

П
К 29

ISSN 1816-0387

КАТАЛИЗ



В ПРОМЫШЛЕННОСТИ

CATALYSIS IN INDUSTRY

6/2013



ИПЛУ СО РАН - 10 лет

Институту проблем переработки углеводородов СО РАН – 10 лет	7
--	---

Institute of Hydrocarbon Processing SB RAS – 10 years anniversary	7
--	---

ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАТАЛИЗА

Бельская О.Б., Гуляева Т.И., Дуплякин В.К., Лихолобов В.А. Роль гидролизированных форм предшественника в фор- мировании адсорбционных и каталитических свойств нанесенной платины в катализаторах Pt/Al ₂ O ₃	9
--	---

В статье представлены результаты, связанные с исследованием процесса формирования платиновых центров катализаторов Pt/Al₂O₃ из хлоридных комплексов платины (IV), различающихся глубиной гидролиза. Показано, что более прочное взаимодействие металлокомплекс – носитель на стадии закрепления гидролизованного предшественника приводит к формированию платиновых центров, отличающихся адсорбционными и каталитическими свойствами от свойств нанесенного металла, полученного из хлоридных комплексов. Установленные различия заключаются в более прочной адсорбции водорода и пониженной активности в гидрировании бензола. Кроме того, катализаторы, полученные из гидролизированных форм комплексов, характеризуются более высокой дегидрирующей активностью и селективностью в ароматизации *n*-гептана.

Ключевые слова: алюмоплатиновые катализаторы, взаимодействие металлокомплекс-носитель, гидролизированные формы платиновых комплексов, гидрирование бензола, дегидрирование циклогексана, дегидроциклизация *n*-гептана.

Василевич А.В., Бакланова О.Н., Лавренов А.В., Княжева О.А., Гуляева Т.И., Тренихин М.В., Лихолобов В.А. Синтез и исследование массивных карбидов молиб- дена и нанесенных карбидсодержащих катализаторов состава Mo ₂ C/C, полученных методом механической активации	21
---	----

Впервые созданы методики синтеза массивного карбида молибдена методом механической активации на воздухе смеси MoO₃, технического углерода и Zn; синтеза нанесенного карбидсодержащего катализатора состава Mo₂C/C методом механической активации в инертной среде технического углерода, пропитанного 16 %-ным водным раствором парамольбдата аммония. Для механоактивированных композиций с применением комплекса физико-химических методов определены содержание металлов, размер частиц, удельная площадь поверхности, фазовый состав. Методом электронной микроскопии изучено строение карбидсодержащего нанесенного катализатора, методом температурно-программируемой десорбции аммиака изучены его кислотные свойства и проведены каталитические испытания в модельных реакциях гидрообессеривания дибензотиофена (ДБТ) и ароматизации алканов. Показано, что катализатор состава Mo₂C/C проявляет высокую активность в этих реакциях: конверсия ДБТ при времени контакта 3–6 ч составляет 80–85 %. Конверсия *n*-гептана при времени контакта 2 ч составляет 31,2 %, и продуктом реакции на 100 % является толуол. Увеличение времени контакта до 6 ч приводит к снижению конверсии *n*-гептана до 1,3 %, причём

GENERAL OF CATALYSIS

Bel'skaya O.B., Gulyaev T.I., Duplyakin V.K., Likholobov V.A. Role of precursor hydrolyzed forms in formation of adsorp- tion and catalytic properties of the supported Pt/Al ₂ O ₃ catalysts	9
--	---

The results of study of the platinum centers Pt/Al₂O₃ catalysts formation from platinum chloride (IV) complexes, different by depth of hydrolysis, are presented in the article. It was shown that a stronger interaction between the metal complex and support at the stage of hydrolyzed precursor fixing, leads to the formation of the platinum centers which different by adsorptive and catalytic properties from the properties of supported metal prepared from chloride complexes. The established differences are in more solid hydrogen adsorption and low activity in the hydrogenation of benzene. Furthermore, catalysts obtained from hydrolysed forms of complexes, have a higher dehydrogenating activity and selectivity in the aromatization of *n*-heptane.

Keywords: aluminum-platinum catalysts, reacting of metal complex and support, hydrolyzed forms of platinum complexes, the hydrogenation of benzene, cyclohexane dehydrogenation, dehydrocyclization of *n*-heptane.

Vasiljevich A.V., Baklanova O.N., Lavrenov A.V., Knyazheva O.A., Gulyaeva T.I., Trenihin M.V., Likholobov V.A. Synthesis and study of massive molybdenum carbides and supported carbide containing catalyst composition Mo ₂ C/C, obtained by mechanical activation	21
--	----

The methods the first time are developed for the synthesis of solid molybdenum carbide by mechanical activation in air of mixture MoO₃, carbon and Zn; for synthesis of supported carbide containing catalyst Mo₂C/C composition by the method of mechanical activation in an inert atmosphere of carbon impregnated with 16 % aqueous solution of ammonium paramolybdate. The metal content, particle size, surface area, phase composition are determined for mechanically activated compositions using a complex of physical and chemical methods. Structure of carbide containing supported catalyst was studied by electron microscopy, catalyst's acidic properties were studied by temperature-programmed desorption of ammonia and the catalytic test were carried out in model reactions of hydrodesulfurization of dibenzothiophene (DBT) and aromatization of alkanes. It is shown that the catalyst composition Mo₂C/C exhibits a high activity in these reactions: conversion of DBT at contact time 3–6 hours is 80–85 %; conversion of *n*-heptane at a contact time of 2 hours is 31,2 %, and the reaction product is 100% toluene. Increasing the contact time to 6 hours reduces the conversion of *n*-heptane and 1,3 %, wherein in the reaction product contains up to 47 % of C₆–C₇ cycloalkane.

в составе продуктов реакции содержится до 47 % циклоалканов C_6-C_7 . Результаты работы свидетельствуют о высокой каталитической активности катализатора состава Mo_2C/C , полученного методом механической активации.

Ключевые слова: высокодисперсный катализатор, механическая активация, карбид молибдена, углерод.

The results show a high catalytic activity of Mo_2C/C , obtained by mechanical activation.

Keywords: highly dispersed catalyst, mechanical activation, molybdenum carbide, carbon.

КАТАЛИЗ В ХИМИЧЕСКОЙ И НЕФТЕХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Гордеев А.В., Князев А.С., Водянкина О.В.

Метатезис транс-бутена-2 и этилена в пропилен на катализаторах на основе молибдена30

С целью продления времени жизни молибденооксидных катализаторов в реакции метатезиса этилена и бутена-2 в пропилен в качестве носителя использован новый алюмоуглеродный сорбент (Al_2O_3-C), имеющий развитую поверхность ($430 \text{ м}^2/\text{г}$), высокие сорбционную емкость, механическую прочность (не менее $5 \text{ Н}/\text{мм}^2$). Методами РЭМ и адсорбции исследованы морфология и текстурные характеристики поверхности катализатора $10 \% MoO_3/Al_2O_3-C$ и сравнительного образца – $10 \% MoO_3/Al_2O_3$. С помощью термического анализа изучен процесс активации катализаторов. Проведены каталитические испытания в реакции метатезиса этилена и транс-бутена-2 в пропилен ($22-150 \text{ }^\circ\text{C}$, давление $10 \text{ кгс}/\text{м}^2$, $C_2H_4/C_4H_8 = 1$). Показано, что в сравнении с $MoO_3/\gamma-Al_2O_3$ катализатор MoO_3/Al_2O_3-C обеспечивает более высокую конверсию реагентов, большую селективность по пропилену и большее время жизни. Катализатор MoO_3/Al_2O_3-C может быть рекомендован для промышленного использования в процессе метатезиса этилена и бутена-2, так как по сравнению с промышленным катализатором WO_3/SiO_2 он позволяет проводить процесс при более мягких условиях и с большим выходом целевого продукта.

Ключевые слова: метатезис, оксид молибдена, пропилен, этилен, транс-бутен-2.

CATALYSIS IN CHEMICAL AND PETROCHEMICAL INDUSTRIES

Gordeev A.V., Knyazev A.S., Vodyankina O.V.

Metathesis of trans-2-butene and ethylene to propylene on the catalysts based on molybdenum30

New aluminum-carbon sorbent (Al_2O_3-C) having a developed surface ($430 \text{ m}^2/\text{g}$), high adsorption capacity, mechanical strength (at least $5 \text{ N}/\text{mm}^2$) used as a support in the metathesis reaction of ethylene and 2-butene into propylene, in order to extend the lifetime of molybdenum oxide catalysts. The morphology and texture characteristics of the surface of $10 \% MoO_3/Al_2O_3-C$ and comparative sample – $10 \% MoO_3/Al_2O_3$ were investigated by SEM and adsorption. The activation of catalysts was studied using the thermal analysis. Catalytic tests in metathesis reaction of ethylene and trans-2-butene to propylene ($22-150 \text{ }^\circ\text{C}$, pressure $10 \text{ kg}/\text{cm}^2$, $C_2H_4/C_4H_8 = 1$) were performed. It is shown that the catalyst MoO_3/Al_2O_3-C compared with $MoO_3/\gamma-Al_2O_3$ provides higher conversion of the reactants, more propylene selectivity and longer life. The MoO_3/Al_2O_3-C catalyst may be recommended for industrial use in the metathesis of ethylene and 2-butene as compared to the commercial catalyst WO_3/SiO_2 , it permits process under milder conditions and with a high yield of the desired product.

Keywords: metathesis, molybdenum oxide, propylene, ethylene, trans-2-butene.

ИНЖЕНЕРНЫЕ ПРОБЛЕМЫ. ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ПРОИЗВОДСТВО

Смоликов М.Д., Кирьянов Д.И., Колмагоров К.В., Удрас И.Е., Затолокина Е.В., Белый А.С.

Опыт промышленного производства и эксплуатации новых катализаторов риформинга ПР-81 и ШПР-8136

ИППУ СО РАН разработаны и внедрены в промышленное производство новые катализаторы риформинга ПР-81 и ШПР-81, отличающиеся от предшественников (ПР-51 и ПР-71) повышенной механической прочностью ($1,8-2,2$ против $1,2-1,5 \text{ кг}/\text{мм}$). На ОАО «Ангарский завод катализаторов и органического синтеза» НК «Роснефть» наработаны четыре партии катализаторов общей массой 78 т для трех промышленных установок риформинга, работающих по бензиновому и ароматическому вариантам (ООО «Пурнефтепереработка», ОАО «Газпром нефтехим Салават», ОАО «Газпромнефть – Омский НПЗ»). Проведен сравнительный анализ работы новых катализаторов и их предшественников. Показано, что катализатор ПР-81А, применявшийся на установке ЛП-35-11/40

ENGINEERING PROBLEMS. OPERATION AND PRODUCTION

Smolikov M.D., Kir'yanov D.I., Kolmagorov K.V., Udras I.E., Zatolokina E.V., Belyj A.S.

Experience of commercial production and operation of new reforming catalysts PR -81 and SHPR-8136

New reforming catalysts PR-81 and SHPR-81 differing from its predecessors (PR-51 and PR-71) by increased mechanical strength ($1,8-2,2$ vs $1,2-1,5 \text{ kg}/\text{mm}$) were developed in IHCP SB RAS and put into commercial production. At «Angarsk plant catalysts and organic synthesis» by Rosneft Company a four parties of the catalysts total weight 78 tons are turned out for the three industrial reforming units, working on gasoline and aromatic scheme («Purneftepererabotka», «Gazprom Salavat Petrochemical», «GazpromNeft - Omsk Oil Refinery»). Comparative analysis of new catalysts and their predecessors was hold. It is shown that the catalyst PR- 81A which was used at commercial unit LP-35-11/40 in the period 2010–2013 is characterized by increased activity (the temperature for achieving

в период 2010–2013 гг., характеризуется повышенной активностью (температура достижения требуемой жесткости процесса на 25–30 °C ниже, чем для ПР-71), при этом выход стабильного реформата на 2–3 мас.% выше, а содержание ароматических углеводородов на 5 % мас. ниже. Комбинированная загрузка установки Л-35-11/600 катализаторами ПР-81А/ШПР-81 обеспечила получение компонента бензина с ИОЧ 95–97 даже при неблагоприятных качестве сырья и условиях эксплуатации. Полученные результаты позволяют рассчитывать на широкое внедрение новых катализаторов на НПЗ России и стран ближнего зарубежья.

Ключевые слова: катализаторы риформинга, октановое число, бензин, ароматические углеводороды, выход стабильного катализата.

ОТЕЧЕСТВЕННЫЕ КАТАЛИЗАТОРЫ

Бекмухамедов Г. Э., Егорова С. Р., Ламберов А. А.

Влияние природы окиснокремниевых структур на активность алюмохромового катализатора в реакции дегидрирования изобутана.....41

С помощью методов адсорбции, РФА, твердодетального ЯМР ^{29}Si , термопрограммированной десорбции аммиака, УФ-вид- и КР-спектроскопии изучены закономерности формирования окиснокремниевых структур в составе алюмохромового катализатора дегидрирования изобутана. Установлено, что кремний в количестве 0,5–1,2 мас.% распределен на поверхности катализатора в виде структур $\text{Si}(\text{OSi})_4$. С увеличением его содержания до 2,2–3,6 мас.% помимо $\text{Si}(\text{OSi})_4$ на поверхности присутствуют структурные элементы $\text{Si}(\text{OSi})_3(\text{O}-)$. Формирование окиснокремниевых структур на поверхности катализатора обуславливает возрастание концентрации ионов $\text{Cr}(\text{III})$ и уменьшение поверхностной кислотности, увеличивается активность и селективность катализаторов в реакции дегидрирования изобутана.

Ключевые слова: алюмохромовый катализатор, кремний, оксид хрома (III), дегидрирование.

Смоликов М.Д., Гончаров В.Б., Садовская Е.М., Казанцев К.В., Затолокина Е.В., Кирьянов Д.И., Паукштис Е.А., Балжинимаев Б.С., Белый А.С.

Изучение роли состояния платины в катализаторах $\text{Pt}/\text{SO}_4/\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ для изомеризации *n*-гексана51

Приготовлены образцы катализаторов $\text{SO}_4/\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ и $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$ и их физических смесей, изучены каталитические свойства образцов в реакции изомеризации *n*-гексана. Выявлено существенное влияние состояния платины на каталитические характеристики образцов. Методами ИК-спектроскопии (CO_{ads}), хемосорбции кислорода и кислородно-водородного титрования показано, что в восстановленной форме катализаторов присутствуют ионные формы платины, способные адсорбировать до трех атомов водорода на каждый поверхностный атом платины. С помощью изотопного H/D-обмена установлено, что специфические свойства ионной платины проявляются в образовании гидридной формы адсорбированного водорода. Сделано предположение, что активность и стабильность катализаторов на основе сульфатированного диоксида циркония в реакции изомеризации *n*-гексана

the desired stiffness of the process on 25–30 °C lower than for the PR-71 catalyst) and the yield of the stable reformato to 2–3 wt.% higher and aromatics content on 5 wt.% lower. Combined loading of commercial unit L-35-11/600 by catalysts PR-81A/SHPR-81 provide a producing of gasoline with RON 95-97 even under adverse operating conditions and low quality of feed. The obtained results allow us to rely on the widespread introduction of new catalysts to refineries in Russia and CIS countries.

Keywords: reforming catalysts, octane, gasoline, aromatic hydrocarbons, yield stability catalyzeate.

DOMESTIC CATALYSTS

Bekmuhamedov G.E., Egorova S.R., Lamberov A.A.

Influence of silicon oxide structures on the activity of aluminio-chrome catalyst in the dehydrogenation of isobutane.....41

Laws of formation of oxide-silicon structures in the aluminum-chromium catalyst for isobutane dehydrogenation were studied using the methods of adsorption, XRD, solid state detailed NMR ^{29}Si , thermal programmed desorption of ammonia, UV-Vis and Raman spectroscopy. Found that silicon in an amount of 0,5–1,2 wt.% is distributed on the surface of the catalyst as $\text{Si}(\text{OSi})_4$ structures. With an increase of its content up to 2,2–3,6 wt.% besides $\text{Si}(\text{OSi})_4$ on the surface a $\text{Si}(\text{OSi})_3(\text{O}-)$ structural elements present. Formation of silicon oxide structures on the catalyst surface determines the increase of $\text{Cr}(\text{III})$ ions concentration and reducing the surface acidity, increases activity and selectivity of the catalysts in the dehydrogenation of isobutane.

Keywords: aluminum-chromium catalyst, silicon oxide, chromium (III), dehydrogenation.

Smolikov M.D., Goncharov V.B., Sadovskaya E.M., Kazantsev K.V., Zatolokina E.V., Kir'yanov D.I., Paukshtis E.A., Balzhinimaev B.S., Belyj A.S.

Studying of the role of platinum state in catalysts $\text{Pt}/\text{SO}_4/\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ for the *n*-hexane isomerization51

Samples of $\text{SO}_4/\text{ZrO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ and $\text{Pt}/\text{Al}_2\text{O}_3$ catalysts and their physical mixtures are prepared, the catalytic properties of the samples in the isomerization reaction of *n*-hexane were studied. Significant impact on the state of the platinum on catalytic properties of the samples was revealed. It is shown that the ionic form of platinum present in the reduced form of catalysts by infrared spectroscopy (CO_{ads}) and oxygen chemisorption of oxygen-hydrogen titration. These forms can adsorb up to three hydrogen atoms on each surface atom of platinum. It's established with the help of isotope H/D-exchange that specific properties of ionic platinum are manifested in the formation of hydride form of adsorbed hydrogen. It is suggested that the activity and stability of catalysts based on sulfated zirconia in the isomerization of *n*-hexane caused by involving ionic and metallic platinum in hydrogen activation. The results

обусловлены участием ионной и металлической платины в активации водорода. Полученные результаты могут быть использованы при разработке эффективных катализаторов изомеризации C_5 - C_6 -бензиновых фракций для получения изомеризата в качестве высокооктановой добавки в современные бензины.

Ключевые слова: изомеризация, платиновые катализаторы, диоксид циркония, изотопный обмен.

can be used to develop the effective catalysts for C_5 - C_6 gasoline fractions isomerization to produce isomerate as octane additives in modern gasoline.

Keywords: isomerization catalyst platinum dioxide, zirconium isotope exchange.

БИОКАТАЛИЗ

Доронин В.П., Потепенко О.В., Липин П.В., Сорокина Т.П.
Преобразования растительных масел в условиях каталитического крекинга61

Изучено влияние состава цеолитсодержащего катализатора, условий осуществления процесса, природы масел на распределение целевых продуктов при их превращении в условиях каталитического крекинга. Исследование проводили на бицеолитных катализаторах, содержащих цеолиты, – ультрастабильный Y и ZSM-5 в различных пропорциях, и на катализаторе ЛЮКС – 18 мас.% цеолита Y в НРЗЭ-форме. Показано, что наличие цеолита ZSM-5 в составе катализатора способствует образованию олефинов C_2 - C_4 . Увеличение жесткости процесса крекинга (повышение температуры и соотношения катализатор : сырье) приводит к увеличению выхода газообразных продуктов и кокса при одновременном уменьшении выхода бензиновой фракции. Влияние природы растительных масел исследовано на примере пальмового, рапсового, горчичного и подсолнечного масел. Показано, что для максимальных выходов олефинов C_2 - C_4 и бензина необходимо использовать масла с повышенным содержанием насыщенных жирных кислот. Изучены закономерности совместного крекинга подсолнечного масла и вакуумного газойля. Установлено, что при совместном крекинге увеличиваются общая конверсия смеси сырья и выход бензиновой фракции; максимальный эффект достигается при добавлении 3–10 мас.% растительного масла.

Ключевые слова: каталитический крекинг, растительное масло, бицеолитный катализатор, триглицерид, жирные кислоты.

BIOCATALYSIS

Doronin V.P., Potapenko O.V., Lipin P.V., Sorokina T.P.
Transformation of plant oils in catalytic cracking61

Effect of zeolite catalyst composition, the process conditions, the nature of oil on the distribution of products at their targeted transformations under catalytic cracking conditions was studied. The study was conducted on bizeolite catalysts containing zeolites – ultrastable Y and ZSM-5 in various proportions, and on the catalyst LUX where 18 wt.% of zeolite Y in HREY form. It is shown that the presence of ZSM-5 zeolite in the catalyst promotes the formation of C_2 - C_4 olefins. Increased rigidity of the cracking process (increase temperature and the ratio of catalyst : feed) increases the yields of gaseous products and coke, while reducing the gasoline fraction. Effect of the nature of vegetable oils was studied on the example of palm, rapeseed, mustard and sunflower oils. It is shown that the maximum yield of C_2 - C_4 olefins and gasoline have to use oils with a high content of saturated fatty acids. The laws of the joint cracking of sunflower oil and vacuum gasoil. It's found that the total conversion of the feed mix and yield of the gasoline fraction increase at a joint cracking; maximum effect is achieved by adding 3–10 wt.% vegetable oil.

Keywords: catalytic cracking, vegetable oil, bizeolite catalyst, triglyceride, fatty acids.

Макарова Е.И., Будаева В.В., Скиба Е.А., Сакович Г.В.
Ферментативный гидролиз целлюлоз, полученных гидротермической обработкой мискантуса и плодовых оболочек овса68

Исследован ферментативный гидролиз целлюлоз, полученных обогащением волокнистых продуктов после гидротермобарической обработки со взрывом двух видов сырья (мискантуса и плодовых оболочек овса) в реакторе высокого давления. В качестве катализатора была применена мультиэнзимная композиция из ферментных препаратов «ЦеллоЛюкс-А», «Брюзайм ВГХ», «Рапидаз ЦР». Установлено, что целлюлозы, полученные обогащением волокнистых продуктов из указанных видов сырья при давлении 1,5 МПа, характеризуются близкой реакционной способностью: выход редуцирующих веществ (РВ) – 81 % (от массы субстрата) и 87–91 % (от массы гидролизуемых компонентов). С повышением давления гидротермобарической обработки сырья (мискантуса) от 1,5 до 2,5 МПа реакционная способность целлюлоз к ферментализу снижается: выход РВ составляет

Makarova E.V., Budaeva V.V., Skiba E.A., Sakovitch G.V.
Enzymatic hydrolysis of cellulose produced by hydrothermal treatment of miscanthus and fruit shells of oats68

Enzymatic hydrolysis of cellulose, derived by ennoblement of fibrous products after hydro thermobaric treatment with the explosion of two types of feed (miscanthus and fruit shells oats) in the high-pressure reactor was investigated. Multienzyme composition of the enzyme preparations «CelloLux-A», «BrewZyme BGX», «Rapidaza CR» was used as the catalyst. It's found that cellulose obtained by ennoblement of fiber products these feeds at a pressure of 1,5 MPa, characterized nearest reactivity: yield of reducing substances – 81 % (by weight of the substrate) and 87–91 % (by weight of the hydrolyzable components). With increasing pressure of hydro thermobaric processing of feed (miscanthus) from 1,5 to 2,5 MPa to fermentolysis reactivity of cellulose decreases: reducing substances yield is 53–57 % (by weight of the substrate) or 56–60 % (by weight of the hydrolyzable components.) The universality

53–57 % (от массы субстрата) или 56–60 % (от массы гидролизуемых компонентов). Показана универсальность гидротермобарического способа обработки различных видов недревесного сырья для последующего успешного ферментализации субстратов в растворы РВ с преимущественным содержанием глюкозы. Полученные таким образом глюкозные гидролизаты являются доброкачественным сырьем для биосинтеза не только топливных спиртов, но и широкого круга продуктов микробиологического синтеза: аминокислот, органических кислот, гелевых пленок бактериальной целлюлозы, белково-витаминных концентратов и т.д.

Ключевые слова: ферментативный гидролиз, гидротермобарическая обработка, мискантус, плодовые оболочки овса, волокнистые продукты, «Брюзайм ВГХ», «ЦеллоЛюкс-А», «Рапидаза ЦР», редуцирующие вещества, глюкоза, ксилоза.

Проскурина О.В., Короткова О.Г., Рожкова А.М., Матыс В.Ю., Кошелев А.В., Окунев О.Н., Немашкалов В.А., Сеницына О.А., Ревин В.В., Синицын А.П.

Эндоглюканаза IV *Trichoderma reesei* – новый компонент биокатализаторов на основе целлюлазного комплекса гриба *Penicillium verruculosum* для гидролиза целлюлозосодержащей биомассы73

Одной из актуальных технологических задач на сегодняшний день является повышение эффективности ферментных препаратов, осуществляющих конверсию целлюлозы. В данной работе рассмотрен новейший метод повышения гидролитической способности целлюлазных препаратов, заключающийся во введении ферментов негидролитического типа действия (полисахаридмонооксигеназ) в целлюлолитический комплекс. На основе рекомбинантного штамма гриба *Penicillium verruculosum*, несущего ген эндоглюканазы IV *Trichoderma reesei*, был получен ферментный препарат с увеличенной гидролитической способностью. Использование данного метода позволило повысить эффективность целлюлазного комплекса на 20 %.

Ключевые слова: *Penicillium verruculosum*, полисахаридмонооксигеназы, эндоглюканаза IV *Trichoderma reesei*, ферментный препарат, целлюлазный комплекс, биоконверсия целлюлозы.

of hydro thermobaric way of different types of non-wood feed for subsequent successful fermentolysis of substrates into solutions of the reducing substances with the predominant content of glucose. The glucose hydrolysates thus obtained are good feed for the biosynthesis of not only alcohol fuel, but also a wide range of products of microbiological synthesis: amino acids, organic acids, gel film of bacterial cellulose, protein and vitamin concentrates, etc.

Keywords: enzymatic hydrolysis, hydro thermobaric treatment, miscanthus, fruit shell oat fiber products «CelloLux-A», «BrewZyme BGX», «Rapidaza CR» reducing agents, glucose, xylose.

Proskurina O.V., Korotkova O.G., Rozhkova A.M., Matys V.Yu., Koshelev A.V., Okunev O.N., Nemashkalov V.A., Sinitsyna O.A., Revin V.V., Sinicyn A.P.

Endoglucanase IV *Trichoderma reesei* – a new component of biocatalysts based on the cellulase complex of the fungus *Penicillium verruculosum* for the hydrolysis of cellulose biomass73

Improving the efficiency of enzyme preparations which performing conversion of cellulose is one of the most pressing technological challenges today. In this paper, the latest method is considered to increase the hydrolytic ability of cellulase preparations comprising administering a non-hydrolytic enzymes of the type of action (polysaccharidemonooxygenase) in cellulolytic complex. Enzyme preparation with increased hydrolytic capacity was obtained by a recombinant strain of the fungus *Penicillium verruculosum*, carrying gene endoglucanase IV *Trichoderma reesei*. Using this method it is possible to increase the effectiveness of cellulase complex up to 20 %.

Keywords: *Penicillium verruculosum*, polysaccharidemonooxygenase, endoglucanase IV *Trichoderma reesei*, enzyme preparation, cellulase complex, bioconversion of cellulose.

ХРОНИКА

Поздравляем с 75-летием
Вениамина Давыдовича Кальнера81

Члену редколлегии журнала «Катализ в промышленности» Альберту Львовичу Лапидусу – 80 лет82

CHRONICLE

Congratulations of the 75th anniversary
of Veniamin Davidovich Kalner81

A member of the editorial board of the journal
«Catalysis in Industry» Albert L'vovich Lapidus –
80 years anniversary82