

СЕКЦИЯ ХИМИИ

**Впитывающая способность полимеров**

*Исследовательская работа*

**Авторы – Кириллов Денис Олегович,**

**Созонова Оксана Сергеевна**

обучающиеся 10 класса

МБОУО лицей №6 г. Иваново

**Научные руководители –**

*Волкова Татьяна Геннадьевна,*

*кандидат химических наук,*

*доцент кафедры органической и физической химии*

*ФГБОУ ВПО «Ивановский государственный университет»,*

*Мерляк Светлана Юрьевна,*

*учитель химии высшей категории, МБОУО лицей №6*

Ярославль, 2015

## Оглавление

<b>Введение</b>	<b>3</b>
Общая характеристика полимеров	3
Гидрогели и суперабсорбирующие полимеры	4
Характеристика безопасности материала	8
<b>Основная часть</b> ( <i>методика эксперимента и полученные результаты</i> )	<b>9</b>
<b>Заключение</b>	<b>11</b>
<b>Список использованных источников и литературы</b>	<b>11</b>

## Введение

Интерес к исследованию выделенных в 1991 году де Женом [1] в единый класс веществ – мягких материалов (soft matter), включающих в себя очень широкий круг соединений различных по своей природе: полимеры, ориентированные системы, мицеллярные растворы и лиотропные мезофазы амфифильных молекул, микро-эмульсии и коллоидные суспензии, неуклонно растет. Полимеры являются одним из наиболее востребованных классов soft matter. Сегодня трудно представить окружающий мир без полимерных материалов и товаров, созданных из них.

### 1. Общая характеристика полимеров

Полимеры — неорганические и органические, аморфные и кристаллические вещества, состоящие из «мономерных звеньев», соединённых в длинные макромолекулы химическими или координационными связями. Полимер — это высокомолекулярное соединение: количество мономерных звеньев в полимере должно быть достаточно велико. Набухание полимеров, увеличение объема (массы) полимерного тела в результате поглощения жидкости или ее пара при сохранении им свойства нетекучести (т.е. форма образца обычно не изменяется). Характеризуется степенью набухания-отношением объема (массы) набухшего полимера к его исходному объему (массе); степень набухания увеличивается во времени, постепенно приближаясь к равновесному значению. Поглощение жидкости полимером ограничивается или конечным содержанием аморфной фазы в частично закристаллизованном полимере, или наличием поперечных химических связей между макромолекулами (сшивками) в сетчатых полимерах [2].

Процесс растворения полимеров проходит через стадию их набухания. Внешне процесс набухания выражается в изменении объема и веса образца вследствие поглощения полимером растворителя. Набухание можно рассматривать как одностороннее смешение, т. е. только как проникание растворителя в полимер. Подвижность макромолекул слишком мала, а силы когезии велики, поэтому вначале макромолекулы полимера не диффундируют в растворитель. Молекулы растворителя, диффундируя в полимер, вначале заполняют в нем межмолекулярные пространства, а затем, по мере увеличения объема растворителя в полимере, начинают раздвигать макромолекулы. Скорость диффузии растворителя в полимер зависит от свойств растворителя и структуры полимера. С увеличением количества

продиффундировавшего в полимер растворителя расстояние между макромолекулами постепенно возрастает, что приводит к пропорциональному увеличению размеров набухающего образца. Таким образом, набуханием называют проникание молекул растворителя между макромолекулами полимера, вследствие чего увеличиваются расстояния между отдельными сегментами, а затем и цепями полимера [3].

## 2. Гидрогели и суперабсорбирующие полимеры

Гидрогели являются универсальными материалами, включающими целый ряд химических структур, используемых для получения широкого диапазона применений в таких отличающихся друг от друга секторах, как производство подгузников, гидроразбухающая герметизация для общественных работ, водоблокирование для проводов и кабелей, создание искусственных сред для сельского хозяйства и садоводства, устройства для доставки действующего вещества лекарственных препаратов, умные полимеры, способные реагировать на различные воздействия, гидрофильные покрытия, полимерные добавки (рис.1.) [4].



Рис.1. Некоторые применения гидрофильных полимеров.

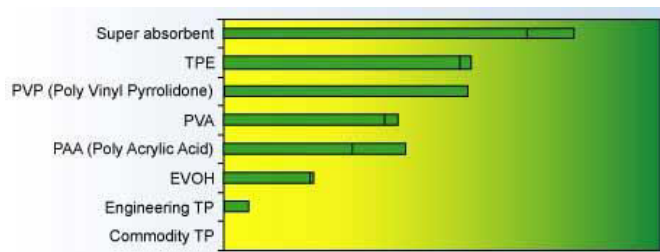
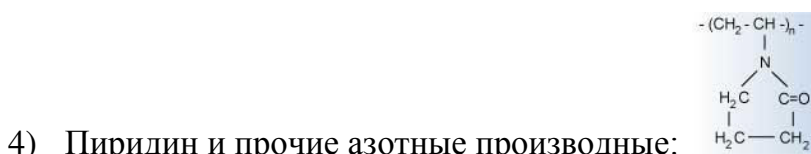
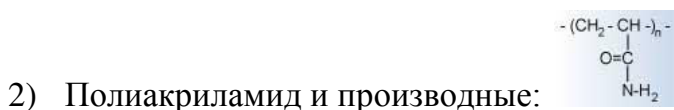
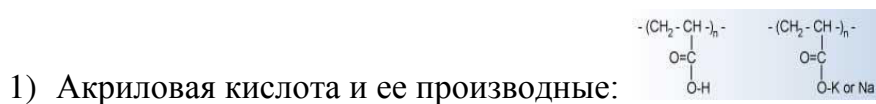


Рис.2. Поглощение воды разными полимерами.

На рис.2. представлено 'Поглощение воды' различными полимерами. Как видно, товарные и конструкционные термопластические материалы поглощают мало воды,

даже притом, что хорошо известные конструкционные пластмассы, такие как полиамиды или полиимиды, могут поглощать до нескольких процентов воды [4].

Для получения более высокого поглощения воды необходимо использовать специальные семейства химических веществ. Некоторые из этих полимеров являются промышленными, другие имеют ограниченное специальное применение или же являются экспериментальными. Можно перечислить, не претендуя на то, чтобы дать исчерпывающий перечень:



5) Целлюлозные производные

6) Различные оксигенированные производные и другие [4].

Полимеры не являются физически и химически неактивными и безразличными по отношению к окружающей их среде. По своей химической структуре они родственны или чувствительны по отношению к воде, липидам или и тем, и другим.

Для производства устойчивых гидрогелей необходимо:

- использовать специальные химические структуры,
- сшивать их до такой степени, чтобы образовывалось подходящее соотношение между абсорбцией и механической прочностью,
- возможно, вспенивать их для увеличения поглощения воды за счет капиллярности [4].

Суперабсорбирующие полимеры создаются на основе акриловой кислоты и ее солей и производных, полимеризованных с использованием технологий полимеризации в растворе или в суспензии. Поглощение воды, кинетика поглощения, параметры гидрогеля и, соответственно, приемлемое давление после разбухания без протечек, зависят от:

- природы используемого катиона и степени нейтрализации акриловой кислоты, которая влияет на поглощение воды;
- сшивания раствора, которое влияет на поглощение воды и механические свойства как в сухом, так и в разбухшем состоянии;
- возможного последующего поверхностного сшивания суперабсорбирующих частиц с созданием структуры «ядро-оболочка», которое улучшает поглощение и изменяет скорость разбухания;
- создания возможным вспениванием новых путей для проникновения воды [5].

Полиакрилат натрия — вещество, натриевая соль полиакриловой кислоты, имеет химическую формулу вида  $[-CH_2-CH(COONa)-]_n$ . Широко применяется при производстве товаров народного потребления. Одним из основных свойств соединения является способность абсорбировать жидкости в 200—300 раз больше собственного веса. Он представляет из себя анионный полиэлектролит с отрицательно заряженной карбоксильной группой в основной цепи. Наиболее часто используется натриевая соль полиакриловой кислоты, но существуют также соли калия, лития, аммония [6].

На приведенном рис.3. схематично показано поглощение воды или других водных сред и образование гидрогеля, ограниченное сшиванием суперабсорбирующего полимера.

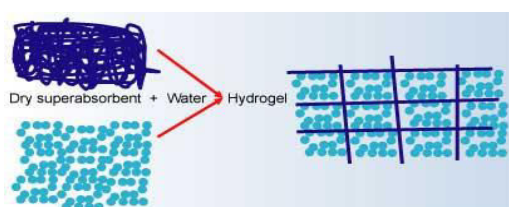


Рис.3. Поглощение воды и образование гидрогеля.

На следующих рисунках приведены зависимости от сшивания и от степени нейтрализации полимера.

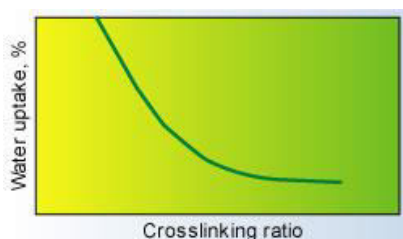


Рис.4. Поглощение воды в зависимости от сшивания.

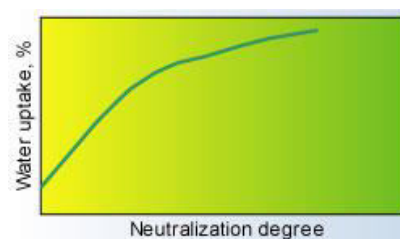


Рис.5. Поглощение воды в зависимости от степени нейтрализации.

Из рис.4. видно, что наблюдается падение значения поглощения воды при увеличении степени сшивания, а затем последующее более медленное снижение. Повышение поглощения воды при повышении степени нейтрализации быстрое в самом начале и более умеренное впоследствии (рис.5.).

В Таблице 1 даны некоторые свойства суперабсорбирующих полимеров, созданных из двух марок натриевой соли сшитой полиакриловой кислоты. Можно отметить значительную разницу между поглощением деионизированной воды с одной стороны, и мочи или раствора с небольшой концентрацией соли, с другой [5].

**Таблица 1**

**Примеры свойств натриевой соли сшитой полиакриловой кислоты**

Распределение размера частиц в микронах	1-850 90% между 180-850	100 - 800
Поглощение деионизированной воды; г/г	> 400	> 500 до 1000
Поглощение чайного пакетика, 0.9% NaCl, г/г	55 - 65	
Удержание чайного пакетика, 0.9% NaCl, г/г	35	34
Поглощение мочи, г/г	20-40	
Влага, %	10	
Остаточный мономер, промилле	200	

Мировое производство SAP оценивается в примерном диапазоне от 1 до 1.5 миллионов тонн, что делает потребление SAP находящимся в одной весовой категории с потреблением фенольных смол или полиамидов (рис.6).

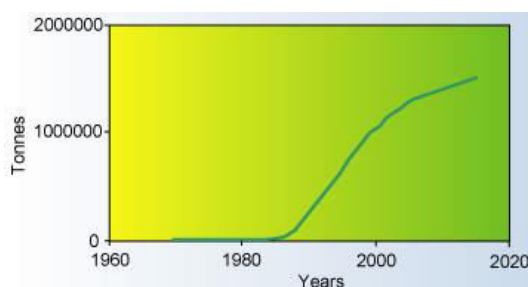


Рис.6. Суперабсорбирующие материалы-Потребление.

94% суперабсорбирующих полимеров используется для производства подгузников, продуктов для взрослых, страдающих недержанием, и продуктов для личной гигиены для женщин, и только 6% используется для иных целей [5].

Одной из основных потребительских характеристик как детских, так и взрослых подгузников является их способность быстро впитывать влагу. Впитывающий слой одноразовых подгузников состоит из смеси целлюлозы и кристаллов суперабсорбента. Качество «впитываемости» одноразового подгузника зависит от соотношения этих компонентов. Суперабсорбент, который применяется в технологии создания подгузника, является полиакриловым полимером с высокой молекулярной массой, способным разбухать (поглощать) жидкости. Полиакрилат известен как "суперабсорбирующий полимер" или SAP, другое торговое название этого полимера Waterlock [7].

### **3. Характеристика безопасности материала [8]**

#### **1. Состав / Информация об ингредиентах**

Компоненты данного продукта зарегистрированы как неопасные. Однако, имеет место потенциальное раздражение дыхательного тракта как результат вдыхания материала в виде пыли. Смотри пункты ниже для общей информации.

#### **2. Идентификация риска**

##### Общая информация

Полиакрилат натрия – белый, в виде гранул, полимер без запаха, приобретающий вид геля при взаимодействии с водой. Нерастворим в воде и становится чрезвычайно скользким, когда влажен. Не смотря на то, что материал не зарегистрирован как опасный, пыль этого материала раздражает дыхательные пути. При восьмичасовом воздействии рекомендованный предел содержания в воздухе  $0.05 \text{ мг/м}^3$ .

##### Потенциальная опасность для здоровья

###### *При попадании в глаза:*

Пыль может вызывать жжение, сухость, зуд и другой дискомфорт при попадании в глаза

###### *При попадании на кожу:*

В процессе производства пыль может ухудшить состояние кожи из-за эффекта высыхания.

###### *При вдыхании:*

При вдыхании пыли возможно раздражение дыхательных путей и легких, что может ухудшить респираторную функцию.

###### *При попадании в пищу:*



Исследования показали, что полиакрилатные абсорбенты не токсичны при попадании в пищу, независимо от способа попадания. Однако, как и в любом случае непродовольственного потребления, необходима скорая медицинская помощь при любых неблагоприятных симптомах.

### **3. Меры по оказанию первой помощи.**

*Первая помощь при попадании в глаза:*

Немедленно промыть глаза водой. Удалить частицы материала из под век.

Обратиться за медицинской помощью к врачу.

*При попадании на кожу:*

Смыть водой с мылом пыль полиакрилатного абсорбента с кожи.

*При приеме внутрь:*

Материал не токсичен, но при любых неблагоприятных симптомах – обратиться за медицинской помощью.

*При вдыхании:*

Вывести пострадавшего на свежий воздух. Немедленно обратиться за скорой медицинской помощью.

Целью нашей работы было исследование впитывающей способности полиакрилата, который используется в качестве влагосорбирующего вещества в детских и взрослых подгузниках.

Были поставлены следующие задачи:

- весовым методом определить степень набухания и скорость полимера;
- провести сравнительный анализ сорбента из подгузников разных торговых марок.

### **Основная часть**

В нашей работе был исследован полиакрилат из подгузников самых популярных торговых марок: Libero, Pampers (детские); Seni (взрослые).

#### *Методика проведения эксперимента*

Для определения степени набухания был выбран весовой метод [9]. В пробирку загружали полимер, высушенный до постоянной массы. Заливали растворителем на 1 см выше уровня полимера и засекают время (в настоящей работе был использован физиологический раствор). Через определенное время из пробирки отбирались пробы, в заранее взвешенную «лодочку». Далее определяли массу «лодочки» с

набухшим полимером. Затем пробу высушивали до постоянной массы в сушильном шкафу ( $T \sim 110 \pm 10$  °C). Все взвешивания проводили на торсионных весах.

Степень и скорость набухания рассчитывали по формулам:

$$S = \frac{(a - b)}{(b - \Gamma)\rho}, \text{ см}^3/\Gamma, \quad W = \frac{(a - b)}{\rho(b - \Gamma)\tau}$$

где  $a$  – вес образца после набухания;  $b$  – вес образца, высушенного до постоянной массы;  $\rho$  - плотность растворителя;  $\Gamma$  – вес «лодочки».

Зависимости степени набухания и скорости набухания полиакрилата от времени показаны на рис.7 и 8.

**Степень набухания**

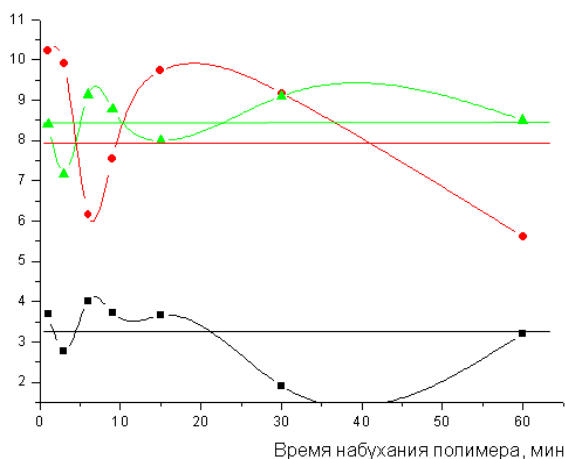


Рис.7. Зависимость степени набухания от времени

**Скорость набухания**

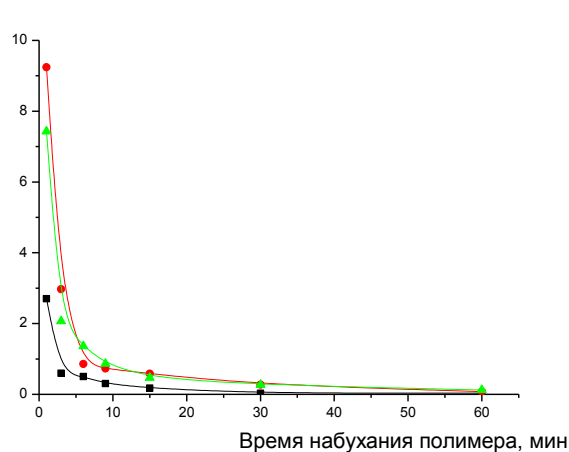


Рис.8. Зависимость скорости набухания от времени

Из рис.7 видно, что степень набухания полиакрилата из разных подгузников мало зависит от времени набухания. Для всех зависимостей линия тренда будет параллельна оси X. Кроме того, полученные данные говорят о бóльшей степени набухания полимера в детских подгузниках.

Вид зависимостей скорости набухания полимера от времени набухания говорит (рис.8.), что основной процесс впитывания влаги происходит в начальный период. В данном случае, это является положительной характеристикой подгузников с потребительской точки зрения. Также следует отметить, что скорость набухания полимера из детских памперсов выше по сравнению с полиакрилатом из взрослого.

## Заключение

В дальнейшем мы планируем продолжать изучение химического состава подгузника, т. к. на сегодняшний день существует ряд серьезных проблем. Применение полиакрилата связано с некоторыми побочными эффектами, в том числе аллергическими реакциями, такими как раздражение кожи, а также синдром токсического шока. В дополнение к этому, существует потенциальная опасность усиления раздражений кожи. Полиакрилат классифицируется как нетоксичное химическое вещество, но процесс полимеризации может привести к образованию остаточной акриловой кислоты, а акриловая кислота является едким веществом, которая затем, смешавшись с мочой, создаст более кислую среду, в которой опрелости могут быть более серьезными. А также известно, что одноразовые подгузники выделяют химические вещества, которые могут вызвать приступ астмы, влиять на работу иммунной и эндокринных систем человеческого организма.

## Список использованных источников и литературы

1. De Gennes P.G. Soft Matter // Nobel Lecture. 9 December. 1991. Paris. France.7P.
2. Тагер А. А., Физикохимия полимеров, 3 изд., М., 1978.
3. Лосев И.П. Химия синтетических полимеров, 1960, 577 с.
4. Гидрогели и суперабсорбирующие полимеры (часть I)  
[http://www.newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=2110](http://www.newchemistry.ru/letter.php?n_id=2110)
5. Гидрогели и суперабсорбирующие полимеры (часть II)  
[http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n\\_id=2120](http://www.newchemistry.ru/printletter.php?n_id=2120)
6. Википедия  
<https://ru.wikipedia.org/wiki/>
- 7.<http://ecoline-12senses.com/index.php?topic=page&link=poliakrillat>
8. [utsrus.com/index.php?page=shop.getfile&file\\_id...id...7](http://utsrus.com/index.php?page=shop.getfile&file_id...id...7)
9. М.В. Ключев, А.А. Насибулин Химия высокомолекулярных соединений (ВМС) Методические указания к практикуму для студентов 4-го курса специальности "Химия". Иваново, 2011.