**Набухание агар-агара в воде, подвергшейся воздействию электромагнитного поля**

***Анисимова Е.П. , Стась И. Е.***

*Магистрант; к.х.н., доцент*

*Алтайский государственный университет,*

*Институт химии и химико-фармацевтических технологий, Барнаул, Россия*

*elis.anisimova@gmail.com*

Агар-агар - природный полимер, который получают, как правило, из красных морских водорослей. По химическому составу он является высокомолекулярным соединением, макромолекулы которого образованы из многих молекул полисахаридов – агаропектина и агарозы (в соотношении 3:7), связанных между собой гликозидной связью [1]. Растворению полимера, как правило, предшествует его набухание. Набухание заключается в том, что полимер, поглощая значительный объем растворителя, увеличивается в объеме и массе. Так как цепочечные молекулы ВМС гибкие, их звенья, меняя форму, создают неплотную упаковку макромолекул, что позволяет молекулам растворителя, проникая в полимер, занять свободные пространства между макромолекулами [2]. Степень набухания ВМС зависит от ряда факторов, к которым относятся температура, кислотность среды, присутствие в среде различных веществ, например, электролитов. Проведенные ранее исследования показали, что при использовании в качестве растворителя воды, подвергшейся воздействию высокочастотного электромагнитного поля, изменяется скорость и степень набухания таких биополимеров как желатин и карбоксиметилцеллюлоза. Для понимания процессов, приводящих к изменению параметров набухания в облученной воде, необходимо накопление экспериментального материала. Для продолжения исследований в данной области был выбран такой биополимер, как агар-агар.

Облучение воды проводили с помощью высокочастотного генератора с варьируемой частотой в диапазоне 30-200 МГц. Время облучения - от 1 до 5 час.

Агар-агар ограниченно набухает в воде вследствие наличия полярных групп в макромолекулах. В таблице 1 показано, что в воде, подвергшейся воздействию электромагнитного поля, происходит как увеличение, так и снижение степени набухания α данного полимера. В изученном диапазоне частот снижение α наблюдается для частот 30 и 50 МГц и составляет 11-14% соответственно, а максимальное увеличение – для частот 70 и 190 МГц (Δα = 14-22%). При использовании воды, подвергшейся воздействию поля других частот, степень набухания агар-агара изменяется незначительно.

Таблица 1 Степень набухания агар-агара в воде, подвергшейся воздействию электромагнитного поля различных частот (Т = 23 °С, tобл = 3 ч)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота *f*, МГц  | Степень набухания α, % | Δα, % | Δα/α0, % |
| 0 | 191±5 | - | - |
| 30 | 177±7 | -14 | -4 |
| **50** | 164±4 | -27 | **-14** |
| **70** | 217±3 | 26 | **+14** |
| 90 | 184±6 | -7 | -4 |
| 110 | 205±2 | 14 | +7 |
| 130 | 200±4 | 9 | +5 |
| 150 | 200±3 | 9 | +5 |
| **170** | 213±5 | 22 | **+12** |
| **190** | 233±3 | 42 | **+22** |
| 200 | 203±5 | 12 | +6 |

Изучено влияние времени облучения воды ЭМП на степень набухания агар-агара. Измерения проведены для 2-х частот 110 и 150 МГц. Время облучения варьировалось от 1 до 5 ч. Установлено, что максимальное увеличение степени набухания полимера наблюдается при использовании воды, облученной полем 110 МГц в течении 1 ч. Оно составляет 30%. При увеличении времени облучения эффективность полевого воздействия снижается. Для частоты 150 МГц четкая временная закономерность отсутствует.

Установлено, что в облученной воде по сравнению с необлученной, вдвое снижается величина контракции для частот 30 и 50 МГц (для этих частот степень набухания имеет минимальные значения) и возрастает для остальных частот. В наибольшей степени контракция выражена для частоты 190 МГц (возрастает в 2,5 раза), для которой степень набухания максимальна

Набухание полимеров, как правило, зависит от температуры, что обусловлено наличием тепловых эффектов в данном процессе. При повышении температуры ограниченное набухание может перейти в неограниченное. Изучена температурная зависимость степени набухания агар-агара в необлученной и облученной ЭМП частотой 190 и 200 МГц воде. Показано, что в интервале температур 23-550С степень набухания агар-агара практически не изменяется для необлученной и облученной полем 200 МГц воды. При температуре 55 0С на кривой температурной зависимости наблюдается излом и при дальнейшем повышении температуры до 730С степень набухания полимера возрастает дополнительно на 50% в необлученной воде и на 60% в воде, подвергшейся воздействию поля частотой 200 МГц. В воде, облученной полем с частотой 190 МГц, излом на температурной кривой наблюдается при температуре 600С и при дальнейшем повышении температуры степень набухания резко возрастает. Температурные коэффициенты степени набухания в области 60 – 73 0С представлены в таблице 2. Они более чем в 3 раза отличаются для облученной (190 МГц) и необлученной воды.

Таблица 2 Температурные коэффициенты степени набухания агар-агара в необлученной и облученной воде

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Частота, МГц | 0 | 190 | 200 |
| Интервал температуры, 0С | 60-73 | 55-73 | 55-73 |
| Δα/ΔТ | 3,4 | 11 | 3,3 |

 Следует отметить, что при Т = 730С величина Δα составляет 115% в абсолютных величинах, или 43% в относительных.

Таким образом, проведенные исследования показали существенное влияние электромагнитной обработки воды на набухание в ней агар-агара. Исходя из гипотезы об усилении межмолекулярного взаимодействия в водной среде, можно объяснить снижение степени набухания агара замедлением диффузии воды в полимер и снижением степени гидратации его полярных групп. В пользу данной гипотезы также свидетельствует тот факт, что резкое возрастание объема набухшего полимера в облученной воде происходит при более высокой температуре. Увеличение степени набухания может быть обусловлено противоположными процессами, а также изменением рН облученной воды.

1. Анциферов Е. А. Растворение и набухание природного полимера агар-агар в растворах электролитов //[Вестник Иркутского государственного технического университета](https://cyberleninka.ru/journal/n/vestnik-irkutskogo-gosudarstvennogo-tehnicheskogo-universiteta), 2010. №6 (46). С. 171–174.
2. Тугов И.И., Кострыкина Г.И. Химия и физика полимеров М.: Химия, 1989. – 432 с.