданні редакційної колегії після рецензування