



Федеральное медико-биологическое агентство
(ФМБА России)

Федеральное государственное унитарное
предприятие

"Научно-исследовательский институт
гигиены, профпатологии и экологии человека"
Федерального медико-биологического агентства
(ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России)

188663, Ленинградская область, Всеволожский м.р-н, Кузьмолотовское г.п.,
гп Кузьмолотовский, ул.Заводская, зд. 6/2, корп. 93

т/факс (812); (812) 449-61-68; 449-61-77; (812) 606-62-80; (812) 606-62-83
E-mail: gpech@fmbamail.ru; niigpech@rihophe.ru

ИНН 4703008032, КПП 470301001, ОГРН 1034700557792, р/с 40502810236000000178 Филиал ОПЕРУ Банка ВТБ
(ПАО) в Санкт-Петербурге г. Санкт-Петербург, к/с 30101810200000000704, БИК 044030704

« 18 » ноября 2025 г.



«УТВЕРЖДАЮ»

и.о. директора ФГУП «НИИ ГПЭЧ»
доктор медицинских наук, профессор

А.С.Радилов

ОТЗЫВ

ведущей организации Федерального государственного унитарного предприятия «Научно-исследовательский институт гигиены, профпатологии и экологии человека» Федерального медико-биологического агентства Российской Федерации
на диссертационную работу Варсегова Ильи Сергеевича «Определение азотсодержащих поверхностно-активных веществ и продуктов их трансформации в воде плавательного бассейна хромато-масс-спектрометрическими методами», представленную на соискание
ученой степени кандидата химических наук по
специальности 1.4.2 - Аналитическая химия

Актуальность темы диссертационной работы

Качество воды в плавательных бассейнах вызывает обоснованную озабоченность медицинского сообщества, тем более, что бассейны используются не только для спортивных и рекреационных целей, но и для восстановительного лечения пациентов, перенесших тяжелые заболевания, операции, травмы. Для лиц с ослабленным иммунитетом, детей, пациентов, находящихся на восстановительном лечении, контакт с бактериями и вирусами через воду бассейна может иметь тяжелые последствия. Процесс

подготовки воды для большинства как общественных, так и медицинских бассейнов включает этап дезинфекции, целью которого является удаление бактерий, вирусов и других микроорганизмов, представляющих опасность для здоровья человека. Обеззараживание воды в бассейнах является необходимой процедурой. При этом неизбежно протекают побочные процессы, относимые к нежелательным явлениям, в частности, образование токсичных продуктов трансформации органических примесей, присутствующих в воде. Наиболее распространенные методы водоподготовки основаны на применении химических реагентов – преимущественно сильных окислителей. В группе дезинфицирующих средств наиболее часто используются хлорирующие агенты. С их воздействием обычно связывают аллергические реакции, возникающие после посещения бассейна. При этом появляется все больше сведений, указывающих на опасность контакта человека с органическими соединениями, претерпевающими трансформации в процессе хлорирования. Согласно литературным данным, после интенсивных тренировок или соревнований существенно повышается содержание общего азота и общего органического углерода в воде бассейнов, что подтверждает факт наличия органических примесей в воде бассейнов. Указанные органические примеси представлены широкими группами далеко не всегда известных соединений, в том числе азотсодержащих. Имеются научные данные о токсичности продуктов хлорирования азотсодержащих веществ. Для подавления роста микроводорослей используют альгицид на основе четвертичных аммониевых соединений (чаще всего хлорид бензалкония). В соответствии с санитарно-гигиеническими требованиями хлоридом бензалкония обрабатывают чашу бассейна, а также его добавляют в воду с установленной периодичностью. В составе моющих средств часто содержится кокаmidопропилбетаин – смесь цвиттер – ионных поверхностно-активных веществ, хорошо растворимых и неизбежно присутствующих в воде бассейнов. Известно, что продукты хлорирования таких веществ могут вызывать контактный дерматит. Мониторинг их содержания в воде бассейнов представляется весьма актуальной задачей. Важно отметить, что как хлорид бензалкония, так и кокаmidопропилбетаин, не являются индивидуальными веществами, а представляют собой смесь родственных соединений, преимущественно гомологов. Указанное обстоятельство переводит задачи диссертационного исследования в область нетривиальных. Их методическое решение представляет большой интерес для аналитической химии как науки. Таким образом, тема диссертационного исследования является актуальной для науки и практики.

Научная новизна диссертационного исследования.

В рецензируемой работе впервые представлено систематическое исследование состава продуктов трансформации бензалкония хлорида и кокаmidопропилбетаина в условиях, имитирующих обеззараживание вод активным хлором. Далее результаты

модельных экспериментов нашли подтверждение при анализе реальных проб воды из бассейна. Проведена интерпретация масс-спектров предполагаемых продуктов трансформации и установлены их структуры.

Показано, что в результате обработки водных растворов бензалкония хлорирующими агентами образуется смесь продуктов, содержащих несколько групп гомологов и изомеров. На основании интерпретации масс-спектров установлено, что галогенирование бензалкония происходит в алифатической цепи. Установлено, что наряду с галогенированными производными, образуются также продукты окисления бензалкония, представленные группой изомеров. Обоснован механизм реакций нуклеофильного замещения при хлорировании бензалкония в водных растворах. Изучена кинетика соответствующих реакций.

В модельных растворах кокамидопропилбетаина идентифицировано шесть производных диметиламинопропиламина и жирных кислот от C8 до C18, одновременно установлены брутто-формулы некоторых минорных компонентов. Показано, что продукты хлорирования кокамидопропилбетаина представлены смесью моно- и ди-хлорпроизводных.

Установлено влияние pH реакционной смеси на глубину и кинетику хлорирования кокамидопропилбетаина. Показано, что в кислой среде наблюдается ускорение протекающих процессов, что объясняется смещением равновесия в растворе в сторону более активной хлорноватистой кислоты по сравнению с гипохлоритом.

Значимость для науки и практики выводов и рекомендаций диссертационной работы

Автором предложен и детально проработан методический подход для обнаружения и идентификации продуктов хлорирования, окисления и гидролиза смеси азотсодержащих поверхностно-активных веществ в широком диапазоне концентраций. Задачу пришлось решать в отсутствие априорного знания структур предполагаемых продуктов и справочных идентификационных характеристик. Часть продуктов превращений исследованных поверхностно-активных веществ присутствовала в водной среде в крайне низких концентрациях, что потребовало разработки способов экстракции и концентрирования микрокомпонентов. Оптимизированы условия твердофазной экстракции для извлечения микроконцентраций кокамидопропилбетаина из воды. Разработана процедура обнаружения кокамидопропилбетаина и продуктов его трансформации на уровне концентраций 1 нг/л и выше. Подтверждена возможность накопления кокамидопропилбетаина в воде бассейна и его способность вступать во взаимодействие с активным хлором. Доказана возможность образования широкого спектра продуктов трансформации органических веществ при обеззараживании хлорсодержащими реагентами

и предложены методические подходы для их обнаружения и идентификации в целях последующего мониторинга.

.Соответствие работы паспорту научной специальности

Диссертационная работа вносит существенный вклад в теорию и практику аналитической химии. Диссертация в полной мере отвечает паспорту научной специальности 1.4.2 - Аналитическая химия по направлениям исследований: № 2 - методы химического анализа, № 4 - методическое обеспечение химического анализа, № 10 - анализ органических веществ и материалов, № 12 - анализ объектов окружающей среды.

Структура и объем диссертации

Диссертационная работа имеет традиционную структуру: состоит из введения, обзора литературы, экспериментальной части, трех глав, в которых представлены результаты и их обсуждение, выводов и списка литературы. Диссертация изложена на 130 страницах машинописного текста, содержит 36 рисунков, 12 таблиц, списка литературных источников из 142 позиций. Во введении обоснована актуальность темы исследования, сформулированы цель работы и задачи, которые были решены для ее достижения. Также введение содержит сформулированные соискателем положения научной новизны и практической значимости работы, которые непротиворечиво соотносятся с положениями, выносимыми на защиту. Аналитический обзор освещает основные методы водоподготовки с особым вниманием к процедурам обеззараживания. В обзоре представлены азотсодержащие поверхностно-активные вещества, трансформация которых в условиях обеззараживания хлорированием является предметом исследования в диссертационной работе. Схема, представленная на рисунке 6, отображает основные способы подготовки к анализу и методы инструментального анализа, используемые в работе. В заключении к обзору автор обосновывает взаимодополняющие роли методов газовой и жидкостной хромато-масс-спектрометрии высокого разрешения, что является залогом успешного достижения поставленной цели. В экспериментальной части представлены использованные материалы и реагенты, объекты исследования, оборудование, методики выполнения экспериментов и использованные процедуры анализа. Результаты и их обсуждение изложены в главах 3 – 5. В главах 3 и 4 представлены результаты исследования продуктов водного хлорирования бензалкония хлорида и кокаמידопропилбетаина соответственно. В главе 5 описана разработанная автором процедура определения кокаמידопропилбетаина в воде бассейнов методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием высокого разрешения. Выводы закономерно вытекают из полученных результатов и их обсуждения.

Обоснованность и достоверность научных положений, выводов и заключений подтверждается использованием современного высокопрецизионного аналитического

оборудования, хорошими базовыми знаниями соискателя в области масс-спектрометрии, высоким авторитетом научной школы Северного (Арктического) федерального университета имени М.В. Ломоносова и научного руководителя диссертации, широкой апробацией результатов диссертационной работы. Масс-спектрометрическая информация интерпретирована в соответствии с общими закономерностями фрагментации органических соединений в используемых режимах анализа. Автореферат соответствует содержанию диссертации.

Замечания по тексту диссертационной работы

1 На защиту выносятся (Положение № 2) результаты предположительной идентификации и предположительные схемы. Предположения при обсуждении результатов приветствуются, но, по мнению ведущей организации, в положениях, выносимых на защиту, им не место.

2 В тексте диссертации есть отдельные стилистические поправки: рассогласованность времен, падежей, единственного и множественного числа. Встречаются такие выражения как «органогалогенные», «полулетучие», «становление круга побочных продуктов», «радикальная замена алифатических водородов на хлор», «диметиланиминий», «углеводородные радикальные соединения», «бензильное и ароматическое звенья», «количество углеродов в цепи»... Вместо подстрочника с английского лучше пользоваться устоявшимися терминами.

3 В качестве объектов исследования в модельных экспериментах использованы стандартные образцы кокаמידопропилбетаина и бензалкония хлорида. Не проводились ли исследования с техническими коммерческими образцами?

Замечания незначительны, а вопрос связан с интересом ведущей организации к рецензируемой работе.

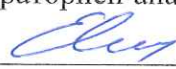
Диссертационное исследование И.С.Варсегова оставляет положительное впечатление, выполнено на актуальную тему и свидетельствует о высокой квалификации соискателя как химика-аналитика.

Заключение о соответствии диссертации критериям, установленным Положением о порядке присуждения ученых степеней.

Диссертация И.С.Варсегова является законченным научно-квалификационным исследованием, в котором решена важная задача, имеющая большое научно-практическое значение: разработаны новые подходы к обнаружению и идентификации продуктов трансформации азотсодержащих поверхностно-активных веществ, образующихся в ходе дезинфекции. Предложенные методические решения, основанные на совместном применении методов газовой и жидкостной хроматографии в сочетании с масс-

спектрометрией высокого разрешения, обладают научной новизной и могут быть распространены на решение других аналогичных задач.

Диссертационная работа Варсегова И.С. соответствует требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства российской Федерации № 842 от 24.09.2013 г (в ред. Постановлений Правительства Российской Федерации от 11.09.2021 № 1539 и прочих актуальных редакциях), предъявляемым к кандидатским диссертациям, а ее автор Варсегов Илья Сергеевич, заслуживает присуждения ученой степени кандидата химических наук по специальности 1.4.2 – Аналитическая химия.

Отзыв подготовлен заведующей лабораторией аналитической токсикологии ФГУП «НИИ ГПЭЧ», доктором химических наук  Савельевой Еленой Игоревной.

Отзыв заслушан и одобрен на заседании Ученого совета ФГУП «НИИ ГПЭЧ» ФМБА России, протокол № 7 от 18.11.2025 г.

Секретарь ученого совета, кандидат химических наук  Корягина Н.Л.
18.11.2025 г.

Адрес 188663, Ленинградская область, Всеволожский м.р-н, Кузьмоловское г.п.,
гп Кузьмоловский, ул.Заводская, зд. 6/2, корп. 93, тел. (812) 449-61-68; E-mail:
niigrech@rihophe.ru