

## **АВТОРСКА СПРАВКА ЗА НАУЧНИТЕ ПРИНОСИ НА ПУБЛИКАЦИИТЕ ИЗВЪН ХАБИЛИТАЦИОННИЯ ТРУД НА ГЛАС. Д-Р СТАНИСЛАВА МЕТОДИЕВА АНДОНОВА**

представени за участие в конкурс за заемане на академична длъжност "доцент", по професионално направление 4.2. "Химически науки" и научна специалност "Химична кинетика и катализ", за лаборатория „Реактивност на твърди повърхности“ на ИОНХ, обявен в Държавен вестник, бр. 36 от 3.05.2019 г.

Общият брой публикации на кандидата е 32, от които 27 са включени в базата данни на ISI (**Scopus/Web of Science**). Кандидатът участва в конкурса с 22 публикации, като 20 от тях са в базата данни на ISI - 15 от тях са в Q1, 4 в Q2 и една публикация е заявка за патент. Допълнително кандидата участва и с две публикувани заявки за патент [15,16] включени в базата данни на <http://www.patentbuddy.com>.

Кандидатът във всички публикации включени в хабилитационния труд [1-9] е посочен като първи автор, а в една от тях и като автор за кореспонденция. Останалите 13 публикации [10-22] са включени в извън хабилитационния труд. Общият брой на забелязаните цитати (без автоцитати на всички автори) е 384, като 315 са от базата данни на ISI и 69 цитата са от други източници (**Google Scholar**). Забелязаните цитати от базата данни на ISI върху публикациите участващи в конкурса са 215. Индексът по Хирш (H) на кандидата въз основа на всички публикации, включени в базата данни на ISI (без автоцитати на всички автори) е 11.

Трудовете, представени от кандидата в извън хабилитационния си труд [10-22], са посветени на фундаментални и приложни изследвания свързани с разработването и използването на нови материали, като катализатори/адсорбенти за опазване на околната среда. По конкретно, изследванията са фокусирани в търсене на нови по-ефективни и перспективни материали, използвани в различни технологии за контролиране на замърсяванията на атмосферния въздух с емисии от азотни оксиди ( $\text{NO}_x$ ) и въглероден диоксид ( $\text{CO}_2$ ).

С оглед на специфичните цели на проведените от кандидата изследвания, трудовете в извън хабилитационния труд са групирани тематично в следните **три изследователски направления**:

- 1. Разработване и изследване на нови ефективни метало-оксидни катализатори използвани за редукция  $\text{NO}_x$  чрез акумулиращо-редукционен катализ.**
- 2. Разработване и изследване на нови метал-обменени зеолити, използвани като ефективни катализатори за селективна каталитична редукция на  $\text{NO}_x$  с амоняк.**
- 3. Изследване нови и перспективни материали, използвани като адсорбенти за пречистване на газове и селективно разделяне на газови смеси.**

## ОСНОВНИ НАУЧНИ ПРИНОСИ

### **НАПРАВЛЕНИЕ 1. Разработване и изследване на нови ефективни метало-оксидни катализатори използвани за редукция $\text{NO}_x$ чрез акумулиращо-редукционен катализ.**

Научните трудове, включени в това направление са описани чрез номерата си дадени в списъка на научните публикации по-долу. Това са съответно [публикации 10, 11, 12, 13 и 14](#). Предмет на изследванията включени в това направление, най-общо, са посветени на фундаментални и приложни изследвания свързани с разработването и използването на нови по-ефективни и перспективни катализатори използвани в процесите на редукция на  $\text{NO}_x$  чрез акумулиращо-редукционен катализ. В [публикация 10 и 11](#) бе изучен в детайли механизма на адсорбция и редукция на  $\text{NO}_x$  с водород или амоняк и ефекта от промотиране на класическия акумулиращо-редукционен Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор с Rh. Бяха проведени каталитични тестове чрез редуващи се цикли на адсорбция и последваща редукция на адсорбираните  $\text{NO}_x$  с  $\text{H}_2/\text{NH}_3$  върху монолитни Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и Rh/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатори. Установено бе, че редукцията на адсорбираните  $\text{NO}_x$  съединения с  $\text{NH}_3$  върху Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор протича при по-ниски температури в сравнение с Rh-съдържащия се образец в резултат на по-високата редуцируемост на Pt. От друга страна обаче, Rh/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор проявява по-висока реактивност в процеса на разлагане на нереагиращия  $\text{NH}_3$ , което значително повишава селективността на реакцията към образуване на по-голямо количество  $\text{N}_2$ . Основния лимитиращ фактор на Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор бе свързан с неговата ограничена способност към регенериране. От друга страна, Rh/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор се характеризира с по-висока адсорбционна способност към  $\text{NO}_x$  при 350°C. Пониженият адсорбционен капацитет на същия образец при по-ниските температури (150°C) бе свързан със слабата му активност към окисление на NO до NO<sub>2</sub>. За преодоляване на тези ограничения, изследванията бяха насочени към комбиниране на двата преходни метала с цел да се постигне компенсация на наблюдаваната незадоволителна активност на катализаторите съдържащи Pt или Rh поотделно. Така бе синтезиран промотиран с Rh Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор и изследванията продължиха чрез изучаване на процесите на динамична хемосорбция на CO при стайна температура и дисоциация на N<sub>2</sub>O до N<sub>2</sub> и O<sub>2</sub> в температурният интервал (323 - 773 K). Резултатите от тези изследвания показаха, че по-високата дисперсност на Rh нанесен на повърхността на Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> система, допринася за освобождаването O<sub>2</sub> при дисоциацията на N<sub>2</sub>O при значително по-ниски температури в сравнение с тази на Pt. В допълнение, от динамичните измервания на адсорбция и десорбция на  $\text{NO}_x$  беше установено, че наличието на Rh в състава на класическия Pt/BaO/ $\gamma$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор има промотиращо влияние, като десорбцията на  $\text{NO}_x$  протича при по-ниски температури в сравнение с тази върху Pt образец. Тези резултати ни

позволиха да направим заключение, че наличието на Rh има съществена роля върху скоростта на миграция на адсорбираните NO<sub>x</sub> съединения на повърхността, контролирайки последващата десорбция на NO<sub>x</sub> при по-ниски температури.

Изследванията в [публикация 12](#) бяха свързани с проследяване влиянието от модифициране на структурата и адсорбционните свойства чрез внасянето на допълнителни метални оксиди към акумулиращо-редукционният Pt/BaO/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор. В случая, работата бе свързана с установяване влиянието от наличието на FeO<sub>x</sub> към дву-компонентната оксидна BaO/γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> система и неговата роля в процеса на акумулиране на NO<sub>x</sub>. По метода на конвенционално импрегниране бяха синтезирани трикомпонентни оксидни системи FeO<sub>x</sub>/BaO/γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с вариране на съдържанието на отделните компоненти в нея. Структурно охарактеризиране на получените образци чрез рентгенова дифракция, раманова спектроскопия и трансмисионна електронна микроскопия показа, че Fe в синтезираните трикомпонентни оксидни системи FeO<sub>x</sub>/BaO/γAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> съществува в зависимост от съдържанието на отделните компоненти под формата на различни фази от Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> и FeO<sub>x</sub>. Тяхната различна морфология на повърхността предопределя и различията в адсорбционният капацитет на образците по отношение на NO<sub>2</sub>. Механизма на адсорбцията на NO<sub>x</sub> протича в началните етапи до образуване на нитрити, които с повишаване на налягането постепенно се превръщат в различни видове нитрати. Внасянето на Fe в системата BaO/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> води до образуването на допълнителни адсорбционни Fe<sup>3+</sup> и Fe<sup>2+/(3-x)+</sup> центрове, върху които могат да бъдат координирани бидентатни нитрати и нитрозили. Наличието на редуцирани Fe<sup>2+/(3-x)+</sup> центрове до момента на тяхното окисление до Fe<sup>3+</sup> по време на адсорбцията беше установено, че води до забавяне скоростта на процеса на окисление на нитритите до нитрати.

В [публикация 13 и 14](#) беше изследвана възможността от разработване на адсорбент на базата на дву-компонентната система Ag/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и приложението и в технологията на т.нар. пасивно акумулиране на NO<sub>x</sub> при ниски температури и последваща редукция на адсорбираните NO<sub>x</sub> съединения при повишаване на температурата. Бяха проведени каталитични тестове чрез редуващи се цикли на адсорбция и последваща редукция на NO<sub>x</sub> с водород в температурният интервал 75-300°C. При работа в присъствие на 1500 ppm H<sub>2</sub> и температури 150-200°C бе наблюдаван процес на акумулиране на значително по-голямо количество NO<sub>x</sub> на повърхността на Ag/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в сравнение с конвенционално използваният класически акумулиращо-редукционен Pt/BaO/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> катализатор. Този резултат бе обяснен с предположението, че присъствието на H<sub>2</sub> създава условия за образуване на активни за адсорбцията центрове в резултат на редукцията на сребърните частици нанесени на повърхността на γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Допълнително резултатите показаха, че този тип адсорбент може да

бъде възстановен след насищане с  $\text{NO}_x$  при сравнително ниски температури (под  $400^\circ\text{C}$ ), което би спестило енергийни разходи за неговата регенерация.

**НАПРАВЛЕНИЕ 2. Разработване и изследване на нови метал-обменени зеолити, използвани като ефективни катализатори за селективна каталитична редукция на  $\text{NO}_x$  с амоняк.**

Научните трудове, включени и описани в това направление чрез номерата си дадени в списъка на научните публикации по-долу са съответно [публикации 15, 16, 17 и 18](#).

За целите на развиващата се технология на СКР на  $\text{NO}_x$  с  $\text{NH}_3$  и в търсенето на нови високо активни катализатори, беше синтезиран и изследван за първи път нов тип Fe- обменен SAPO-34 зеолит със значително подобрена хидротермична стабилност в сравнение с конвенционално използвания Cu/SAPO-34 в условията на процеса. Кандидатът за този конкурс имаше шанса и привилегията да бъде част от колектива направил това откритие, на което са посветени [публикация - 7 и подадените заявки за патент - 8, 15 и 16](#) с индустриална собственост и авторското право на Ford Global Technologies. Усилията в тези изследвания бяха фокусирани първоначално чрез метода "зол-гел" да бъдат синтезирани Fe- обменени SAPO-34 образци с различно съдържание на Fe (0.27; 0.47 и 1.03 wt.% Fe). Каталитичните тестове на СКР на  $\text{NO}_x$  върху монолитните Fe/SAPO-34 катализатори бяха проведени на пилотна каталитична инсталация при условия, близки до тези в индустриалната практика. Беше установено, че Fe/SAPO-34 образец с най-ниско съдържание на Fe (0.27 wt.% Fe) проявява най-висока активност и хидротермична стабилност в изследваната реакция до температури от  $550$  до  $900^\circ\text{C}$ . По-нататък, изследванията показаха, че синтезираният Fe/SAPO-34 катализатор се характеризира и с по-висока ефективност при редукцията на  $\text{NO}_x$  при високи температури ( $600$ - $750^\circ\text{C}$ ), в сравнение с конвенционално използвания търговски Cu/CHA катализатор. Чрез комбиниране на двата монолитни катализатора, като първи слой е Fe/SAPO-34, а втори Cu/CHA, се постига компенсация на наблюдаваната незадоволителна активност при работа само на Cu/CHA при високите температури и съответно само на Fe/SAPO-34 при ниските температури. Така бе постигнат един комплексен положителен ефект чрез двойната каталитична монолитна система покриващ широк температурен диапазон ( $200$ – $800^\circ\text{C}$ ) на провеждане на процеса на СКР на  $\text{NO}_x$  с амоняк.

В [публикация 17](#) бе проведено изследване върху един от основните проблеми в практическото приложение на Cu/SAPO-34 катализаторите използвани за почистване на емисиите от  $\text{NO}_x$  от превозните средства с дизелови двигатели в резултат на въздействието на  $\text{SO}_2$ . За да бъде изяснен възможният механизъм на дезактивиране, свежите и отровени Cu/SAPO-34 катализатори с  $\text{SO}_2$  бяха тествани в процесите на каталитично окисление на  $\text{NH}_3$

и СКР (стандартна и бърза - без и в присъствие на  $\text{NO}_2$ ) на  $\text{NO}_x$  в температурният диапазон от  $150\text{-}500^\circ\text{C}$ . Проведените каталитични тестове показаха, че конверсията на  $\text{NO}_x$  при стандартните условия на провеждане на СКР без наличието на  $\text{NO}_2$  в газовата смес е значително по-ниска след отравяне на катализатора с  $\text{SO}_2$ , в сравнение с тази на бързата СКР в присъствие на  $\text{NO}_2$ . Това бе указание, че СКР при стандартни условия на провеждане на процеса протича по механизъм различен от този на реакцията в присъствие на  $\text{NO}_2$ . Основната причина за наблюдаваната дезактивация бе свързан със силното взаимодействие на  $\text{SO}_2$  с повърхността на катализатора и блокиране на част от активните  $\text{Cu}^{2+}$  центрове участващи в окислително-редукционния цикъл на процеса. Микро-калориметричните данни показаха зависимости в подкрепа на отрицателното въздействие на  $\text{SO}_2$  особено в присъствие на  $\text{O}_2$ , като топлината на адсорбция на  $\text{SO}_2$  при наличие на  $\text{O}_2$  нараства, съответно от  $229\text{ kJ mol}^{-1}$  до  $249\text{ kJ mol}^{-1}$ .

Каталитичните изследванията в [публикация 18](#) бяха свързани с проследяване на механизма на СКР на  $\text{NO}_x$  с  $\text{NH}_3$  при вариране на съдържанието на активния компонент в Cu-обменени ВЕА катализатори. За целта, синтезираните чрез конвенционален йонен обмен Cu/ВЕА образци с различно съдържание на Cu (0.7, 1.3, 2.5, 4 wt.% Cu) бяха тествани в процесите на каталитично окисление на  $\text{NH}_3$  и NO и СКР при стандартни условия в температурният диапазон от  $150\text{-}500^\circ\text{C}$ . Установено бе, че процесите на окисление на  $\text{NH}_3$  и NO протичат с по-високи скорости върху Cu/ВЕА катализаторите с по-високо съдържание на Cu (2.5–4 % Cu), докато скоростта на СКР е по-висока върху образците с ниско или средно съдържание на активния компонент (0.7- 1.3 wt.% Cu). По-високото съдържание на Cu в Cu/ВЕА образците предопределя процес на формиране на  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  на повърхността на катализаторите при температури под  $250^\circ\text{C}$ , в резултат на взаимодействие на адсорбирания амоняк с  $\text{NO}_2$ . При термичното разлагане на  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  до  $\text{N}_2\text{O}$  се понижава значително селективността към образуване на по-малки количества  $\text{N}_2$ . Показано бе, че при коректен подбор на реда на подаването на реагентите от  $\text{NO}_2$  и  $\text{NH}_3$  към реактора запълнен с монолитен катализатор могат да бъдат избегнати тези ограничения.

### **НАПРАВЛЕНИЕ 3. Изследване нови и перспективни материали, използвани като адсорбенти за пречистване на газове и селективно разделяне на газови смеси.**

Научните трудове, включени и описани в това направление чрез номерата си дадени в списъка на научните публикации по-долу са съответно [публикации 19, 20, 21 и 22](#).

Проблемът с почистването на промишлени газове фокусира интереса на редица изследователи в търсене на нови и перспективни материали, използвани в мембранните технологии, като адсорбенти за улавяне и съхранение на  $\text{CO}_2$ , както и за пречистване и селективно разделяне на газови смеси. В тази връзка изследванията в публикации [19, 20 и 21](#)

са фокусирани върху получаването на информация за природата на адсорбционните центрове и геометрия на координиране на адсорбиращите се молекули газ върху различни метал-органични структури (МОС) чрез ИЧ спектроскопия. Изследванията в [публикация 19](#) бяха насочени към ИЧ спектроскопско определяне на повърхностната киселинност на MIL-53(A1). Този тип МОС е от групата на т.нар. "дишащи" структури, които притежават "меки" рамки, дължащи се на присъствието на гъвкави органични лиганди, които се повлияват от външни стимули, като налягане, температура и присъствие на различни адсорбати. При изследването бяха използвани две различни молекули-сонди ( $\text{CO}$  и  $\text{N}_2$ ), като киселинността бе определена по т. нар. метод на водородната връзка. Резултатите от изследванията показаха, за наличието на три типа ОН групи: такива съответно от конфигурацията с широки и тесни пори, както и Н-свързани хидроксилни групи. Но корелация между киселинността измерена след адсорбция на  $\text{CO}$  и след адсорбция на  $\text{N}_2$  не бе установена върху никоя от трите типа ОН групи. Беше направено заключението, че хидроксилните групи вече участват във водородна връзка с решетката и следователно действителната честота на хидроксилните групи може да се изчисли като се вземе предвид, че общото отместване на ОН ивицата е измереното отместване и това дължащо се на водородното свързване с решетката.

Изследванията в [публикация 20 и 21](#) продължиха с ИЧ спектроскопски анализ на  $\text{CO}_2$  адсорбиран при ниски температури върху MIL-53(A1) и  $\text{NH}_2$ -MIL-53(A1). Промените, които бяха наблюдавани при намаляване на покритието от  $\text{CO}_2$  недвусмислено показаха конверсия между две ивици при 2337 и 2334  $\text{cm}^{-1}$ . Тази промяна в честотата бе установено, че е резултат от някакъв вид вибрационно взаимодействие на адсорбираните върху съседни центрове  $\text{CO}_2$  молекули с образуване на димери. Наблюдаваният феномен бе илюстриран със схема, изобразяваща порите в структурата на MIL-53(A1), където първоначално,  $\text{CO}_2$  се координира към хидроксилните групи посредством водородни връзки. При повишаване на покритието започват да се образуват димерни структури и едновременно с това става свиване на порите на материала. Такова свиване е било наблюдавано и е докладвано в литературата, но доколкото ни е известно нашите резултати са първото спектроскопско доказателство за това, че то е провокирано от образуването на  $\text{CO}_2$  димери.

MIL-53(A1) се характеризира с висок адсорбционен капацитет по отношение на  $\text{CO}_2$  на базата на физическа адсорбция, като подобно на повечето гъвкави МОС, адсорбцията на  $\text{CO}_2$  протича с промени в структурата на материала. В тази връзка, е установено че MIL-53(A1) допълнително функционализиран с хидроксилни групи (част от линкерите са 2,5-дихидрокси терефталатни лиганди) се характеризира с повишен адсорбционен капацитет по  $\text{CO}_2$  при относително ниски налягания. С цел по-задълбочен поглед върху процеса в [публикация 22](#), бяха изследвани чрез ИЧ спектроскопия следните образци: MIL-53(A1),

използван за сравнение; MIL-53(A1)-OH<sub>25</sub>, с подобрен адсорбционен капацитет по CO<sub>2</sub>; и MIL-53 (A1)-OH<sub>75</sub>, с ниска ефективност на адсорбция по CO<sub>2</sub>. Нискотемпературните експерименти на адсорбция на CO върху MIL-53(A1) и MIL-53(A1)-OH<sub>25</sub> показаха слаба киселинност на μ<sub>2</sub>-OH и още по-слаба на Ag-OH групи. Процесът на адсорбция е придружен с разширяване на порите. За MIL-53(A1)-OH<sub>75</sub> бе установено, че остава в конфигурация с тесни пори и не адсорбира CO. Адсорбцията на CO<sub>2</sub> върху образците беше осъществена при температура на околната среда, като процесът беше проследен чрез промените на ν<sub>3</sub>(<sup>12</sup>CO<sub>2</sub>) ивицата при 2337 cm<sup>-1</sup> (при налягане до 50 mbar) и ν<sub>3</sub>(<sup>13</sup>CO<sub>2</sub>) ивицата при 2272-2271 cm<sup>-1</sup> (при по-високи налягания до 500 mbar). По отношение на μ<sub>2</sub>-OH групите, спектрите показаха най-силно взаимодействие на CO<sub>2</sub> с MIL-53(A1)-OH<sub>25</sub>. Беше установено също така, че CO<sub>2</sub> взаимодейства с Ag-OH групи чрез разрушаване (или отслабване) на съществуващата H-връзка, като по този начин това води до увеличаване адсорбционният капацитет на материала. Тъй като процесът е термодинамично ограничен, Ag-OH ••• OCO комплексите се формират предимно при високи налягания на CO<sub>2</sub>. Въпреки, че адсорбцията на CO<sub>2</sub> води до разширяване на порите на MIL-53 (A1)-OH<sub>25</sub>, то MIL-53 (A1)-OH<sub>75</sub> остава в конфигурация с тесни пори, дори в присъствието на 500 mbar CO<sub>2</sub>, което влияе отрицателно върху процеса на адсорбция.

#### БИБЛИОГРАФИЯ НА ПУБЛИКАЦИИТЕ УЧАСТВАЩИ В КОНКУРСА

1. S. Andonova, Z.A. Ok, E. Ozensoy, K. Hadjiivanov, *Effects induced by interaction of the Pt/CeO<sub>x</sub>/ZrO<sub>x</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> ternary mixed oxide DeNO<sub>x</sub> catalyst with hydrogen*, **Catalysis Today** (2019) **in press**, DOI: [10.1016/j.cattod.2019.02.056](https://doi.org/10.1016/j.cattod.2019.02.056).
2. S. Andonova, Z.A. Ok, N. Drenchev, E. Ozensoy, K. Hadjiivanov, *Pt/CeO<sub>x</sub>/ZrO<sub>x</sub>/γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> Ternary Mixed Oxide DeNO<sub>x</sub> Catalyst: Surface Chemistry and NO<sub>x</sub> Interactions*, **The Journal of Physical Chemistry C** **122** (2018) **12850-12863**.
3. S. Andonova, V. Marchionni, L. Lietti, L. Olsson, *Micro-calorimetric studies of NO<sub>2</sub> adsorption on Pt/BaO-supported on γ-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NO<sub>x</sub> storage and reduction (NSR) catalysts-Impact of CO<sub>2</sub>*, **Molecular Catalysis** **436** (2017) **43-52**.
4. S. Andonova, V. Marchionni, M. Borelli, R. Nedyalkova, L. Lietti, L. Olsson, *Mechanistic investigations of the promoting role of Rh on the NSR performance of NO<sub>x</sub> storage BaO-based catalysts*, **Applied Catalysis B Environmental** **32-133** (2013) **266-281**.
5. S. Andonova, G. S. Şentürk, E. Kayhan, E. Ozensoy, *Fine-Tuning the Dispersion and the Mobility of BaO Domains on NO<sub>x</sub> Storage Materials via TiO<sub>2</sub> Anchoring Sites*, **The Journal of Physical Chemistry C** **114** (2010) **17003-17016**.
6. S. Andonova, G.S. Şentürk, E. Kayhan, E.; Ozensoy, *Nature of the Ti-Ba Interactions on the BaO/TiO<sub>2</sub>/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> NO<sub>x</sub> Storage System*, **The Journal of Physical Chemistry C** **113** (2009) **11014 - 11026**.
7. S. Andonova, S. Tamm, C. Montreuil, C. Lambert, L. Olsson, *The effect of iron loading and hydrothermal aging on one-pot synthesized Fe/SAPO-34 for ammonia SCR*, **Applied Catalysis B Environmental** **180** (2016) **775 – 787**.
8. S. Andonova, S. Tamm, L. Olsson, C.N. Montreuil, Ch. K. Lambert, *Fe-SAPO-34 catalyst for use in NO<sub>x</sub> reduction and method of making*, **Patent Application Publication, USA**, **Pub.N: US 2015/0231617A1**. <https://www.scopus.com>

9. S. Andonova, E. Vovk, J. Sjöblom, E. Ozensoy, L. Olsson, *Chemical deactivation by phosphorous under lean hydrothermal conditions over Cu/BEA NH<sub>3</sub> - SCR catalysts*, **Applied Catalysis B: Environmental** **147** (2014) 251-263.
10. S. Andonova, V. Marchionni, L. Lietti, L. Olsson, *Enhanced low temperature NO<sub>x</sub> reduction performance over bimetallic Pt/Rh-BaO Lean NO<sub>x</sub> trap catalysts*, **Topic in Catalysis** **56** (2013) 68 - 74.
11. L. Kubiak, L. Castoldi, L. Lietti, S. Andonova, L. Olsson, *Mechanistic Investigation of the Reduction of NO<sub>x</sub> over Pt-and Rh-Based LNT Catalysts*, **Catalysts** **6** (2016) 1-14.
12. M. Kayhan, S. Andonova, G.S. Şentürk, C.C. Chusuei, E. Ozensoy, *Fe Promoted NO<sub>x</sub> Storage Materials: Structural Properties and NO<sub>x</sub> Uptake*, **The Journal of Physical Chemistry C** **114** (2010) 357 - 369.
13. S. Tamm, S. Andonova, L. Olsson, *Silver as Storage Compound for NO<sub>x</sub> at Low Temperatures*, **Catalysis Letters** **144** (2014) 674 - 684.
14. S. Tamm, S. Andonova, L. Olsson, *The effect of hydrogen on the storage of NO<sub>x</sub> over silver, platinum and barium containing NSR catalysts*, **Catalysis Letters** **144** (2014) 1101 - 1112.
15. S. Andonova, S. Tamm, L. Olsson, C.N. Montreuil, Ch. K. Lambert, *Fe-SAPO-34 catalyst for use in NO<sub>x</sub> reduction and method of making*, **Patent Application Publication, China, 2015; Pub.N: CN104841480A**. <http://www.patentbuddy.com/Patent/CN-104841480-A?ft=true&sr=true>
16. S. Andonova, S. Tamm, L. Olsson, C.N. Montreuil, Ch. K. Lambert, *Fe-SAPO-34 catalyst for use in NO<sub>x</sub> reduction and method of making*, **Patent Application Publication, Germany, 2015; Pub.N: DE102015202934A1**. <http://www.patentbuddy.com/Patent/DE-102015202934-A1?ft=true&sr=true>
17. K. Wijayanti, S. Andonova, A. Kumar, J. Li, K. Kamasamudram, N.W. Currier, A. Yezerets, L. Olsson, *Impact of sulfur oxide on NH<sub>3</sub>-SCR over Cu-SAPO-34*, **Applied Catalysis B Environmental** **166-167** (2015) 568 - 579.
18. O. Mihai, C.R. Widyastuti, S. Andonova, K. Kamasamudram, J. Li, S. Joshi, N.W. Currier, A. Yezeretz, L. Olsson, *The effect of Cu - loading on different reactions involved in NH<sub>3</sub>-SCR over Cu-BEA catalysts*, **Journal of Catalysis** **311** (2014) 170 - 181.
19. M. Mihaylov, S. Andonova, K. Chakarova, A. Vimont, E. Ivanova, N. Drenchev, K. Hadjiivanov, *An advanced approach for measuring acidity of hydroxyls in confined space: a FTIR study of low-temperature CO and <sup>15</sup>N<sub>2</sub> adsorption on MOF samples from the MIL-53(Al) series*, **Physical Chemistry Chemical Physics** **17** (2015) 24304 - 24314.
20. M.Y. Mihaylov, K. Chakarova, S. Andonova, N. Drenchev, E. Ivanova, A. Sabetghadam, B. Seoane, J. Gascon, F. Kapteijn, K.I. Hadjiivanov, *Adsorption Forms of CO<sub>2</sub> on MIL-53 (Al) and NH<sub>2</sub>-MIL-53 (Al) as Revealed by FTIR Spectroscopy*, **The Journal of Physical Chemistry C** **120** (2016) 23584–23595.
21. M. Mihaylov, K. Chakarova, S. Andonova, N. Drenchev, E. Ivanova, E.A. Pidko, A. Sabetghadam, B. Seoane, J. Gascon, F. Kapteijn, K. Hadjiivanov, *Adsorption of CO<sub>2</sub> on MIL-53(Al): FTIR evidence of the formation of dimeric CO<sub>2</sub> species*, **Chemical Communications** **52** (2016) 1494 -1497.
22. S. Andonova, E. Ivanova, J. Yang, K. Hadjiivanov, *Adsorption Forms of CO<sub>2</sub> on MIL-53(Al) and MIL-53(Al) OH<sub>x</sub> As Revealed by FTIR Spectroscopy*, **The Journal of Physical Chemistry C** **121** (2017) 18665-18673.