РЕЗЮМЕТА НА ОСНОВНИТЕ РЕЗУЛТАТИ И НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ

на гл. ас. д-р инж. Стойко Петрин представени за участие в конкурс за „доцент“ по научна специалност 5.11. Биотехнологии (Технология на биологично активните вещества), обявен от ХТМУ в ДВ, брой 71 / 07.08.2026 г.

Справката за научните приноси на гл. ас. Стойко Петрин е изготвена въз основа на 36 публикации, от които 27 са публикувани в научни издания, реферирани и индексирани в световноизвестните бази данни Web of Science и Scopus, с импакт фактор и/или SJR, а 9 са в нереферирани списания с научно рецензиране или в редактирани колективни томове от национални и международни научни конференции. В допълнение, в конкурса кандидатът участва с 58 цитирания. Гл. ас. д-р Стойко Петрин е участвал активно в изпълнението на 10 научноизследователски проекта, от които 6 проекта са финансирани от Фонд „Научни изследвания“ (ФНИ). Бил е ръководител на 4 научноизследователски договора към НИС при ХТМУ. Средното годишно учебно натоварване на гл. ас. д-р Стойко Петрин за последните 5 учебни години е над 360 часа за последните 5 учебни години. Под негово ръководство са разработени и успешно защитени 17 дипломни работи, от които 11 за придобиване на ОКС „бакалавър“ и 6 за придобиване на ОКС „магистър“.

Научноизследователската дейност на гл. ас. д-р Стойко Петрин е насочена основно към кинетиката на ензимните процеси, предварителното третиране и биоконверсията на различни лигноцелулозни биомаси, получаването на целулозни продукти с висока добавена стойност и ферментируеми захари, получаването на биокомпозити, оползотворяването на растителни остатъци и природни биоактивни съединения, както и синтеза и характеризирането на биоактивни пептиди.

Научните и научно-приложните приноси могат да бъдат систематизирани в следните раздели:

1. **Физикохимични и кинетични закономерности на ензимната хидролиза на различни видове лигноцелулозни биомаси**
2. **Предварителна обработка и биоконверсия на лигноцелулозна биомаса до ферментируеми захари**
3. **Киселинна хидролиза и модифициране на целулоза за получаване на продукти с добавена стойност**

4. **Получаване на плочи от дървесни влакна, по сух метод, със средна и висока плътност (MDF и HDF), рециклиране и оползотворяване на вторични влакнести суровини и използване на добавки за подобряване свойствата на получените плочи**
5. **Получаване, модифициране и охарактеризиране на природни и синтетични биологично активни съединения**
6. **Спектроскопски подходи за проследяване и характеризиране на химични трансформации и технологични изследвания при получаването на химична целулоза**

1. Физикохимични и кинетични закономерности на ензимната хидролиза на целулозни и лигноцелулозни материали

В това направление са обединени изследванията върху адсорбцията и кинетиката на ензимна хидролиза, влиянието на структурата на суровината, различните методи за предварително третиране и последващото получаване на ферментируеми захари от дървесна и растителна биомаса, включително остатъци от промишлен коноп. Анализиран е началният етап на взаимодействието между целулазните ензими и целулозния субстрат. Показано е, че адсорбцията на целулаза върху целулозни влакна се описва най-адекватно с изотермата на Темкин. Получените термодинамични зависимости позволяват процесът да бъде разглеждан като резултат от общото действие на енергетични и ентропийни фактори. Установено е, че изчерпването на достъпните адсорбционни центрове, ограниченията в адсорбционния слой и конформационните изменения на ензимната молекула оказват съществено влияние върху взаимодействието ензим-субстрат. Този подход създава физикохимична основа за по-задълбочено интерпретиране на последващата ензимна хидролиза *(публикация № I.1)*.

Кинетичните изследвания върху паро-взривната предварителна обработка на пшенична слама показват, че процесът има хетерогенен характер, различен от този, описван с класическите модели за хомогенна ензимна кинетика. Разработен е експоненциален кинетичен модел, който отчита влиянието на температурата, концентрацията на ензима и степента на хидролиза. Установено е, че активиращата енергия остава практически постоянна, докато предекспоненциалният множител намалява с напредване на хидролизата

и има определящо значение за постепенното понижаване на скоростта. Изведена е обобщена зависимост, позволяваща да се прогнозира степента на хидролиза при предварително зададени температура, ензимна концентрация и време, което придава на модела непосредствено значение за управление и оптимизиране на процеса *(публикация № I.2)*.

При паровзривно третирана Paulownia tomentosa е приложен модел за реакции върху равномерно нееднородни повърхности. Установено е едновременно нарастване на активиращата енергия и предекспоненциалния множител с увеличаване на степента на конверсия, както и ясно изразен компенсационен ефект между двата кинетични параметъра. Нарастването на активиращата енергия се свързва с постепенното затрудняване на достъпа на ензима до по-слабо достъпните области на клетъчната стена, докато увеличаването на предекспоненциалния множител отразява измененията в достъпната реакционна повърхност. Показано е, че енергетичните ограничения имат водеща роля за намаляването на скоростта на хидролизата *(публикация № I.3)*.

По-нататъшното развитие на кинетичните изследвания е свързано с приложението на бързорастящи дървесни видове (топола, пауловния, върба и акация) за получаване на биоетанол от второ поколение. Процесът се описва най-добре с модифицираното топохимично уравнение на Праут-Томпкинс. Според този модел скоростта на ензимната хидролиза се определя едновременно от количеството на непрореагиралия субстрат, инхибирането, химичното взаимодействие на повърхността и дифузионните ограничения. Установени са зависимости между кинетичната константа, степенния показател и плътността на дървесните видове, както и компенсационен ефект между активиращата енергия и предекспоненциалния множител. Получената температурно-временна зависимост може да се използва за симулиране, контрол и технологично управление на процеса *(публикация № II.3)*.

Приложеният кинетичен механизъм е допълнително потвърден и при високотемпературната хидролиза на пшенична слама и царевични стъбла. Ензимната хидролиза и на двата субстрата се описва с експоненциално кинетично уравнение за процеси върху равномерно нееднородни повърхности. В хода на реакцията нарастват както активиращата енергия, така и предекспоненциалният множител, като се наблюдава компенсационен ефект, свидетелстващ за общ кинетичен механизъм. По-високата скорост

на реакцията при царевичните стъбла е свързана с по-ниски енергетични затруднения, а увеличаването на ензимната концентрация повишава началната скорост и предекспоненциалния множител, без съществено да изменя активиращата енергия *(публикации № III.3 и III.5)*.

2. Предварително обработка и биоконверсия на лигноцелулозна биомаса до ферментируеми захари

Сравнителни изследвания върху бързорастящи дървесни видове (пауловния, топола, върба и акация) показват, че морфологичните и анатомичните особености на суровината са също толкова важни, колкото и нейният химичен състав. При пауловния е постигнат най-висок добив на глюкоза след паро-взривна предварителна обработка, последвана от ензимна хидролиза от 52%, което е приблизително 24% повече спрямо съответните режими за топола и върба. Резултатите показват, че ниската плътност и специфичната влакнеста структура на дървесината улесняват паро-взривното предварително третиране и позволяват ефективното протичане на последващата ензимна хидролиза. Топола и върба също показват потенциал, съпоставим с този на най-широко използваните селскостопански лигноцелулозни суровини - пшенична слама и царевични стъбла *(публикация № II.2)*.

Изследвано е използването на окислителни реагенти (кислород, водороден пероксид и пероцетна киселина) като междинен етап между предварителната обработка и ензимната хидролиза на пшенична слама и царевични стъбла. Установено е, че пероцетната киселина при ниска концентрация може да подобри последващата ензимна хидролиза чрез частично разрушаване и разтваряне на лигниновите структури. Едновременно с това е установен очистващ ефект спрямо фенолните съединения и инхибиторите на ензимна хидролиза, включително фурфурал. Получените резултати показват възможността за приложение на окислителни реагенти като средство за повишаване на достъпността на ензимите до целулозата *(публикация № II.1)*.

Разгледано е приложението и на други едногодишни растителни видове като райграс за производство на биоетанол. Сравнени са киселината и алкалната предварителна обработка, последвани от ензимна хидролиза и ферментация. Най-високи концентрации на редуциращи захари са получени при третиране с 1% HCl и 1% NaOH при 121°C. При

киселинното третиране са отчетени 33.6 $mg.mL^{-1}$ редуциращи захари и 5.55 g етанол/100 g сухо вещество, а при алкалната обработка - 29.0 $mg.mL^{-1}$ и 4.73 g етанол/100 g сухо вещество *(публикация № II.7)*.

Сравнителното изследване на паро-взривната, високотемпературната и киселинната хидролиза на пшенична слама и царевични стъбла показва, че разредената киселинна хидролиза при 130°C осигурява най-висок общ добив на редуциращи захари след двустепенна обработка. Киселинната хидролиза благоприятства превръщането на разтворените олигозахариди до монозахариди с минимално образуване на фурфурал, докато при високотемпературната хидролиза остават повече олигозахариди и се увеличава образуването на фурфурал и хидроксиметилфурфурал. За едногодишните растителни суровини (пшенична слама и царевични стъбла) паро-взривната обработка не е ефективен метод за третиране в сравнение с другите методи за предварителна обработка (високотемпературна и киселинна хидролиза) *(публикации № III.2 и III.4)*.

След киселинна хидролиза в комбинация с последваща ензимна хидролиза на Paulownia tomentosa е установен добив на редуциращи захари. Общото количество редуциращи захари достига приблизително 31%, като е осезаемо по-високо в сравнение с резултата при високотемпературна хидролиза и последваща ензимна хидролиза. Предимство на киселинния метод за предварителна обработка е и образуването на по-малко количество инхибитори - фурфурал и HMF. Получените резултати подкрепят използването на пауловния като суровина за технологии за биоетанол от второ поколение *(публикация № III.1)*.

Потенциалът на бързорастящите дървесни видове е разширен с изследване на различни клонове *Robinia pseudoacacia L.* (клонове „Пордим, Жаскисер и Царевец“). Установена е връзка между плътността и химичния състав на дървесината за получаване на неизбелена целулоза и глюкоза. Клонът „Царевец“ се характеризира с по-ниска плътност, по-високо съдържание на целулоза и по-ниско съдържание на лигнин. Изследванията показват възможността за използването му при получаването на неизбелена целулоза, а също така и възможността му за ензимна хидролиза. Добивът на глюкоза след паро-взривно третиране е по-висок в сравнение с изследвани до момента бързорастящи дървесни видове (пауловния, топола, върба и акация), което показва приложимостта на плантационното отглеждане на тези клонове *Robinia pseudoacacia L (публикация № III.6)*.

Изучени са възможностите за оползотворяване на отпадъчна биомаса от технически коноп след механично отстраняване на дългите влакна в заводски условия. Сравнено е паро-взривното предварително обработване на биомасата с и без влагането на CO_2. Установено е, че добавянето на CO_2 създава условия, подобни на хидролизата с разредена киселина. Най-висок добив на ксилоза при паро-взривната хидролиза с добавяне на CO_2 е получен при 190°C, докато при 200°C нараства образуването на фурфурал и се засилва нежеланата деструкция на въглехидратите. При последващата ензимна хидролиза се установява максимален добив на глюкоза при провеждане на предварителната обработка в температурния диапазон 180 - 190°C *(публикации № II.8 и II.9)*.

Допълнително е установено, че специфичната структура на отпадъчната конопена биомаса и особено наличието на дълги и груби влакна след паро-взривната предварителна обработка налагат допълнително механично раздробяване преди ензимната хидролиза. Раздробяването предизвиква фибрилиране и увеличава достъпността на целулазните ензимите до целулозата, което повишава добива на глюкоза. Резултатите показват по-висок добив на глюкоза в сравнение с този при пшенична слама. При конопени суровини, съдържащи по-малко дълги влакна преминали през предварителна паро-взривна обработка с добавяне на CO_2, необходимостта от механично разработване намалява, а температурата на процеса може да бъде намалена с 20°C *(публикация № III.8)*.

3. Киселинна хидролиза и модифициране на целулоза за получаване на продукти с добавена стойност

Изследвани са условията на киселинна хидролиза на избелена широколистна целулоза във връзка с потенциала за оползотворяването на отпадъчния хидролизат за последваща биоконверсия и получаване на биогаз. Установено е, че ксилозата се освобождава в началния етап на процеса, докато добивът на глюкоза нараства във времето. При използването на по-висока температура и продължителност на процеса на киселинната хидролиза се наблюдава образуване на значително количество фурфурал. Определеният биохимичен метанов потенциал на получения киселинен хидролизат е 0.68 L CH_4/g COD, което показва възможността за оползотворяване на отпадъчния хидролизат и използването му за получаване на биогаз *(публикация № II.4)*.

Изследванията върху хидролизата с разредена сярна киселина са разгледани и в посока получаване на микрокристална целулоза (MCC), както и на модифицирана целулоза която да бъде използвана за получаване на микрофибрилирана целулоза (MFC). И двата вида целулоза (MCC и MFC) са с голямо приложение и търсене на световните пазари в момента. Установено е, че за получаване на MCC със степен на полимеризация под 350, отговаряща на изискванията на Европейската фармакопея, температурата на хидролиза трябва да бъде 130°C или по-висока. При 120 °C и 2% концентрация на H_2SO_4 се получава модифицирана целулоза със степен на полимеризация над 350, която може да бъде използвана за получаване на микрофибрилирана целулоза (MFC). Изследваната кинетика на процеса на киселинната хидролиза показва, че деполимеризацията на избелена широколистна целулоза се описва най-точно с модифицираното топохимично уравнение на Праут-Томпкинс. Установената температурно-временна зависимост може да се използва за контрол и симулиране на процеса на деполимеризация на избелената целулоза до MCC *(публикации № II.16 и III.9)*.

4. Получаване на плочи от дървесни влакна, по сух метод, със средна и висока плътност (MDF и HDF), рециклиране и оползотворяване на вторични влакнести суровини и използване на добавки за подобряване свойствата на получените плочи

В това направление са систематизирани разработките върху влакнести плочи и биокомпозити, които свързват рециклирането на MDF, оползотворяването на технически лигнини, ограничаването на формалдехидните емисии и подобряването на водоустойчивостта чрез функционални добавки. Разработено е направление за намаляване на съдържанието на синтетични свързващи вещества (смоли) в MDF чрез използване на лигносулфонати и технически хидролизен лигнин.

В лабораторни условия са направени плочи с различно съдържание на фенолформалдехидна смола (PF resin) и лигнинови добавки, което позволява да се оцени влиянието им върху физико-механичните свойства. Изследванията показват технологичната възможност част от смола да бъде заместена с възобновяеми или отпадъчни лигнинови продукти, като едновременно се поставя акцент върху необходимостта от

оптимизиране на съотношението между свързващите компоненти и условията на горещо пресоване *(публикация № II.5)*.

Тази концепция е доразвита чрез използване на немодифициран технически хидролизен лигнин като основно свързващо вещество и използването на малко количество фенолформалдехидна смола като помощно свързващо съединение. Установено е, че температурата на горещо пресоване има определящо значение за активирането на лигнина и за свойствата на плочите. Много добри механични показатели могат да бъдат постигнати още при температура от 160°C, докато за осигуряване на водоустойчивост изисквана от Европейските стандарти е необходимо температурата да бъде не по-ниска от 190°C *(публикация № I.8)*.

При рециклиране на отпадъчен MDF е изследвано високотемпературното третиране с наситена водна пара при 121 и 134°C за период от 30 до 60 min. Установено е, че в изследвания диапазон няма съществена разлика в химичния състав на дървесните влакна. Остатъчните продукти от хидролизата на карбамидформалдехидната смола (UF resin) и незасегнатата смола остават свързани с рециклираните влакна. Установено е, че повишаването на температурата има по-силно влияние върху получаването на органичните съединения в отпадъчните води в сравнение с удължаването на времето на обработка. ХПК нараства от 1838 $mg.L^{-1}$ при 121°C за 30 min обработка до 3020 $mg.L^{-1}$ при 134°C за 60 min време на хидролиза. Получените резултати позволяват да бъде избран оптимален режим на високотемпературната обработка за получаване на рециклирана развлакнена маса от MDF, при който дървесните влакна остават непроменени и се ограничава замърсяването в получените отпадъчни водни потоци *(публикация № I.4)*.

Разработени са биокомпозити от дървесни влакна с добавяне на отпадъчна утайка от кафе и амониев лигносулфонат с цел намаляване на съдържанието на свободен формалдехид в готовият MDF. Установен е ясно изразен оптимум при 50% смес от утайка от кафе и лигносулфонат спрямо сухата маса на влакната. При този състав модулът на еластичност достига 2707 $N.mm^{-2}$, а якостта при огъване - 22.6 $N.mm^{-2}$, като стойността на модула на еластичност е практически съпоставима с тази на контролните MDF образци, получени само с използването на карбамидформалдехидна смола. При изследваните смеси от утайка от кафе и лигносулфонат над 50%, механичните свойства се понижават, а водопоглъщането нараства. Резултатите показват възможност за едновременно

оползотворяване и на двата отпадъчни продукта, утайка от кафе и лигносулфонат, за получаване на MDF без използването на формалдехидсъдържащи синтетични смоли *(публикация № II.10)*.

Изследвания с технически хидролизен лигнин показват, че при 190°C и фактор на пресоване от 1 $min.mm^{-1}$ лигнинът не се активира в достатъчна степен като самостоятелно свързващо вещество и преимуществено изпълнява функцията на пълнител. Въпреки това е установена възможност за добавяне на 5% технически хидролизен лигнин и 10% фенолформалдехидна смола или повече, без съществена загуба на основните физико-химични показатели. Тези резултати дават основание за последваща експериментална работа върху оптимизирането и активирането на техническия хидролизен лигнин при получаване на MDF *(публикация № III.7)*.

В развитие на приложимостта на техническия хидролизен лигнин при получаване на MDF е установена съществената роля на плътността на получените плочи върху способността за активирането на техническия хидролизен лигнин. При модифицирана свързваща система с ниско съдържание на фенолформалдехидна смола могат да се получат плочи с много добри механични свойства при температура на горещо пресоване не по-ниска от 160°C. За достигане на изискванията на Европейския стандарт за приложение на плочите в суха среда е необходима температура на горещо пресоване да е 190°C, а за приложения във влажна среда - 200°C. Оптималната плътност на получените плочи при която се проявява адхезионният потенциал на техническия хидролизен лигнин е 900 $kg.m^{-3}$ *(публикация № II.11)*.

Изследвано е получаването на MDF с много ниско съдържание на свободен формалдехид чрез използване на амониев бисулфит и карбамид–метабисулфит като улавящи формалдехида добавки към фенолформалдехидната смола с ултра ниско моларно отношение F/U=1.06. И двете добавки изменят профила на полимеризация и ефективно намаляват съдържанието на свободен формалдехид. При използването на 3% амониев бисулфит и 5% карбамид–метабисулфит са достигнати стойности на свободен формалдехид съответно 1.36 и 1.26 mg/100 g абсолютно суха плоча, т.е. ниво супер E0 (според новия Европейски стандарт за съдържание на свободен формалдехид от юни 2026), без да има значително влошаване на физико-механичните показатели на получените MDF (плътност, водопоглъщане, набъбване, модул на еластичност, здравина на опън) *(публикация № II.12)*.

Изследвано е приложението на алкенилсукцинов анхидрид (ASA) като водоотблъскваща добавка при производството на плочи с фенолформалдехидна смола. При влагане на 2% до 8% ASA спрямо абсолютно сухата дървесновлакнетса маса се наблюдава понижение в модула на еластичност с 17% до 35%, докато при добавяне на 10% ASA спадът практически се елиминира, което е индикатор за различно взаимодействие при по-високо съдържание на добавката. Същевременно водопоглъщането намалява до три пъти, а набъбването по дебелина до пет пъти. Това показва възможността за използване на ASA за съществено подобряване на водоустойчивостта на плочите *(публикация № II.17)*.

5. Получаване, модифициране и характеризиране на природни и синтетични биологично активни съединения

Изследвани са възможностите за оползотворяване на отработена лавандулова биомаса чрез твърдо-течна екстракция, последвана от мембранно филтруване и концентриране, разпрашително сушене (spray drying) и нискотемпературно утаяване. С мембрана X201 е постигнато осемкратно концентриране на получените екстракти. При разпрашително сушене при температура 85°C загубата на антиоксидантна активност е под 6%, което показва приложимостта на този тип сушене на екстрактите. Нискотемпературното утаяване допълнително води до фракциониране и обогатяване на полифенолната фракция. Получените резултати показват възможността за оползотворяване на отпадъчна лавандулова биомаса и превръщането и в продукти с добавена стойност *(публикация № II.13)*.

Оптимизирана е хидродестилацията на етерично масло от карамфил чрез едновременно отчитане на добива, съдържанието на евгенол, антиоксидантната и антибактериалната активност и специфичния енергиен разход. Оптималният технологичен процес е установен при мощност 200 W и събран дестилат 500 mL, при което от 25 g сухи карамфилови пъпки се получават 1.219 g масло, съответстващи на добив 4.88%. Полученото масло е изследвано за антиоксидантна активност. Резултатите са сравнени с тези, получени за масло закупено от търговската мрежа. Прави впечатление трикратно по-висока антиоксидантна активност в сравнение с търговския образец *(публикация № II.14)*.

Синтезирани и охарактеризирани са аналози на соматостатиновия аналог BIM-23052, при които фенилаланинови остатъци са заменени последователно с тирозин. Проследени са липофилността, цитотоксичността и антипролиферативната активност, като е установено, че сравнително малки изменения в аминокиселинната последователност могат съществено да променят биологичното поведение. Изследваните аналози не проявяват токсични ефекти при концентрации под 200 μM, а отделни структури показват по-силно изразена антипролиферативна активност *(публикация № I.5)*.

При аналозите на естествения тетрапептид FELL е изследвана ролята на хидрофобните аминокиселинни остатъци в трета и четвърта позиция и влиянието на модификацията на С-крайната група. Синтезирани са съединения с Leu, Nle, Ile и Val и е проследена връзката между структурната модификация, липофилността и аналгетичната активност. Резултатите очертават значението на левциновите остатъци и на С-крайната амидна група при формирането на активността и стабилността *(публикация № I.6)*.

Разработени са биоконюгати между FELL и пиролни киселини. Всички синтезирани структури проявяват аналгетична активност, като свободните пиролни киселини показват по-висока начална активност, но са хидролитично неустойчиви. Свързването им с пептидната част води до отчетливо повишаване на хидролитичната стабилност при запазване на биологична активност. Така е показано, че биоконюгирането може да се използва като инструмент за балансиране между активност и стабилност на нискомолекулни биоактивни структури *(публикация № I.7)*.

В следващ етап са синтезирани FELL аналози с D-Phe в първа позиция. Установено е, че стереохимичната модификация, съчетана с подходящ избор на хидрофобни остатъци, може да подобри продължителността на аналгетичното действие. Най-благоприятна комбинация по отношение на аналгетичната активност е установена при D-Phe в първа позиция и Leu в трета и четвърта позиция. Удължаването на пептидната верига с допълнителен хидрофобен остатък също оказва положителен ефект. Получените молекули се характеризират с ниска цитотоксичност и висока хидролитична стабилност *(публикация № I.9)*.

Изследванията са разширени към аналози на антимикробния пептид Temporin A с модификации в позиции 1 и 10. Замяната на Phe с Tyr или флуориран Phe и на Ser с Tyr или Thr позволява да се проследи влиянието на хидрофобността, пространствената структура и

халогенирането върху антибактериалната, антипролиферативната и цитотоксичната активност. Аналогът с Tyr в позиция 10 показва най-висока селективност към MCF-7 клетки, докато флуорираният аналог DT4F проявява най-силна антибактериална активност сред новите съединения, с минимална инхибираща концентрация 80 $\mu g.mL^{-1}$, но при компромис с цитотоксичността, фототоксичността и стабилността при pH 9 *(публикация № I.10)*.

6. Спектроскопски подходи за проследяване и характеризиране на химични трансформации и технологични изследвания при получаването на химична целулоза

Показана е приложимостта на инфрачервената спектроскопия за проследяване на химичните трансформации. Като моделна система е използвано ацетилирането на p-аминофенол до парацетамол. Чрез предварителен избор на подходящ разтворител и на характеристични ИЧ ивици е проследено изменението на реакционната система във времето. Получената информация за динамиката на превръщането без необходимост от изолиране на междинни продукти демонстрира потенциала на ИЧ спектроскопията като аналитичен инструмент за мониторинг на реакции в разтвор *(публикация № II.6)*.

Проведено е кинетично изследване на сулфатно изваряване на иглолистна дървесина с цел получаване на целулоза, подходяща за последващо избелване при условията на „Свилоза“ АД. Изследван е разходът на активни алкали (като натриева основа) и продължителността на процеса на изваряване. Оценен е общият и сортираният добив, съдържанието на непровар, остатъчните активни алкали в черната луга и капа числото. Получените резултати показват, че оптималният разход на активни алкали изразен като натриева основа е 23% за получаване на целулоза за избелване. При 24% разход на алкали се получава неизбелена целулоза с по-ниско капа число, без практически да се намалява сортираният добив. При разход на алкали под 23% се получава небелена целулоза с капа число над 50, подходяща за производството на крафт хартии и крафтлайнер *(публикация № II.15)*.