



November 11, 2020

### Review

of the foreign scientific consultant, PhD, associated-professor Florence Vacandio for the thesis of Mr. Avchukir Khaisa titled "Modernization of electrochemical refining of indium with application of computational methods" submitted for the degree of Doctor of Philosophy (PhD) in the specialty – 6D07200 "Chemical technology of inorganic substances"

Avchukir Khaisa's doctoral dissertation was devoted to design of electrochemical cell for electrorefining of indium by using computational methods. His PhD work was aimed on the improvement of the technology of electrochemical refining of rough indium. The results were achieved by combining modeling skills with the study of kinetics of electrode reaction. A simulation model of the electrochemical cell was created in COMSOL Multiphysics software using Electrodeposition module. The developing and further improving of electrorefining cell were carried out firstly by studying of kinetics of electrode reaction, then kinetic parameters calculated from measured data had been used for creating of simulation model. Furthermore, in framework of dissertation electrochemical nucleation stage of indium electrodeposition and influence of different conditions on its kinetics were comprehensively investigated. A new technology to produce high purity indium with mark of 5N5 was developed as a result.

He did internship in my laboratory two times. In his first visit in May of 2017 he had Investigated the influence of tetrabutylammonium chloride on electrodeposition of indium from aqueous chloride electrolyte. The results were published in Journal of Electroanalytical Chemistry.

The aim of his second internship ( June of 2018) was to study the electrodeposition of indium from protonated betainium bis-(trifluoromethylsulfonyl)imide ionic liquid. In this work we established possibility of indium electrodeposition from [Hbet][Tf<sub>2</sub>N] ionic liquid and got dense indium deposits.

In his work, he developed a technology of producing high purity indium with mark of 5N5 from rough indium (3N5) and designed an electrochemical cell for its purification. The result has been reached by comprehensively study the influence of the nature of cathode material, the electrolyte composition, the surface active additives and hydrodynamic condition on kinetics of electrode reactions (anodic and cathodic) using electrochemical methods such as cyclic voltammetry, chrono amperometry, electrochemical impedance spectroscopy, rotating disc electrode method. Using above mentioned methods gave opportunity to find kinetic parameters of electrode processes such as exchange current density, transfer coefficient, rate constants, diffusion coefficient and mass transfer coefficient and its further use in process simulation made possible optimizing and designing of electrochemical cell for indium electrorefining. The simulation of electrochemical refining of indium has been done in commercial COMSOL Multiphysics software, especially using secondary and tertiary current distribution interface of Electrodeposition module.

The quantity and quality of the results obtained during Mr. Avchukir's PhD works make me strongly recommend the defense of his work.

Dr Florence VACANDIO



**Florence Vacandio** - *Maitre de Conférences* -

DEPARTEMENT CHIMIE

*Responsable Equipe Electrochimie des Matériaux (ELMA)*

*Responsable M1 Nanosciences et Nanotechnologies*

*(<https://physique-sciences.univ-amu.fr/master-nanosciences-nanotechnologies>)*

Aix-Marseille Université - Laboratoire MADIREL - Equipe ELMA (Electrochimie des Matériaux) - UMR7246 -

ST JEROME - Avenue Escadrille Normandie Niemen - 13013 Marseille

Tél: +33(0)4 13 55 18 37

Site : <http://madirel.univ-amu.fr/> - Email : [florence.vacandio@univ-amu.fr](mailto:florence.vacandio@univ-amu.fr)

*Afin de respecter l'environnement, merci de n'imprimer cet email que si nécessaire.*

## Отзыв

зарубежного научного консультанта, ассоциированного профессора, PhD, Флоренс Вакандио, на диссертационную работу Авчукир Хайсы на тему «Модернизация электрохимического рафинирования индия с применением расчетных методов», представленной на соискание степени доктора философии (PhD) по специальности - 6D07200 «Химическая технология неорганических веществ».

Докторская диссертация Авчукир Хайсы была посвящена разработке электрохимической ячейки для электрорафинирования индия с использованием вычислительных методов. Его PhD работа была направлена на совершенствование технологии электрохимического рафинирования черного индия. Результаты были достигнуты путем совмещения навыков моделирования с изучением кинетики электродной реакции. Имитационная модель электрохимической ячейки была создана в программе COMSOL Multiphysics с использованием модуля Electrodeposition. Разработка и дальнейшее совершенствование ячейки электрорафинирования проводилось вначале путем изучения кинетики электродной реакции, затем кинетические параметры, рассчитанные по измеренным данным, использовались для создания имитационной модели. Кроме того, в рамках диссертации всесторонне исследована стадия электрохимического зародышеобразования электроосаждения индия и влияние различных условий на его кинетику. В результате была разработана новая технология получения индия высокой чистоты марки 5N5.

Он дважды проходил стажировку в моей лаборатории. Во время своего первого визита в мае 2017 года он исследовал влияние хлорида тетрабутиламмония на электроосаждение индия из водных хлоридных электролитов. Результаты были опубликованы в Journal of Electroanalytical Chemistry.

Целью его второй стажировки (июнь 2018 г.) было изучение электроосаждения индия из ионной жидкости протонированного бис-(трифторметилсульфонил) имида бетаиния. В данной работе установлена возможность электроосаждения индия из ионной жидкости [Hbet] [Tf<sub>2</sub>N] и получены плотные осадки индия.

В своей работе он разработал технологию получения индия высокой чистоты марки 5N5 из черного индия (3N5) и сконструировал электрохимическую ячейку для его очистки. Результат был достигнут путем всестороннего

Республика Казахстан, город Алматы.  
Почтовый адрес: 100100, ул. Сатпаева, 100  
изучения влияния природы катодного материала, состава электролита, поверхностно-активных добавок и гидродинамического условия на кинетику электродных реакций (анодных и катодных) с использованием таких электрохимических методов, как циклическая вольтамперометрия, хроноамперометрия, электрохимическая импедансная спектроскопия, метод вращающегося дискового электрода. Использование вышеуказанных методов дало возможность определить кинетические параметры электродных процессов, такие как плотность обменного тока, коэффициент переноса, константы скорости, коэффициент диффузии и коэффициент массопереноса, а их дальнейшее использование при моделировании процесса сделало возможным оптимизацию и проектирование электрохимической ячейки для электрорафинирования индия. Моделирование электрохимического рафинирования индия было выполнено в коммерческом программном обеспечении COMSOL Multiphysics, в частности с использованием интерфейса вторичного и третичного распределения тока модуля Electrodeposition.

Количество и качество результатов, полученных во время докторской работы г-на Авчукира, заставляют меня настоятельно рекомендовать защитить его работу.

Д-р Флоренс ВАКАНДИО

/подпись имеется/

Университет  
Марсель

Экс–

Флоренс Вакандио -Лектор-  
Факультет Химии  
Руководитель группы электрохимии материалов  
(ELMA)  
Руководитель направления нанонаук и  
нанотехнологий M1  
<https://physique-sciences.univ-amu.fr/master-nanosciences-nanotechnologies>

Университет Экс–Марсель – лаборатория MADIREL – группа ELMA  
(электрохимия материалов) – UMR7246 – ST JEROME авеню Escadrille  
Normandie Niemen - 13013 Марсель

Tel: +33(0)4 13 55 18 37

Сайт: <http://madirel.univ-amu.fr> -Email: [florence.vacandio@univ-amu.fr](mailto:florence.vacandio@univ-amu.fr)