

О. Р. Каратаев

СИСТЕМА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ПЛАВАТЕЛЬНОГО БАССЕЙНА

Ключевые слова: экологические проблемы, водоподготовка, воздухообмен, экологическая безопасность, гигиенические нормы, автоматизированная система, пробоотбор и пробоподготовка.

В работе обсуждается проблема экологической безопасности плавательных бассейнов, и предлагаются пути ее решения. Для решения проблемы обеспечения экологической безопасности плавательных бассейнов предлагается внедрение комплексного управления технологией водоподготовки, основанной на анализе загрязняющих веществ в водной и воздушной сред плавательного бассейна.

Keywords: environmental problems, water-conditioning, interchange of air, ecological safety, the hygienic specifications, automated system, sampling and sample preparation.

The research is discussing the problem of ecological safety of swimming pools and offering the ways of its decision. To solve a problem of ecological safety provision of swimming pools system of complex management of the water-conditioning technology, based on the analysis of polluting substances of water and air mediums of a swimming pool is offered.

Введение

Экологическая безопасность водной среды плавательных бассейнов зависит от микробиологических загрязнений и концентраций токсичных примесей, присутствующих в воде.

Для обеззараживания воды плавательного бассейна чаще всех применяют метод хлорирования, в результате которого в процессе обработки воды выделяется газообразный хлор, который обладает высокой окислительной способностью и вступает в реакции с органическими веществами, присутствующими в воде в качестве макропримесей. В результате этих реакций в воде образуются легколетучие хлорорганические соединения, оказывающие негативное влияние на организм человека [1]. При этом было установлено влияние учебно-тренировочных занятий в плавательных бассейнах вода, которых загрязнена токсичными хлорорганическими соединениями на возникновение различных профессиональных заболеваний у пловцов. В этом случае легколетучие хлорорганические соединения под действием различных факторов окружающей среды из воды плавательных бассейнов могут мигрировать в воздушную среду, что повышает степень из негативного воздействия на организм человека. Кроме того, в воздушную среду плавательных бассейнов через вентиляционную систему здания, а также за счет инфильтрации через дверные и оконные проемы поступают антропогенные загрязнения от работы промышленных предприятий и автомобильного транспорта, что усугубляет негативную экологическую обстановку в целом [2-3].

Для обеспечения экологической безопасности воды плавательных бассейнов необходимо разработать систему локального экологического мониторинга, которая базируется на определении концентрации загрязняющих веществ инструментальными методами. В последнее время для решения этих проблем при определении загрязнений водной среды наиболее часто используют инструментальные методы анализа, в том числе и газовую хроматографию [4-5]. Идентификацию хлорорганических соединений в водной среде осуществляют с использо-

ванием кинетических газохроматографических метода в виде различных производных [6], а также путем предварительной двухстадийной химической модификации [7-8]. Для санитарно-химического контроля питьевой воды часто используют статический парофазный газохроматографический анализ [9-10]. При этом, как правило, для повышения чувствительности и устранения ограничений, возникающих при непосредственном дозировании образца пробы в хроматографическую колонку, используют методы предварительного обогащения пробы, основанные на жидкостной, твердофазной и газовой экстракции, а также статическом и динамическом парофазном анализе.

При аналитическом мониторинге экологического состояния окружающей среды необходим переход от контроля концентрации отдельных соединений к определению и оценке комплекса различных веществ [11]. Поэтому развитие аналитических методов исследования на основе использования современных физико-химических методов должен быть направлен на расширение перечня химических веществ, идентифицированных в окружающей природной среде. В этой связи в последнее время значительно расширились возможности газовой хроматографии в результате использования высокоэффективных капиллярных и поликапиллярных хроматографических колонок, а также детекторов, обладающих высокой селективностью разделения к определенным классам соединений. Среди детекторов, обладающих наиболее высокой селективностью к галогенорганическим соединениям, широко применяется детектор по захвату электронов.

Существующие в настоящее время методики анализа не всегда обеспечивают достоверный контроль за концентрированием вредных веществ.

Экспериментальная часть

В этой связи разработка системы экологического мониторинга водной и воздушной сред с использованием газохроматографических методов является достаточно актуальной задачей, так как её результаты направлены на оптимизацию технологии

водоподготовки плавательных бассейнов, что позволяет обеспечить экологически безопасную жизнедеятельность человека и сократить риск возникновения у него профессиональных заболеваний.

Систему локального экологического мониторинга окружающей среды района плавательного бассейна можно представить схемой, приведенной на рис.1.

Как видно из этой схемы основным функциональным элементом этой системы является диагностика экологического состояния окружающей природной среды, которая основана на газохроматографических методах определения концентрации загрязняющих веществ с использованием высокоэффективных хроматографических колонок и селективных детекторов, обладающих высокой чувствительностью. Результаты этой диагностики позволя-



Рис. 1 - Система локального экологического мониторинга окружающей среды плавательных бассейнов

ют проводить перспективный прогноз экологических рисков, связанных с эксплуатацией плавательных бассейнов и экспертную оценку прогнозируемого состояния. Кроме того, на основе результатов диагностики представляется возможным управлять и регулировать качество водной и воздушной среды плавательных бассейнов, моделировать различные экологические ситуации, обрабатывать полученные экспериментальные результаты, а также принимать технические и технологические решения, направленные на оздоровление окружающей природной среды и обеспечение экологической безопасности человека.

Плавательный бассейн можно рассматривать как систему парофазного распределения газ-жидкость, когда летучие вещества при определенных условиях могут находиться в термодинамическом равновесии с водной средой, поэтому процесс извлечения из воды плавательных бассейнов летучих компонентов можно описать различными урав-

нениями, которые основаны на термодинамическом условии существования различных фаз.

В соответствии с этими условиями наблюдается определенная взаимосвязь между концентрациями каждого из присутствующих компонентов в различных фазах гетерогенной системы, находящейся в равновесии. Условием этого равновесного состояния является равенство химических потенциалов каждого из i -го компонентов в каждой из j - равновесных фаз [12].

$$\mu_i^I = \mu_i^2 = \mu_i^3 = \dots = \mu_i^j. \quad (1)$$

Между концентрациями каждого компонента в равновесных фазах I и II существует зависимость

$$c_i^I = f_i^{I,II}(c^II). \quad (2)$$

Это приводит к тому, что, зная количественный состав одной фазы, можно определить состав другой.

Для разработки хроматографического анализа были приготовлены искусственные смеси легколетучие хлорорганических соединения с низкой температурой кипения, которые присутствуют в воде плавательных бассейнов в качестве приоритетных загрязнителей. Экспериментальную часть работы проводили на хроматографе Кристаллюкс-4000М с электрозахватным детектором и насадочными хроматографическими колонками длиной 3м, внутренним диаметром 3мм, заполненными различными сорбентами. В качестве сорбента использовали стандартную неподвижную жидкую фазу SE-54 широко применяемую в газовой хроматографии [13].

В табл.1 приводятся физико-химические и хроматографические свойства легколетучих хлорорганических соединений. Как видно из таблицы все исследуемые соединения находятся в интервале температур кипения от 35 до 145 °С. Относительный удерживаемый объем, приведенный в таблице, указывает на более высокую селективность разделения компонентов, имеющие близкие температуры кипения для окиси три (β -цианэтил) фосфина (табл.1, вещество II) по сравнению с известными аналогами SE-54 (табл.1, вещество I).

Выводы

По результатам работы предложенный сорбент окиси три (β -цианэтил) фосфина структурной формулы $O = P(CH_2CH_2CN)_3$ обладает более высокой селективностью разделения легкокипящих хлорорганических соединений и его можно рекомендовать как избирательный сорбент для контроля содержания токсичных хлорорганических примесей в воде плавательных бассейнов.

Таблица 1 - Физико-химические и хроматографические свойства окиси три (β-цианэтил) фосфин хлорорганических соединений I-сорбент SE-54, II-сорбент

Наименование	Формула	T _{кип} , °C	ПДК, мг/л	Класс опасности	V _{отн}	
					(I) [13]	(II) [14]
1,1-Дихлорэтилен	CCl ₂ =CH ₂	97,00	0,03	1	0,56	0,42
Дихлорметан	H ₂ CCl ₂	40,00	-	-	0,70	0,58
Хлороформ	CHCl ₃	61,20	0,20	2	1,00	1,00
Гипохлорит углерода	CCl ₄	76,60	0,002	2	1,37	1,43
1,2-Дихлорэтан	CH ₂ ClCH ₂ Cl	83,50	0,003	2	1,53	1,74
Трихлорэтилен	CCl ₂ =CHCl	86,90	0,007	2	1,66	1,82
Дибромхлорметан	CHBr ₂ Cl	120,00	0,10	2	2,44	2,25
Тетрахлорэтилен	CCl ₂ =CCl ₂	121,20	0,07	2	2,30	2,43
Трибромметан	CHBr ₃	145,50	0,10	2	2,98	2,84

Литература

1. Авалиани, С.Л. Оценка реальной опасности химических веществ на основе анализа зависимости концентрации (доза) – статус организма / С.Л. Авалиани, Е.В. Иродова, Е.В. Печенникова, Т.Е. Шимонова // Гигиена и санитария – 1997. – №2. – С.58-60.
2. Перикова, Е.С. Проблема обеззараживания воды закрытых плавательных бассейнов / Е.С. Перикова, О.Р. Каратаев, А.В. Танеева, В.Ф. Новиков // Теория и практика физической культуры – 2008. – №2. – С.87-90.
3. Каратаев, О.Р. Миграция хлороформа в воздушную среду закрытых плавательных бассейнов / О.Р. Каратаев, Е.С. Перикова, А.В. Танеева, В.Ф. Новиков // Теория и практика физической культуры – 2008. – №12. – С. 80-83.

4. Каратаев О.Р., Основы газохроматографического анализа / О.Р. Каратаев, А.В. Танеева, А.А. Карташова, В.Ф. Новиков; под. общ. ред. В.Ф. Новикова. – Казань: Казан. гос. энергетич. ун-т, 2007. – 244 с.
5. Каратаев, О.Р., Танеева А.В., Карташова А.А., Новиков В.Ф. Инструментальные методы анализа. Концентрирование примесей и хроматография / О.Р. Каратаев, А.В. Танеева, А.А. Карташова, В.Ф. Новиков; под ред. В.Ф. Новикова. – Казань: Казан. гос. энергетич. ун-т, 2009. Ч.1. – 300 с.
6. Коренман, Я.И. Идентификация и определение хлорфенолов в питьевой воде кинетическим газохроматографическим методом / Я.И. Коренман, И.В. Груздев, Б.М. Кондратенко // Журнал аналитической химии. – 2006. – Т.56. – №6 – С.574-578.
7. Коренман, Я.И. Газохроматографическое определение хлорфенолов в питьевой воде с предварительной двухстадийной химической модификации / Я.И. Коренман, И.В. Груздев, Б.М. Кондратенко // Химия и технология воды. – 2000. – Т.22. – №3 – С.290-296.
8. Куликова, Д.И. Комплексообразование непреходных элементов в водных растворах / Д.И. Куликова, Д.М. Куликова, М.С. Шапник // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2009. – №4. – С. 35-40.
9. Козубова, Л.И. Органические загрязнения питьевой воды. Аналитический обзор / Л.И. Козубова, С.В. Морозов. – Новосибирск: – Вып.26. – 289 с.
10. Vitenberg, A.G. Methods of equilibrium concentration for the gas chromatographic determination of trace volatiles / A.G. Vitenberg // Journal of Chromatography – V.556. – Issues 1-2, 6 September 1991, P. 1-24.
11. Половняк, В.К. Современные технические и технологические подходы к решению экологических проблем / В.К. Половняк, С.В. Фридланд // Вестн. Казан. технол. ун-та. – 2009. – №4. – С. 17-26.
12. Виттенберг, А.Г. Газовая экстракция в хроматографическом анализе. Парофазный анализ и родственные методы / А.Г. Виттенберг, Б.В. Иоффе. – Л.: – Химия, 1982. – 280 с.
13. Новиков, В.Ф. Органические производные фосфора и мышьяка в качестве неподвижных фаз для газовой хроматографии / В.Ф. Новиков // Журнал органической химии. – 1993. – Т.67 – №4 – С.848-853.