

ВИЗУАЛНИ ИЗСЛЕДВАНИЯ

ИЗДАНИЕ НА ФАКУЛТЕТ ПО ИЗОБРАЗИТЕЛНО ИЗКУСТВО
ПРИ ВТУ „СВ. СВ. КИРИЛ И МЕТОДИЙ“

БРОЙ 2/2019

Деница Иванова-Александрова

ДЪЛГОТРАЙНОСТ И ПОСТОЯНСТВО В КАЧЕСТВОТО – СЪВРЕМЕННИТЕ ПАРАМЕТРИ, ДЕФИНИРАЩИ ХАРТИЯТА ЗА ПЕЧАТНА ГРАФИКА

Denitsa Ivanova-Aleksandrova

DURABILITY AND PERMANENCE IN THE QUALITY – CONTEMPORARY PARAMETERS, DEFINING THE PAPERS AND CARDBOARDS FOR PRINTING ART

Abstract: The long lifecycle, also known as durability and the permanence / invariability in the quality of papers and cardboards for graphic art, are today the basic requirements, imposed by printed art in terms of high quality parameters. These two factors are a manifestation, depending on different internal chemical-composition properties of the paper consistency and external influences of the ambience. Longevity and permanence are perceived as a function of aging and are actually observed at a later point in time. It is important to clarify that they are terms with different contents where „durability” is perceived as the ability of the paper or cardboard to resist the impact of wear during use, and the „permanence” is the possibility of product to remain chemically and physically stable for a long period of time.

Keywords: *durability, long lifecycle, permanence, invariability in quality, aging, acid free paper, buffering, calcium carbonate (CaCO₃), chlorine (Cl), oxygen delignification, classification of paper.*

Дългият жизнен цикъл, познат още като дълготрайност и постоянството/неизменчивостта в качеството на хартиите и картоните за графичен печат, днес са едни от основните изисквания, наложени от печатното изкуство, по отношение на проявени качествени параметри. Тези два фактора са зависими от различни вътрешни химико-композиционни свойства на хартиения състав и външните влияния на средата. Дълготрайността и постоянството се възприемат като функция на стареенето и реално се наблюдават в един последващ момент. Важно е да се поясни, че те са термини с различно съдържание, при което „трайност“ се възприема като способност на хартията или картона да се противопоставя на въздействието на износване при използване, а „постоянство“ е тенденцията на продукта да остане химически и физически стабилен за дълъг период от време.

За целите на графичния традиционен и дигитален печат тези два параметъра са от изключителна значимост за категоризиране на различията в качеството на видовете хартии или картони. Термините могат да се дефинират чрез обобщаващото определение *дълголетие*, което индикира липсата на изменения във физико-механичните, оптичните и химичните свойства на продукта, познато още като липса на стареене. Дълголетие то зависи преди всичко от вида на използваната суровина, в частност хартиения състав, от условията за получаването ѝ, чрез употреба на специфични реагенти в процесите на обработка, както, разбира се, и от последващото съхраняване на продукта. Изключително значение този фактор има за ценни произведения на изкуството и книжа, изискващи дългосрочно съхранение.

Посредством степента на стареене и времето, за което то се реализира, става възможно дефинирането на висококачествените и нискокачествените хартии и картони. В случаите на продукти от битов, масов характер, като вестници, списания, рекламни материали, опаковъчна хартия, които имат кратък жизнен цикъл, този параметър не е особено значим. При тях се наблюдава значително качествено влошаване с времето, подчертано от пожълтяване и крехкост на материала, дължащи се на високото съдържание на нискокачествена целулоза в хартията и протичащи окислителни процеси.

В последните 20 години на XX век дълголетие на хартиените продукти провокира диалог между различни изследователски екипи, с цел откриване на най-точните, ефикасни условия за създаване на листи, отговарящи на т.нар. архивни нужди. Изискванията на специализирания графичен печат, от своя страна, налагат претенции, реализацията на които гарантира високо качество на продукта чрез премахване на увреждащите производствени процеси и прибавяне на други, стимулиращи удължаването на жизнения цикъл. Те най-общо се заключават в елиминиране на киселинността чрез създаване на неутрална, буферирана среда, прибавяне на калциев карбонат (CaCO_3), частична или пълна редукция на хлор и осъществяване процес на кислородна делигнификация.

„Киселинно свободна хартия“ е термин в хартиеното производство, възникнал като последица от наблюдаваното влошаване на листовите продукти в последните 100 години. Понижените качества на хартиените изделия, изразени в пожълтяване и крехкост, проличават ясно в архивите и библиотеките, като прави впечатление още относително доброто състояние на по-стари документи, създадени столетия по-рано. Достига се до заключение, че деградивните процеси са резултат на „съвременната“ технология на обработка, навлязла активно от края на XIX век чрез киселия пулп и хартии, произведени от дървесна маса, при която не е отстранен лигнинът. При пряко излагане на светлина и/или топлина молекулите в киселинната хартия се разпадат още по-бързо, стимулирайки негативни, видимо настъпващи качествени промени¹. През 30-те години на изминалото столетие Уилям Бароу (William Barrow)², химик и библиотекар, публикува доклад за влошаване състоянието на киселинната хартия в библиотеките. Поражда се нуждата от предприемане на адекватни и навременни мерки, предотвратяващи постепенното разпадане на писмени и художествени материали чрез подобряване качеството на хартията.

Направените впоследствие изследвания и разработки довеждат до промени в химическото състояние на хартиената суспензия, която вече се изготвя в среда с неутрално или основно рН (7,0–8,5/9,0). Елиминирането на киселинността чрез създаване на неутрална, буферирана среда (до неутрално алкална), без употребата на киселини, е един от основните фактори, гарантиращи висока продължителност на живота на продукта. Нежеланите странични ефекти на киселата среда в днешно време са туширани само чрез осъществяване на т.нар. неутрално проклеиване. Този метод е сравнително млад и се използва за направата на изключително стабилни и устойчиви на стареене хартиени изделия. Хартиите, които се възползват от този процес, са специално индикирани като “ACID FREE”.

Достига се до няколко извода, от една страна, рН на водния извлек на дълготрайна хартия трябва да е именно в порядъка на 7,5–10, от друга, хартията не трябва да съдържа високодобивни влакнести материали и да е с високо съдържание на В-целулоза³. За да се предотврати износването и унищожаването, всички художествени хартии и ценни книжа съдържат калциев карбонат (CaCO_3) в минимум количество 2,5%–4%, като алкален буфер, пълнител, вложим в хартиената суспензия при стойности на рН най-малко 7,0. Днес хартията, устойчива на стареене, трябва да притежава следните характеристики:

- стойности на рН от 7,0 до 9,9;
- съдържание на минимум 3% калциев карбонат (CaCO_3);
- изготвена от 100% избелена целулоза (без наличие на лигнин)⁴;
- висока устойчивост към окисидиране.

¹ **Bruce Arnold, R.** *ASTM's Paper Aging Research Program*, page last changed: November 27, 2001, <https://web.archive.org/web/20011223104404/http://palimpsest.stanford.edu/byauth/arnold/astm-aging-research/>

² Уилям Джеймс Бароу (William James Barrow, 1904–1967 г.) е американски химик и хартиен консерватор, пионер в опазването на документите в библиотеките и архивите. Той представя областта на консервиране на хартията и предпазването ѝ от окисляване чрез алкализация.

³ **Presbyterian Historical Society**, unlocing the past for the future. *Acid Free Paper and Archival Supply Sources*, <https://web.archive.org/web/20000914045052/http://www.history.pcusa.org/cong/acidpaper.html>

⁴ Чрез избелване на целулозата се цели елиминиране на остатъчния лигнин от целулозните влакна. Процесът протича в четири отделни етапа, като след всеки от тях целулозата се подлага на междинна промивка, с цел отстраняване на продуктите от избелването.

Наличието на тези параметри гарантира “LONG LIFE” на хартиения лист и придава висока стойност на продукта.

Той може да бъде изготвен от всякакво по вид целулозно влакно, поради липсата на активен киселинен компонент. Този вид каша притежава алкален резерв в определени количества и е лишена от сяра (S) и лигнин (или има налично съдържание, не повече от 1% от веществото⁵). Допълнителна здравина (якост) на листа може да се придаде при влагане на поне 25% памук или парцалена суровина с естествен произход (в най-добрият случай 100% памук, тоест хартия без дървесна маса)⁶. Материалите, прибавяни в суспензията и/или впоследствие върху повърхността на хартията, също трябва да бъдат безкиселинни.

Този тип хартия разрешава проблема, засягащ съхраняването на документи и произведения на изкуството за дълги периоди от време. Тя отговаря в частност на съвременните нужди на традиционната и дигиталната графика за висококачествен продукт, гарантиращ „безкраен“ жизнен цикъл. Алкална хартия от най-високо качество, съхранявана по подходящ начин, може да достигне продължителност на живота, приблизително 1000 години, а тази със средно качество – до 50 години⁷.

Изработването на алкална хартия има няколко други предимства в допълнение към преимуществата, свързани с опазването на печатните документи. Тя се възползва от по-малко корозивни химикали, процесът на обработка е много по-лесен и щадящ машините. От една страна, се намалява времето за престой на пулпа в тях, а от друга – поддръжката – фактори, удължаващи полезния живот на оборудването. Алкалната хартия бива по-лесно рециклирана, отпадъчните води и страничните продукти от проведения процес също; спестява се енергия в процеса на сушене и рафиниране. Методът е не само значително по-икономичен, но и по-екологичен⁸.

Използването на калциевия карбонат (CaCO_3)⁹ в хартиената промишленост, на свой ред, започва преди около 40 г. Първоначално той е вложен като пълнител, но впоследствие бива прилаган и като пигмент в покритията. Калциевият карбонат се добавя към хартиената суспензия по време на процеса проклеиване в качеството му на буфериращ агент (буфер). Общоприетото ниво на алкален буфер, присъстващо в хартията, предназначена за архивна употреба¹⁰, е от 3 до 5%. В определени научни разработки са посочвани по-ниски стойности от 2%, според които дори в тези минимални количества, може да се осигури хартия с продължителност на живота от поне 100 години¹¹. Добавянето например на 3% CaCO_3 осигурява приблизително 8,5 рН на хартията, което я прави не киселинна, тоест придава се алкалност на разтвора. Този минимален резерв от веществото спомага за бъдещото неутрализиране на други киселини, намиращи се в околната среда. Любопитен е фактът, че киселините имат способността да мигрират от предметите в съседство, в това число кутии, рафтове или дори от атмосферата (атмосферен серен диоксид (SO_2), тази тяхна особеност би превърнала всяка хартия в киселинна с течение на времето. Процесът на взаимодействие се изразява посредством химичната природа и реакцията между двата материала (киселина/основа). Киселина е всяко вещество, което отдава протони (частици с положителен заряд), отразяващи се негативно на връзките в хартиеният лист, от друга страна – основа, както е калциевият карбонат, е всяко вещество, което приема протони. Отрицателно заредената (основна) хидроксилна единица (ОН), комбинирана с положително заредения (киселинен) водороден йон (H), образува вода. При достатъчно наличие на алкален буфер (калциев карбонат) съществува потенциал за неутрализиране на киселинната среда, преди тя да повреди хартията, тъй като повечето киселини с практическо значение са водоразтворими.

⁵ R., Bruce Arnold. *ASTM's Paper Aging Research Program*, page last changed: November 27, 2001, <https://web.archive.org/web/20011223104404/http://palimpsest.stanford.edu/byauth/arnold/astm-aging-research/>

⁶ Presbyterian Historical Society, unlocing the past for the future. *Acid Free Paper and Archival Supply Sources*, <https://web.archive.org/web/20000914045052/http://www.history.pcusa.org/cong/acidpaper.html>

⁷ *ASTM D 3290-00*, „Standard Specification for Bond and Ledger Papers for Permanent Records”, <http://file.yizimg.com/175706/2012061522093690.pdf>

⁸ Lundeen, Gerald.W. *Preservation of Paper Based Materials: Present and Future Research and Developments in the Paper Industry*, 1983, p. p. 73–88.

⁹ Калциевият карбонат (CaCO_3) е една от най-разпространените соли на калция (Ca) с широка практическа приложимост. В природата се среща под формата на варовик, креда, мрамор и други.

¹⁰ Архивна хартия – хартия с дълъг жизнен цикъл.

¹¹ Teygeler, René. *Preserving paper: recent advances in Managing Preservation for Libraries and Archives: Current Practice and Future Developments*. Aldershot, Hants, England; Burlington, Ashgate, 2004, p.p. 83–112.

Характеристиките, които притежава CaCO_3 го превръщат в отлична суровина, осигуряваща по-високи здравина, белина, лесно дрениране и сушене на хартията (таблица 1.).

Таблица 1. Характеристики на калциев карбонат (CaCO_3)¹²

Калциев карбонат (CaCO_3)	
Приложение	Пълнител за хартиени продукти
Предимства	Подобрява здравината на листовите, придава висока белина, високо съдържание на пълнител, лесни дрениране и сушене
Основни качествени параметри	Добра белина (>90–95% по ISO), размер на частиците 50–75 wt % < 2µm, ниска абразивност

- придаване на дълготрайност (постоянство) на хартиения продукт;
- по-високо ниво на белина;
- по-високо съдържание на пълнител в хартията;
- намаляване разходите за алуминиев сулфат ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$);
- намаляване корозията на машините и съоръженията за обработка на хартиената суспензия;
- добра регионална разпространеност;
- по-ниска цена.

Изследвания доказват, че карбонатите притежават известни предимства в сравнение с пълнители като каолина и талка, което ги превръща в бързо налагащи се в хартиената индустрия продукти. Друга динамично развиваща се тяхна приложимост е производството на порести покрития. Тази нова насоченост е стимулирана от обстоятелството, че пълнители като природният калциев карбонат (CaCO_3) позволяват на покритието да диша благодарение на мрежа от микропори, преминаването на водата навътре в листа, но не и излизането ѝ обратно, също са положителни характеристики на материала¹³.

При стандартните методи на преработка получената чрез подходящо избрания химичен процес целулоза се измива добре, избелва се с хлор (Cl) и се изсушава. Обработката на влакната с това вещество, или с други хлорно базирани химикали е с двупосочно отрицателно въздействие: от една страна, физико-механичните свойства на хартиения продукт отслабват, от друга – се отделят емисии от вредни хлорни съединения, дефинирани като абсорбируеми органични халогениди¹⁴ (Adsorbable Organic Halides (АОХ)). Тези химикали може да съдържат силно токсични, трудно разтворими и канцерогенни диоксини¹⁵. Не трябва да се подценяват обаче и способностите на хлора да разрушава лигнинените връзки в дървесината, наличието на които допринася за пожълтяването на хартията с времето. Днес световното производство (около 20%) на избелена химическа целулоза все още се възползва от качествата му в производството на хартия, но този процес на хлориране неизбежно води до отделяне на много вредни вещества, увреждащи околната среда.

След 80-те години на ХХ век процесът на обработка с Cl е заменен от нетолкова вредни хлорни производни или в конкретни случаи не се използва въобще. Световно известни компании за хартия започват производство на изделия носещи характерни акроними като идентификация, сертифицираща определено качество:

- ECF (Elemental Chlorine Free/Без основен хлор) – продукти, избелени не чрез употреба на чист хлор, а от негови деривати или производни, както е хлорният диоксид (ClO_2). Методът намалява образуването на повечето от най-вредните химикали, но въпреки това този процес на избелване може да възпроизведе токсини (диоксини, фуран и органохлорини), освобождавайки значителни нива хлорни съединения. Нивата на АОХ са ниски.

¹² Каладзис, А., Денев, Б., Велев, В., Нишков, Ив. България и световното производство на карбонатни микропродукти. // *Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“*, том 49, част II: Добив и преработка на минерални суровини, 2006, с. 160–161.

¹³ Пак там.

¹⁴ Халогениди (халиди) са съединения на халогените: флуор (F), хлор (Cl), бром (Br), йод (I), астат (At). Съединенията се наричат съответно флуориди, хлориди, бромиди, йодиди и астатиниди.

¹⁵ Диоксини е обобщен термин на голяма група химични съединения – диоксини и фурани. Характерно за всички тях, е че се отличават с висока токсичност.

• TCF (Totally Chlorine Free/Изцяло без хлор) – продукцията се получава без използването на хлор под каквато и да е форма. Хартии от този тип са базирани на нови, свежи дървесни влакна (първични), несъдържащи дървесен пулп, произведен с хлор или хлорни производни като избелващи агенти. Всички компоненти, участващи в производството, са определени като обработени без хлор и идват от сертифициран FSC¹⁶ производител. Избелването в този случай се постига с участието на безопасни осветляващи агенти на основата на кислорода (O_2 / Oxygen Delignification/Кислородна делигнификация) – хидроген пероксид¹⁷ или озон¹⁸, и не произвежда АОХ съединения (хлориди) или диоксини.

Днес един от най-важните процеси за избелване на пулпа е кислородната делигнификация, която се осъществява посредством употребата на кислород (O_2). Това е метод на избелване на целулозните влакна, пряко насочен към неразрушения след готвенето на пулпа остатъчен лигнин, за чието отстраняване се използват кислород и алкали. Наблюдаваните реакции са окисляване на лигнина и разрушаването му на части, които се разтварят в алкална среда, унищожаване на оцветените групи в лигнина, както и отстраняване на примеси, като смолата. Кислородът (O_2) се редуцира до вода при реакция с органичните компоненти, а те на свой ред се окисляват. В нормалното си състояние O_2 е слаб окислител и като такъв е неефективен при делигнификацията. Неговата оксидираща сила се активира чрез повишаване на температурата в алкална среда. Най-същественят момент в този процес е именно довеждането на кислородния газ до контакт с влакната, осъществено в алкални условия. Това означава, че целулозната суспензия трябва да има достатъчен алкален резерв (ОН) за неутрализиране и разтваряне на органичните киселини, които се генерират при реакциите между кислорода и лигнина.

Кислородната делигнификация може да бъде извършена в средна или висока кислородна консистенция (Medium Consistency Oxygen Delignification (MCOD) и High Consistency Oxygen Delignification (HCOD)). Високата O_2 консистенция е по-скъп и усложнен процес на обработка, което го прави по-рядко използван в днешно време. Делигнификацията със средна консистенция (MCOD) се извършва като едно- или двуетапна система. Броят на протичащите фази зависи от изискваната редукция на капа номера¹⁹. Капа намаляване с по-малко от 50% може да бъде постигнато за иглолистна (мека) дървесина само в един реактор. Пулпа от твърда дървесина има нужда от два реактора, ако капа изисква намаляване от над 35%.

Делигнификацията чрез кислород е щадящ, в сравнение с удълженото готвене начин за намаляване на капа номера. Тя също така редуцира отпадъчните води след избелване, както и отделянето на АОХ, което бива намалено или напълно елиминирано, стимулира производството на ECF и TCF хартии, което допълнително я прави екологична и отлична икономическа инвестиция. Следователно позитивите от този метод на обработка се заключават в изброените общи ползи:

- стимулиране на производството на ECF и TCF хартии;
- АОХ се намалява или изцяло се елиминира;
- цялостен по-нисък избелващ химичен разход;
- по-ниско потребление на биохимичен кислород (biochemical oxygen demand / BOD)²⁰, и на химичен кислород (chemical oxygen demand / COD)²¹, както и по-малко цвят в отпадъчните води;

¹⁶ FSC (Forest Stewardship Council / Съвет за стопанисване на горите). Това е международна неправителствена, независима организация, подкрепяна от дърводобивната и дървопреработвателната индустрии, профсъюзи, екологични организации, собственици на гори и др. FSC не преследва финансови интереси. Етикетът на FSC върху продуктите гарантира, че те не са резултат от експлоатиращо, а по-скоро от социално и екологично ориентирано горско стопанство, той е международен и се отнася до продукти от дървесина.

¹⁷ Водороден пероксид (прекис / H_2O_2). В практиката 30%-ен разтвор е известен под името перхидрол, а 3%-ния – като кислородна вода.

¹⁸ Озонът (O_3) е газ – алотропна форма на кислорода, притежаващ светлосин цвят и остра миризма.

¹⁹ Числото Карра (Карра number) е показателно за съдържанието на лигнин или способността за избелване на влакнест полуфабрикат. Може да се използва за всички видове пулп, в това число химически, полухимически, неизбелен и полуизбелен, измервайки се в диапазона от 1 до 100. Числото Карра се определя от БДС ISO 302: 2016.

²⁰ Биохимичната потребност от кислород (БПК анализ / biochemical oxygen demand / BOD) е химическа процедура за определяне размера на разтворения кислород, консумиран от аеробни биологични микроорганизми във водата. БПК анализ е широко използван като показател на органичното качество на водата и степента на нейното органично замърсяване.

²¹ Химичното потребление на кислород (ХПК / chemical oxygen demand / COD) се използва за оценка на количеството на органичните вещества, съдържащи се в течаци и други отпадни води.

- намаляване разходите за пречистване на отпадъчните води;
- по-добър добив отколкото при удълженото готвене.

Подсилване на екстракцията може да се осъществи чрез използване на кислород (O_2) и прекис (пероксид / H_2O_2) в обработвания разтвор. Прибавянето на O_2 и H_2O_2 (водороден пероксид) по време на алкалното третиране намалява нуждата от химическо потребление на хлорен диоксид (ClO_2) в последващ етап от процеса. Положителните характеристики на двете вещества се изразяват физически в придаване на по-висока яркост от страна на водородния пероксид и редуциране на лигнина посредством въздействието на кислорода^{22,23}.

Дългият жизнен цикъл, изразен посредством дълготрайността и постоянството/неизменчивостта в качеството при хартиите и картоните, бива приблизително категоризирани чрез разработена методология от изследвания със заложи тестови параметри и показатели, които да оценят съответните качества на материала. Появата на експериментални способности за диагностика на хартиената времева издръжливост и постоянство, довеждат до резултати, които днес гарантират определени характеристики на листа. Те дефинират степента на промяна в свойствата на продукта при симулирано/изкуствено стареене.

Изпитването се осъществява в контролирана среда при различна гама от тестове, някои от които възпроизвеждат термични условия и спомагат да се установи в течение на 3, 6, 12 или 24 денонощия съответното изменение, което е равносилно и би се наблюдавало за 25, 50, 100 или 200 години стареене на хартията в естествени условия.

Друг важен фактор, характеризиращ бързата консумация и изхабяване на хартията е пожълтяването (VF). Колкото по-ниска е стойността му при изследване, толкова по-устойчив на стареене е листът, тоест с по-висока дълготрайност. Съществува определена класификацията за VF, посочена на *таблица 2*²⁴.

Таблица 2. Стойности на пожълтяване на хартията

Класификация на хартията	Стойност на пожълтяване (VF)
<i>Дълготрайна хартия</i>	$VF < 5 \%$
<i>Средно дълготрайна хартия</i>	$VF = 5 - 20 \%$
<i>Недълготрайна хартия</i>	$VF > 20 \%$

Вследствие на множество направени изследвания посредством богата методика и сложна технология се достига до резултати, водещи до т.нар. *очаквана продължителност на живота* (life expectancy / (LE) на хартията. Това е срокът от време, при който се очаква продуктът да запази своята функционалност (физическа, химическа, по отношение на външния вид и т.н.), когато се съхранява при предписани условия. Времевите категории са няколко:

- Максимална продължителност на живота (LE – 1000) на хартия: документът се очаква да може да бъде използван за 1000 години при предписани условия.
- Висока продължителност на живота (LE – 100) на хартия: документът се очаква да бъде използваем за 100 години при предписани условия.
- Средна продължителност на живота (LE – 50) на хартия: документът се очаква да бъде използван за 50 години при предписани условия.

Подобни са и стойностите, очаквани от параметъра за постоянство, тоест максимално, високо и средно постоянство (траещо съответно 1000, 100, 50 години)²⁵.

²² *Delignification*, <http://www.praxair.com/industries/pulp-and-paper/delignification>; *Oxygen Delignification* http://www.praxair.com/-/media/corporate/praxairus/documents/specification-sheets-and-brochures/industries/pulp-and-paper/delignification_p-40-4425.pdf?la=en

²³ Пак там.

²⁴ Иванова, Н., С. Бенчева, Д. Тодорова. *Ръководство за упражнения по химия, технология и свойства на хартията*. „Университетския компютърен център“ (УКЦ) при Химикотехнологичен и Металургичен Университет (ХТМУ), София, 2009, с. 100–101.

²⁵ *ASTM D 3290-00*, „Standard Specification for Bond and Ledger Papers for Permanent Records”, <http://file.yizimg.com/175706/2012061522093690.pdf>²¹ Химичното потребление на кислород (ХПК / chemical oxygen demand / COD) се използва за оценка на количеството на органичните вещества, съдържащи се в течащи и други отпадни води.

Тъй като има много променливи в производството на хартия, както и в условията на използване и съхранение на документите, не е възможно да се определят с абсолютна точност окончателни стойности за броя години, през които ще издържи конкретният продукт от всяка различна времева група. Установено е, че скоростите на естественото ускорено стареене са приблизителни функции на рН на хартията, което означава, че този фактор е именно отговорен за продължителния живот на продукта. Изследователски наблюдения водят до заключението, че минималните стойности на рН от 5,5, въпреки киселинната среда (колофоново проклеиване)²⁶, създават устойчива хартия, следователно понижаването на рН под 5,5 дава неутрайна продукция.

Документи от тип I с максимална продължителност на живота (LE – 1000) може да проявят следните изменения във времеви си цикъл на издръжливост:

- Машинно изработените хартии с алкален пълнител биха съществували, очевидно с малка промяна в периодиката (различия в порядъка на 100 години).
- Ръчно изработените хартии, съдържащи алкален пълнител, ще оцелеят почти 400 години.
- Киселинните хартии биха оцелели толкова дълго, но състоянието им, сравнено с хартиите, ползващи алкален буфер, няма да е толкова добро в резултат на наличната киселинност.

Документи от тип II с висока продължителност на живота (LE – 100) вероятно ще притежават дълготрайност в стойности, поместени между очакваната продължителност на живота на документи от тип I и тип III.

Документи от тип III със средно време на живот (LE – 50) зависят от стойностите на наличното рН, следователно при минимално рН от 5,5 те трябва да съществуват до 50 години (или повече), съгласно наблюденията на Уилям Бароу сред екземпляри в библиотеките²⁷.

Интерес представляват резултатите от проведен тест в рамките на 12 дена. По време на разработване на стандарта за постоянна хартия от Националната информационна стандартизационна организация (National Information Standards Organization / NISO) около 60 листа са оставени за 12 дни при 90°C и 50% относителна влажност (метод за изпитване: D 4714, TAPPI T 544)²⁸. Запазването на качествата на якост при опън и разкъсване след стареене в продължение на 12 дни при дадените условия са субективни в процентно отношение, но достатъчно информативни:

- максимална продължителност на живота – около 90% или по-висока стойност;
- висока продължителност на живота – около 80% или повече;
- средна продължителност на живота – около 70% или повече.

От друга страна, хартии, съдържащи памук или лен, или и двата продукта, се считат за по-трайни от хартиите, произведени от дървесен пулп, но тъй като и двете категории продукти показват завидни стойности на издръжливост при специализирана обработка, подобна категоризация за якост на фибрата не е необходима. Памучните линтери например не са толкова силни, колкото памучните влакна.

В исторически план използваният материал бива ограничен с наличие на лигнин в себе си не повече от %. Дървесната маса е съдържима на това вещество, за което се знае, че придава пожълтяване на листа след време. Използването на алкална технология в производството на хартия (алкално проклеиване и алкални пълнители) подобрява показателите на съвременната продукция. Днес се води дебат доколко наличността на лигнин наистина влияе върху общите качества на издръжливост, или той предизвиква само промяна в естетиката на листа. Резултати от изследвания посочват, че въпреки наблюдаваното пожълтяване по време на експозиция на светлина или при тъмно съхранение, силата на свойствата на хартиите, съдържащи значителни количества лигнин, не се променят чувствително по време на ускорено стареене във влажна атмосфера. Използването на алкални хартии с алкално проклеиване и алкален пълнител, но съдържащи още съществени количества лигнин, биха били подходящи за продължителна употреба и по икономически причини са желателни. В случая за тези изделия потребителят решава дали пожълтяването след време ще е приемливо. Характеристиките на външния вид, като цвят и отражателна способност (яркост, белота и др.), които могат да бъдат засегнати от прекомерната светлина и/или стареенето на тъмно, за някои потребители са от голяма важност. Традиционното използване на избелена химическа дървесина или на памучни влакна е признато като начин за запазване на външните свойства²⁸.

²⁶ Пак там.

²⁷ Пак там.

²⁸ Пак там.

Необходимостта от повишаване критериите, на които трябва да отговарят съвременните хартиени продукти, насочени към целите на архивирането, налагат промени в изискванията на техните качествени показатели и методологията на обработка. Киселинно свободната хартия, притежаваща алкален буфер от калциев карбонат (CaCO_3), създава продукт, характеризиращ се с определени качества, който при правилни условия на съхранение има възможността да устои на процесите на стареене и да гарантира дълготрайност и непроменливо качество на листа. Именно наличието на тези два параметъра е с най-висока значимост по отношение на категоризацията на конкретния продукт и дава възможност да се говори за удължен, дори безкраен жизнен цикъл на материала.

БИБЛИОГРАФИЯ

(всички използвани линкове са посетени за последен път на 10.10.2018 г.)

1. **Bruce Arnold, R.** *ASTM's Paper Aging Research Program*, page last changed: November 27, 2001. – <https://web.archive.org/web/20011223104404/http://palimpsest.stanford.edu/byauth/arnold/astm-aging-research/>
2. **Иванова, Н., С. Бенчева, Д. Тодорова.** *Ръководство за упражнения по химия, технология и свойства на хартията.* „Университетски компютърен център“ (УКЦ) при Химикотехнологичен и металургичен университет (ХТМУ), София, 2009, с. 100–101. [**Ivanova, N., S. Bencheva, D. Todorova.** *Rakovodstvo za uprazhneniya po himiya, tehnologia i svoystva na hartiyata.* „Universitetski kompyuterni tsentar“ (UKTS) pri Himikotehnologichen i metalurgichen universitet (HTMU), Sofia, 2009, s. 100–101.]
3. **Presbyterian Historical Society**, unlocing the past for the future. *Acid Free Paper and Archival Supply Sources*. – <https://web.archive.org/web/20000914045052/http://www.history.pcusa.org/cong/acidpaper.html>
4. *ASTM D 3290-00, “Standard Specification for Bond and Ledger Papers for Permanent Records”*. – <http://file.yizimg.com/175706/2012061522093690.pdf>
5. **Lundeen, G.W.** *Preservation of Paper Based Materials: Present and Future Research and Developments in the Paper Industry*, 1983, pp. 73–88. – https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/459/Lundeen_Preservation.pdf?sequence=2&isAllowed=y
6. **Teygeler, R.** *Preserving paper: recent advances in Managing Preservation for Libraries and Archives: Current Practice and Future Developments*. Aldershot, Hants, England; Burlington, Ashgate, 2004, pp. 83–112.
7. **Каладзис, А., Денев, Б. Велев, В., Нишков, И.** България и световното производство на карбонатни микропродукти // *Годишник на Минно-геоложкия университет „Св. Иван Рилски“*, том 49, част II: Добив и преработка на минерални суровини, 2006, с. 160–161. [**Kaladzis, A., Denev, B. Velev, V., Nishkov, I.** *Balgaria i svetovното proizvodstvo na karbonatni mikroprodukti // Godishnik na Minno-geolozhkaia universitet “Sv. Ivan Rilski”*, том 49, chast II: Dobiv i prerabotka na mineralni surovini, 2006, s. 160–161.]
8. FSC, *WHAT IS FSC? Forest Stewardship Council – Forests For All Forever*. – <https://ic.fsc.org/en/what-is-fsc>
9. *Български институт за стандартизация, БДС ISO 302: 2016*. [**Balgarski institut za standartizatsia, BDS ISO 302: 2016**]. – http://www.bds-bg.org/standard/?national_standard_id=101799
10. *Delignification*. – <http://www.praxair.com/industries/pulp-and-paper/delignification>
11. *Oxygen Delignification*. – http://www.praxair.com/-/media/corporate/praxairus/documents/specification-sheets-and-brochures/industries/pulp-and-paper/delignification_p-40-4425.pdf?la=en