

Pure & Appl. Chem. 1996. V. 68. № 12. P. 2313–2323.
©1996 IUPAC

МЕЖДУНАРОДНЫЙ СОЮЗ ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ХИМИИ

МАКРОМОЛЕКУЛЯРНОЕ ОТДЕЛЕНИЕ
КОМИССИЯ ПО МАКРОМОЛЕКУЛЯРНОЙ НОМЕНКЛАТУРЕ*

ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ТЕРМИНЫ, ОТНОСЯЩИЕСЯ К ДЕГРАДАЦИИ,
СТАРЕНИЮ И РОДСТВЕННЫМ ИМ ХИМИЧЕСКИМ ПРЕВРАЩЕНИЯМ
ПОЛИМЕРОВ

Рекомендации ИЮПАК 1996 г.

Подготовлено к печати рабочей группой в составе

**К. НАТАДА (ЯПОНИЯ), R. B. FOX (США),
J. КАНОВЕС (РЕСПУБЛИКА ЧЕХИЯ), E. MARECHAL (ФРАНЦИЯ),
I. МИТА (ЯПОНИЯ), В. П. ШИБАЕВ (РОССИЯ)**

*Члены Комиссии, принимавшие участие в работе над документом (1985–1995 гг.):

Титулярные члены: G. Allegra (Италия, до 1989 г.), R.E. Bareiss (Германия, до 1993 г.), K. Hatada (Япония, ассоциированный член до 1987, титулярный – с 1989 г.), J. Kahovec (Чешская Республика, ассоциированный член с 1987, титулярный – с 1991 г.), P. Kratochvil (Чешская Республика, председатель до 1991 г.), E. Marechal (Франция, ассоциированный член с 1991, титулярный – с 1993 г.), W.V. Metanomski (США, ассоциированный член с 1987, титулярный – с 1991 г.), I. Mita (Япония, титулярный член до 1989, ассоциированный – до 1991 г.), C. Noël (Франция, до 1993 г.), И.М. Паписов (Россия, до 1987 г., ассоциированный – до 1991 г.), В.П. Шибаев (Россия, с 1987 г.), R.F.T. Stepto (Великобритания, ассоциированный член с 1987 г., титулярный – с 1989 г., председатель – с 1991 г.), U.W. Suter (Швейцария, до 1991 г., ассоциированный – до 1993 г.), W.J. Work (США, ассоциированный член с 1985 г., секретарь – с 1987 г.).

Ассоциированные члены, принявшие участие в работе над документом: J.V. Aleman (Испания, с 1887 г.), M. Baron (Аргентина, национальный представитель с 1987 г., ассоциированный член с 1991 г.), Jung-II Jin (Корея, национальный представитель с 1991 г., ассоциированный член с 1993 г.), K. Matyjaszewski (США, с 1991 г.), S. Penczek (Польша, с 1993 г.), L. Shi (КНР, с 1987 г.), S.K. Tripathy (США, до 1991 г.).

Также внесли вклад в разработку документа: N.M. Bikales (США, секретарь до 1987 г.), A.D. Jenkins (Великобритания, председатель до 1985 г., ассоциированный член до 1987 г.), K.L. Loening (США, национальный представитель до 1987 г.), J.H.O'Donnell (Австралия, вице-президент макромолекулярного отделения с 1994 г.), Н.А. Платэ (Россия, национальный представитель до 1991 г.), A. Sirigu (Италия, национальный представитель с 1991 г.).

Аннотация

Химические реакции полимеров очень важны с точки зрения улучшения их свойств и изменения структурных и физико-химических характеристик в процессах синтеза, переработки, использования или действия на полимеры химических реагентов либо микроорганизмов. Соответствующая терминология, однако, развивалась спонтанно на базе исследований различных групп ученых. Чтобы облегчить взаимопонимание среди исследователей и избежать путаницы в данном документе в

алфавитном порядке представлены термины, относящиеся к деградации, старению и родственным им процессам химических превращений полимеров, а также дана самосогласованная терминология для данной области полимерной химии. Некоторые из основных терминов модифицируются с помощью одного или большего числа префиксов или определений, описывающих тип или причину данного процесса. Определения основных терминов, таких как старение, деградация и стабильность, снабжены примечаниями, которые относятся к специальным случаям этих процессов. Например, определения различных видов старения (таких как искусственное, космическое, грунтовое или радиационное старение), включены в примечания, данные под определением основного термина "старение". Те из модифицированных прилагательными терминов, которые наиболее часто используются как самостоятельные, определяются отдельно; типичными примерами могут служить биодеградация, фотостабилизатор, обрывающий цепь антиоксидант. Для удобства читателя в конце документа дан алфавитный указатель (в русском переводе не приводится).

ВВЕДЕНИЕ

Химические реакции полимеров очень важны. Во-первых, химической модификацией широко пользуются для достижения необходимых свойств полимеров. Во-вторых, в результате действия физических и химических факторов, таких как трение, нагревание, свет, радиация, воздействие химических реагентов или микроорганизмов, все полимеры имеют тенденцию подвергаться спонтанным изменениям структуры и физико-химических свойств в процессах их синтеза, переработки и применения. Эти типы трансформации полимеров чрезвычайно важны с точек зрения как экономики, так и воздействия на окружающую среду. Соответствующая терминология, однако, развивалась спонтанно, поэтому развитие самосогласованной терминологии должно помочь обмену информации и избежать путаницы.

В данном документе в алфавитном порядке представлены термины, относящиеся к деграда-

ции, старению и родственным им процессам химических превращений полимеров; в конце документа дан алфавитный указатель (в русском переводе не приводится). Основные термины часто модифицируются с помощью одного или большего числа префиксов или определений, описывающих тип или причину данного процесса. Так, определения основных терминов (таких как старение, деградация и стабильность) снабжены примечаниями, которые относятся к специальным случаям этих процессов. Например, определения различных видов старения (таких как искусственное, космическое, грунтовое или радиационное старение), включены в примечания, данные под определением основного термина "старение". Модифицированные префиксами или прилагательными термины, которые наиболее часто используются как самостоятельные, определяются отдельно; типичными примерами могут служить биодеградация, фотостабилизатор, обрывающий цепь антиоксидант.

Термин

1. Абляция (*ablation*)

Удаление поверхностных слоев полимеров вследствие воздействия внешних источников тепла, таких как высокоскоростной поток горячего газа или луч лазера.

2. Аблятор (*ablator*)

Вещество, которое образует защитный поверхностный слой на оболочке космического корабля или ракеты и которое расходуется в процессе абляции.

3. Автоокисление (*autooxidation*)

Окисление, при котором промежуточные продукты увеличивают скорость реакции.

Примечание

Автоокисление возникает обычно в результате цепных реакций при взаимодействии полимера с воздухом или кислородом, а промежуточными продуктами обычно являются пероксидные соединения.

4. Антагонизм (*antagonism*)

Воздействие двух или более агентов в противоположных направлениях, приводящее к эффекту более слабому, чем можно было ожидать, основываясь на индивидуальном действии каждого из них.

Примечание

Особенно широко используется в случае антиоксидантов и стабилизаторов.

Вещество, ингибирующее или замедляющее окисление.

Примечания

1. Антиоксиданты, действующие при определенных условиях, могут быть отнесены к термоантиоксидантам, фотоантиоксидантам, механо-антиоксидантам и т.д.

2. См. также антиоксидант-ограничитель цепи.

Определение

5. Антиоксидант Антиокислитель (*antioxidant*)

<i>Термин</i>	<i>Определение</i>
6. Антиоксидант-ограничитель цепи (chain-terminating antioxidant)	Антиоксидант, способный прерывать автоокисление за счет реакции со способными продолжать цепь свободными радикалами, в результате чего образуются неактивные продукты либо продукты с пониженной активностью. <i>Примечание</i> Термин <u>антиоксидант-обрыватель цепи</u> (<i>chain-breaking antioxidant</i>) используется как синоним термина антиоксидант-ограничитель цепи.
7. Антирад (antiradient)	Добавка, защищающая полимер от действия ионизирующей радиации.
8. Биодеградация (biodegradation)	Деградация полимерного материала, обусловленная, хотя бы частично, биологическими процессами. <i>Примечания</i> 1. См. также определение термина “деградация”. 2. Обычно биодеградация связана с протеканием ферментативных процессов благодаря деятельности бактерий или грибков. 3. В некоторых случаях биодеградация полимера желательна.
9. Время жизни (lifetime)	Время, в течение которого полимер сохраняет часть своих исходных свойств в той степени, в которой это достаточно для его применения.
10. Дезактиватор металла (metal deactivator)	Комплексообразующий агент, который дезактивирует либо понижает способность ионов металла катализировать деградацию полимера.
11. Деградация (degradation)	Химические изменения в полимерном материале, которые влечут за собой нежелательные изменения его эксплуатационных характеристик ² . <i>Примечания</i> 1. В некоторых случаях деградация сопровождается уменьшением молекулярной массы. 2. Причины деградации могут быть уточнены с помощью префиксов или прилагательных, предшествующих словам “деградация”. Например, деградация, вызванная видимым или УФ-светом, называется <u>фотодеградация</u> (<i>photodegradation</i>); деградация, индуцированная действием кислорода либо совместным действием света и кислорода, называется <u>окислительная деградация</u> (<i>oxidative degradation</i>) и <u>фотоокислительная деградация</u> (<i>photooxidative degradation</i>) соответственно; деградация, вызванная действием тепла либо совместным действием химических агентов и тепла, называется <u>термодеградация</u> (<i>thermal degradation</i>) и <u>термохимическая деградация</u> (<i>thermochemical degradation</i>) соответственно; деградация, вызванная совместным действием тепла и кислорода, называется <u>термоокислительная деградация</u> (<i>thermo-oxidative degradation</i>).
12. Денатурация (denaturation)	Изменение нативной конформации белков и нуклеиновых кислот, сопровождающееся потерей их биологической активности. <i>Примечание</i> Денатурацию вызывают такие факторы, как нагревание, измерение pH или действие химических реагентов.
13. Долговечность (durability)	Способность полимерного материала в определенных условиях сохранять свои характеристики.
14. Замедлитель горения (fire retardant)	Добавка, увеличивающая сопротивляемость материала горению. <i>Примечания</i> 1. Замедлитель горения иногда называют <u>замедлителем воспламенения</u> (<i>flame retardant</i>). 2. Способность материала сопротивляться горению называется <u>сопротивляемость горению</u> (<i>fire retardancy</i>) или <u>сопротивляемость воспламенению</u> (<i>flame retardancy</i>).
15. Замедлитель (retarder)	Вещество, которое замедляет реакцию. <i>Примечание</i> См. также “ингибитор”.
16. Изнашивание (wear)	Потеря эксплуатационных свойств или износ полимера вследствие длительного использования, действия трения или других деструктирующих воздействий.

17. Ингибитор (<i>inhibitor</i>)	Вещество, останавливающее химическую реакцию.
	<i>Примечания</i>
	1. См. также “замедлитель”.
	2. Согласно общей химической терминологии, термин “ингибитор” определяется как “вещество, которое уменьшает скорость химической реакции” (IUPAC Compendium of Chemical Terminology, 1987, p. 199).
18. Истирание (<i>abrasion</i>)	Разрушение поверхностного слоя твердого материала под действием трения о твердые, жидкые или газообразные вещества.
19. Карбонизация (<i>carbonisation</i>)	Превращение органического полимера в материал, состоящий преимущественно из углерода.
20. Крейзинг (<i>crazing</i>)	Образование при приложении к полимеру напряжения трещин, в которых находятся порожденные напряжением фибрillы, связывающие друг с другом поверхности каждой из трещин.
	<i>Примечание</i>
	Размер трещины в одном из измерений обычно порядка микрометра.
21. Озоление (<i>ashing</i>)	Процесс, в котором полимер сгорает до порошкообразного остатка.
22. Пероксидация³ (<i>peroxidation</i>)	Процесс образования гидропероксида или пероксида при окислении.
23. Пиролиз (<i>pyrolysis</i>)	Термолиз, обычно связанный с экспозицией при высокой температуре.
	<i>Примечания</i>
	1. IUPAC Compendium of Chemical Terminology, 1987, p. 324.
	2. <u>Термолиз</u> (<i>thermolysis</i>) определяют как некатализированный разрыв одной или более ковалентных связей в результате экспозиции соединения при повышенной температуре, либо процесс, в котором происходит разрыв значительной доли таких связей (IUPAC Compendium of Chemical Terminology, 1987, p. 424).
	3. Самоподдерживающийся пиролиз, в котором реакция, будучи инициирована, поддерживается в значительной степени за счет теплоты экзотермической реакции, называется “автопиролиз” (<i>auto-pyrolysis</i>).
24. Полимер, деградирующий в природных условиях³ (<i>environmentally degradable polymer</i>)	Полимер, который способен деградировать под действием окружающей среды, например света, тепла или микроорганизмов.
	<i>Примечания</i>
	1. После деградации полимера в окружающей среде не остается нежелательных продуктов.
	2. <u>Контролируемо-деградирующий полимер</u> (<i>controlled-degradable polymer</i>) – это полимер, созданный таким образом, что он деградирует с предсказуемой скоростью. Молекулярная масса продуктов деградации обычно ниже, чем у исходного полимера.
25. Противоутомитель (<i>anti-fatigue agent</i>)	Агент, используемый для подавления (ингибиования) усталости полимера.
26. Разрушитель пероксидов³ (<i>peroxide decomposer</i>)	Агент, превращающий пероксиды в стабильные соединения без образования свободных радикалов.
	<i>Примечание</i>
	Агент, разрушающий гидропероксиды, называется разрушителем гидропероксидов.
27. Растрескивание (<i>cracking</i>)	Образование трещин в полимерном материале.
	<i>Примечания</i>
	1. Растрескивание, вызванное действием химикалий, озоном, окислителем, растворителем (жидкостью), ультрафиолетовым светом или другим электромагнитным излучением, называется соответственно <u>химическим растрескиванием</u> (<i>chemical cracking</i>), <u>озонным растрескиванием</u> (<i>ozone cracking</i>), <u>окислительным растрескиванием</u> (<i>oxidative cracking</i>), <u>растрескиванием под действием растворителя</u> (<i>solvent cracking</i>), <u>растрескиванием под действием УФ-света</u> (<i>UV cracking</i>), <u>радиационным растрескиванием</u> (<i>radiation cracking</i>).
	2. См. также <u>растрескивание под действием напряжений в природных условиях</u> .

28. Растрескивание под действием напряжений в природных условиях³ <i>(environmental stress cracking)</i>	Растрескивание, вызванное совместным действием механического напряжения и химических агентов, радиации либо того и другого.
	Примечания
	1. Растрескивание под действием напряжений в природных условиях называют также растрескиванием под действием напряжений. 2. См. также растрескивание.
29. Светопогодное воздействие Климатическое воздействие <i>(weathering)</i>	Экспозиция полимерного материала в природных или искусственно созданных природных условиях.
	Примечания
	1. В результате воздействия природных условий изменяются либо появляются новые механические свойства. 2. Светопогодное воздействие, в котором скорость изменений искусственно увеличена, называется <u>ускоренным светопогодным воздействием</u> (<i>accelerated weathering</i>). Светопогодное воздействие в искусственно созданных условиях называется <u>искусственным светопогодным воздействием</u> (<i>artificial weathering</i>). 3. Способность полимера сопротивляться старению в природных условиях называется <u>климатической стойкостью</u> (<i>weatherability</i>).
30. Сенсибилизатор (<i>sensitizer</i>)	Вещество, способствующее либо препятствующее инициированию химических изменений в полимерном материале.
31. Слабая связь (<i>weak link</i>)	Химическая связь в основной цепи полимера, в наибольшей степени подверженная разрыву.
32. Стабилизатор (<i>stabilizer</i>)	Добавка, которая повышает стабильность полимера.
	Примечание
	Стабилизаторы, используемые для повышения отдельных видов стабильности, называют УФ-стабилизаторами, фотостабилизаторами, термостабилизаторами и т.д.
33. Стабилизация (<i>stabilization</i>)	Обработка полимера с целью повышения его стабильности.
	Примечания
	1. Стабилизация введением в полимер определенных добавок или модификацией химической структуры полимера может быть названа <u>химической стабилизацией</u> (<i>chemical stabilization</i>). 2. Стабилизация, реализующаяся в результате физического воздействия (например, механической или термической обработки), может быть названа <u>физической стабилизацией</u> (<i>physical stabilization</i>).
34. Стабильность (<i>stability</i>)	Способность полимерного материала сохранять показатели его свойств в течение определенного периода времени.
	Примечание
	Частные виды стабильности могут быть специфицированы с помощью определений, предшествующих термину "стабильность" (синонимы: "стойкость", "устойчивость"). Например, способность полимера сопротивляться биологически индуцированному старению либо биодеградации называется <u>биологическая стойкость</u> (<u>устойчивость</u>) (<i>biological stability</i>), способность полимера сопротивляться действию химикалий, света, ионизирующей радиации либо тепла называется соответственно <u>химическая стойкость</u> (<u>устойчивость</u>) (<i>chemical stability</i>), <u>фотостабильность</u> (<u>светостойкость</u>) (<i>photostability</i>), <u>радиационная стойкость</u> (<u>устойчивость</u>) (<i>radiation stability</i>), <u>теплостойкость</u> (или <u>термостойкость</u>) (<i>thermal stability or thermostability</i>); способность полимера сопротивляться окислению называется <u>окислительная стойкость</u> (<u>устойчивость</u>) (<i>oxidative stability</i>); способность полимера сопротивляться комбинированному действию света и кислорода либо кислорода и тепла называется соответственно <u>фотоокислительная устойчивость</u> (<i>photo-oxidative stability</i>) и <u>термоокислительная устойчивость</u> (<i>thermo-oxidative stability</i>).
35. Старение (<i>aging</i>)	Процессы, происходящие в полимерном материале в течение определенного промежутка времени, которые обычно приводят к изменениям физической и (или) химической структуры и показателей свойств материала.
	Примечания
	1. Процессы, которые приводят к обратимым изменениям физической структуры полимерного материала, называются <u>физическими старением</u> (<i>physical aging</i>).

2. Если необходимо, термин “старение” может быть уточнен. Например, старение под воздействием воды или водных растворов называют водным старением (*aqueous aging*); старение, вызванное прямым или косвенным воздействием живых организмов, называют биологически-индукционным старением (*biologically-induced aging*); старение во внеземном пространстве или в условиях, его симулирующих, называют космическим старением (*cosmic aging*); старение в результате контакта с грунтом или почвой, называют почвенным старением (*underground aging*); старение, вызванное воздействием окисляющего агента, особенно кислорода, называют окислительным старением (*oxidative aging*); старение, вызванное комбинированным воздействием света и кислорода, называют фотоокислительным старением (*photo-oxidative aging*), действием тепла и кислорода – термоокислительным старением (*thermo-oxidative aging*), действием только тепла – термическим (тепловым) старением (*thermal aging*), действием видимого или ультрафиолетового света – фотохимическим старением (*photochemical aging*).

36. **Теплостойкость**
(*heat endurance*)

37. **Усталость** (*fatigue*)

Способность полимера сохранять эксплуатационные свойства при действии на него тепла.

Процесс, состоящий в прогрессирующих локализованных, постоянных структурных изменениях в материале, подвергаемом переменным внешним воздействием.
Примечание

Механические воздействия, такие как напряжение и деформация, могут приводить к растрескиванию или разрушению материала. Потеря фотохромным материалом своих функций вследствие многократного облучения может равным образом рассматриваться как усталость.

Вещество, вызывающее фотохимическую реакцию либо ускоряющее инициирование фотохимической реакции.

Примечание

Соответствующий процесс называется “фотосенсибилизация” (*photosensitization*).

Добавка, используемая для защиты полимера от фотодеструкции.

Примечание

Фотостабилизатор также называют светостабилизатором (*light stabilizer*) или фотозащищающим агентом (*photoprotective agent*).

Перевод И.М. Паписова

Примечания переводчика.

Список терминов, определения которых даны в настоящем документе, далеко не полон. Например, отсутствуют такие широко используемые в научной литературе на русском и английском языках термины, как деполимеризация, синергизм (стабилизаторов), период индукции и т.д.

¹ В оригинале “Thermodynamic processes”, что наверняка ошибка, так как словосочетание не имеет смысла.

² Данная формулировка определения охватывает все возможные химические изменения, включая сшивание; поэтому термин “деструкция” не может быть использован как синоним термина “деградация”.

³ Прямой перевод (специальный термин в научной литературе на русском языке отсутствует).