Макаров Кирилл (8 класс)

«Экспресс-определение концентрации анионных поверхностно-активных веществ в водоемах г. Самара»

Работа заняла I место на Открытой окружной научно-практической конференции учащихся «Менделеевские чтения» в секции «Химия и природа» Научный руководитель: аспирант кафедры неорганической химии Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева, преподаватель химии Лицея № 1 «Спутник» Маринчев Сергей Сергеевич

Введение

Анионные ПАВ входят в состав многих продуктов бытовой химии. Из-за широкого использования ПАВ, они легко попадают в водоемы и способны оказывать неблагоприятное воздействие на животных и человека. Широкое применение ПАВ обусловливает повышенное внимание к развитию методов контроля их качества, а также содержания в объектах. В литературе описано множество методов анализа анионных ПАВ в поверхностных и сточных водах. Однако, существующие методы трудоёмки, кроме того, традиционный анализ ПАВ предполагает наличие стационарной лаборатории и специалистов, поэтому теряется возможность экспресс-мониторинга окружающей среды.

Актуальность работы заключается в изучении содержании ПАВ в водоёмах г. Самары с помощью отработанной экспресс-методики.

Объект исследования: ПАВ в водоёмах г. Самары

Предмет исследования: отработка методики и изучение экологического состояния водоемов г. Самары.

Гипотеза: состояние водоёмов в г. Самара неудовлетворительное.

Целью работы является изучение содержания ПАВ в водоёмах г. Самары с помощью экспресс-анализа.

Задачами данной работы являлись:

1. Анализ научной литературы по данной проблеме;
2. Подбор оптимальной концентрации реагентов для экспресс-определения ПАВ, разработка калибровочной эталонной шкалы и измерение концентрации ПАВ в водоёмах Промышленного района г. Самары предложенным методом.

Научная новизна: в данной работе впервые были изучены водоёмы Промышленного района г. Самары на содержание ПАВ с использованием метода экспресс-анализа.

Практическая ценность: данное исследование позволяет оценить степень загрязненности водоемов г. Самары ПАВ. Предложенный экспресс-метод анализа ПАВ можно использовать для мониторинга окружающей среды.

1. Обзор литературы по теме исследования

1.1. Поверхностно-активные вещества

Поверхностно-активные вещества (ПАВ) – это химические соединения, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного натяжения [1]. Именно ПАВ в моющих средствах позволяют удалять грязь с очищаемой поверхности.

Выделяют [1] два основных класса ПАВ, которые различаются характером адсорбции и механизмом стабилизации дисперсных систем. К первому классу соединений относят низкомолекулярные соединения дифильного характера, они имеют гидрофильную группу («голову») и гидрофобный «хвост». Ко второму классу относятся высокомолекулярные соединения, в которых чередуются гидрофильные и гидрофобные группы, равномерно распределенные по всей длине цепи молекулы.

В зависимости от природы полярной группы и ее способности к электролитической диссоциации, ПАВ подразделяют [1] на ионные и неионные. Ионные ПАВ диссоциируют в воде на ионы, при этом, если поверхностной активностью обладают только анионы, ПАВ называются анионными, если катионы – катионными. К анионным ПАВ относятся карбоновые кислоты. Анионные ПАВ используются как смачиватели, компоненты разнообразных моющих средств и пенообразователи. Такие ПАВ мицеллообразующие с наибольшим объемом ассортимента в мире [2].

1.1.1. Области применения ПАВ

Производство ПАВ является быстро развивающейся областью промышленности. Производство ПАВ в мире достигает 10 миллионов тонн в год [2], а ассортимент ПАВ включает в себя более 500 товарных наименований. Способность поверхностно-активных веществ при адсорбции на поверхности раздела фаз радикально изменять ее свойства, используется в различных сферах деятельности: горнодобывающей, перерабатывающей промышленности, текстильной промышленности, строительной индустрии, промышленности лакокрасочных покрытий, пищевой, медицинской промышленности.

1.1.2. Влияние ПАВ на организмы и экосистемы

Поверхностно-активные вещества скапливаются на земле и в водоемах, как правило, в виде промышленных и бытовых отходов. Известно, что некоторые ПАВ токсичны для людей и природы. Длительное воздействие поверхностно-активных веществ может вызывать раздражение и повреждение кожи, поскольку поверхностно-активные вещества разрушают липидную мембрану, которая защищает кожу и другие клетки.

В природных водах ПАВ ухудшают кислородный режим и органолептические свойства воды, а из-за медленных процессов окисления, они могут очень долгое время негативно влиять на экосистему. По некоторым данным [3] уже при повышенных концентрациях ПАВ (5-15 мг/л) у рыб

разрушается слизистый покров, а при еще более высоком содержании ПАВ наблюдается кровотечение жабр. Имеются данные о негативном влиянии таких веществ и на неорганическую среду: эрозии почв, коррозии металлов[4].

1.1.3. Анализ ПАВ

Известно [5] большое число методов определения ПАВ в водоемах. Выделяют весовые, титриметрические, спектральные методы анализа. Они различаются по точности, трудоёмкости и другим характеристикам. Чаще всего для анализа содержания ПАВ используется экстракционно-фотометрический метод. Существующие методы определения ПАВ трудоёмки и требуют больших энергозатрат. Кроме того, традиционный анализ ПАВ предполагает наличие стационарной лаборатории и высококвалифицированных специалистов, поэтому теряется возможность экспресс-мониторинга окружающей среды «на месте».

Таким образом, поверхностно-активные вещества являются одними из самых значимых загрязнителей водных сред и оказывают негативное воздействие на организмы и экосистемы. Тем самым важно осуществлять контроль содержания ПАВ в водных объектах. Классические методы анализа ПАВ являются рутинными, поэтому представляется актуальным осуществлять мониторинг ПАВ в объектах окружающей среды с помощью экспресс-методов.

2. Экспериментальная часть

2.1. Реагенты и оборудование

- Фотоаппарат Canon EOS 77D;
- колбы мерные 2-го класса точности с пришлифованными пробками; вместимостью 50, 100, 1000 см 3 по ГОСТ 1770-74;
- воронки стеклянные диаметром 56, 75 см3 по ГОСТ 25336 – 82;
- пипетки калиброванные с делениями по ГОСТ 20292 – 74 вместимостью 1,2,5,10 см3;
- палочки стеклянные оплавленные;
- стаканы химические 200, 250, 500 и 1000 см3 по ГОСТ 25336 – 82;
- метиленовый синий ЧДА;
- хлороформ ГОСТ 20015-88;
- додецилсульфат натрия ХЧ.

2.2. Методика эксперимента

За основу исследования был взят традиционный метод анализа ПАВ [6] и адаптирован в экспресс-метод. Классический метод основан на взаимодействии анионно-активных веществ с метиленовым синим, с последующим образованием растворимого в хлороформе окрашенного соединения. Интенсивность окрашивания пропорциональна концентрации ПАВ в растворе и оценивается с помощью фотоколориметра.

Химическая посуда была очищена перед исследованиями ацетоном.

Стеклянная посуда не подвергалась воздействию моющих средств на основе ПАВ.

3. Результаты и их обсуждение

3.1. Подбор оптимальной концентрации реагентов для анализа ПАВ и разработка калибровочной эталонной шкалы

Для адаптации классического метода анализа в экспресс-метод, нам нужно было подобрать такие концентрации реагентов, чтобы при анализе воды, исследователь смог визуально оценить цвет раствора и идентифицировать концентрацию ПАВ в воде без использования фотоколориметра. Было обнаружено, что концентрация метиленового синего по ГОСТ не подходит для визуального анализа, поскольку после его выполнения, не представляется возможным визуально отличить цвета, соответствующие разным концентрациям ПАВ в растворе.

Мы подбирали различные концентрации метиленового синего, которые бы позволили в полевых условиях визуально точно определить уровень ПАВ в воде.

Были приготовлены калибровочные растворы додецилсульфата натрия: 0,5 мг/л; 1,0 мг/л; 2,0 мг/л; 3,0 мг/л; 4,0 мг/л; 5 мг/л и водные растворы индикатора метиленового синего разной концентрации (0,0001М – 0,001М). Для подбора оптимальной концентрации индикатора и проведения калибровочного анализа, к 1 мл раствора индикатора добавляли 8 мл калибровочного раствора с заданной концентрацией. Затем добавляли 3 мл хлороформа и полученную смесь образца-красителя и растворителя энергично встряхивали, перед тем как дать ей стабилизироваться и образовать две фазы. Присутствие цветного комплекса краситель-поверхностно-активное вещество оценивали визуально в фазе растворителя (приложение 1) и фотографировали полученные образцы на фотоаппарат Canon. Полученные изображения анализировали в программе Photoshop, строили калибровочные эталонные шкалы для каждой концентрации индикатора и выбирали оптимальный переход цветов для лучшей визуальной оценки. В результате проделанной работы, оптимальным для анализа ПАВ был выбран 0,0008М раствор метиленового синего (приложение 1,2).

3.2. Анализ реальных проб воды на содержание ПАВ

Материалом для исследования послужили образцы проб воды, отобранные в естественных условиях из водоемов Промышленного района г. Самары (приложение 3).

Пробы воды были отобраны в пластиковые емкости объемом 0,5 литров и законсервированы посредством заморозки.

Для проведения анализа использовали предложенную методику. Присутствие цветного комплекса краситель-поверхностно-активное вещество затем оценивали визуально в фазе растворителя (приложение 4). Для оценки концентрации анионного поверхностно-активного вещества в образце

использовали разработанную эталонную шкалу.

Результаты полуколичественного анализа ПАВ в исследуемой воде представлены в таблице 1.

Таблица 1

№ образца воды	Концентрация ПАВ, мг/л
1	0,1
2	0,2
3	0,1
4	0,3
5	0,4
6	0,5

Таким образом, во всех пробах отмечено нормальное значение концентрации ПАВ, не превышающее предельно-допустимую концентрацию ($ПДК_{ПАВ}$=0,5мг/л). Адаптированный под экспресс-анализ метод определения концентрации ПАВ занимает очень мало времени – не более 2 минут на одну пробу. По предложенной схеме можно выполнять анализ быстрее и с меньшими затратами, чем традиционными рутинными методами анализа ПАВ. Анализ является полуколичественным и позволяет проводить экспресс-мониторинг природной воды на содержание поверхностно-активных веществ.

Заключение

1. Проведен анализ научной литературы, который показал, что, применение ПАВ в различных областях деятельности человека обусловливает повышенное внимание к совершенствованию и развитию методов контроля их качества, а также содержания в различных объектах. Традиционный анализ ПАВ предполагает наличие стационарной лаборатории и высококвалифицированных специалистов, поэтому теряется возможность экспресс-мониторинга окружающей среды «на месте».

2. При подборе оптимальной концентрации реагентов для адаптации метода определения концентрации ПАВ под экспресс-анализ была выявлена оптимальная концентрация индикатора, который позволяет наиболее эффективно определять содержание ПАВ в поверхностных водах, а также разработана эталонная шкала. Предложенный метод определения концентрации ПАВ занимает очень мало времени – не более 2 минут на одну пробу. По предложенной схеме можно выполнять анализ быстрее и с меньшими затратами, чем традиционными рутинными методами анализа ПАВ. Был проведен полуколичественный анализ реальных проб воды Промышленного района г. Самары на содержание ПАВ предложенным методом. Во всех пробах отмечено нормальное значение концентрации ПАВ, не превышающее ПДК

Таким образом, гипотеза о том, что состояние водоёмов в г. Самара не удовлетворительное, не подтвердилась.

В перспективе развития данной темы, на базе Самарского национального

исследовательского университета имени академика С.П. Королева, планируется проведение анализа поверхностных вод г. Самары предложенным и традиционным спектрофотометрическим методом для оценки сходимости результатов и апробации работы.

Список литературы

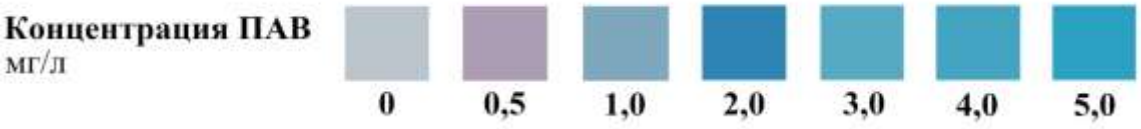
1. Поверхностные явления и поверхностно-активные вещества: справочник / под ред. А.А. Абрамзона и Е.Д. Щукина. – Л.: Химия, 1984. – 392 с.
2. Щукин, Е.Д. Коллоидная химии: учебник для университетов и химико-технолог. вузов / Е.Д. Щукин, А.В. Перцов, Е.А. Амелина. – М.: Высш. шк., 2007. – 444 с.
3. Волкова Г.А., Сторожук Н.Ю. Методы очистки сточных вод, содержащие синтетические поверхностно-активные вещества / Вестник Брестского государственного технического университета. 2012. №2.
4. Субботкин Л.Д., Вербицкая Н.Ю. Национальная академия природоохранного и курортного строительства. Очистка сточных вод от поверхностно-активных веществ методом электрофлотокоагуляции / Строительство и техногенная безопасность. Выпуск 38, 2011 год.
5. Волков В.А., Грибач Е.А., Миташова Н.И., Назарова Е.М., Смирнова В.А., Щукина Е.Л. Экологическая и токсикологическая безопасность сточных вод, содержащих поверхностно-активные вещества// В сб. материалов III Всероссийской конференции с международным участием «Актуальные вопросы химической технологии и защиты окружающей среды», Чебоксары, ЧГУ, 2013. С.161-162
6. ГОСТ 31857-2012. Методы определения содержания поверхностно-активных веществ.

Приложение 1

Калибровочные растворы (0,0008М раствор метиленового синего)

Приложение 2

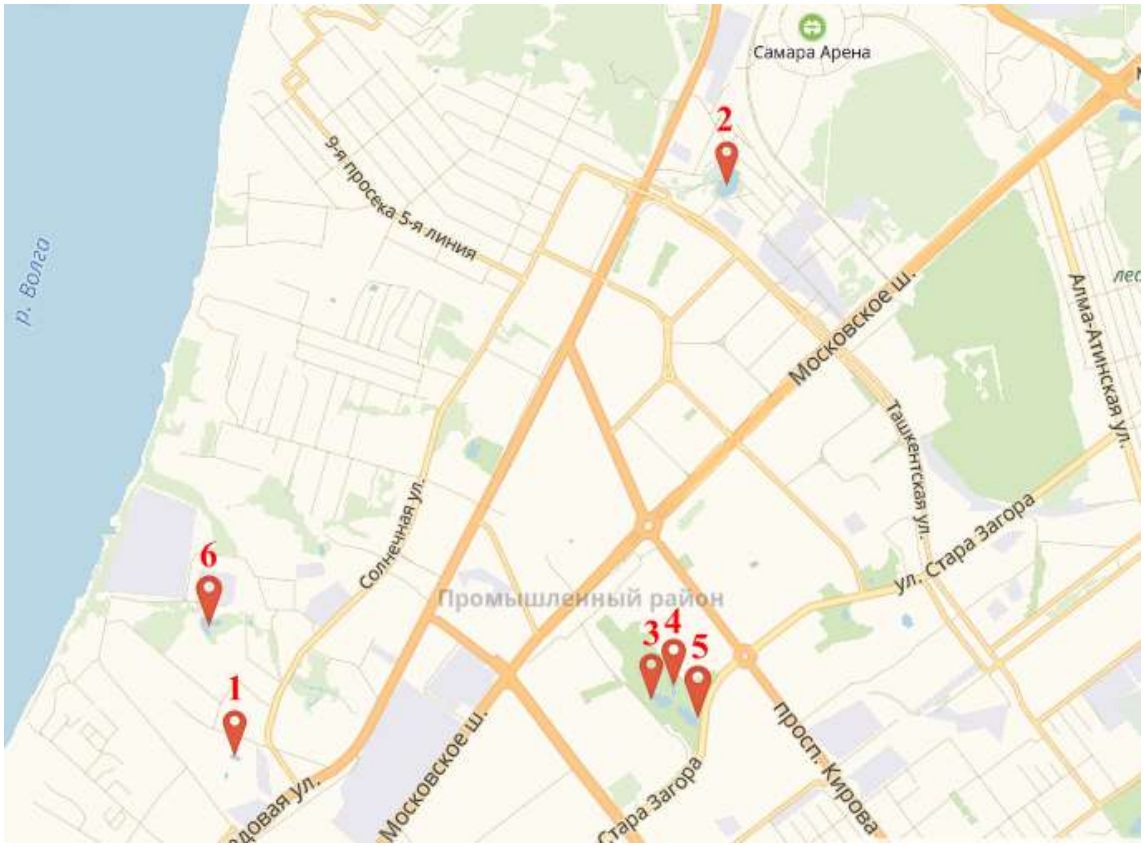
Калибровочная эталонная шкала (0,0008М раствор метиленового синего)



Приложение 3

Карта отбора воды из водоёмов Промышленного района г. Самары

(1 – Спиридоновское озеро, 2 – озеро Шишига, 3 – Воронежское озеро (среднее), 4 – Воронежское озеро (верхнее), 5 – Воронежское озеро (нижнее), 6 – озеро Леснуха)



Приложение 4

Анализ реальных проб воды на содержание ПАВ

(1 – Спиридоновское озеро, 2 – озеро Шишига, 3 – Воронежское озеро (среднее), 4 – Воронежское озеро (верхнее), 5 – Воронежское озеро (нижнее), 6 – озеро Леснуха)