

# Сорбция гидрогеля

Автор:

Рубин Константин Михайлович  
ГБОУ СОШ №77, с углубленным  
изучением химии, 11 класс

Руководитель:

Кондратюк Ирина Павловна  
методист ДДТ Петроградского района

Научный консультант:

Волкова Ксения Васильевна  
Ассистент кафедры ИТТЭК, Университет ИТМО

Санкт-Петербург

2015 г

# Введение

**Актуальность работы:** В современном мире гидрогели находят широкое применение во многих сферах науки и жизни: в фармакологии и медицине, в промышленности и в сельском хозяйстве. Супервлагоабсорбенты используются при создании элементов оптических систем и сенсорных материалов. Гидрогели способны помочь в решении таких экологических проблем, как разливы нефти и загрязнение сточных вод ионами тяжелых металлов.

**Цель работы:** Исследование пригодности полученных композиций на основе акриловых производных для практического использования путем оценки их эксплуатационных свойств методом спектрофотометрическим анализа.

Для достижения цели необходимо решить **ряд задач:**

1. Изучение механизмов сорбционных процессов; особенностей строения и свойств гидрогелей на акриловой основе; ознакомление с методикой спектрофотометрического анализа, а также математической обработки результатов экспериментов.
2. Синтез различных сорбентов на основе акриловых кислот. Проведение спектрофотометрического анализа растворов солей в ходе процесса сорбирования.
3. Анализ результатов эксперимента.

Мы выдвинули **ряд гипотезу:**

1. Поглощающая функция сорбента зависит от величины заряда катиона металла.

Работа проводилась в лабораториях кафедры информационных технологий топливно-энергетического комплекса университета информационных технологий, механики и оптики, и ГБОУ СОШ № 77.

Объект исследования – сорбенты на основе акриловых производных.

Предмет исследования – сорбционные и физико-механические свойства гидрогелей. Процесс сорбции.

## 1. СОРБЕНТЫ

### 1.1 Значение сорбентов

В настоящее время в разных областях техники существует потребность в полимерных материалах, обладающих определенными физико-химическими свойствами, способных менять свои физические, физико-химические, механические и другие характеристики в процессе эксплуатации.

Гидрогели - поперечно-сшитые гидрофильные полимеры, способные поглощать большие количества воды. Нерастворимые в воде гидрогели с ограниченной способностью к набуханию часто обладают выраженной способностью к ионному обмену.

## **2. Актуальность создания гидрогелей на основе акриловых кислот**

### **2.1 Функции полимеров**

На современном этапе развития особое внимание уделяется акриловым гидрогелям, способным поглощать и удерживать большое количество жидкости. Для таких материалов масса поглощенной жидкости может быть в 100-5000 раз больше массы сухого геля.

Основными характеристиками гидрогелей являются высокая степень набухания, приемлемые физико-механические свойства и дешевизна. Исходя из этих характеристик, можно предположить основные пути применения таких материалов:

- Носители лекарственных препаратов
- Предметы санитарно-гигиенического назначения
- Офтальмология
- Контактные линзы
- Хирургия
- Раневые покрытия
- Мембраны с регулируемой проницаемостью
- Сепарация и очистка белков
- «Мягкие» манипуляторы
- Сенсорные материалы
- Наполнители для герметиков и полимербетонных композиций
- Осушение сильно обводненных нефтей, масел и бензина
- Очистка сточных вод от ионов тяжелых металлов

### **2.2 Зависимость эксплуатационных свойств материала от его структуры**

Создание акриловых абсорбентов с высокими абсорбционными характеристиками основано на следующих принципах:

- Использование наполнителей и модификаторов полимерной матрицы
- Получение взаимопроникающих («двойных») сеток различного состава сохраняют высокую скорость набухания.
- Изменение природы и доли сшивателя
- Варьирование условий полимеризации (рН среды и природа растворителя, температура синтеза и т.д.)
- Изменение соотношений и природы мономеров, содержащих гидрофильные и гидрофобные фрагменты, поскольку гидрофильные мономеры, например, акриловая кислота, обеспечивают высокое набухание.

### **2.3 Выбор сорбтивов для гидрогелей**

Первым из таких сорбтивов мы выбрали катион меди (2+), поскольку он находится в составе медного купороса, который используется в качестве удобрения. Так же данный катион металла имеет небольшой радиус, вследствие чего будет легче сорбироваться акриловым гидрогелем, а невысокая степень окисления позволит

присоединять максимальное число остатков акриловой кислоты, делая новое соединение электронейтральным.

Вторым сорбтивом мы выбрали катион железа (3+). Его радиус так же невелик, как и катиона меди (2+), но степень окисления уже равна 3+, а значит, что его химические свойства будут отличаться от химических свойств меди. Катиону железа (3+) придется замещать три водорода в молекулах гидрогеля, что гораздо сложнее сделать. Однако химическая активность железа (3+) выше, чем у меди (2+).

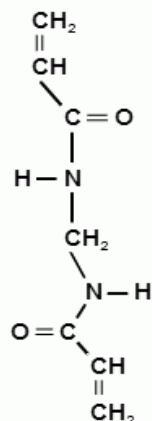
### 3. ЭКСПЕРИМЕНТ

#### 3.1 Методики

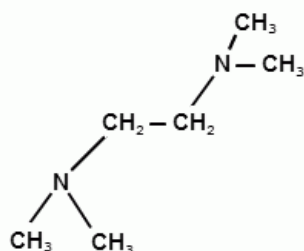
##### 3.1.1 Методика синтеза гидрогеля

Для синтеза акриловых сополимеров используются следующие **исходные вещества**:

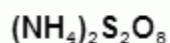
1. Акриловая кислота (АК)  
**CH<sub>2</sub>=CH-COOH**
2. Гидроксид натрия NaOH
3. N,N' – метиленбисакриламид (МБАА)



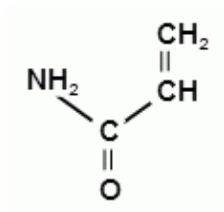
4. Тетраметилэтилендиамин (ТМЭД)



5. Персульфат аммония (ПСА)



6. Акриламид (АА)



7. Вода



#### Соотношения исходных веществ:

АК:АА = 10мл : 3г

МБАА 0,01: 0,5 масс. % от АК+АА

ПСА 0.8 масс. % к массе АК + АА + МБАА

ТМЭД 0,2 масс.% к массе АК + АА + МБАА

Количество воды 70 масс.%

Температура реакции 45 С

**Технология приготовления включает в себя основные и вспомогательные стадии:**

#### Основные стадии:

1. Приготовление реакционной смеси
2. Полимеризация
3. Сушка полученной композиции
4. Анализ продукта

#### Вспомогательные стадии:

1. Приготовление 2% раствора ПСА
2. Приготовление 0,5% раствора ТМЭД
3. Приготовление 14Н раствора NaOH
4. Очистка мономеров и реагентов

#### Механизм гелеобразования АК, АА и МБАА

1. Инициирование
  - 1.1 Образование первичных радикалов в процессе разложения персульфата аммония (ПСА)
  - 1.2 Генерация активных радикальных центров
2. Рост цепи: в результате последовательных реакций образуются цепи, которые сшиваются свободными двойными связями при взаимодействии с МБАА, образуя гель.
3. Передача цепи: на растворитель (воду) и на полимер.
4. Обрыв цепи: рекомбинация радикалов, диспропорционирование, образование узла сшивки, внутримолекулярных циклов и петель.

В ходе реакции образуется гель – фракция (полимерная сетка) и золь фракция (полимерная водорастворимая часть).

Полимерная сетка – имеет статистический состав (АК – АА – МБАА) в любых соотношениях.

Аналогично, золь – фракция может состоять из мономерных звеньев различных видов, например, АК – АА – МБАА, АК – АК – АК, АА – АА – АА, МБАА – МБАА, АА – АК и т.д.

### 3.1.2 Методика спектрофотометрического анализа

Спектрофотометрия — физико-химический метод исследования растворов и твёрдых веществ, основанный на изучении спектров поглощения в ультрафиолетовой (200—400 нм), видимой (400—760 нм) и инфракрасной (>760 нм) областях спектра. Основная зависимость, изучаемая в спектрофотометрии — зависимость интенсивности поглощения (как правило, измеряется оптическая плотность - логарифм светопропускания т.к. она зависит линейно от концентрации вещества) падающего света от длины волны. Приборы спектрофотометрии — спектрофотометры.

Спектрофотометр – прибор, предназначенный для измерения отношений двух потоков оптического излучения, один из которых — поток, падающий на исследуемый образец, другой — поток, испытавший то или иное взаимодействие с образцом. Спектрофотометр является основным прибором, используемым в спектрофотометрии. Он применяется в колориметрии и спектральном анализе.

Спектрофотометры могут работать в различных диапазонах длин волн — от ультрафиолетового до инфракрасного. В зависимости от этого приборы имеют разное назначение. Основное назначение спектрофотометров в полиграфической отрасли — проведение точной линейаризации и калибровки процессов печати.

Основными источниками излучения являются:

- А (свет лампы накаливания, 2856 К);
- С (непрямой солнечный свет, 6774 К);
- D (дневной свет, 5000 К);
- D65 (дневной свет, 6500 К);
- F11 (флуоресцентное излучение узкого диапазона).

Для проведения нашего эксперимента мы будем использовать только источник излучения А.

## 3.2 Проведение эксперимента

### Эксперимент 1:

1. Промыть необходимую посуду
2. Включить весы
3. Взвесить, с использованием весов, 2,5 грамма медного купороса ( $m_{\text{чист.}}(\text{CuSO}_4)=1,6 \text{ гр.}$ ) и 2,705 грамм гексагидрата хлорида железа (III) ( $m_{\text{чист.}}(\text{FeCl}_3)=1,625 \text{ гр.}$ ).
4. Разместить в двух химических стаканах со 100 мл дистиллированной воды в каждом из них, в третий стакан налить чистой дистиллированной воды

5. Взвесить кусочки гидрогеля
6. В каждый из стаканов опустить по одному кусочку полимера
7. Каждые 5 минут снимать показания, отдельно взвешивая каждый из кусочков гидрогеля, на протяжении 130 минут
8. Полученные результаты представить в виде графиков функции
9. По окончании работы выключить весы и промыть использованную посуду.

### **Эксперимент 2:**

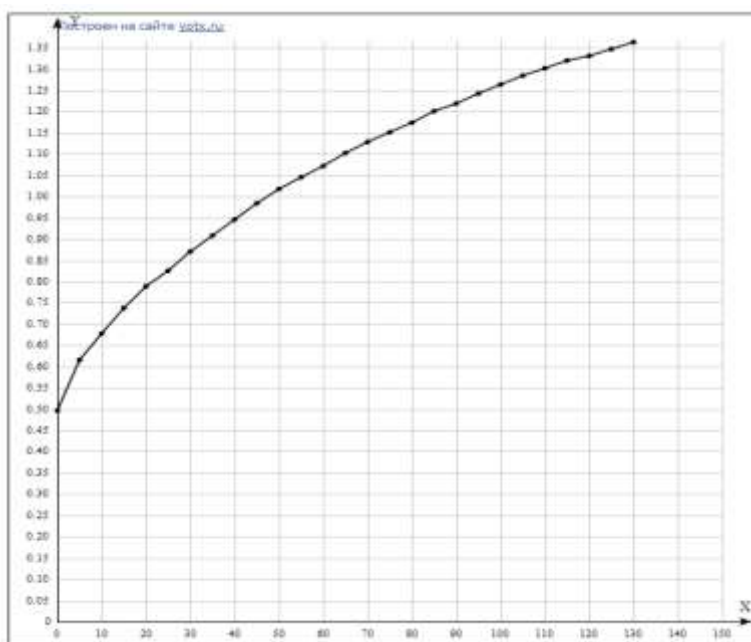
1. Вставить вилку в сетевую розетку
2. Позволить спектрофотометру прогреться (до звукового сигнала)
3. Выбрать необходимые параметры (оптическая плотность A и длина волны)
4. Используя весы, отмерить 2,5 грамм медного купороса
5. Размешать со 100 мл дистиллированной воды
6. Разлить по 2-м кюветам, в одну из которых добавить кусочек полимера
7. Поместить пару кювет в фотометр, нажать # (градуировка), переместить тумблер для снятия показаний.
8. Повторять перемещение растворов и снятие показаний каждые 15 минут
9. По завершению выключить приборы и промыть используемую посуду.

## **4. РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ**

### **3.3 Результаты спектрофотометрического анализа**

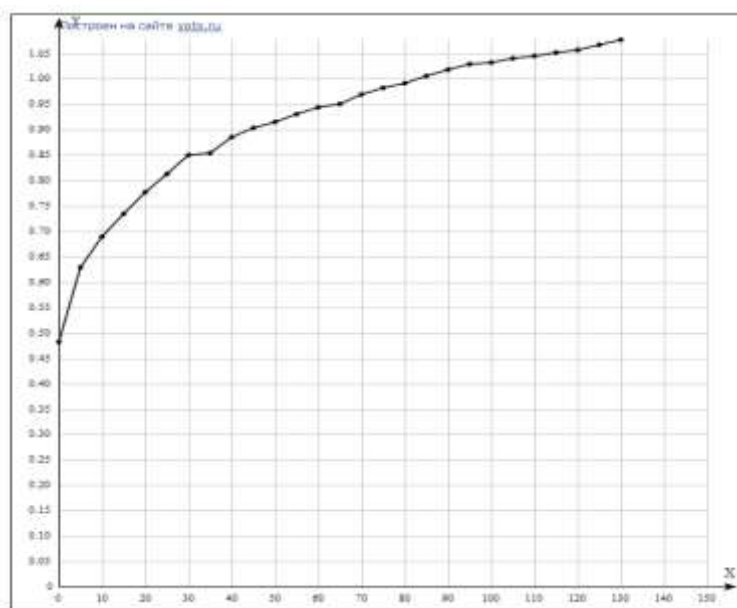
#### **Эксперимент 1:**

1. График зависимости массы катиона меди (2+) от времени:



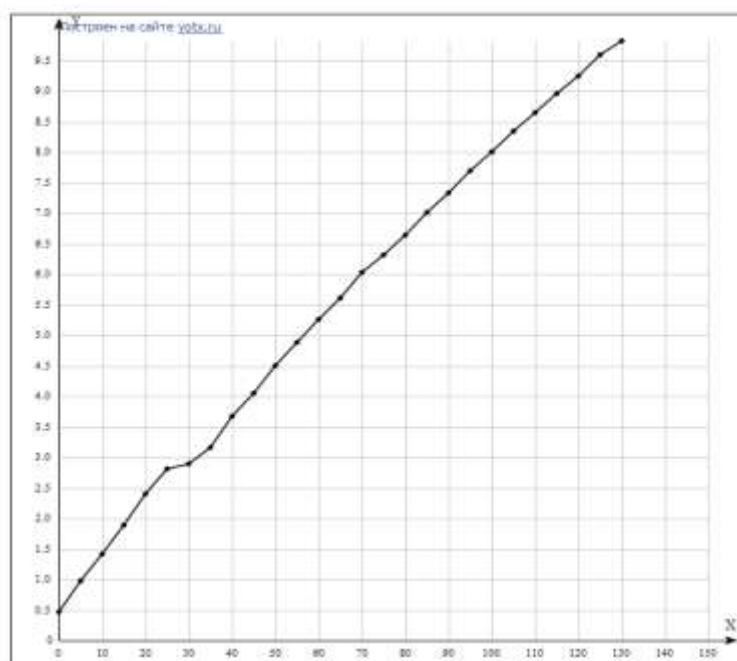
Так, с течением времени, можно наблюдать, как возрастает масса сорбированного катиона металла. Исходя из конечных значений, логично предположить, что большая масса катиона меди (2+) сорбировалась гидрогелем.

2. График зависимости массы катиона железа (3+) от времени:



На данном графике с течением времени можно увидеть, как сорбируется катион железа (3+), но конечный результат отличается от результата эксперимента с катионом меди (2+).

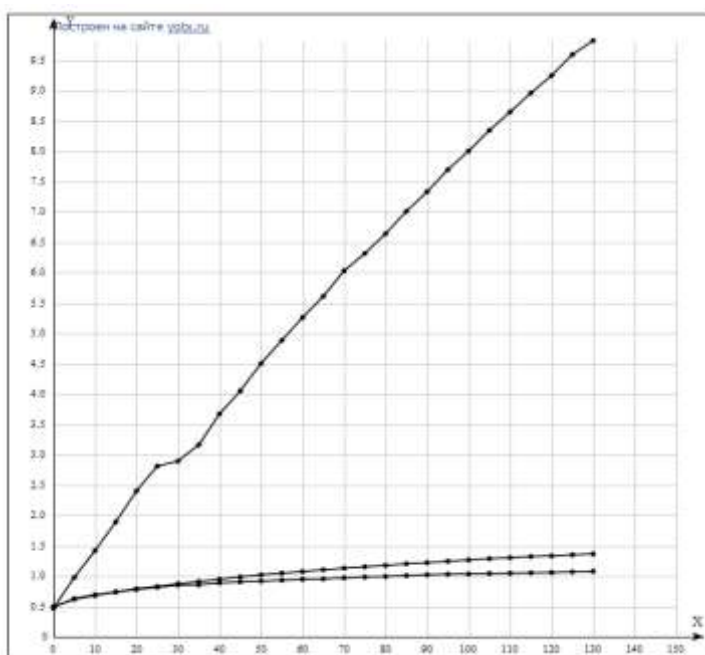
3. График зависимости сорбированной массы воды от времени:



Данный график можно рассматривать как пример сорбционных возможностей гидрогеля на основе акриловых производных по отношению к воде.

4. Общий график зависимости массы от времени:

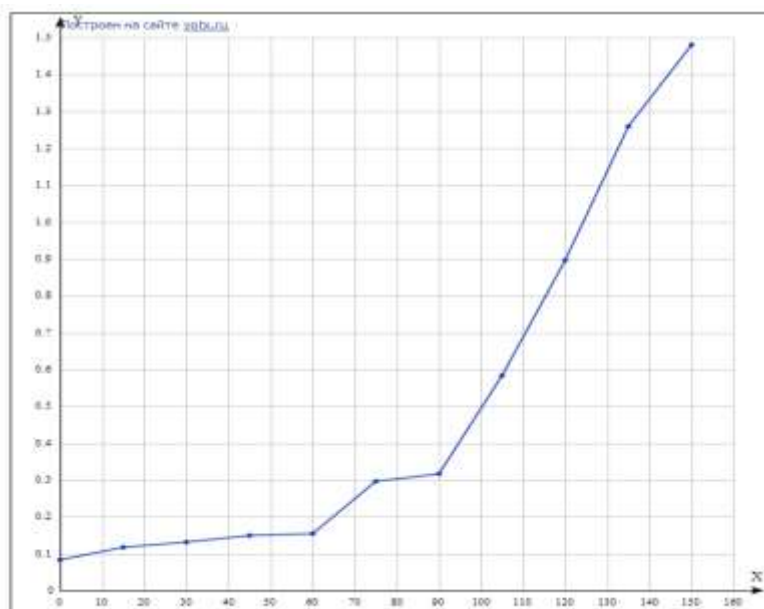




На данном графике мы объединили все три предыдущие графики для более наглядного сравнения сорбционных свойств гидрогеля на основе акриловых производных по отношению к разным сорбтивам.

### Эксперимент 2:

График зависимости оптической плотности катиона меди (2+) от времени:



На этом графике изображена кривая оптической плотности от времени, которая показывает как с увеличением значения X (времени) увеличивается Y (оптическая плотность раствора) при  $\lambda=380$  нм.

## Описание внешних изменений

Кусочки полимеров, которые были положены в раствор, покрывались пленкой из медного купороса. Визуальное изменение цвета (в тон раствору), повышение жесткости за счет образования пленки, изменение размеров по сравнению с исходной величиной. С течением эксперимента полимеры меньше и меньше проявляли свои сорбционные свойства. Связано это с приближением к достижению пределов поглощения, а так же с образованием «медной пленки».

## 4.3 Выводы

Были получены данные о зависимости сорбированных масс от времени, оптической плотности раствора сульфата меди (II) от времени. По результатам эксперимента оказалось, что катионы меди (+2) сорбируются лучше катионов железа (+3).

## Заключение

В ходе эксперимента мы овладели навыками работы со спектрофотометром «КФК 3-01», подтвердили ранее выдвинутые гипотезы о зависимости сорбционных свойств гидрогеля от величины заряда катиона сорбируемого металла.

Так же были решены задачи, поставленные нами во введении:

Мы изучили механизмы сорбционных процессов; особенности строения и свойства гидрогелей на акриловой основе; ознакомились с методикой спектрофотометрического анализа, а также математической обработки результатов экспериментов.

Синтезировали различные сорбенты на основе акриловых кислот. Провели спектрофотометрический анализ растворов солей в ходе процесса сорбирования. Проанализировали результаты эксперимента.

Полученные виды гидрогеля могут получить широкое применение в решении таких экологических проблем, как предотвращение последствий разлива нефти, очистка сточных вод ионов тяжелых металлов и осушение сильно обводненных нефтей.

Помимо сферы экологической безопасности, гидрогели могут найти свое применение в исследовательской деятельности, медицине и фармацевтике.

Развитие суперсорбентов открывает перед нами новую нишу для развития, как науки, так и бизнеса. Сейчас в России нет ни одного промышленного производства, специализирующегося на синтезе гидрогелей, однако, учитывая все возрастающую потребность в материалах, отвечающих широкому спектру требований, мы считаем данное направление одним из самых перспективных на сегодняшний день.

Однако в наши планы входит дальнейшее продолжение работы в этом направлении, расширение базы данных, содержащей информацию о наиболее предпочтительных наполнителях и структурах для выполнения гидрогелем тех или иных функций, сорбции тех или иных сорбтивов.