



# **Основные физико-химические процессы очистки воды.**

**Опыт исследования коагулянтов и флокулянтов.  
Применение новых химических реагентов.**

# Физико-химическая характеристика различных групп примесей воды по фазово-дисперсному состоянию





# Виды неорганических коагулянтов

Общий вид формулы неорганических коагулянтов

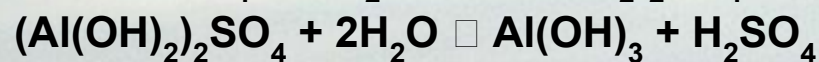


Me	K	Коэффициенты	Химическая формула	Наименование
Fe	-	a=0, c=0, d=0	$FeCl_3 \cdot 6H_2O$	железо (III) хлорид, хлорное железо
Fe	-	a=0, b=0, d=0	$Fe_2(SO_4)_3 \cdot 9H_2O$	железо (III) сернокислое, железа (III) сульфат
Fe	-	a=0, d=0	$Fe(SO_4)Cl$	железа (III) хлор-сульфат, хлорированный железный купорос
Fe	-	b=0, d=0	$[Fe(OH)_a(SO_4)_c]_n$	оксисульфат железа (III), полиоксисульфат железа
Fe	-	c=0, d=0	$[Fe(OH)_aCl_b]_n$	оксихлорид железа (III), полиоксихлорид железа
Fe	-	a=0, b=0, d=0	$Fe(SO_4) \cdot 7H_2O$	железо (II) сернокислое, железный купорос
Al	-	a=0, b=0, d=0	$Al_2(SO_4)_3 \cdot nH_2O$	алюминия сульфат, сернокислый алюминий
Al	-	a=0, c=0, d=0	$AlCl_3 \cdot 6H_2O$	алюминия хлорид, хлористый алюминий
Al	-	a=0, b=0, c=0	$Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$	алюминия нитрат, азотнокислый алюминий
Al	-		$[Al_2(OH)_aCl_b(SO_4)_c(NO_3)_d]_n$	оксихлорсульфатонитрат алюминия, полиоксихлорсульфатонитрат алюминия
Al	-	c=0, d=0	$[Al_2(OH)_aCl_b]_n$	оксихлорид алюминия, полиоксихлорид алюминия
Al	-	b=0, d=0	$[Al_2(OH)_a(SO_4)_c]_n$	оксисульфат алюминия, полиоксисульфат алюминия
Al	-	d=0	$[Al_2(OH)_aCl_b(SO_4)_c]_n$	оксихлорсульфат алюминия, полиоксихлорсульфат алюминия
Al	-	b=0	$[Al_2(OH)_a(SO_4)_c(NO_3)_d]_n$	оксисульфатонитрат алюминия, полиоксисульфатонитрат алюминия
Al	K	a=0, b=0, d=0	$KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	алюмокалиевые квасцы
Al	-	a=0, b=0, d=0	$NH_4KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	алюмоаммониевые квасцы
Al	-	a=0, b=0, d=0	$NaAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$	алюмонатриевые квасцы
Al	-	b=0, c=0, d=0	$NaAl(OH)_4$	алюминат натрия

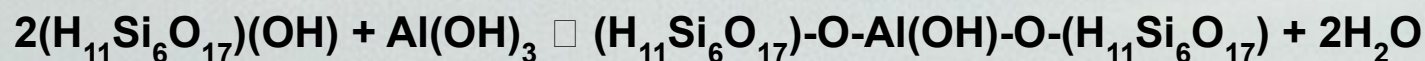


# Коагуляция с использованием сульфата алюминия

## Гидролиз сульфата алюминия



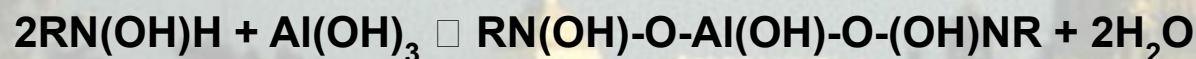
Механизм удаления взвешенных веществ силикатной природы при коагуляции сульфатом алюминия



Механизм удаления гуминовых веществ (цветности) при коагуляции сульфатом алюминия



Механизм взаимодействия катионного флокулянта с продуктами гидролиза сульфата алюминия

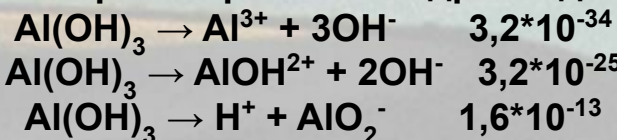


**Свойства соединений алюминия:**

**Растворимость сульфата алюминия (г  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$  на 100 г воды):**

Температура, °C	0	10	20	40	50	60
	31,2	33,5	36,4	40,4	45,7	57,2

**Произведения растворимости гидроксида алюминия:**





# Молекулярное строение гуминовых веществ

Блок-схема гуминовой кислоты по Мистерски и Логинову

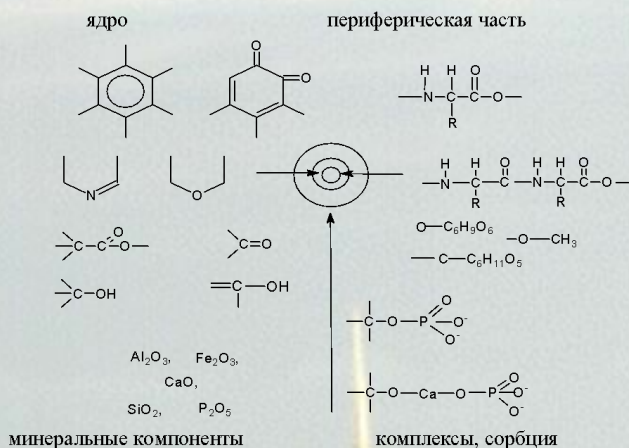
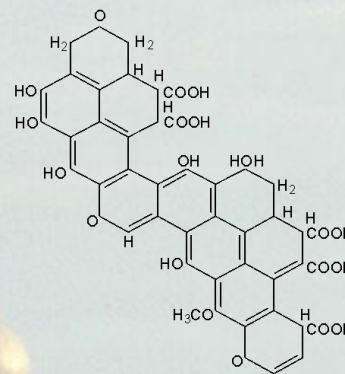
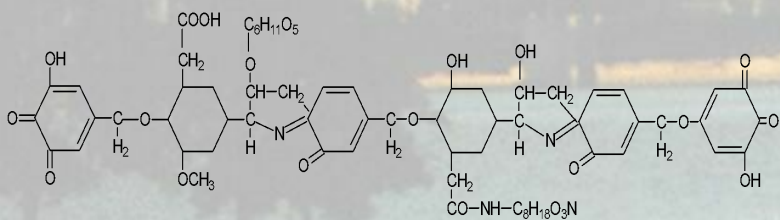


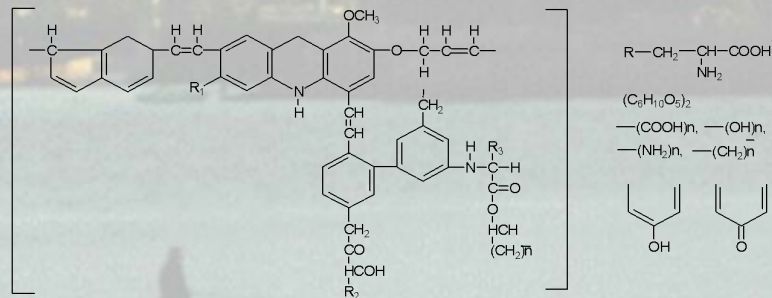
Схема строения гуминовых кислот по Фуксу



Формула гуминовой кислоты по С. С. Драгунову



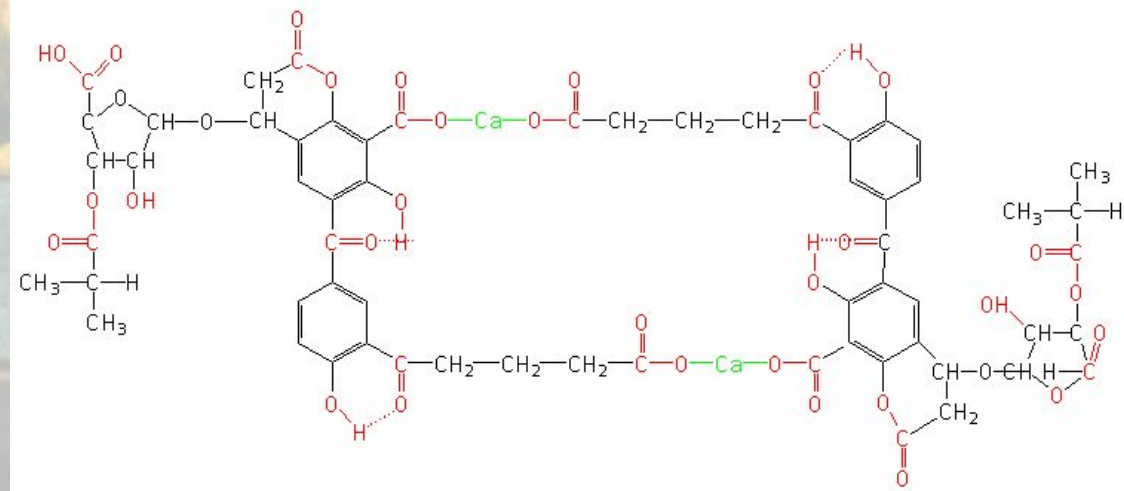
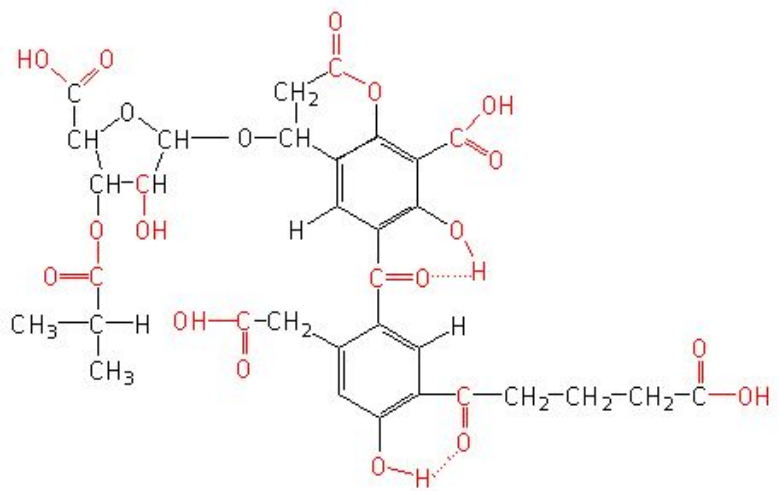
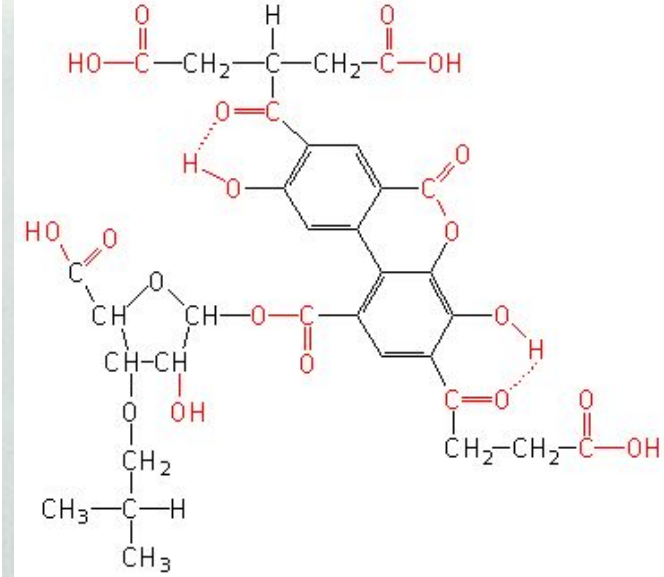
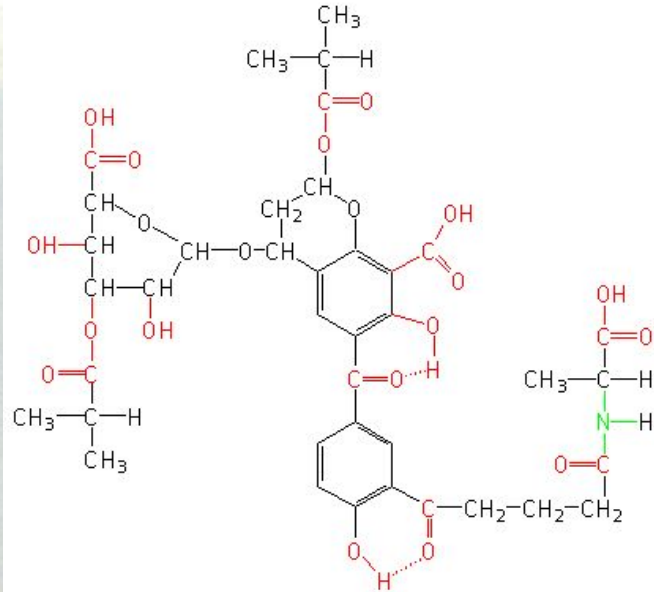
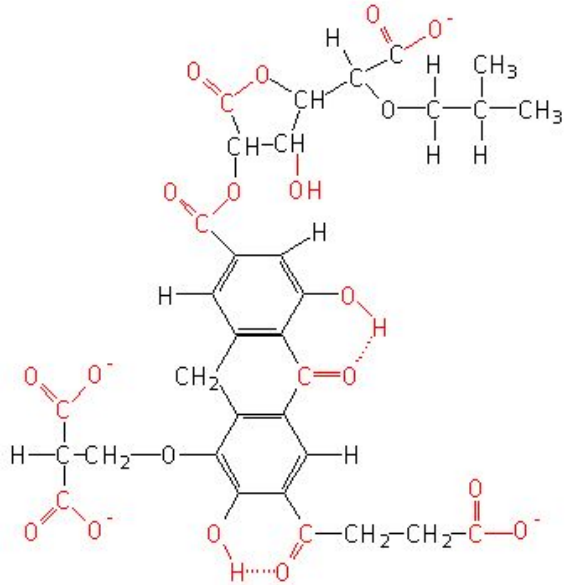
Формула структурной ячейки гуминовой кислоты по Д. С. Орлову



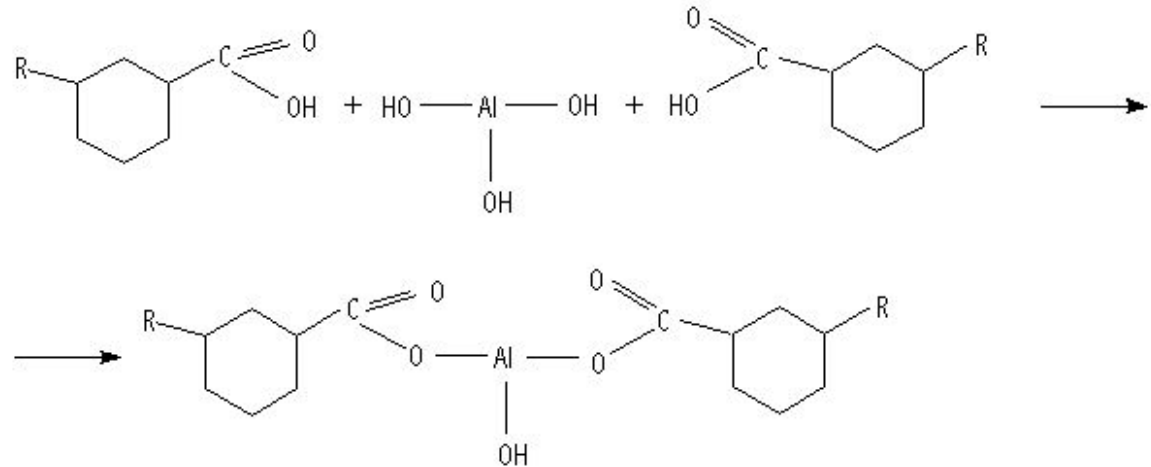
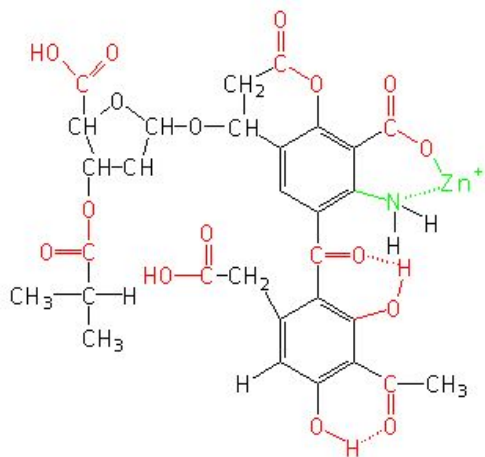
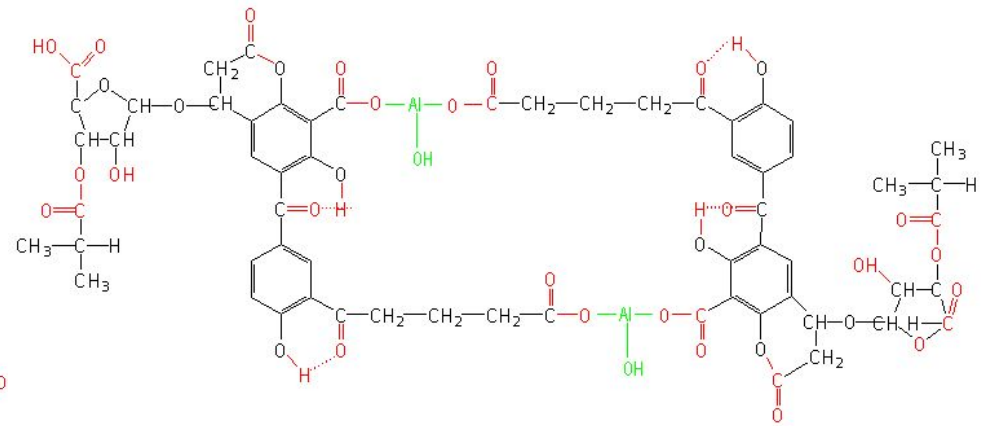
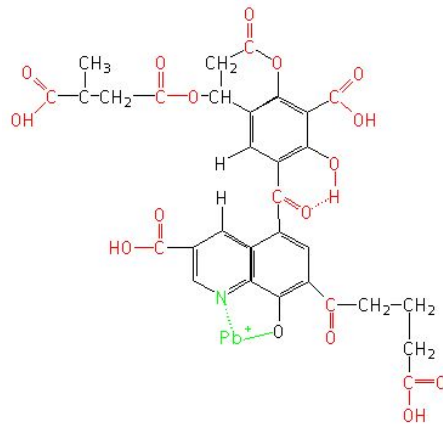
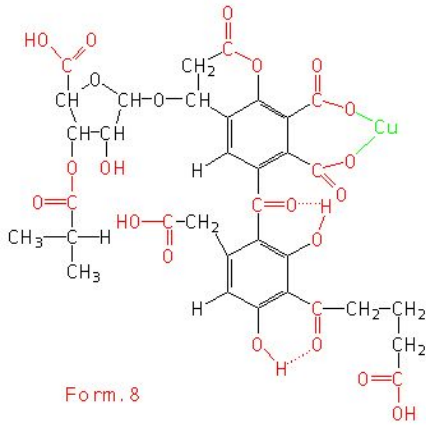


# Структурные формулы гуминовых веществ (по данным из

Structural components and proposed structural models of fulvic acid from the Suwannee River / J.A. Leenheer, D.M. McKnight, E.M. Thurman, P. McCarthy // Humic Substances in the Suwannee River, Georgia: Interactions, Properties, and Proposed Structures – Washington, 1995. – P. 195-211)

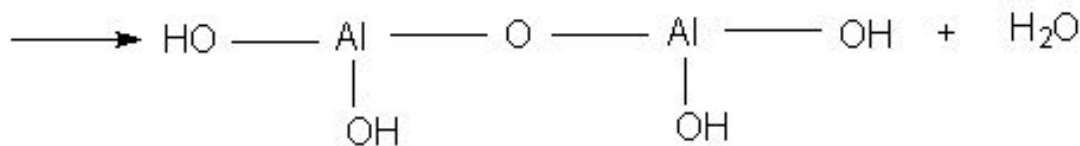
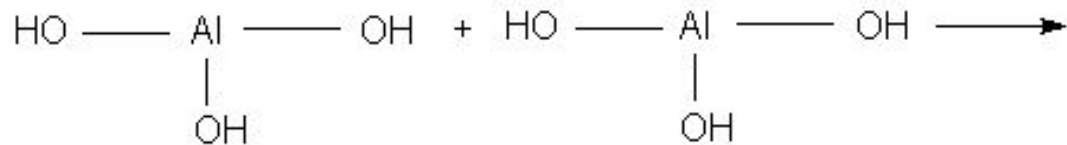
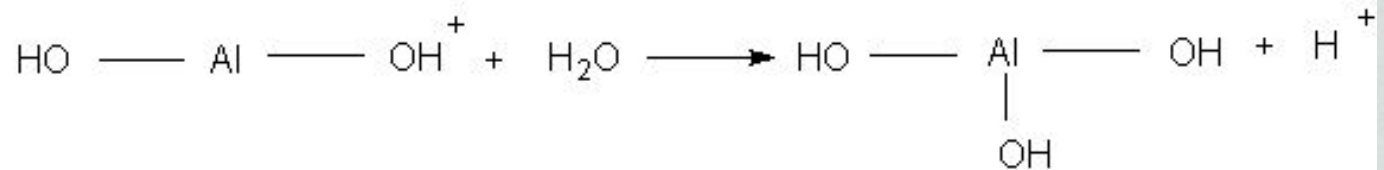
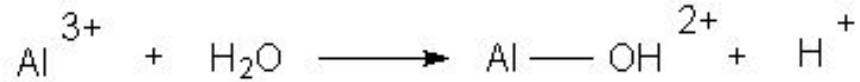


# Структурные формулы гуминовых веществ



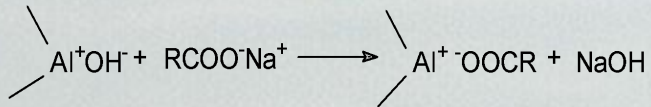


## Процесс полимеризации при гидролизе сульфата алюминия

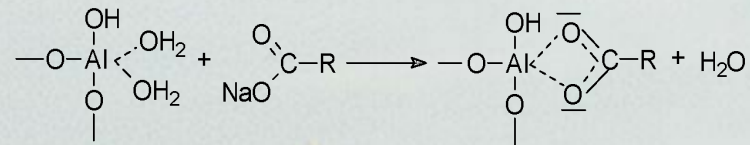


# Механизмы взаимодействия гуминовых веществ с коагулянтами

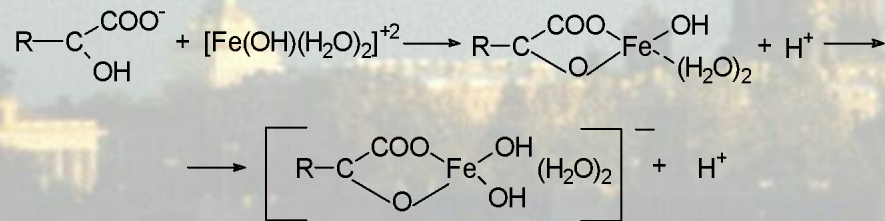
механизм анионного обмена:



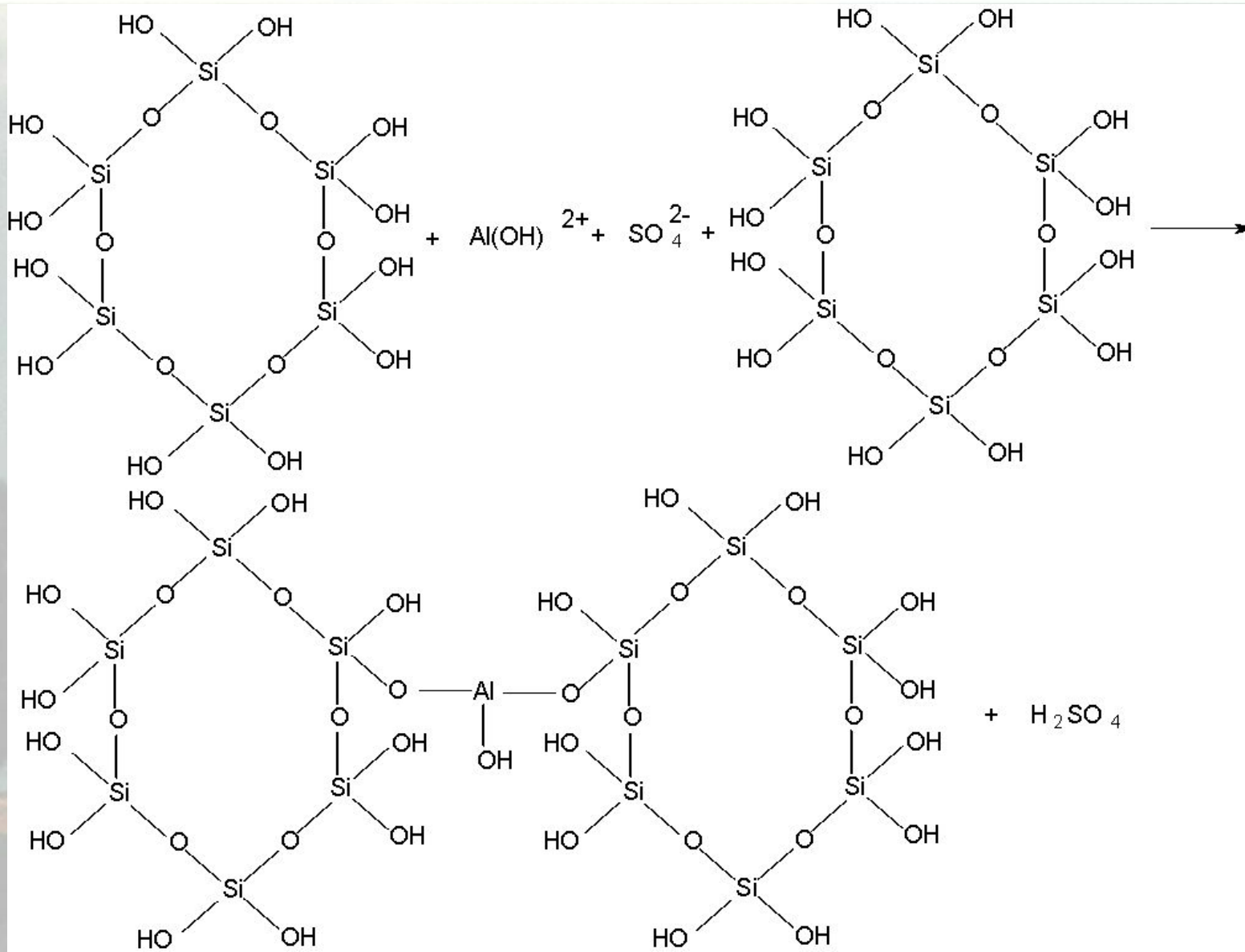
взаимодействие ФК с координационно ненасыщенными ионами с помощью одной карбоксильной группы:



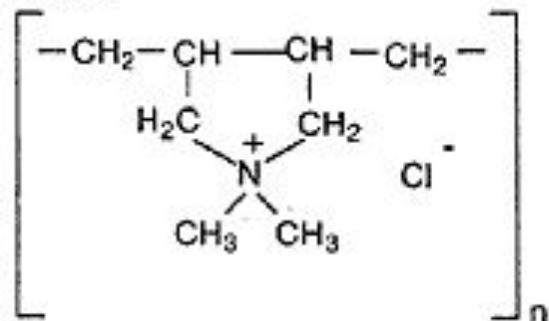
Взаимодействие гидросокомплексов алюминия и железа с гуматом натрия по механизму лигандного обмена:



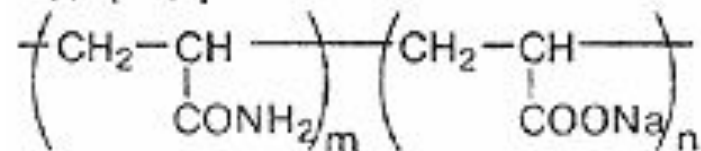
# Взаимодействие сульфата алюминия с кремниевой кислотой



ВПК-402, ВПК-402а, полидиметилдиаллиламмоний хлорид



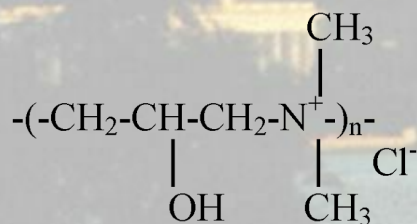
Полиакриламид частично гидролизованый АК-618, сополимер акрилата натрия и акриламида модифицированный



циклогексан — 0.05%,  
вода — 10%

Тип флокулянта: полиДАДМАХ

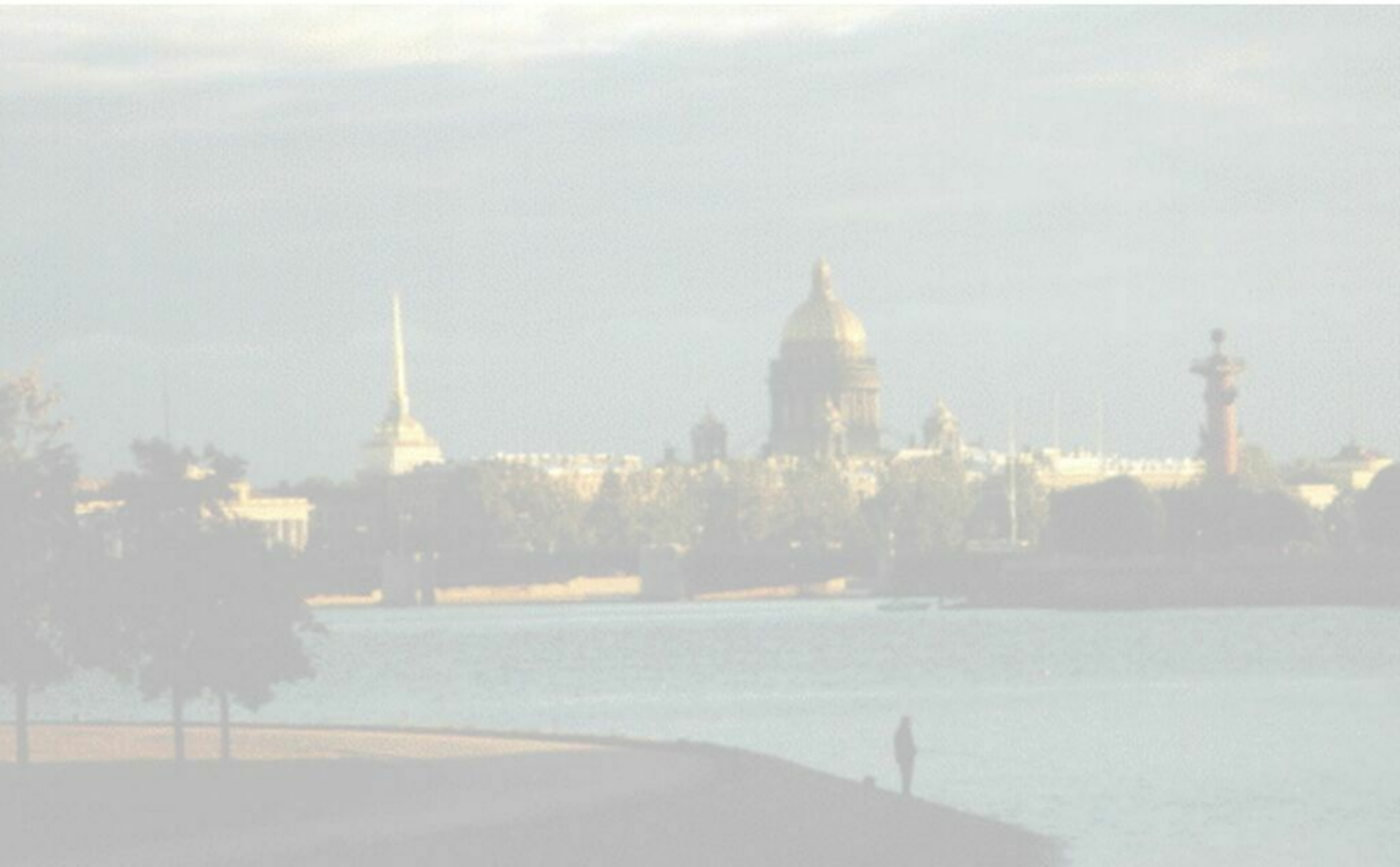
Тип катионного флокулянта: полиакриламид



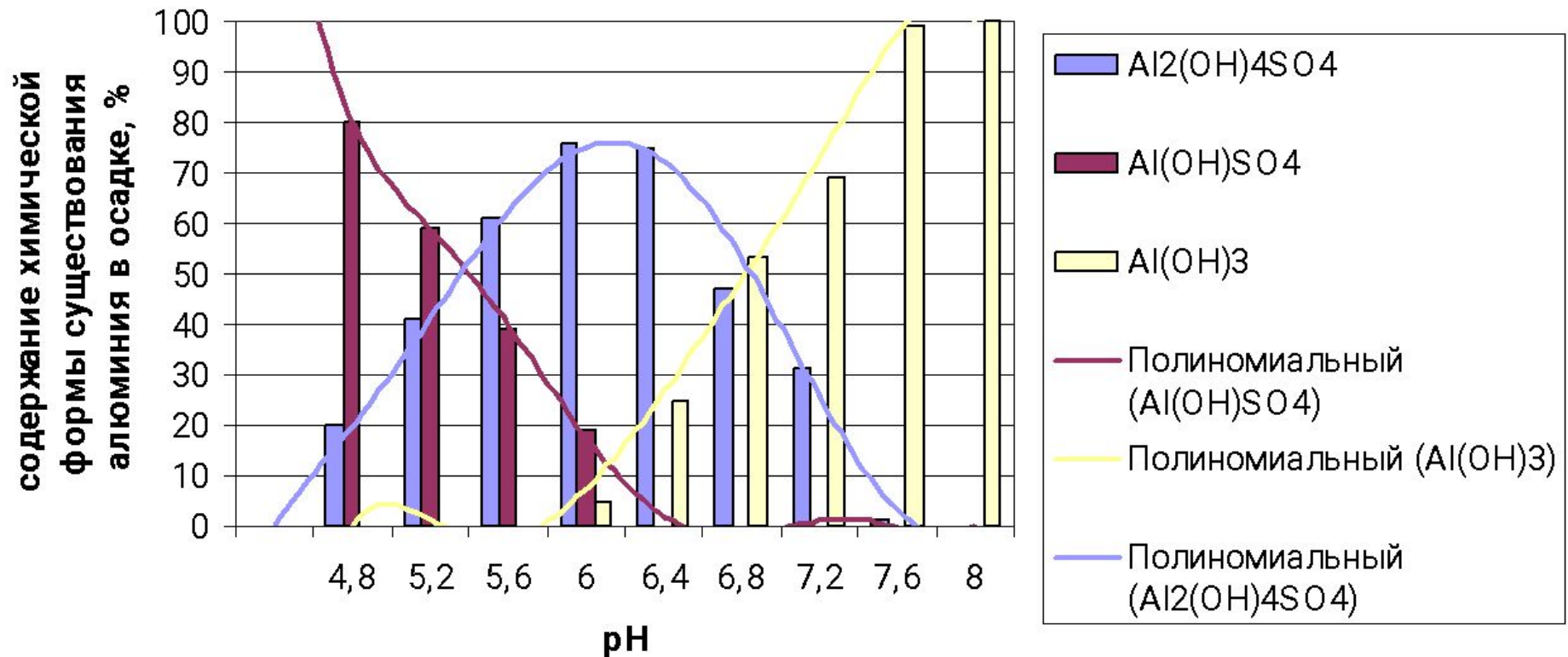
Тип флокулянта: полиамин



# Типы органических флокулянтов

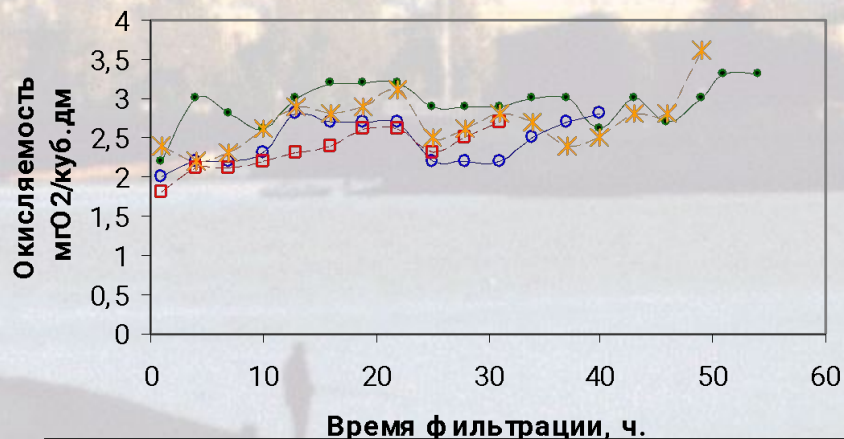
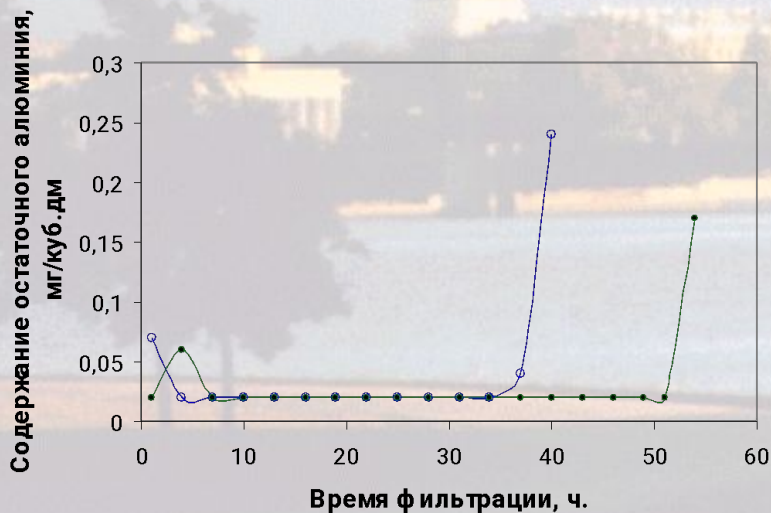
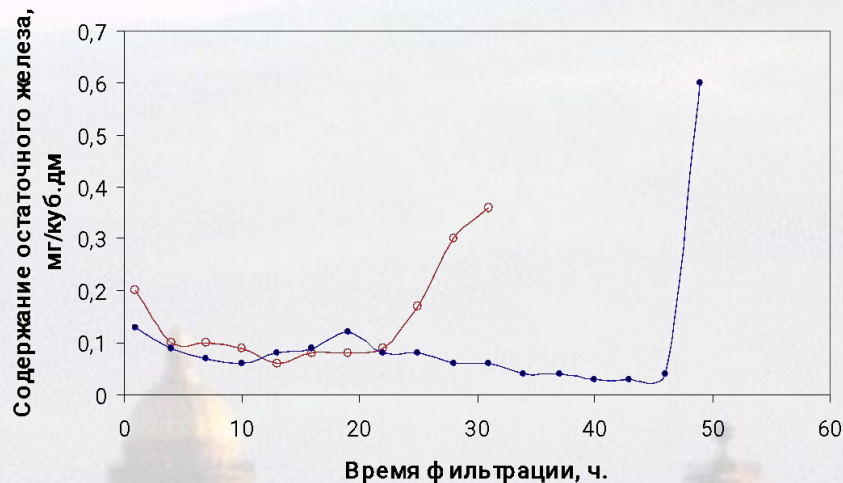
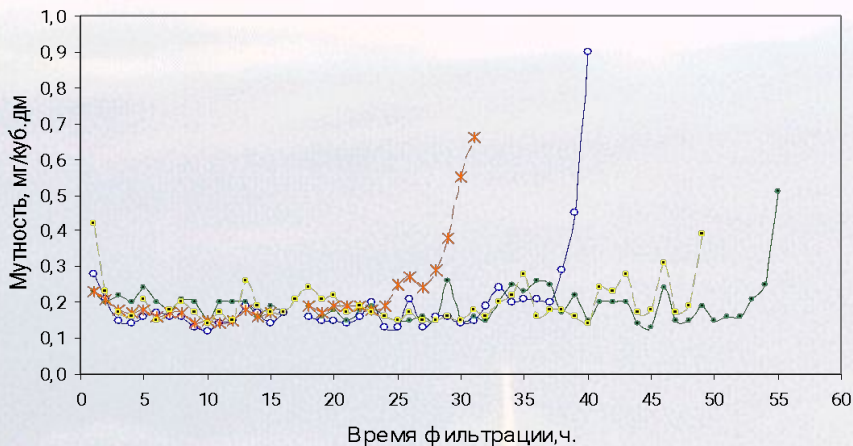


## Содержание различных форм существования алюминия в продуктах гидролиза в зависимости от pH равновесного раствора



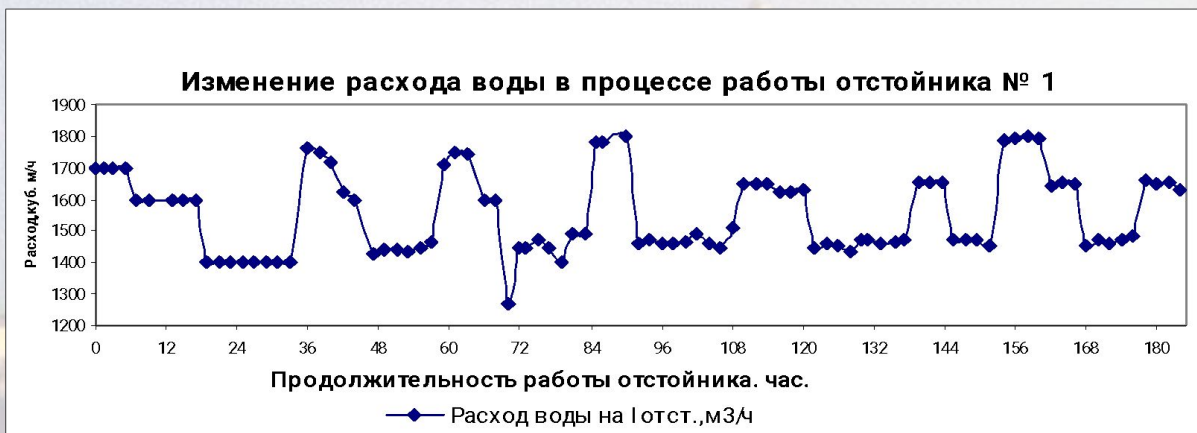


# Сравнение показателей качества очистки воды в течение фильтроциклов при пилотных испытаниях с использованием сульфата алюминия и железного коагулянта производства фирмы Кемира без флокулянта и в сочетании с флокулянтом LT-31





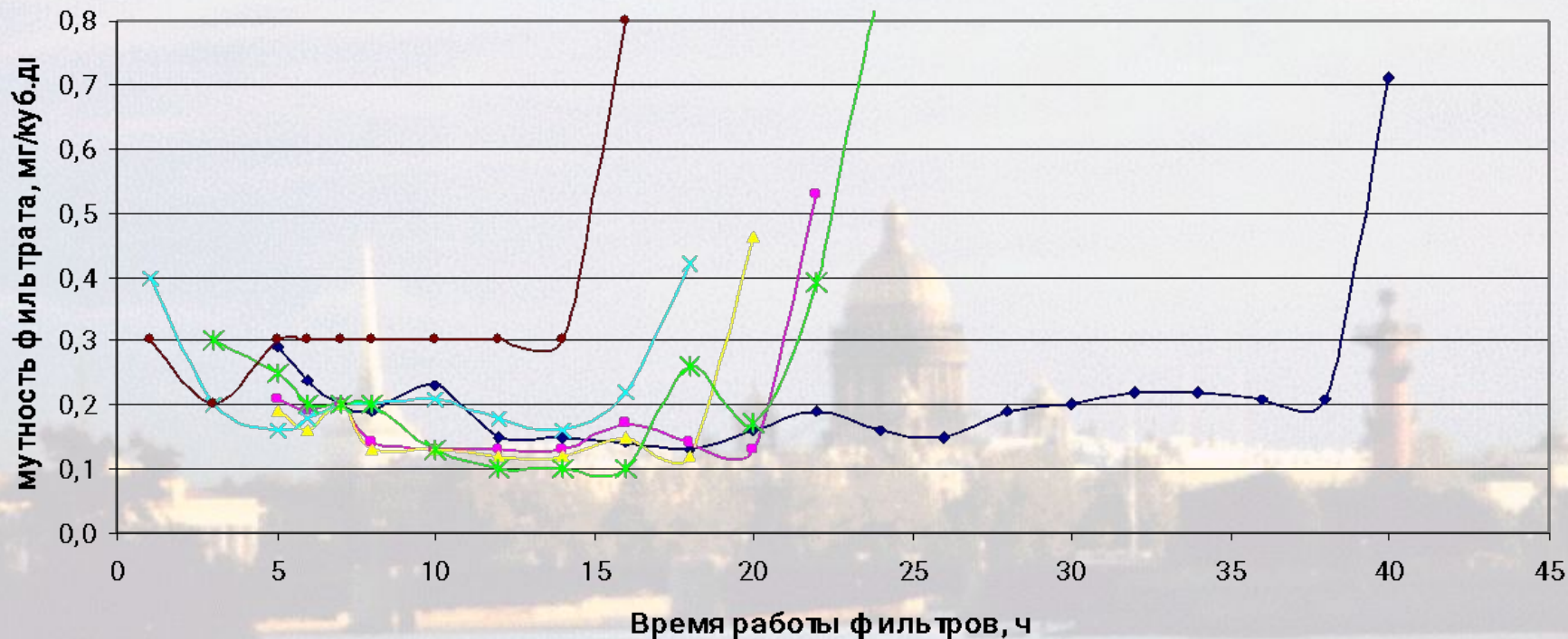
# Сравнение показателей качества очистки воды в течении фильтроциклов при пилотных испытаниях с использованием сульфата алюминия и железного коагулянта производства фирмы Кемира без флокулянта и в сочетании с флокулянтом LT-31







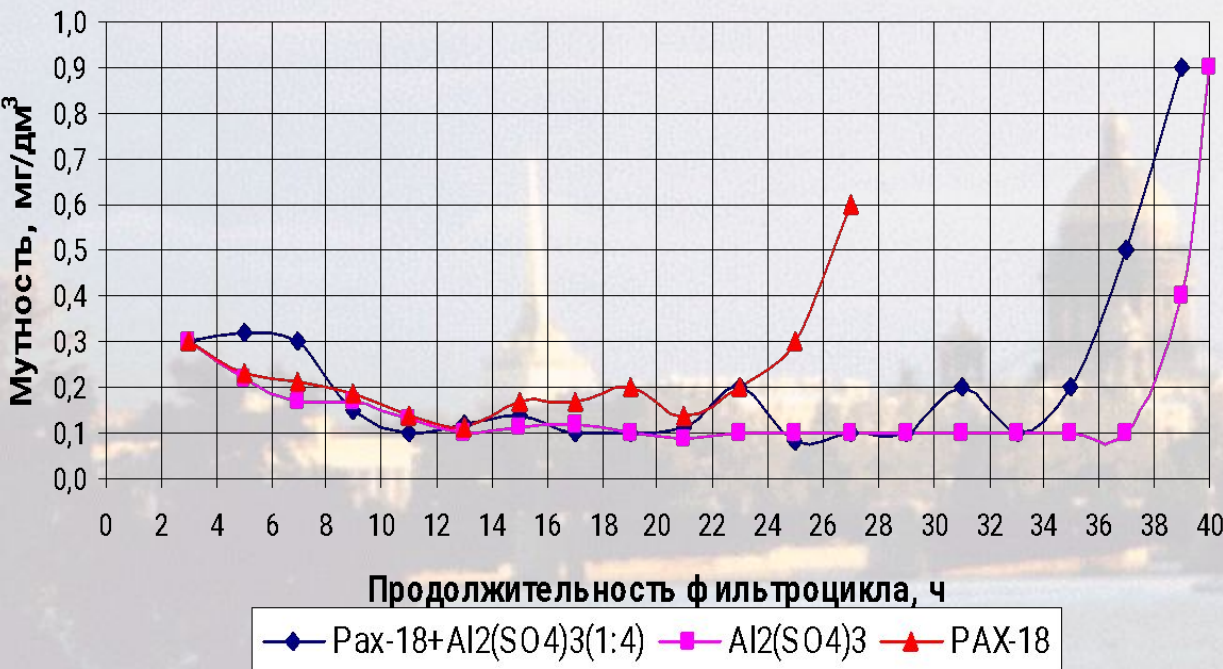
# Сравнение показателей качества очистки воды в течении фильтроциклов при пилотных испытаниях с использованием сульфата алюминия и железного коагулянта производства фирмы Кемира без флокулянта и в сочетании с флокулянтом LT-31



- Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>; 6 мг/куб. дм
- pix112:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 70%:30%; 8,7 мг/куб. дм
- pix112N3:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 70%:30%; 9,2 мг/куб. дм
- pix112:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 70%:30%; 8,5 мг/куб. дм
- pix112:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 50%:50%; 7,5 мг/куб. дм
- Ferix3:Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 70%:30%; 8,5 мг/куб. дм



**Сравнение показателей качества очистки воды и продолжительности фильтроциклов на пилотных испытаниях полиалюминийхлоридов, а также смеси полиалюминийхлорида с сульфатом алюминия.  
Полиалюминийхлорид PAX-18 производства фирмы Кемира**



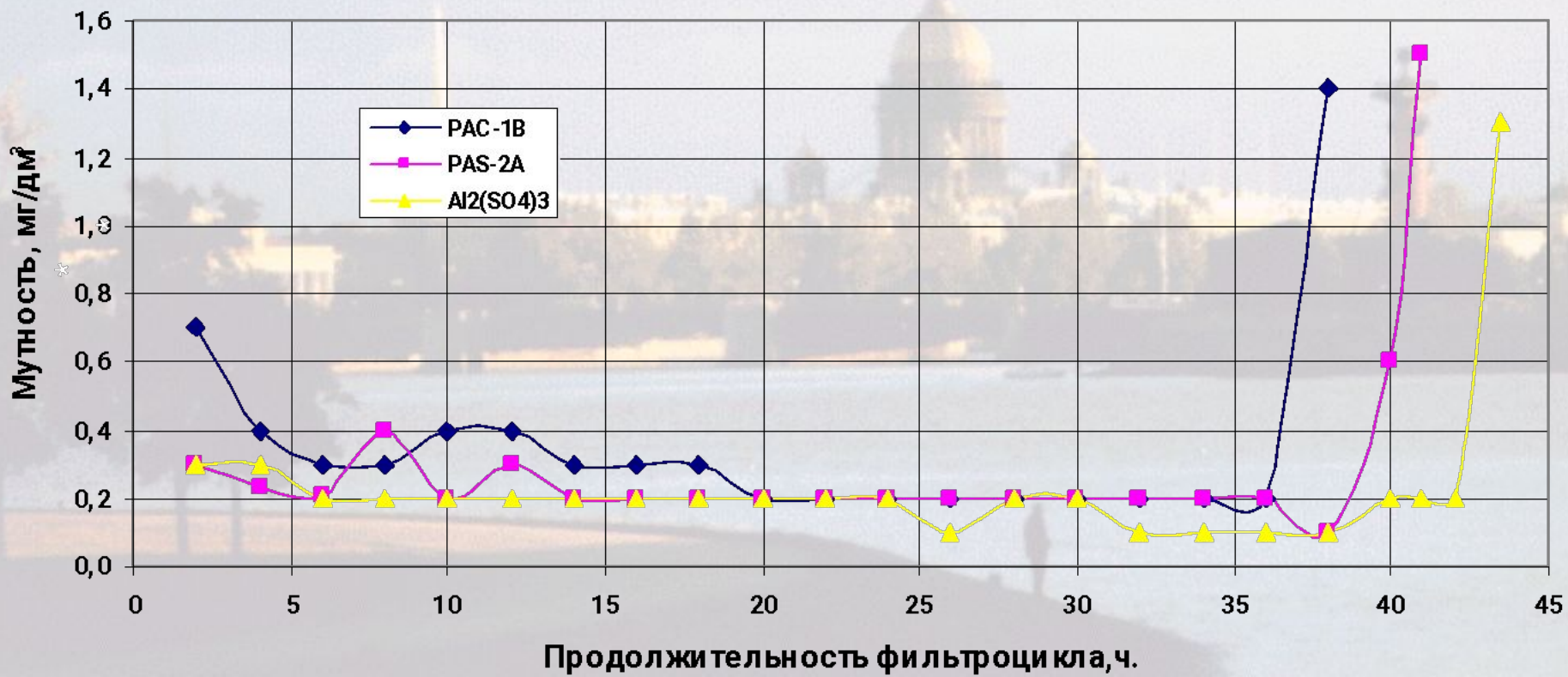
Качество фильтрата, средние значения	Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>	Pax-18	PAX-18+ Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>
Цветность, град	6	9	6
pH	6,58	6,96	6,70
Щелочность, ммоль/дм <sup>3</sup>	0,31	0,45	0,36
Окисляемость, мг O <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	2,4	3,2	2,4
Остаточный алюминий, мг/дм <sup>3</sup>	<0,04	0,07	<0,04



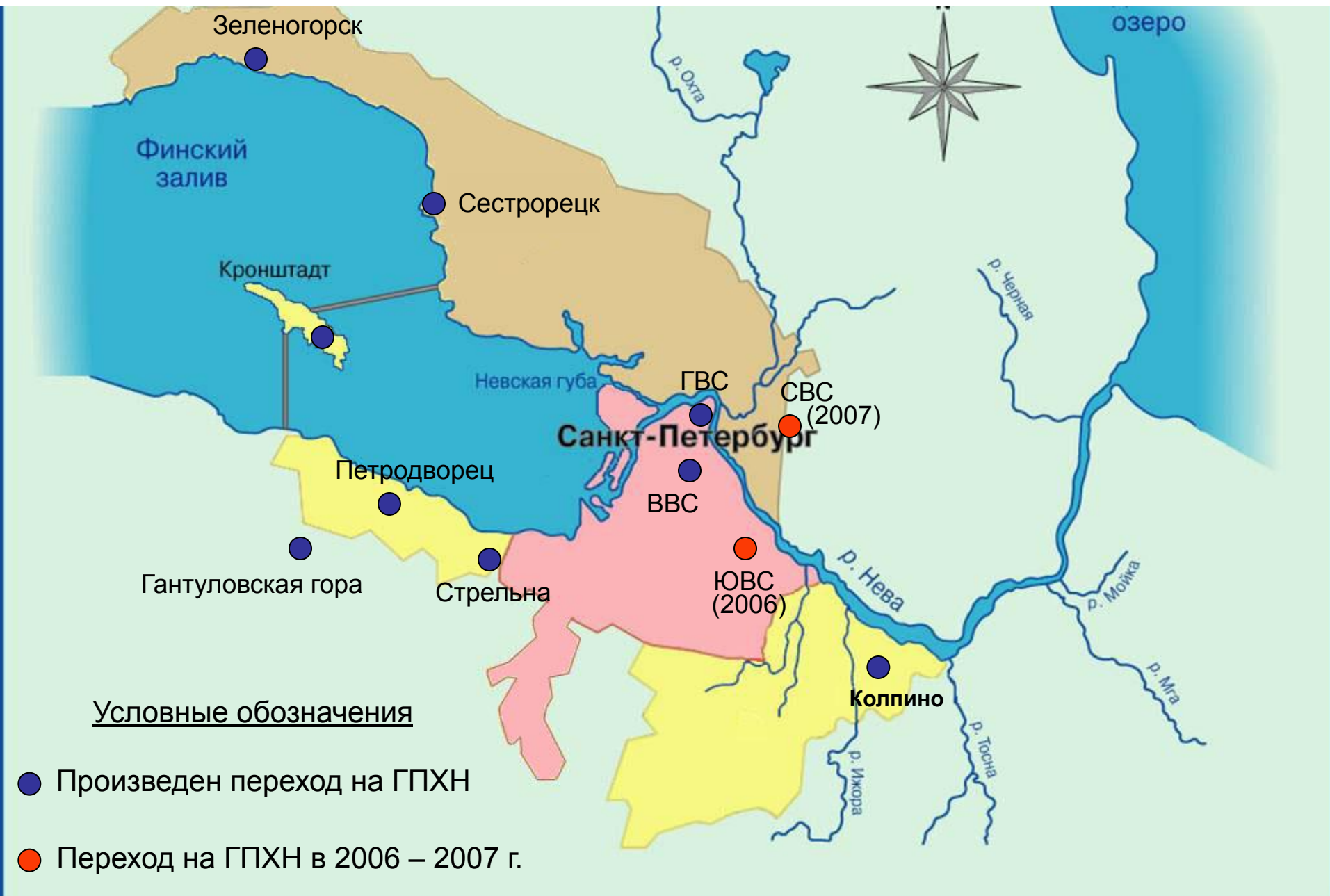
# Изменение мутности фильтрата при проведении пилотных испытаний полиалюминийхлоридов, а также смеси полиалюминийхлорида с сульфатом алюминия. Полиалюминийхлорид РАХ-18 производства фирмы Кемира

Таблица 1.

Средние значения					
20-23.12.04г.					
Мутн.	Цветн.	pH	Щелоч.	Окисл.	Алюм.
I ф. PAC-1B					
0,3	7	6,48	0,33	3,0	0,07
III ф. PAS-2A					
0,2	6	6,46	0,31	2,7	0,05
V ф. Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub>					
0,2	6	6,35	0,28	2,8	<0,04



# Применение гипохлорита натрия для обеззараживания на сооружениях водоподготовки ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»



# Установка для приготовления и дозирования растворов из сухого материала KD 440 фирмы ALLDOS



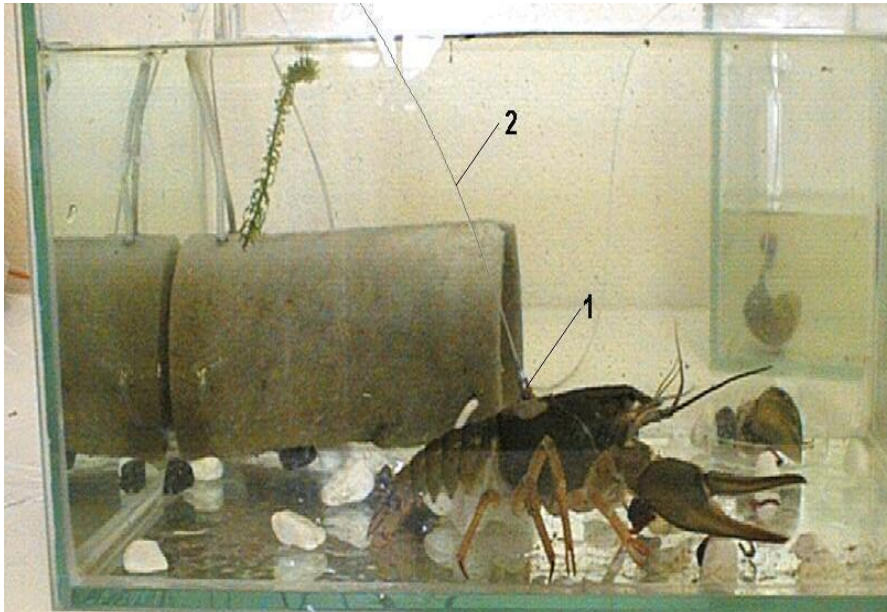
## Характеристика ПАУ ® Hydraffin SC 14 FF (Гидраффин)

Порошкообразный древесный активированный уголь

### Технические характеристики:

содержание воды при расфасовке, масс. %	<10
зольность, масс. %	<12
показатель рН	8-10
адсорбция йода, мг/г	600±50
внутренняя поверхность по ВЕТ-методу, м <sup>2</sup> /г	600±50
показатель фенола (г/л)	3
тонкость измельчения, < 40 мкм, масс. %	>95

# Применение станции производственного биологического мониторинга качества воды (СПБМКВ) водоисточника, на основе метода вариационной пульсометрии раков и моллюсков на сооружениях водоподготовки ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга»



Речной рак с укрепленным на внешней части карапакса волоконно-оптическим датчиком.

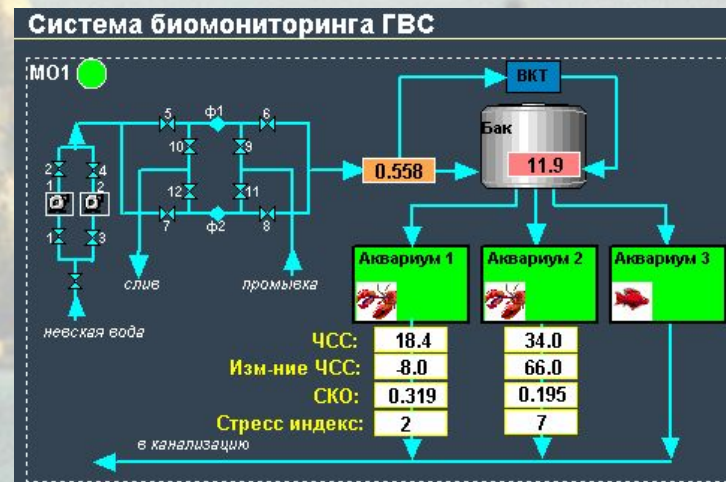
1-приклеенная к наружной поверхности панциря втулка –держатель зонда  
2-волоконно-оптический зонд

Станция производственного биологического мониторинга качества воды (СПБМКВ) водоисточника, на основе метода вариационной пульсометрии раков и моллюсков на Главной водопроводной станции



# Биосенсорная информационная система по определению загрязненности воды

Система биомониторинга воды основана на природной чувствительности организма речных раков к токсичным веществам. Сердечный ритм раков моментально меняется в зависимости от малейших изменений в окружающей среде, что позволяет провести раннюю диагностику загрязнения воды высокотоксичными веществами.



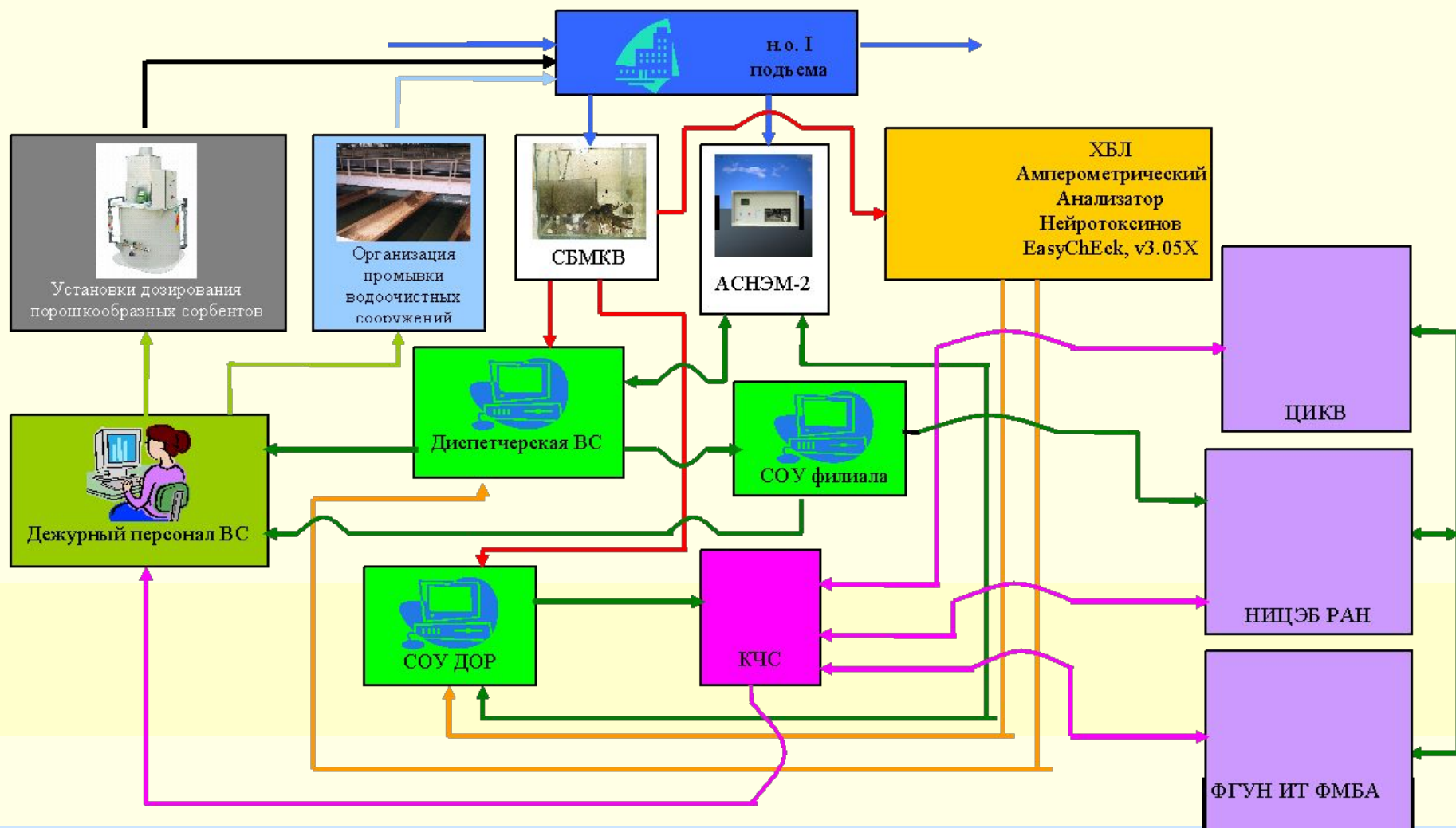


# Сравнение окислительно-восстановительных потенциалов различных окислителей

•Окислитель	•Реакция	•E <sup>0</sup> , В
•Хлор	Хлор $\text{Cl}_2(\text{г})+2\text{e} \rightarrow 2\text{Cl}^-$	•1,36
•Гипохлорит	• $\text{ClO}^-+\text{H}_2\text{O}+2\text{e} \rightarrow \text{Cl}^-+2\text{OH}^-$	•0,88
•Диоксид хлора	• $\text{HClO}+\text{H}^++2\text{e} \rightarrow \text{Cl}^-+\text{H}_2\text{O}$	•1,50
•Перхлорат	• $\text{ClO}_2+4\text{H}^++5\text{e} \rightarrow \text{Cl}^-+2\text{H}_2\text{O}$	•1,50
•Озон	• $\text{ClO}_2+2\text{H}_2\text{O}+5\text{e} \rightarrow \text{Cl}^-+4\text{OH}^-$	•0,85
•Пероксид водорода	$\text{ClO}_4^-+8\text{H}^++8\text{e} \rightarrow \text{Cl}^-+4\text{H}_2\text{O}$	•1,38
•Перманганат	$\text{O}_3+2\text{H}^++2\text{e} \rightarrow \text{O}_2+\text{H}_2\text{O}$	•2,07
•Феррат	• $\text{H}_2\text{O}_2+2\text{H}^++2\text{e} \rightarrow 2\text{H}_2\text{O}$	•1,77
	• $\text{MnO}_4^-+4\text{H}^++3\text{e} \rightarrow \text{MnO}_2+2\text{H}_2\text{O}$	•1,69
	• $\text{MnO}_4^-+8\text{H}^++5\text{e} \rightarrow \text{Mn}^{2+}+4\text{H}_2\text{O}$	•1,51
	• $\text{FeO}_4^{2-}+8\text{H}^++3\text{e} \rightarrow \text{Fe}^{3+}+4\text{H}_2\text{O}$	•2,20



# Схема системы обеспечения безопасности водоснабжения ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» в условиях обнаружения токсичных веществ





# Внедрение технологии использования сухого порошкообразного флокулянта Праестол 650 TR на водопроводных станциях

## Преимущества использования:

- Снижение дозы полиэлектrolита, используемого для флокуляции: вместо доз 0,8-1,2 мг/дм<sup>3</sup> при использовании флокулянтов «Магнофлок» и «Балтфлок» доза Праестола 650 TR составляет 0,2-0,4 мг/дм<sup>3</sup>
- Остаточная концентрация мономера акриламида в очищенной воде гарантированно ниже ПДК (0,0001 мг/дм<sup>3</sup>), установленного ГН 2.1.5.1316-03.
- Позволяет снизить остаточную концентрацию алюминия в очищенной воде
- Удобство транспортировки и дозирования реагента



ПРАЕСТОЛ 650 TR проверен и сертифицирован по стандарту ANSI/NSF-Standard 60 (NSF International, Ann Arbor, MI, USA).

ПРАЕСТОЛ 650 TR разрешен к применению отделом по контролю окружающей среды, питьевой воды („Department of the Environment, Drinking Water Inspectorate“), находящимся в Лондоне. Для обеспечения безопасности применения при подготовке питьевой воды ПРАЕСТОЛ 650 TR производится по специальной технологии, которая позволяет снизить содержание мономерного акриламида до величины менее 0,025 вес.%.



# Контроль качества воды в системе водоснабжения Санкт-Петербурга

***Контроль качества питьевой воды ГУП «Водоканал СПб» осуществляет по***

***Рабочей программе производственного контроля качества питьевой воды в СПб***

***Контроль качества воды производится в 570 контрольных точках по следующим показателям:***

- физико-химическим – 47 показателей,
- микробиологическим показателям – 5 показателей
  - паразитологическим – 1 показатель
  - вирусологическим -3 показателя
  - гидробиологическим – 2 показателям
- показателям радиационной безопасности – 9 показателей



# Контроль качества воды в системе водоснабжения Санкт-Петербурга

**В аналитическую систему контроля состава вод «Водоканала Санкт-Петербурга», входят:**

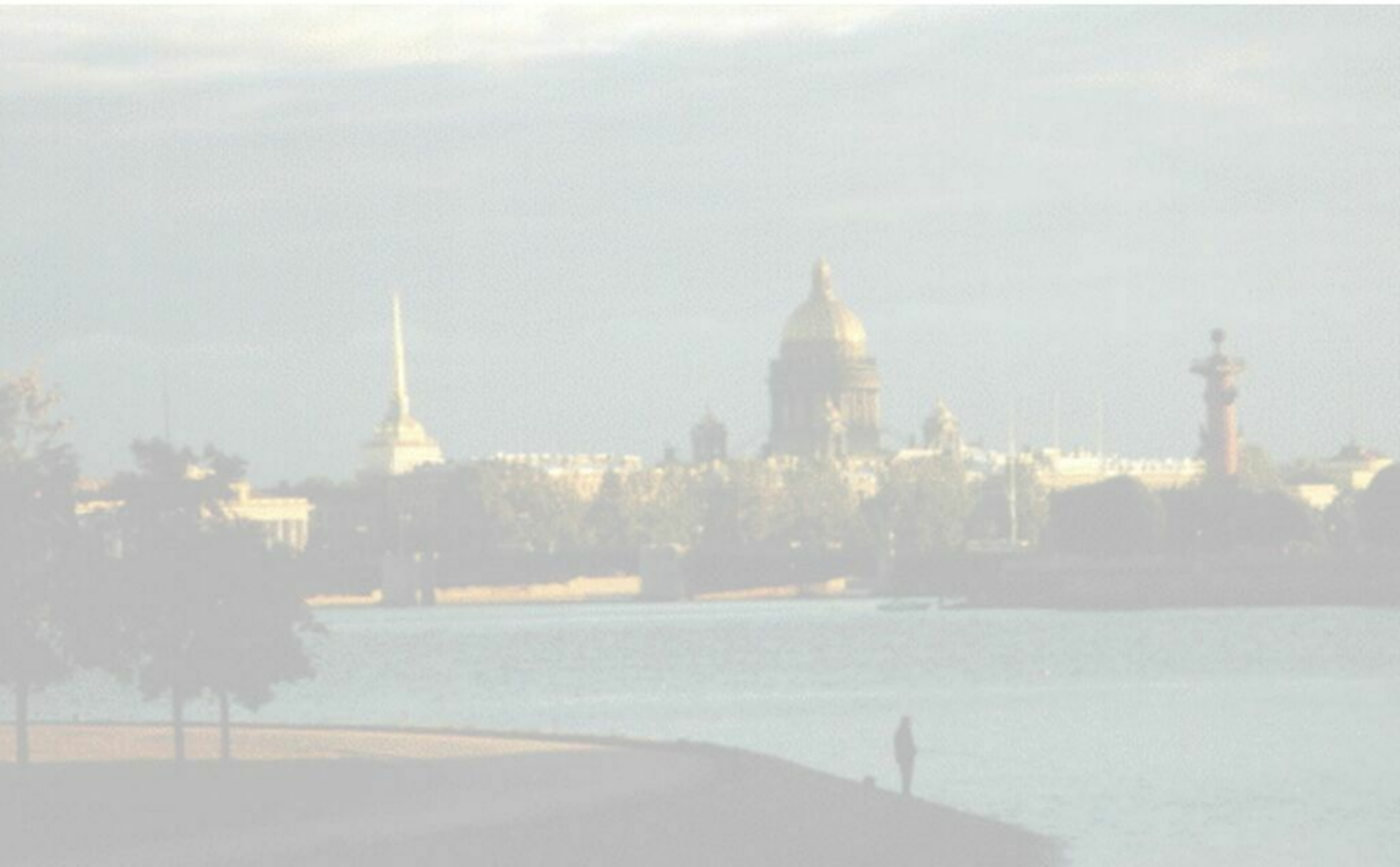
- аккредитованный аналитический ГУП «Центр исследования и контроля воды»,
- Департамент метрологического менеджмента
- химико-бактериологические лаборатории ВОС (ХБЛ)

**Информация аккумулируется в единой базе данных о качестве воды на всех этапах производственного процесса подготовки питьевой воды – Favordata, которая позволяет решать следующие задачи:**

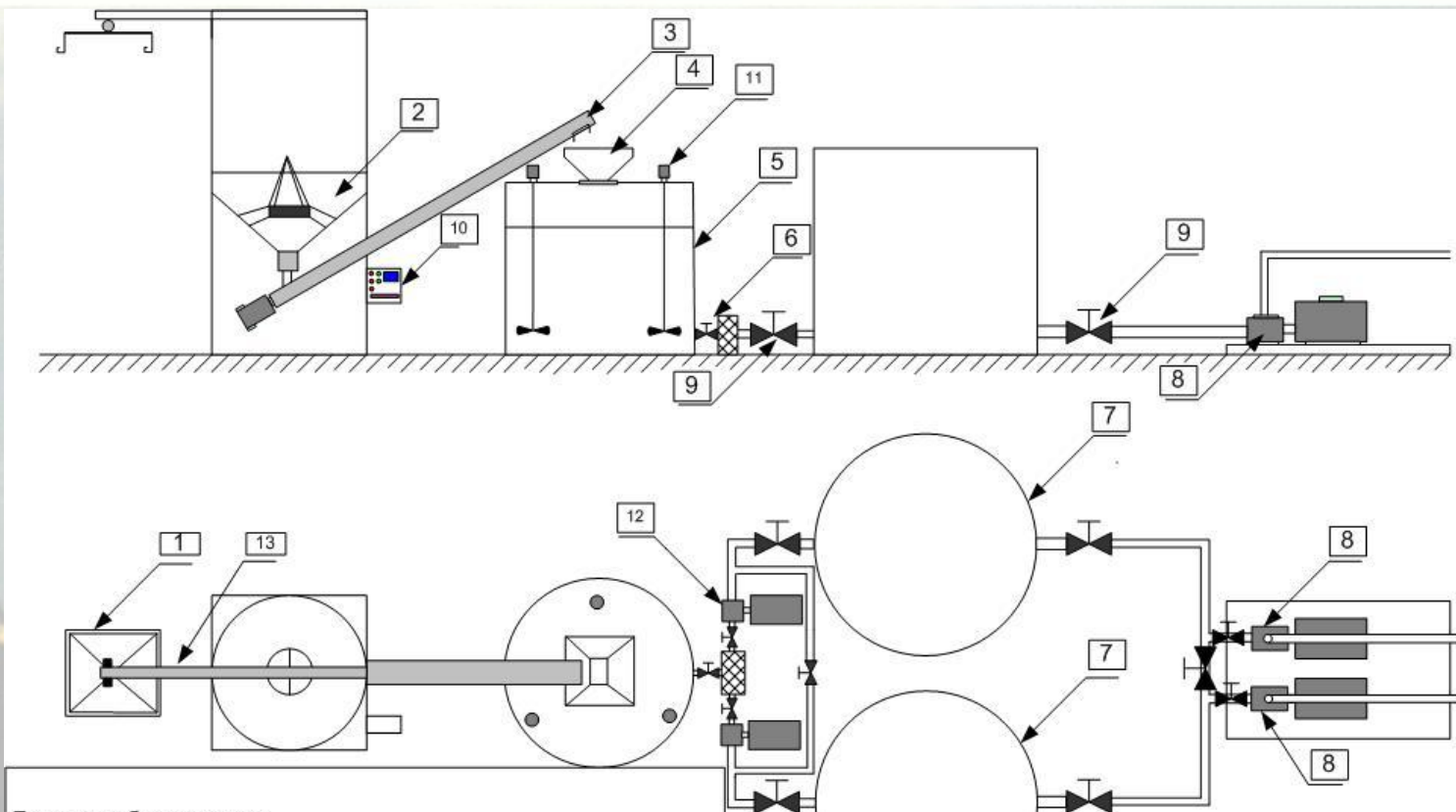
- - оперативное оповещение диспетчеров водопроводных станций о превышениях нормативов для корректировки режимов работы станций
- - оперативное оповещение районных диспетчеров о превышениях нормативов на водопроводных сетях
- - оперативная оценка качества питьевой воды, поставляемой филиалами населению, на основе аналитических карт
- - статистическая обработка результатов анализов воды для планирования капиталовложений и работ по ремонту водопроводных сетей
- - оперативное обеспечение руководства филиалов и ГУП «Водоканал Санкт-Петербурга» информацией о состоянии технологических процессов и качества питьевой воды на основе оперативных карт качества.



# Статистическая карта качества г. Санкт-Петербурга по данным за период с 25-29.09.2006 г.



## Узел растворения сульфата аммония



### Перечень оборудования:

1. Траверса
2. Узел вскрытия
3. Транспортный шнек
4. Дозатор
5. Ёмкость растворения
6. Система фильтров
7. Ёмкости хранения
8. Насос закачки раствора в цистерну
9. Электромагнитная запорная арматура
10. Пульт управления
11. Мешалка
12. Насос перекачки раствора в ёмкости хранения
13. Монорельс с электроталью

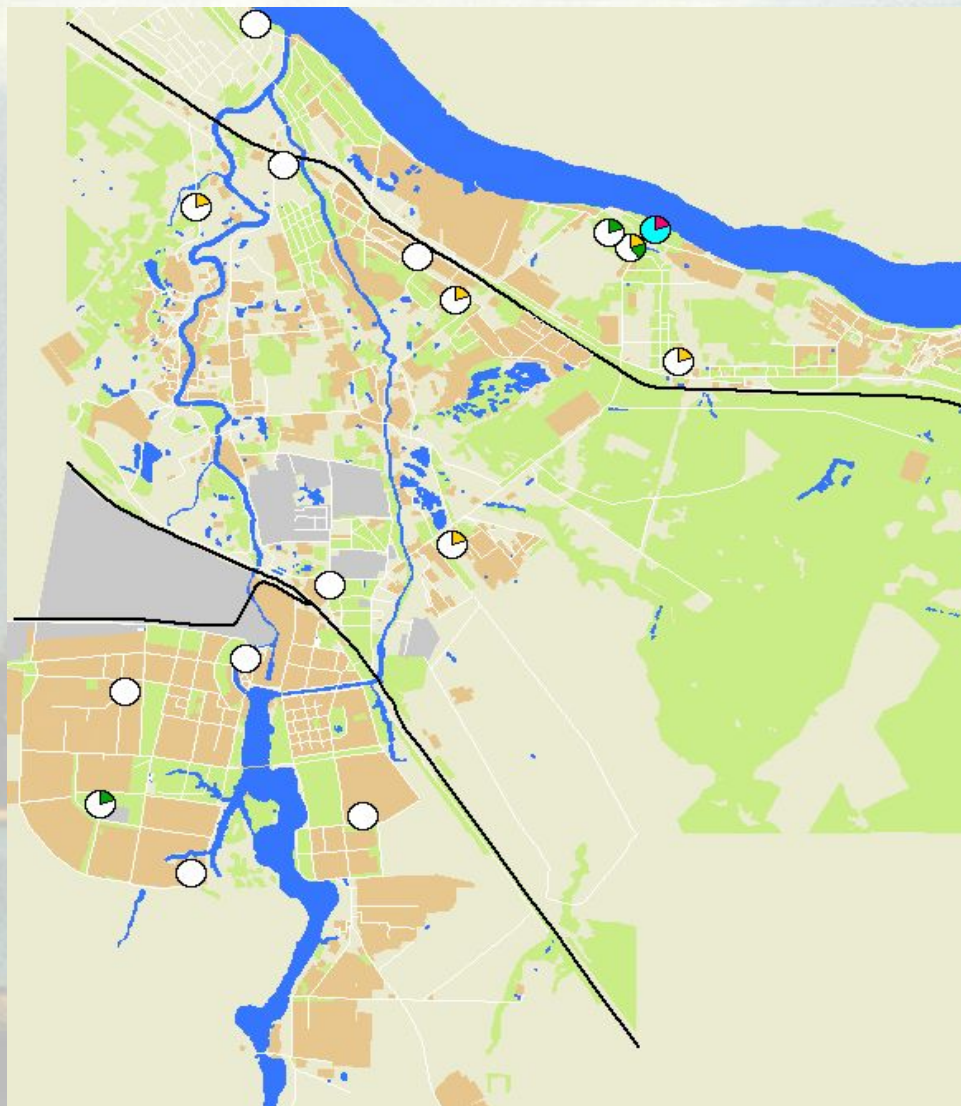


# Статистическая карта качества Сестрорецкий район по данным за период с 25-29.09.2006 г.





# Статистическая карта качества г. Колпино по данным за период с 25-29.09.2006 г.







**Благодарю за внимание**