

## ОТЗЫВ

Официального оппонента на диссертационную работу Юсуповой Александры Витальевны «Экологический мониторинг фенола и его позиционных изомеров в поверхностных водах (на примере Куйбышевского водохранилища)», представленную к защите на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2. - Экологическая безопасность.

### **Актуальность темы диссертации**

Диссертационная работа Юсуповой Александры Витальевны выполнена на кафедре «Энергообеспечение предприятий, строительство зданий и сооружений» Федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Казанский государственный энергетический университет». Работа посвящена развитию системы экологического мониторинга фенола и его позиционных изомеров в поверхностных водах (на примере Куйбышевского водохранилища).

Как известно, фенолы относятся к приоритетным загрязнителям окружающей природной среды и оказывают негативное влияние на живую природу, так как ухудшают общие показатели качества воды. Особенно опасными являются хлорфенолы, которые в условиях природной среды могут трансформироваться в более токсичные соединения. Из гомологического ряда хлорфенолов более токсичным является *орто*-хлорфенол, который относится к первому классу опасности, имеет аномально высокое давление насыщенных паров и характеризуется низкими значениями норм ПДК. Попадая с поверхностными водами в городскую водопроводную сеть, хлорфенолы могут трансформироваться в полихлорированные дибензо-*n*-диоксины, которые относятся к суперэкоотоксикантам. Поэтому обеспечение экологической безопасности требует проведение регулярного эколого-аналитического контроля содержания токсичных примесей фенола и

его позиционных изомеров в поверхностных водах в рамках экологического мониторинга, что является актуальной задачей.

### **Научная новизна проведенных исследований**

Научная новизна диссертационной работы Юсуповой А.В. заключается в том, что в рамках экологического мониторинга разработана хроматографическая методика контроля содержания токсичных примесей фенола и его позиционных изомеров в поверхностных водах Куйбышевского водохранилища, в процессе работы над которой выявлены новые сорбционные материалы с улучшенными свойствами, установлены зависимости логарифма абсолютного удерживаемого объема электроно-донорных сорбатов от числа атомов углерода в молекуле сорбента. На основании этих результатов выявлен наиболее селективный сорбент, на котором диссертант разделил позиционные изомеры фенола с близкими физико-химическими свойствами. С использованием разработанной методики автором изучены особенности загрязненности вод Куйбышевского водохранилища фенолами и его позиционными изомерами в различных периодах времени. Показано уменьшение содержания фенола в летний период по сравнению с зимним, что связывается с интенсификацией окислительно-восстановительных процессов с образованием новых загрязняющих веществ. На основе проведенных исследований спрогнозирована динамика изменения среднегодовых концентраций фенола в поверхностных водах Куйбышевского водохранилища за период с 2014 по 2022 года с установлением корреляционной зависимости, адекватно описывающую существующую тенденцию рассматриваемых показателей.

### **Теоретическая и практическая значимость**

В работе разработана новая методика хроматографического определения фенола и его позиционных изомеров в водах Куйбышевского водохранилища с использованием нового сорбента, полученного на основе

полиоксиэтилен бис арсената. Установлены новые научные закономерности величин удерживания стандартных органических сорбатов, которые позволяют более эффективно осуществлять подбор сорбентов для определения фенола и его позиционных изомеров в поверхностных и сточных водах предприятий. Полученные экспериментальные результаты могут быть использованы в системе экологического мониторинга при контроле содержания фенола и его позиционных изомеров в поверхностных и сточных водах.

### **Оценка содержания диссертации**

Диссертационная работа изложена на 158 страницах компьютерного текста, содержит 4 главы, 33 таблицы, 49 рисунков и Приложения. Библиографический указатель содержит 188 наименований цитируемой литературы.

**Во введении** основное внимание уделено обоснованию актуальности исследуемой проблемы, сформулированы цель и задачи диссертационной работы, определена её научная новизна и практическая значимость.

**Первая глава** (литературный обзор) посвящена современному состоянию проблемы, связанной с распространением загрязняющих окружающую природную среду фенолов. Описана процедура их пробоподготовки с использованием твердофазной и жидкофазной экстракции из водных растворов. Детально рассмотрены инструментальные методы контроля фенолов в водной среде, которые используются в системном экологическом мониторинге. В целом литературный обзор включает все необходимые сведения, связанные с темой диссертационного исследования и могут быть опубликованы как обзорный материал в открытой печати.

**Во второй главе** сформулированы постановка задачи диссертационного исследования, условия проведения эксперимента, материалы и реактивы, а также методы обработки экспериментальных данных. Приведены физико-химические характеристики используемых

веществ, материалов и реактивов, расчет характеристик удерживания анализируемых веществ, комплексная оценка степени загрязнения водной среды, а также кратность превышения содержания фенолов в водной среде.

**В третьей главе** приведены результаты экологического мониторинга качества вод Куйбышевского водохранилища. Приведена таблица, обобщающая показатели качества вод. Показано, что на показатели качества поверхностных вод Куйбышевского водохранилища существенное влияние оказывает сезон проведения экологического мониторинга. Установлено, что в летний период времени содержание фенола имеет более высокое значение, чем в осенний, зимний и весенний, что коррелируется с концентрацией растворенного в воде кислорода в эти периоды времени. Рассмотрена схема трансформации фенола в водной среде, в результате которой образуются более токсичные вещества: хинон, гидрохинон и хингидрон. Проведен анализ токсичности вод Куйбышевского водохранилища путем биотестирования, в результате которого установлен четвертый класс токсичности.

**В четвертой главе** рассмотрены экспериментальные результаты определения содержания фенола и его позиционных изомеров в водах Куйбышевского водохранилища методом газо-жидкостной хроматографии с использованием новых сорбционных материалов, на которых был обнаружен четно-нечетный эффект, обусловленный структурными особенностями исследуемых сорбентов. Были определены физические и хроматографические свойства модельных растворов фенола и его позиционных изомеров и показано, что их более полное разделение происходит на сорбенте на основе полиоксиэтилен бис арсената. При этом установлена линейная зависимость логарифма относительного удерживаемого объема фенола и его позиционных изомеров от их дипольных моментов и показателей преломления с отклонением от последней в область более низких значений для *орто*-крезола и *орто*-хлорфенола, что соискатель объясняет стерическими препятствиями (*орто*-эффект заместителя).

Разработана технология получения сорбента для газо-жидкостной хроматографии при использовании в системе экологического мониторинга, определена погрешность определения фенолов в водной среде по технологии введено-найдено. На основании разработанной методики проведено определение содержания фенола и его позиционных изомеров в поверхностных водах Куйбышевского водохранилища, с расчетом комплексной оценки загрязнения воды, в результате которой осуществлен перспективный прогноз. Установлено, что на основании проведенных расчетов разработана модель линейной регрессии, которая адекватно описывает существующую тенденцию изменения рассматриваемых показателей. В результате этих расчетов осуществлен прогноз изменения среднегодовых концентраций фенола в водах Куйбышевского водохранилища до 2030 года.

**В заключении** диссертации в обобщенном виде представлены основные результаты настоящего исследования.

#### **Степень обоснованности и достоверности научного положения, выводов и рекомендаций**

Достоверность результатов исследований, проведенных в диссертационной работе и выводы, полученные с применением газо-жидкостной хроматографии, получены на сертифицированном оборудовании. Автореферат кандидатской диссертации и основные публикации соответствуют тексту рукописи диссертационной работы.

Юсупова А.В. в своих научных исследованиях использовала метод газо-жидкостной хроматографии с использованием насадочных хроматографических колонок, заполненных селективными сорбентами, на которых происходит полное разделение позиционных изомеров фенолов, обладающих близкими физико-химическими свойствами, что затрудняет их определение на стандартных сорбентах. Кроме того, в диссертационной работе был исследован большой массив данных, полученных Министерством

экологии Республики Татарстан в рамках системного экологического мониторинга, которые позволили выявить научные закономерности, связанные с содержанием фенолов в водах Куйбышевского водохранилища в различные периоды времени, а также осуществить перспективный прогноз изменения среднегодовых концентраций фенолов до 2030 года.

### **Апробация работы**

Диссертационная работа прошла апробацию и обсуждение на Всероссийских и Международных научно-практических конференциях, она выполнена в логической последовательности, изложена хорошим русским языком, читается с интересом. В выводах диссертации отражены основные научные положения, полученные в ходе выполнения научно-исследовательской работы. Диссертационное исследование имеет законченный характер и достаточно полно представлена в виде статей, опубликованных в научной литературе.

**Диссертация соответствует паспорту научной специальности 2.10.2. – Экологическая безопасность.** Пункты 1–5 научной новизны и пункты 1–5 основных результатов и выводов диссертации соответствует пункту 6 паспорта специальности «Создание и развитие системного мониторинга окружающей среды, в том числе разработка комплекса технических средств, обеспечивающих автоматические, иные методы измерения и учет показателей выбросов или сбросов загрязняющих веществ, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду».

Наряду с перечисленными достоинствами, в диссертационной работе имеются и некоторые недостатки.

### **Замечания**

1. Пункт 4 научной новизны «Проведена комплексная оценка степени загрязненности воды Куйбышевского водохранилища на основе методических подходов к расчету удельного комбинаторного индекса,

установлено превышение норм ПДК для *орто*-, *мета*- и *пара*-хлорфенола» скорее всего можно отнести к практической значимости работы.

2. В литературном обзоре достаточно подробно описана система пробоподготовки фенолов и их производных различными методами, которые имеют свои особенности. Однако непонятно, какой из методов пробоподготовки является наиболее приемлемым в случае извлечения фенолов из водной среды.

3. В выводах по литературному обзору (Глава 1) отсутствует характеристика системы пробоподготовки водных систем в случае анализа фенолов, так как эта стадия является наиболее важной.

4. В литературном обзоре нормы ПДК и характеристики загрязнения веществ приведены в мг/л, а в обсуждениях результатов в мг/дм<sup>3</sup>.

5. На рис.13 приведена схема трансформации фенола в водных средах, в результате которой образуются хинон, гидрохинон и хингидрон. Однако возможно образование и других более токсичных продуктов трансформации фенолов.

6. На рис. 18 - 20 приведены зависимости логарифма абсолютного удельного объема стандартных сорбатов, полученных на сорбентах, приготовленных из 10-алкилфеноксарсинов. Выявлено влияние четных и нечетных заместителей в молекуле 10-алкилфеноксарсинов, однако непонятно отклонение от приведенной зависимости для первых членов гомологического ряда.

7. Непонятно, почему при прогнозировании выбрана линейная, а не полиномиальная модель. У полиномиальной модели такой же высокий коэффициент корреляции, как и у линейной.

Приведенные замечания не снижают общую положительную оценку выполненной диссертационной работы, которая представляет собой законченный научный труд, вносящий определенный вклад в развитие теоретических аспектов экологической безопасности водных экосистем.

## Заключение

Диссертационная работа Юсуповой Александры Витальевны является законченным научным исследованием в области экологической безопасности поверхностных вод, имеет научную новизну и практическую значимость.

Считаю, что диссертационная работа Юсуповой Александры Витальевны «Экологический мониторинг фенола и его позиционных изомеров в поверхностных водах (на примере Куйбышевского водохранилища)» соответствует п. 9-14 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного Постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842 (в редакции от 18.03.2023), а ее автор, Юсупова Александра Витальевна, заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.10.2 – Экологическая безопасность.

Я, Розенталь Олег Моисеевич, даю согласие на включение моих персональных данных в документы, связанные с защитой диссертации Юсуповой Александры Витальевны, и их дальнейшую обработку.

### Официальный оппонент

Доктор технических наук  
(02.00.01. – Неорганическая химия), профессор,  
Главный научный сотрудник  
Института водных проблем РАН



Розенталь Олег Моисеевич

119333, г. Москва, ул. Губкина, д.3, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт водных проблем Российской академии наук, Отдел управления водными ресурсами  
Раб. тел.: +7(499)135-54-56; e-mail: orosental@rambler.ru

