

УДК 378.147:54

**ИЗУЧЕНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОВ НА ПРИМЕРЕ
РАЗЛАГАЕМЫХ ПОЛИМЕРНЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ КРАХМАЛА В СРЕДНЕЙ ШКОЛЕ**

В. А. Халецкий

УО «Брестский государственный технический университет»,
г. Брест, Республика Беларусь

Традиционно изучение углеводов является одной из самых сложных тем школьного курса органической химии. Большие и сложные структурные формулы, возможность существования моносахаридов в линейной и нескольких циклических формах, наличие структурных и оптических изомеров, сочетание у углеводов химических свойств многоатомных спиртов и карбонильных соединений – все это в значительной степени затрудняет восприятие школьниками учебного материала. Вместе с тем углеводы играют огромную роль и в природе, и в техно-логии, поэтому учителю химии в средней школе приходится прикладывать значительные усилия при объяснении данной темы. Изучение углеводов в курсе средней школы в Республике Беларусь предусматривает рассмотрение моносахаридов (глюкозы и фруктозы), дисахаридов (сахарозы) и полисахаридов (крахмала и целлюлозы) [1].

В базовом учебнике химии для 11-го класса А. П. Ельницкого и Е. И. Шарапы крахмалу посвящено два параграфа: «Полисахариды. Крахмал» и «Химические свойства, получение и применение крахмала» [2, с. 221–226]. В качестве лабораторного опыта учащимся предла-

гается осуществить качественную реакцию на взаимодействие данного углевода с йодной водой. Вместе с тем на факультативных занятиях по химии лабораторные опыты с участием крахмала могут быть более разнообразными. В частности, с помощью простого оборудования и доступных реактивов можно получить и исследовать свойства полимерных пленок на основе как чистого, так и модифицированного крахмала.

Такие пленки представляют интерес в силу своего большого практического значения и перспективы использования в качестве упаковочного материала. Основные крупнотоннажные полимеры, используемые сегодня для упаковки, являются синтетическими продуктами, поэтому не существует природных микроорганизмов, которые могли бы их разлагать с удовлетворительной скоростью. Относительно высокая химическая стабильность синтетических упаковочных материалов приводит к низкой скорости их разложения в условиях окружающей среды; они способны к накоплению, превращаясь в долговременный фактор загрязнения природы.

В начале 2000-х гг., характеризующихся увеличением цен на углеродное сырье, возникает большой интерес к промышленной разработке разлагаемых полимеров, способных полностью деструктурировать под действием факторов окружающей среды (влаги, солнечного излучения, почвенных микроорганизмов). В 2010 году было произведено 724 тыс. т биопластиков (включая биоразлагаемые пластики из углеводородного сырья), что составляет примерно 0,2 % мирового рынка производства пластмасс (250 млн. т в год) [3].

В настоящее время крахмал является самым распространенным видом сырья для биоразлагаемых материалов. С крахмалом работают более 30 % производителей разлагаемой упаковки. Изделия из модифицированного крахмала производят на том же оборудовании, что и обыкновенную пластмассу [4].

При попадании в почву крахмал подвергается гидролизу под действием ферментов почвенных микроорганизмов с образованием глюкозы, которая в конечном итоге метаболизируется до углекислого газа и воды [5].

В настоящее время разлагаемые материалы на основе крахмала используются [6]:

– в пищевой промышленности для получения безопасной упаковочной пленки, сохраняющей органолептические показатели продуктов питания, в отдельных случаях такая пленка также может быть употреблена в пищу;

– в сельском хозяйстве в качестве парниковой пленки, для мульчирования, а также в качестве материала с контролируемым высвобождением удобрений;

– в медицине для доставки лекарств и в качестве матрицы для выращивания костной ткани.

Для получения полимерных пленок из чистого крахмала, а также крахмала, модифицированного многоатомными спиртами (глицерином, сорбитом, пропиленгликолем), в условиях школьной лаборатории предлагается использовать клейстер, изготовление которого осуществляется в две стадии:

– в химический стакан вносится 40 мл холодной водопроводной воды, при необходимости – рассчитанное количество модификатора (глицерина, сорбита или пропиленгликоля), и при постоянном перемешивании стеклянной палочкой добавляется 20 г крахмала;

– полученную суспензию медленно, при постоянном перемешивании приливают в химический стакан, где находится 160 мл водопроводной воды, нагретой до кипения. Перемешивание продолжают до тех пор, пока не происходит «заваривание» смеси, сопровождающееся увеличением вязкости.

Полученный крахмальный клейстер оставляют для остывания до 40 °С, после чего из него формируют пленку. Для этого стеклянной палочкой клейстер равномерно и аккуратно распределяют по поверхности листа из полиэтилентрефалата, служащего подложкой. По мере испарения воды из клейстера происходит формирование пленки. После 48 ч сушки при комнатной температуре пленка легко снимается с подложки.

Содержание модификатора в пленках может быть значительным и составлять до 40 % от массы крахмала.

Важной частью работы является исследование свойств полученных пленок. Толщина пленок может быть определена с помощью гладкого микрометра, который имеется в кабинетах труда. Большой интерес представляет исследование стабильности пленок в различных химических средах (дистиллированной воде и 1 М растворах соляной кислоты, гидроксида натрия, хлорида натрия). Самой агрессивной по отношению к крахмалу является щелочная среда, в которой пленки растворяются за считанные минуты. Это может быть объяснено реакцией образования высокорастворимых алкоголятов переменного состава ($C_{12}H_{20}O_{10} \cdot NaOH$) [7, с. 28]. В дистиллированной воде и других средах пленки стабильны в течение суток и более.

Для исследования биоразложения пленок их можно поместить в увлажненный почвогрунт. При комнатной температуре уже через 5 суток пленки растворяются полностью.

Предлагаемые методики получения разлагаемых пленок на основе модифицированного крахмала и исследования их свойств были разработаны под руководством автора при выполнении исследовательской работы учащимся 11-го класса ГУО «Лицей № 1 им. А. С. Пушкина г. Бреста» Алексеем Боковцом.

В качестве объекта изучения в рамках школьного факультатива полимерные материалы на основе крахмала обладают рядом преимуществ: доступность и низкая стоимость исходных реагентов, их абсолютная безопасность для здоровья человека и окружающей среды, легкость выполнения опытов и простейшее оборудование. Кроме того, учащиеся узнают, что крахмал является не только ценным сырьем для пищевой промышленности, но имеет широкое использование и в других областях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Халецкий, В. А. Разлагаемые полимерные материалы на основе крахмала как объект изучения в средней школе / В. А. Халецкий // *Chemija mokykloje – 2014–2015: Konferencijos pranešimų medžiaga; Kaunas / Kauno technologijos universitetas; red. A. Šulčius. – Kaunas: Technologija, 2015. – P. 29–34.*
2. Ельніцкі, А. П. Хімія: падручнік для 11-га кл. устаноў агул. сярэд. адукацыі з беларус. мовай навучання / А. П. Ельніцкі, А. І. Шарапа. – 3-е выд., перапрац. і дап. – Мінск: Нар. асвета, 2013. – 318 с.
3. Novon biodegradable plastics business to close // *European Plastics News. – 1994. – No. 2. – P. 5.*
4. Лешина, А. Пластики биологического происхождения / А. Лешина // *Химия и жизнь – XXI век. – 2012. – С. 2–5.*
5. Primarini, D. Some enzyme properties of raw starch digesting amylases from streptomyces sp. / D. Primarini, Y. Ohta. – *Starch. – Vol. 52. – 2000. – No. 4. – P. 28–32.*
6. Lu, D. R. Starch-based completely biodegradable polymer materials / D. R. Lu, C. M. Xiao, S. J. Xu. – *eXPRESS Polymer Letters. – Vol. 3. – 2009 – No. 6. – P. 366–375.*
7. Технология крахмала и крахмалопродуктов / Н. Н. Трегубов [и др.]; под ред. Н. Н. Трегубова. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981. – 472 с.