

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования  
«Детский эколого-биологический центр «Росток»  
«Средняя общеобразовательная школа №106»  
г. Воронеж

### **Определение ПВС в водно -иловой смеси**

Выполнила:

Ощенко Анна,

9 «Д» класс

Руководители: Головкина О. А. учитель химии,

Беспалова О. А. педагог доп. образования,

научный консультант: Студеникина Л. Н, к.т.н., доцент

кафедры промышленной экологии ВГУИТ

Воронеж-2025

## Введение

### Актуальность

Актуальность проблемы заключается в том, что ПВС, попадая в природные водоемы, сточные воды и на очистные сооружения, может накапливаться в окружающей среде. Его условная биоразлагаемость означает, что процесс разложения происходит медленно, и при высоких концентрациях он может оказывать негативное воздействие на водные экосистемы. Поэтому качественное и количественное определение ПВС в водных средах становится критически важной задачей для мониторинга состояния окружающей среды, оценки эффективности очистных сооружений и разработки мер по снижению его поступления в водоемы.

#### Объект исследований:

- активный ил, взятый из аэротенков очистных сооружений;
- активный ил с добавлением разных марок ПВС

**Предмет исследования:** качественное и количественное изменение концентрации ПВС в водно – иловой смеси.

#### Методы работы:

-комплект методик по измерению концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны.

-методы определения ГХ показателей активного ила.

-метод микроскопирования при определении видового состава микроорганизмов.

ИК-спектрометрическое определение ПВС в фильтрате водно-иловой смеси

ФЭК-определение ПВС в фильтрате водно-иловой смеси

#### Цель работы

Определение концентрации ПВС в водно – иловой смеси в условиях активного ила.

#### Задачи

1. Изучить литературу по теме исследования.
2. Отобрать пробы активного ила, определить исходные показатели ГХ и ГБ (массовая концентрация, иловый индекс, скорость оседания, прозрачность надильной воды, видовое разнообразие)
3. Провести исследование качественного ИК-спектрометрического анализа водно-иловых смесей, содержащих ПВС различных марок, в динамике экспозиции ПВС в условиях лабораторных аэротенков,
4. Провести исследование количественного ФЭК-анализа водно-иловых смесей, содержащих ПВС различных марок, в динамике экспозиции ПВС в условиях лабораторных аэротенков.

Исследования проводились на лабораторном оборудовании кафедры промышленной экологии ВГУИТ в 2025 году

## Практическая часть

Исследование биоразлагаемости и экотоксичности ПВС в водно – иловой смеси позволит более точно оценить риски и разработать адекватные стратегии управления.

### Исследование №1

#### Определение ГХ и ГБ показателей исходного активного ила

Водно-иловую смесь (ВИС) отбирали в регенерационном колодце вторичного отстойника городских очистных сооружений г. Воронежа в октябре 2025 г., активный ил находится в оптимальном рабочем состоянии. (таблица 1)

### Исследование №2

#### Получение модельных сред в лабораторных аэротенках.

Далее на кафедре промышленной экологии ВГУИТ помещали по 1 литру ВИС в модельные аэротенки, снабженные компрессорами для подачи воздуха, и создавали модельные среды, загрязненные ПВС (рис. 1)

- №1 – контрольный аэротенк (ВИС без ПВС)
- №2 – ВИС + 0,5 г/л ПВС марки 05-88
- №3 – ВИС + 0,5 г/л ПВС марки 17-88
- №4 – ВИС + 0,5 г/л ПВС марки 24-88

Для получения загрязненных ПВС водно-иловых смесей в лабораторном аэротенке смешивали 1 л ВИС и 10 мл 5% р-ра ПВС трех марок, отличающихся молекулярной массой, с одинаковым содержанием ацетатных групп ( 05-88, 17-88, 24-88), получали концентрацию ПВС в ВИС = 0,5 г/л. (рис.1)

#### Исследование №3 Получение фильтратов исследуемой водно-иловой смеси.

Для получения фильтратов небольшой объем смеси ВИС+ПВС (около 10 мл) отфильтровывали с помощью фильтровальной бумаги, получая фильтрат ВИС/ПВС без биомассы. (рис. 3)

### Исследование №4

#### ИК-спектрометрическое определение ПВС в фильтрате водно-иловой смеси

Для анализа отбирали пипеткой примерно по 0,5 мл исследуемых растворов и суспензий (фильтрат ВИС, р-ры ПВС, смесь ВИС и ПВС и проч.), которые наносили на чистое стекло и помещали в сушильный шкаф (60 °С) до полного испарения воды (примерно на 1 час). (рис. 2, 3)

Далее стекла с сухим остатком помещали в ИК-спектрометр Инфалюм и снимали спектры поглощения в диапазоне волнового числа  $0 \div 4000 \text{ см}^{-1}$ . (рис.5) В таблице №2 представлены диаграммы ИК-спектры следующих образцов (номера проб):

- №1 - водно-иловая смесь (с биомассой)
- №2 - водно-иловая смесь (фильтрат)
- №3 - р-р ПВС марки 05-88
- №4 - р-р ПВС марки 17-88
- №5 - р-р ПВС марки 24-88

- №6 - смесь ПВС марки 05-88 и ВИС (фильтрат) в начале экспозиции
- №7 - смесь ПВС марки 17-88 и ВИС (фильтрат) в начале экспозиции
- №8 - смесь ПВС марки 24-88 и ВИС (фильтрат) в начале экспозиции
- №9 - смесь ПВС марки 05-88 и ВИС (фильтрат) через 5 суток экспозиции
- №10 - смесь ПВС марки 17-88 и ВИС (фильтрат) через 5 суток экспозиции
- №11 - смесь ПВС марки 24-88 и ВИС (фильтрат) через 5 суток экспозиции

Как видно из представленных данных, для проб №1 и №2 (водно-иловая смесь с биомассой и водно-иловая смесь без биомассы (фильтрат)) ИК-спектрограммы схожи в областях малых длин волн (очевидно, пики в областях до  $2000\text{ см}^{-1}$  соответствуют наличию большого числа растворенных соединений в составе водно-иловой смеси очистных сооружений), но для спектра фильтрата ВИС в области  $2800\text{-}3800\text{ см}^{-1}$  наблюдается отсутствие пиков, в отличие от спектра ВИС с биомассой (пики в данных областях длин волн обычно говорят о наличии органических углеводородных соединений и гидроксильных групп, которые в данном случае входят в состав биомассы ила).

Также отмечена схожесть спектров проб №3, №4, №5 (чистые ПВС различных марок), которые соответствуют известным данным ИК-спектрометрических исследований ПВС (характерные пики в областях  $2800\text{-}3000$  и  $3000\text{-}3600\text{ см}^{-1}$  говорят о наличии соединений типа С-С, С-Н, -ОН).

В пробах №6-№8 (фильтраты ВИС, загрязненные ПВС, в начале экспозиции) отмечено появление значительного пика в области  $2200\text{-}2400\text{ см}^{-1}$  (по литературным данным может соответствовать наличию азотистых соединений и фосфор-органических соединений, возможно, появившихся в результате взаимодействия ПВС и веществ, входящих в состав ВИС (среди которых особенно много азотистых и фосфорных соединений)), а также присутствие большого количества пиков в малых областях длин волн (соответствует наличию различных соединений в составе ВИС, согласуется с начальными спектрами водно-иловой смеси) и присутствие малых пиков в областях  $2800\text{-}3000$  и  $3000\text{-}3600\text{ см}^{-1}$  (характеризующих наличие ПВС в малых концентрациях).

В спектрах проб №9-№11 (фильтраты ВИС, загрязненные ПВС, через 5 суток экспозиции) наблюдается значительная схожесть со спектрами проб №6-№8, что говорит об отсутствии процессов трансформации химического состава проб за указанный период времени, и подтверждает гипотезу об устойчивости ПВС в условиях неадаптированного биоценоза водно-иловой смеси очистных сооружений.

### **Исследование №5**

#### **ФЭК-определение ПВС в фильтрате водно-иловой смеси**

Метод основан на фотометрировании окрашенных в синий цвет водных растворов комплекса поливинилового спирта с йодом в присутствии борной кислоты. (таблица 3,4; рис. 5-7)

Из таблицы видно, что в начале экспозиции (когда время взаимодействия ПВС с биомассой ила не превышало 1 часа) в фильтратах ВИС было обнаружено 0,37; 0,49 и 0,46 г/л ПВС для марок 05-88, 17-88, 24-88 соответственно (изначально было внесено по 0,5 г/л ПВС в аэротенки).

Снижение концентрации ПВС относительно внесенной изначально в аэротенки объясняется адгезией вещества на стенках аэротенка, биомассе ила и фильтровальной бумаге.

Далее, через 2 суток экспозиции наблюдается некоторое снижение концентрации ПВС в фильтрах, связанное с процессом флокуляции – связывания и удерживания молекул ПВС компонентами активного ила (т.к. известно, что ПВС является неионогенным флокулянтom).

Через 5 суток экспозиции концентрация ПВС в фильтрате ВИС снова повышается, что связано с деградацией активного ила в условиях кислородного и биогенного голодания, и как следствие – разрушении флокуляционного комплекса «ИЛ – ПВС» и высвобождении молекул ПВС обратно в раствор.

Интересно отметить, что в пробе из аэротенка №3 через 5 суток экспозиции наблюдали концентрацию ПВС, превышающую изначально внесенное количество вещества (0,52 г/л, хотя вносили не более 0,50 г/л), это может быть связано с мешающим влиянием полисахаридных молекул, входящих в состав внеклеточного матрикса активного ила и при его деградации переходящих в раствор (данное явление требует дальнейшего изучения).

### **Выводы**

1) Активный ил, взятый из отстойников очистных сооружений находится в активном рабочем состоянии по ГХ и ГБ исследованиям.

2) Выявлена возможность качественного ИК-спектрометрического анализа водно-иловых смесей, содержащих ПВС различных марок, в динамике экспозиции ПВС в условиях лабораторных аэротенков,

3) Установлена возможность количественного ФЭК-анализа анализа водно-иловых смесей, содержащих ПВС различных марок, в динамике экспозиции ПВС в условиях лабораторных аэротенков.

4) Снижение концентрации ПВС относительно внесенной изначально в аэротенки объясняется адгезией вещества на стенках аэротенка, биомассе ила и фильтровальной бумаге.

## Список литературы

1. Gao, Y., Li, Y., & Wang, Y. (2018). Spectrophotometric determination of polyvinyl alcohol in wastewater using iodine. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 53(10), 969-975.
2. Li, J., Zhang, Y., & Wang, X. (2019). Determination of polyvinyl alcohol in environmental water samples by high-performance liquid chromatography. *Analytical Methods*, 11(25), 3250-3256.
3. Kamide, K., & Terada, K. (1989). Characterization of polyvinyl alcohol by gel permeation chromatography. *Polymer Journal*, 21(11), 937-945.
4. Wang, L., Li, Y., & Zhang, H. (2020). A review on analytical methods for polyvinyl alcohol in environmental samples. *Environmental Pollution*, 265, 115123.
5. ПНД Ф 14.1:2:4.254-2009 Количественный химический анализ вод.
6. Порфирьева А.В., Г.К. Зиятдинова, Э.П. Медянцева и др. *Гидрохимический анализ: учеб.пособие* / – Казань: Изд-во Казань.унта, 2018. – 88 с.
7. Студеникина Л.Н. Шелкунова М.В. и др., *Тенденции развития отрасли искусственной биологической очистки сточных вод*, 2018г.

## Приложение

Таблица №1 Показатели активного ила.

Показатель	Величина
Иловый индекс	96,8 мг/л
Массовая концентрация	2,5 г/л
Скорость оседания	0,47 см <sup>3</sup> /мин
Надильная вода	прозрачная
Хлопок	компактный, гранулообразный
Микробная слизь	плотная
Видовое разнообразие	коловратки, амёбы, круглые черви, инфузории, филозеи, водоросли

- водно-иловая смесь с очистных сооружений г. Воронеж



Рис. 1 Лабораторная установка для экспозиции ПВХ в водно-иловой смеси (модельные аэротенки)



Рис.2 Фильтрация водно-иловой смеси для отделения биомассы от фильтрата с растворенными веществами

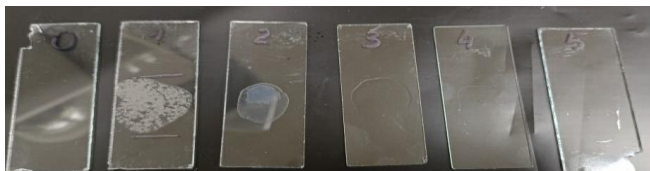




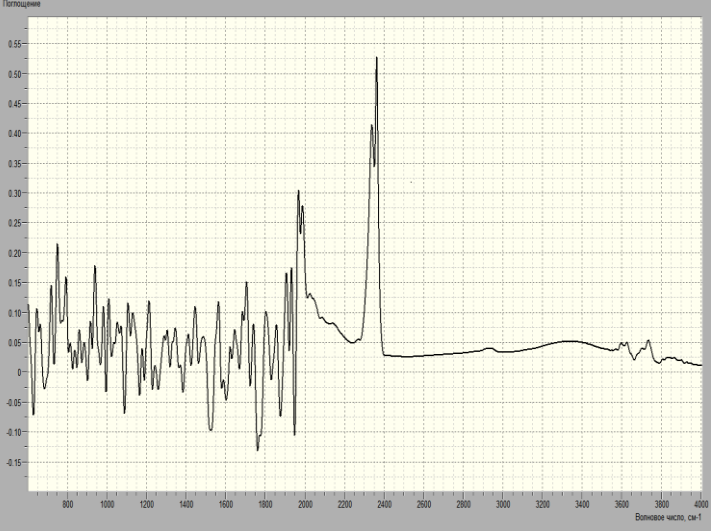
Рис.3 Анализируемые пробы №1-5



Рис. 4 Анализируемые пробы №6-11

Таблица №2 Диаграммы ИК-спектров.

Номер	Проба	ИК-спектр
1	Водно-иловая смесь (с биомассой)	
2	Водно-иловая смесь (фильтрат)	
3	ПВС 05-88	
4	ПВС 17-88	

5	ПВС 24-88	 <p>A spectral plot showing absorption (Absorbance) on the y-axis (ranging from -1.5 to 3.0) versus Wavenumber (cm⁻¹) on the x-axis (ranging from 800 to 3600). The plot shows a noisy baseline with two prominent absorption peaks at approximately 2900 and 3000 cm⁻¹.</p>
6	ПВС 05-88 + ВИС (фильтрат) в начале экспозиции	 <p>A spectral plot showing absorption (Absorbance) on the y-axis (ranging from -0.20 to 0.60) versus Wavenumber (cm⁻¹) on the x-axis (ranging from 800 to 4000). The plot shows a complex absorption pattern with multiple peaks, the most prominent being at approximately 2400 cm⁻¹.</p>
7	ПВС 17-88 + ВИС (фильтрат) в начале экспозиции	 <p>A spectral plot showing absorption (Absorbance) on the y-axis (ranging from -0.15 to 0.55) versus Wavenumber (cm⁻¹) on the x-axis (ranging from 800 to 4000). The plot shows a complex absorption pattern with multiple peaks, the most prominent being at approximately 2400 cm⁻¹.</p>

8	ПВС 24-88 + ВИС (фильтрат) В начале экспозиции	
9	ПВС 05-88 + ВИС (фильтрат) через 5 суток экспозиции	
10	ПВС 17-88 + ВИС (фильтрат) через 5 суток экспозиции	

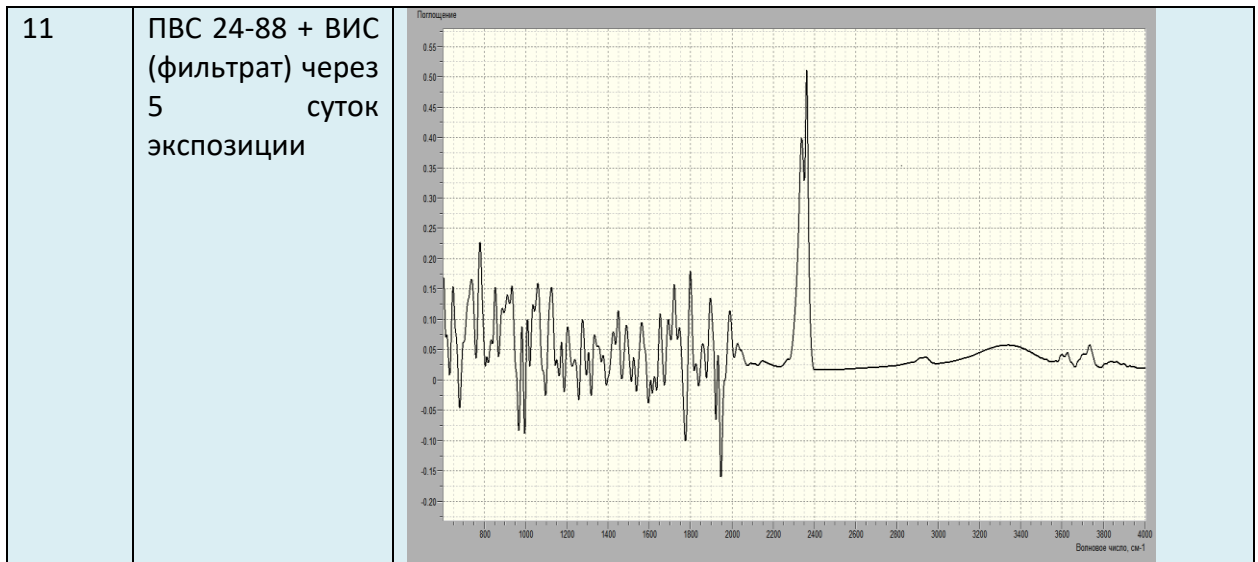
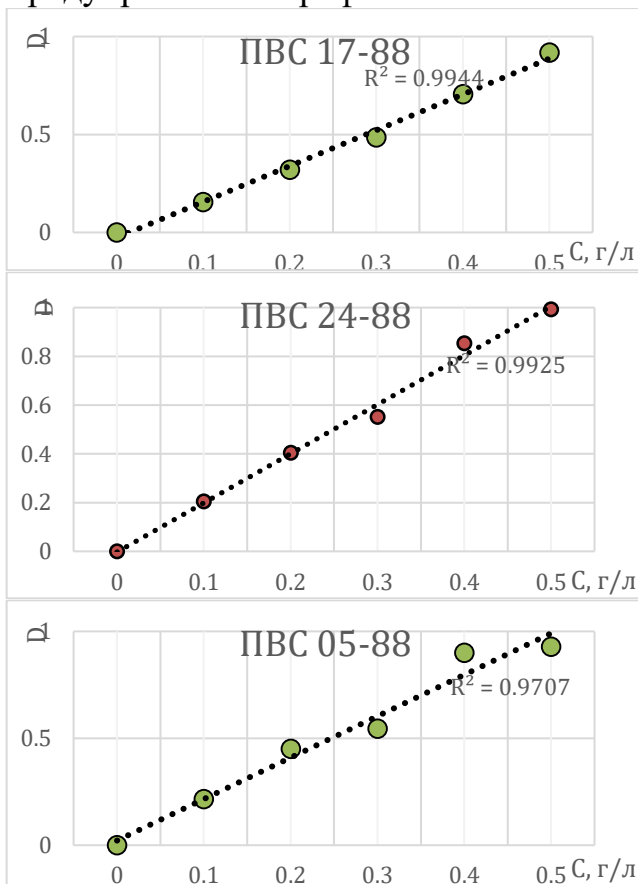


Рис.5 Серия градуировочных растворов №2  
 Градуировочные графики 1-3





а



б

Рис.6 Пенообразование в ВИС, загрязненной ПВС, при взбалтывании  
(а – ВИС в состоянии покоя, б – ВИС после взбалтывания)



а



б

Рис.7 Процесс количественного ФЭК-определения ПВС в ВИС  
(а – фильтраты аэротенков до внесения йода,  
б – фильтраты аэротенков №1-4 после добавления йода)

Таблица. 3 Оптическая плотность фильтратов после пробоподготовки

Точка отбора пробы	Номер аэротенка			
	1	2	3	4
В начале экспозиции	0,05	0,73	0,90	0,93
Через 2 суток экспозиции	0,05	0,56	0,75	0,78
Через 5 суток экспозиции	0,07	0,85	0,93	0,91

Таблица.4 Концентрация ПВС в фильтрате аэротенка, г/л, найденная по градуировочному графику

Точка отбора пробы	Номер аэротенка			
	1	2	3	4
В начале экспозиции	0	0,37	0,49	0,46
Через 2 суток экспозиции	0	0,27	0,42	0,38
Через 5 суток экспозиции	0	0,44	0,52	0,45