

ISSN 2518-1491 (Online),
ISSN 2224-5286 (Print)

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҰЛТТЫҚ ҒЫЛЫМ АКАДЕМИЯСЫНЫҢ

Д.В. Сокольский атындағы
«Жанармай, катализ және электрохимия институты» АҚ

Х А Б А Р Л А Р Ы

ИЗВЕСТИЯ

НАЦИОНАЛЬНОЙ АКАДЕМИИ НАУК
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
АО «Институт топлива, катализа и
электрохимии им. Д.В. Сокольского»

N E W S

OF THE ACADEMY OF SCIENCES
OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN
JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel,
catalysis and electrochemistry»

SERIES
CHEMISTRY AND TECHNOLOGY
2 (451)

APRIL – JUNE 2022

PUBLISHED SINCE JANUARY 1947

PUBLISHED 4 TIMES A YEAR

ALMATY, NAS RK

NAS RK is pleased to announce that News of NAS RK. Series of chemistry and technologies scientific journal has been accepted for indexing in the Emerging Sources Citation Index, a new edition of Web of Science. Content in this index is under consideration by Clarivate Analytics to be accepted in the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index, and the Arts & Humanities Citation Index. The quality and depth of content Web of Science offers to researchers, authors, publishers, and institutions sets it apart from other research databases. The inclusion of News of NAS RK. Series of chemistry and technologies in the Emerging Sources Citation Index demonstrates our dedication to providing the most relevant and influential content of chemical sciences to our community.

Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясы «ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы» ғылыми журналының Web of Science-тің жаңаланған нұсқасы Emerging Sources Citation Index-те индекстелуге қабылданғанын хабарлайды. Бұл индекстелу барысында Clarivate Analytics компаниясы журналды одан әрі the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index және the Arts & Humanities Citation Index-ке қабылдау мәселесін қарастыруда. Web of Science зерттеушілер, авторлар, баспашылар мен мекемелерге контент тереңдігі мен сапасын ұсынады. ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы Emerging Sources Citation Index-ке енуі біздің қоғамдастық үшін ең өзекті және беделді химиялық ғылымдар бойынша контентке адалдығымызды білдіреді.

НАН РК сообщает, что научный журнал «Известия НАН РК. Серия химии и технологий» был принят для индексирования в Emerging Sources Citation Index, обновленной версии Web of Science. Содержание в этом индексировании находится в стадии рассмотрения компанией Clarivate Analytics для дальнейшего принятия журнала в the Science Citation Index Expanded, the Social Sciences Citation Index и the Arts & Humanities Citation Index. Web of Science предлагает качество в глубину контента для исследователей, авторов, издателей и учреждений. Включение Известия НАН РК в Emerging Sources Citation Index демонстрирует нашу приверженность к наиболее актуальному и влиятельному контенту по химическим наукам для нашего сообщества.

Бас редактор:

ЖУРЫНОВ Мұрат Жұрынұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Қазақстан Республикасы Ұлттық ғылым академиясының президенті, АҚ «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институтының» бас директоры (Алматы, Қазақстан) Н = 4

Редакция алқасы:

ӘДЕКЕНОВ Серғазы Мыңжасарұлы (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, «Фитохимия» Халықаралық ғылыми-өндірістік холдингінің директоры (Қарағанды, Қазақстан) Н = 11

АГАБЕКОВ Владимир Енокович (бас редактордың орынбасары), химия ғылымдарының докторы, профессор, Беларусь ҰҒА академигі, Жаңа материалдар химиясы институтының құрметті директоры (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, Чехия ғылым академиясының Эксперименттік ботаника институтының зертхана меңгерушісі (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БҮРКІТБАЕВ Мұхамбетқали, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, әл-Фараби атындағы ҚазҰУ-дың бірінші проректоры (Алматы, Қазақстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, Сегед университетінің Фармацевтика факультетінің Фармакогнозия кафедрасының меңгерушісі, Жаратылыстану ғылымдарының пәнаралық орталығының директоры (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, PhD докторы, Миссисипи университетінің Өсімдік өнімдерін ғылыми зерттеу ұлттық орталығы, Фармация мектебінің профессоры (Оксфорд, АҚШ) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, философия докторы (PhD, фармацевт), Реддинг университетінің профессоры (Реддинг, Англия) Н = 40

ТЕЛТАЕВ Бағдат Бұрханбайұлы, техника ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА корреспондент-мүшесі, Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі (Алматы, Қазақстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, Хамдар аль-Маджиди Шығыс медицина колледжінің профессоры, Хамдар университетінің Шығыс медицина факультеті (Карачи, Пәкістан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серік Драхметұлы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҚР ҰҒА академигі, Органикалық синтез және көмір химиясы институты директорының ғылыми жұмыстар жөніндегі орынбасары (Қарағанды, Қазақстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробекқызы, химия ғылымдарының докторы, профессор, Қырғызстан ҰҒА академигі, ҚР ҰҒА Химия және химиялық технология институты (Бішкек, Қырғызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, химия ғылымдарының докторы, профессор, Тәжікстан ҒА академигі, В.И. Никитин атындағы Химия институты (Душанбе, Тәжікстан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджидоглы, химия ғылымдарының докторы, профессор, ҰҒА академигі (Баку, Әзірбайжан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, философия докторы (PhD, химия), Халықаралық таза және қолданбалы химия одағының Химия және қоршаған орта бөлімінің президенті (Лондон, Англия) Н = 15

«ҚР ҰҒА Хабарлары. Химия және технология сериясы»

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Меншіктенуші: «Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы» РҚБ (Алматы қ.). Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық даму министрлігінің Ақпарат комитетінде 29.07.2020 ж. берілген № KZ66VPY00025419 мерзімдік басылым тіркеуіне қойылу туралы куәлік.

Тақырыптық бағыты: *органикалық химия, бейорганикалық химия, катализ, электрохимия және коррозия, фармацевтикалық химия және технологиялар.*

Мерзімділігі: жылына 4 рет.

Тиражы: 300 дана.

Редакцияның мекен-жайы: 050010, Алматы қ., Шевченко көш., 28, 219 бөл., тел.: 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Қазақстан Республикасының Ұлттық ғылым академиясы, 2022

Редакцияның мекенжайы: 050100, Алматы қ., Қонаев к-сі, 142, «Д.В. Сокольский атындағы отын, катализ және электрохимия институты» АҚ, каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Типографияның мекен-жайы: «Аруна» ЖК, Алматы қ., Мұратбаев көш., 75.

Главный редактор:

ЖУРИНОВ Мурат Журинович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, президент Национальной академии наук Республики Казахстан, генеральный директор АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» (Алматы, Казахстан) Н = 4

Редакционная коллегия:

АДЕКЕНОВ Сергазы Мынжасарович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, директор Международного научно-производственного холдинга «Фитохимия» (Караганда, Казахстан) Н = 11

АГАБЕКОВ В ладимир Енокович (заместитель главного редактора), доктор химических наук, профессор, академик НАН Беларуси, почетный директор Института химии новых материалов (Минск, Беларусь) Н = 13

СТРНАД Мирослав, профессор, заведующий лабораторией института Экспериментальной ботаники Чешской академии наук (Оломоуц, Чехия) Н = 66

БУРКИТБАЕВ Мухамбеткали, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, Первый проректор КазНУ имени аль-Фараби (Алматы, Казахстан) Н = 11

ХОХМАНН Джудит, заведующий кафедрой Фармакогнозии Фармацевтического факультета Университета Сегеда, директор Междисциплинарного центра естественных наук (Сегед, Венгрия) Н = 38

РОСС Самир, доктор PhD, профессор Школы Фармации национального центра научных исследований растительных продуктов Университета Миссисипи (Оксфорд, США) Н = 35

ХУТОРЯНСКИЙ Виталий, доктор философии (Ph.D, фармацевт), профессор Университета Рединга (Рединг, Англия) Н = 40

ТЕЛЬТАЕВ Багдат Бурханбайулы, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент НАН РК, Министерство Индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан (Алматы, Казахстан) Н = 13

ФАРУК Асана Дар, профессор колледжа Восточной медицины Хамдарда аль-Маджида, факультет Восточной медицины университета Хамдарда (Карачи, Пакистан) Н = 21

ФАЗЫЛОВ Серик Драхметович, доктор химических наук, профессор, академик НАН РК, заместитель директора по научной работе Института органического синтеза и углехимии (Караганда, Казахстан) Н = 6

ЖОРОБЕКОВА Шарипа Жоробековна, доктор химических наук, профессор, академик НАН Кыргызстана, Институт химии и химической технологии НАН КР (Бишкек, Кыргызстан) Н = 4

ХАЛИКОВ Джурабай Халикович, доктор химических наук, профессор, академик АН Таджикистана, Институт химии имени В.И. Никитина АН РТ (Душанбе, Таджикистан) Н = 6

ФАРЗАЛИЕВ Вагиф Меджид оглы, доктор химических наук, профессор, академик НАНА (Баку, Азербайджан) Н = 13

ГАРЕЛИК Хемда, доктор философии (Ph.D, химия), президент Отдела химии и окружающей среды Международного союза чистой и прикладной химии (Лондон, Англия) Н = 15

«Известия НАН РК. Серия химии и технологий».

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Собственник: Республиканское общественное объединение «Национальная академия наук Республики Казахстан» (г. Алматы).

Свидетельство о постановке на учет периодического печатного издания в Комитете информации Министерства информации и общественного развития Республики Казахстан № KZ66VPY00025419, выданное 29.07.2020 г.

Тематическая направленность: *органическая химия, неорганическая химия, катализ, электрохимия и коррозия, фармацевтическая химия и технологии.*

Периодичность: 4 раз в год.

Тираж: 300 экземпляров.

Адрес редакции: 050010, г. Алматы, ул. Шевченко, 28, оф. 219, тел.: 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© Национальная академия наук Республики Казахстан, 2022

Адрес редакции: 050100, г. Алматы, ул. Кунаева, 142, АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского», каб. 310, тел. 291-62-80, факс 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Адрес типографии: ИП «Аруна», г. Алматы, ул. Муратбаева, 75.

Editor in chief:

ZHURINOV Murat Zhurinovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, president of NAS RK, general director of JSC "Institute of fuel, catalysis and electrochemistry named after D.V. Sokolsky (Almaty, Kazakhstan) H = 4

Editorial board:

ADEKENOV Sergazy Mynzhasarovich (deputy editor-in-chief) doctor of chemical sciences, professor, academician of NAS RK, director of the international Scientific and production holding «Phytochemistry» (Karaganda, Kazakhstan) H = 11

AGABEKOV Vladimir Enokovich (deputy editor-in-chief), doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Belarus, honorary director of the Institute of Chemistry of new materials (Minsk, Belarus) H = 13

STRNAD Miroslav, head of the laboratory of the institute of Experimental Botany of the Czech academy of sciences, professor (Olomouc, Czech Republic) H = 66

BURKITBAYEV Mukhambetkali, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, first vice-rector of al-Farabi KazNU (Almaty, Kazakhstan) H = 11

HOHMANN Judith, head of the department of pharmacognosy, faculty of Pharmacy, university of Szeged, director of the interdisciplinary center for Life sciences (Szeged, Hungary) H = 38

ROSS Samir, Ph.D., professor, school of Pharmacy, national center for scientific research of Herbal Products, University of Mississippi (Oxford, USA) H = 35

KHUTORANSKY Vitaly, Ph.D., pharmacist, professor at the University of Reading (Reading, England) H = 40

TELTAYEV Bagdat Burkhanbayuly, doctor of technical sciences, professor, corresponding member of NAS RK, ministry of Industry and infrastructure development of the Republic of Kazakhstan (Almaty, Kazakhstan) H = 13

PHARUK Asana Dar, professor at Hamdard al-Majid college of Oriental medicine. faculty of Oriental medicine, Hamdard university (Karachi, Pakistan) H = 21

FAZYLOV Serik Drakhmetovich, doctor of chemistry, professor, academician of NAS RK, deputy director for institute of Organic synthesis and coal chemistry (Karaganda, Kazakhstan) H = 6

ZHOROBEKOVA Sharipa Zhorobekovna, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Kyrgyzstan, Institute of Chemistry and chemical technology of NAS KR (Bishkek, Kyrgyzstan) H = 4

KHALIKOV Jurabay Khalikovich, doctor of chemistry, professor, academician of the academy of sciences of Tajikistan, institute of Chemistry named after V.I. Nikitin AS RT (Tajikistan) H = 6

FARZALIEV Vagif Medzhid ogly, doctor of chemistry, professor, academician of NAS of Azerbaijan (Azerbaijan) H = 13

GARELIK Hemda, PhD in chemistry, president of the department of Chemistry and Environment of the International Union of Pure and Applied Chemistry (London, England) H = 15

News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of chemistry and technology.

ISSN 2518-1491 (Online),

ISSN 2224-5286 (Print)

Owner: RPA «National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan» (Almaty).

The certificate of registration of a periodical printed publication in the Committee of information of the Ministry of Information and Social Development of the Republic of Kazakhstan **No. KZ66VPY00025419**, issued 29.07.2020.

Thematic scope: *organic chemistry, inorganic chemistry, catalysis, electrochemistry and corrosion, pharmaceutical chemistry and technology.*

Periodicity: 4 times a year.

Circulation: 300 copies.

Editorial address: 28, Shevchenko str., of. 219, Almaty, 050010, tel. 272-13-19

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

© National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan, 2022

Editorial address: JSC «D.V. Sokolsky institute of fuel, catalysis and electrochemistry», 142, Kunayev str., of. 310, Almaty, 050100, tel. 291-62-80, fax 291-57-22, e-mail: orgcat@nursat.kz

Address of printing house: ST «Aruna», 75, Muratbayev str, Almaty.

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC
OF KAZAKHSTAN

SERIES CHEMISTRY AND TECHNOLOGY

ISSN 2224-5286

Volume 2, Number 451 (2022), 130-147

<https://doi.org/10.32014/2022.2518-1491.109>

УДК 541.13; 544.654.2

П.В. Панченко^{1*}, Д.С. Пузикова^{1,2}, Г.М. Хусурова¹, К.А. Леонтьева^{1,2}

¹АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского»,
Алматы, Казахстан;

²Казахский национальный университет им. аль-Фараби, Алматы, Казахстан.
E-mail: p_p_97@mail.ru

**ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА
ТИТАНА**

Аннотация. В данной работе описывается способ электрохимического анодирования титана в водном растворе этиленгликоля/ NH_4F , который формирует активный слой массива TiO_2 , состоящий непосредственно из анатазной фазы с малым включением рутила. Была уменьшена коррозионная скорость ионов фтора, тем самым предотвращен процесс растворения TiO_2 , путем использования вязкого электролита (этиленгликоль) и повышения его кислотности до $\text{pH}=3,8$. Определены оптимальные параметры синтеза оксидного слоя TiO_2 : анодное окисление производилось при напряжении 30 В в течение 6 часов. По результатам сканирующей электронной микроскопии было выявлено покрытие поверхности титановой пластины нанотрубками TiO_2 диаметром до 100 нм и длиной около 2 мкм. Методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа определено, что образцы характеризуются стехиометрическим составом диоксида титана. Спектр комбинационного рассеяния света показал четко детектируемые пики, что указывает на кристаллическую природу синтезированного TiO_2 . Наблюдалось постепенное увеличение фототока при развертке потенциала из отрицательной области в положительную, достигнуты стабильные значения плотности фототока в пределах 150 мкА и величина квантовой эффективности в 5,014%. Значение фотопотенциала в рамках данного исследования было зарегистрировано в пределах 170 мВ, что обусловлено захватом фотодырок, приводящему к смещению потенциала

электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ в катодную область, за счет наличия раствора 0,1 М Na_2SO_3 . Эти особенности делают данные анодные слои перспективными для применения в фотоэлектрохимических ячейках регенеративного типа.

Ключевые слова: тонкие полупроводниковые пленки, электрохимическое анодирование, диоксид титана, этиленгликоль, нанотрубки, фотоэлектрохимические ячейки, фотоэлектроды.

П.В. Панченко^{*}, Д.С. Пузикова^{1,2}, Г.М. Хусурова¹, К.А. Леонтьева^{1,2}

¹«Д.В. Сокольский атындағы Жанармай, Катализ және Электрохимия Институты» АҚ, Алматы, Қазақстан;

²Әл-Фараби атындағы Қазақ Ұлттық Университеті, Алматы, Қазақстан
E-mail: p_p_97@mail.ru

ТИТАН ДИОКСИДІН АЛУДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСІ

Аннотация. Бұл жұмыста титанды этиленгликоль/ NH_4F сулы ерітіндісінде электрохимиялық анодизациялау әдісі сипатталған, ол анатаз және аз мөлшерде рутил фазалардан тұратын TiO_2 массивінің белсенді қабатын құрайды. Тұтқыр электролитті (этиленгликоль) қолдану және оның қышқылдығын $\text{pH}=3,8$ дейін жоғарылату арқылы фтор иондарының коррозия жылдамдығы төмендетілді, осылайша TiO_2 еруіне жол бермейді. TiO_2 оксиді қабатын синтездеудің оңтайлы параметрлері анықталды: анодты тотығу 30 В кернеуде 6 сағат бойы жүргізілді. Сканерлеу электронды микроскопияның нәтижелері бойынша титан пластинасының бетінің диаметрі 100 нм-ге дейінгі және ұзындығы шамамен 2 мкм-ге дейінгі TiO_2 нанотүтіктерімен жабыны анықталды. Энергетикалық дисперсиялық рентгендік флуоресценциялық талдау әдісін қолдана отырып, үлгілер титан диоксидінің стехиометриялық құрамымен сипатталатыны анықталды. Раман спектрі синтезделген TiO_2 қабықшалардың кристалдық табиғатын көрсететін анық көрінетін шыңдарды көрсетті. Потенциалды теріс аймақтан оң аймаққа жылжитқанда фототоктың біртіндеп артуы байқалды, фототок тығыздығының тұрақты мәндеріне 150 мкА шегінде қол жеткізілді және кванттық тиімділік 5,014% құрады. Осы зерттеу аясында фотопотенциалдың мәні 170 мВ шегінде тіркелді, бұл фототесіктердің түсірілуіне байланысты, 0,1 М Na_2SO_3 ерітіндісінде $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ электрод потенциалының катод аймағына ығысуына әкеліп соғады. Бұл мүмкіндіктер бұл анодтық қабаттарды регенеративті фотоэлектрохимиялық жасушаларда пайдалану үшін перспективалы етеді.

Түйін сөздер: жұқа жартылай өткізгіш қабықшалар, электрохимиялық

анодтау, титан диоксиді, этиленгликоль, нанотүтіктер, фотоэлектрoхимиялық элементтер, фотоэлектродтар.

P.V. Panchenko^{1*}, D.S. Puzikova^{1,2}, G.M. Khusurova¹, X.A. Leontyeva^{1,2}

¹«D.V. Sokolskiy Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC,
Almaty, Kazakhstan;

²Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan.

E-mail: p_p_97@mail.ru

ELECTROCHEMICAL METHOD FOR OBTAINING TITANIUM DIOXIDE

Abstract. This paper describes a method for the electrochemical anodization of titanium in an aqueous solution of ethylene glycol/ NH_4F , which forms the active layer of a TiO_2 array, consisting directly of the anatase phase with a small inclusion of rutile. The corrosion rate of fluorine ions was reduced, thereby preventing the dissolution of TiO_2 , by using a viscous electrolyte (ethylene glycol) and increasing its acidity to $\text{pH}=3.8$. The optimal parameters for the synthesis of the TiO_2 oxide layer were determined: anodic oxidation was carried out at a voltage of 30 V for 6 hours. According to the results of scanning electron microscopy, a coating of the titanium plate surface with TiO_2 nanotubes up to 100 nm in diameter and about 2 μm in length was revealed. Using the method of energy dispersive X-ray fluorescence analysis, it was determined that the samples are characterized by the stoichiometric composition of titanium dioxide. The Raman spectrum showed clearly detectable peaks, indicating the crystalline nature of the synthesized TiO_2 . A gradual increase in the photocurrent was observed when the potential was swept from the negative to the positive region, stable values of the photocurrent density were achieved within 150 μA and the quantum efficiency was 5.014%. The value of the photopotential in the framework of this study was recorded within 170 mV, which is due to the capture of photoholes, leading to a shift in the potential of the TiO_2 ($\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2$) electrode to the cathode region, due to the presence of a solution of 0.1 M Na_2SO_3 . These features make these anode layers promising for use in regenerative photoelectrochemical cells.

Key words. Thin semiconductor films, electrochemical anodizing, titanium dioxide, ethylene glycol, nanotubes, photoelectrochemical cells, photoelectrodes.

Введение. В настоящее время, в силу многочисленных применений диоксида титана TiO_2 , наблюдается рост количества всевозможных экспериментов и исследований, посвященных синтезу TiO_2 и изучению значи-

тельного числа параметров, обуславливающих его образование. Существует множество литературных данных по использованию диоксида титана, среди которых преобразование солнечного излучения, фотоэлектрохимическое расщепление воды, очистка воздуха и воды, медицинские приложения, а также изготовление конструктивных частей суперконденсаторов и датчиков газа (Park, 2011: 5; Wu, 2011: 5; Park, 2010: 5; Al-jawad, 2014: 5). Подобное широкое применение TiO_2 связано с его специфической полупроводниковой природой, так, например, анатаз является полупроводником n-типа с шириной запрещенной зоны порядка 3,2 эВ.

В последнее время большой интерес направлен на использование некоторых методов разработки наноструктур TiO_2 с характерными многообещающими свойствами. К наиболее часто применяемым методам синтеза наноструктур TiO_2 относятся золь-гель метод, гидротермальный синтез, напыление и электрохимическое анодирование титана (Abdennouri, 2013: 7; Gong, 2001: 3). Среди вышеуказанных методов синтеза высокоупорядоченных пористых пленок диоксида титана TiO_2 , на сегодняшний день, существенную эффективность показало анодирование титана (Gong, 2001: 3). На данный момент известно, что два морфологических типа TiO_2 возможно получить электрохимическим анодированием: плотные компактные пленки диоксида титана преимущественно синтезируют в безфтористых электролитах, в то время как во фторсодержащих электролитах происходит синтез пористых пленок (Zhang, 2014: 6). Можно выделить несколько параметров, таких как температура ванны анодирования, приложенный потенциал, время анодирования, состав электролита и содержание в нем воды, концентрация ионов фтора, влияющих на синтезированные анодированием пористые пленки TiO_2 (Gong, 2001: 3; Zhang, 2017: 11; Kulkarni, 2016: 5).

Из известных типов полупроводниковых нанообъектов наибольший интерес представляют нанотрубки TiO_2 , синтезированные электрохимическим анодированием титановой фольги, ввиду таких преимуществ, как высокая фотоэлектрохимическая стабильность, нетоксичность, химическая инертность, малая стоимость и большая площадь поверхности. Существенный ряд исследований, проведенных методом электрохимического анодирования, был направлен на изучение механизма формирования нанотрубчатых пленок TiO_2 . Таким образом, с целью выяснения некоторых аспектов в механизме формирования и роста нанотрубок TiO_2 , было представлено несколько теорий, базирующихся на растворении в электрическом поле (Paulose, 2006: 5) и локализованном подкислении на дне пор, увеличивающем химическое растворение (Jagoenworuluck, 2007: 5). Синтез нанотрубок TiO_2 в работе Раджа и др. (Raja, 2007: 7) производился при постоянном напряжении 20 В в течение 45 мин. в электролите, состоящем

из этиленгликоля с 0,2% NH_4F и разной концентрацией воды. Результаты данной работы показали, что необходимо 0,18 мас.% содержания воды для формирования массивов нанотрубок диоксида титана.

Ван и др (Tang, 2009: 6) сообщили, что для образования нанотрубок длиной 45 мкм (диаметр пор около 100 нм) были подобраны оптимальные параметры электрохимического анодирования и оценены влияния содержания воды, концентрации NH_4F , времени окисления и потенциала анодирования на длину нанотрубок. Как показала группа Ваенаса, на фазовые превращения и кристалличность анодированных нанотрубок TiO_2 оказывало воздействие время и температура прокаливания, а также скорость нагрева (Vaenas, 2013: 6). Табит и др выявили зависимость между присутствием в растворе нескольких электролитов и размерами массивов нанотрубок диоксида титана (Thabit, 2017: 6). Также Чернозем и др. (Chernozem, 2016: 116) изучили влияние потенциала анодирования и его длительности на данные структурные нанобъекты. Ими было показано, что с повышением длительности анодирования с 0,5 часов до 4 часов, наблюдается увеличение длины нанотрубок от 1410 нм до 6270 нм. В работе Sulka и др. (Sulka, 2013: 11) были изучены влияния напряжения анодирования и температуры электролита, составленного на базе этиленглицерина с 0,38 мас. % NH_4F и 1,79 мас. % воды. Результатом исследования группой Sun и др. было производство максимального количества водорода при протекании реакции фотоэлектрохимического расщепления воды в случае, когда электролит на основе этиленгликоля содержал 2 мас. % воды (Sun, 2017: 6). Сонг и др. исследовали зависимость между повышением содержания в растворе этиленгликоля и изменением геометрических параметров нанотрубок (Song, 2017: 3). Упомянутая группа добилась фотокаталитической эффективности в 95% при разложении родамина под воздействием излучения видимого спектра. Локман и др широко изучили процесс синтеза и свойства одномерных трубчатых массивов диоксида титана TiO_2 . В работе (Lockman, 2010: 5) показано, что в смеси 1 М Na_2SO_4 и 5 мас.% NH_4F с увеличением напряжения анодирования от 10 В до 25 В возрастает длина и диаметр нанотрубок; при этом для напряжений анодирования в 12 В, 15 В и 20 В отмечались показатели средних диаметров нанотрубок порядка 50 нм, 70 нм и 80 нм соответственно. Албу и др. сообщили, что геометрические характеристики нанотрубок TiO_2 существенно зависят от концентрации ионов фтора и приложенного потенциала анодирования (Albu, 2007: 2). В работе Кулкарни и др. (Kulkarni, 2016: 5) было исследовано влияние параметров анодирования на морфологию поверхности диоксида титана, а также изучен механизм преобразования нанопор в нанотрубки.

Следует отметить, что насчитывается небольшое число работ, посвя-

ценных электрохимическому анодированию титана в глицерине. Шриконтан и др. сообщили, что в глицерине, содержащем 6 мас.% этиленгликоля и 5 мас.% NH_4F , в диапазоне напряжений от 20 до 60 В, были получены однородные нанотрубки TiO_2 при напряжении менее 30 В. При увеличении напряжения свыше 50 В наблюдается тенденция к нерегулярности анодированного титана (Sreekantan, 2011). В работе (Zakir, 2020: 11) сообщалось о воздействии потенциала анодирования на морфологию нанотрубчатого диоксида титана, сформированного на поверхности чистого титана, а также исследовались его структурные, оптические, электрические и электрохимические свойства. Работа (Razzaboni, 2020: 4) была посвящена процедуре анодирования титана, заключающейся в использовании электролита на основе фосфорной кислоты и небольшого количества этиленгликоля. Были синтезированы иерархические слои TiO_2 с большой площадью поверхности, характеризующиеся высокой адгезией с титановой подложкой, за счет нахождения в среде с низкой температурой, порядка 100°C ; было показано, что полученные анодные слои являются частично кристаллическими уже в исходном состоянии, таким образом, не нуждаются в дополнительной термической обработке.

Рутил, анатаз и брукит три часто встречающихся аллотропа диоксида титана. Структурные особенности рутила и анатаза возможно описать посредством цепочек TiO_6 -октаэдров, в которых отдельно взятый ион Ti^{4+} окружен октаэдром из шести ионов кислорода. Для данных кристаллических структур характерны различные виды одномерных цепей и разная степень искажения октаэдров, так для рутиловой фазы характерно незначительное орторомбическое искажение октаэдра, а в анатазе наблюдается сильное искажение, вследствие чего его симметрия ниже орторомбической. Расстояния Ti-O в рутиле больше, чем в анатазе, тогда как расстояние Ti-Ti в рутиле меньше. Подобные отличия в кристаллических решетках обуславливают различия в структуре электронных зон полиморфных модификаций и наличие разных массовых плотностей. Помимо основных полиморфных модификаций TiO_2 , на основе рутила были получены две дополнительные разновидности высокого давления: $\text{TiO}_2(\text{II})$ со структурой PbO_2 и $\text{TiO}_2(\text{H})$ со структурой голландита (Chen, 2007: 68).



Рисунок 1 – Элементарные ячейки основных полиморфных модификаций TiO_2

Рутил представляет собой наиболее термодинамически стабильную фазу TiO_2 , при этом другие аллотропные модификации легко превращаются в рутиловую фазу при термическом отжиге (пороговая температура фазового превращения варьируется от 400°C до 1200°C в зависимости от внешних условий, примесных включений и размеров зерен). В беспримесном виде гидротермальным синтезом и сольвотермическим методом возможно синтезировать рутиловую фазу, принадлежащую к тетрагональной кристаллической системе (Basset, 2009: 49). Структура рутила состоит из шестикратно координированных атомов Ti со степенью окисления +4 и трехкратно координированных атомов O со степенью окисления -2, при этом каждый атом Ti образует связь с атомами кислорода, формируя искаженную октаэдрическую структуру.

Наличие низкого pH (<1,1) приводит к процессу зародышеобразования рутиловой фазы. В данных условиях в координационной сфере $[\text{Ti}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$ происходит формирование из водного Ti^{IV} гексакоординированных октаэдрических мономеров с парой гидроксогрупп и 4 молекул воды. Для них возможен процесс олегомеризации в случае протекания реакций олирования: из координационной сферы атома Ti вытесняется одинарной гидроксосвязью Ti-OH лиганд воды, в результате данного удаления H_2O возникает мостик Ti-OH-Ti. Аналогичное воссоздание реакции олирования с сопредельными лигандами H_2O и OH^- приводит к образованию димеров с парой октаэдрических мономеров, имеющих общее ребро, где центр Ti связан двумя гидроксогруппами. Дополнительные мономеры образуют связи с прямыми цепями $[\text{Ti}(\text{OH})_2(\text{H}_2\text{O})_4]^{2+}$, что вызывает формирование в вершине Ti-октаэдров лигандов трехвалентного кислорода, расположенных между общим углом и парой общих ребер (Zhang, 2019) [27].

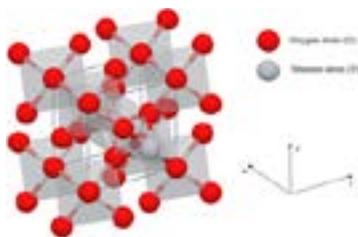


Рисунок 2 – Объемная структура рутила с выделенными октаэдрами TiO_6

Путем сольвотермического и гидротермального синтеза возможно получить наночастицы рутиловой фазы, представляющими собой игольчатые длинные кристаллы с гранями $\{110\}$ (Вае, 2009: 5).

В аспекте объемной энергии анатаз, относящийся к тетрагональной кристаллической системе, служит наименее стабильной термодинамической системой среди аллотропных форм TiO_2 . Тем не менее, анатазную форму

возможно синтезировать путем процесса зародышеобразования при более высоком рН, так в интервале рН 3,8-6,4 формируются частицы $[\text{Ti}(\text{OH})_3(\text{H}_2\text{O})_3]^+$ и $[\text{Ti}(\text{OH})_4(\text{H}_2\text{O})_2]^+$ (Zhang, 2019). Отмечается возникновение кристаллической структуры анатаза, в случае последовательно протекающих реакций олекиции с указанными ранее соединениями, а также за счет наличия хелатирующих агентов, таких как ионы фторидов или сульфатов. Анатаз часто характеризуется октаэдрической формой с гранями $\{101\}$, в основном усеченными второстепенными гранями $\{001\}$.

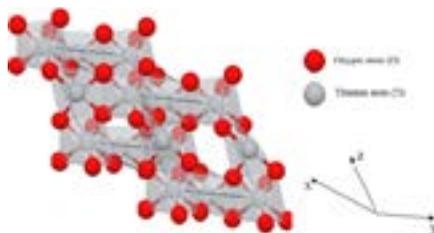


Рисунок 3 – Объемная структура анатаза с выделенными октаэдрами TiO_6

Материалы и основные методы. Методом анодирования были проведены эксперименты по получению пленок TiO_2 в водном растворе (90%-10% воды по объему), содержащем этиленгликоль +0,5, 1,0 и 1,5 мас% NH_4F , при приложенном напряжении в 30 В между титановой пластиной и платиновым катодом в течение 6 часов. Перед анодированием для устранения очевидных изъянов поверхности производилось механическое удаление загрязнений с титановых пластин абразивным материалом компании Mirrog 2000. Далее очищенные поверхности титановых пластин подвергали полированию в герметичном эксикаторе парами кислот 40% HF и 60% HNO_3 в течение 10 минут. Следующая стадия заключалась в промывке дистиллированной водой и сушке под струей воздуха. Подготовленные титановые подложки немедленно использовались с целью исключения загрязнения поверхности. Эксперименты по анодному окислению титана проводили в обычной двух-электродной ячейке, изготовленной из полистирола.

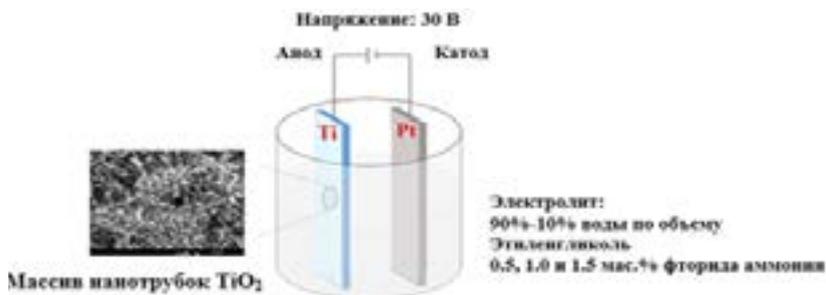
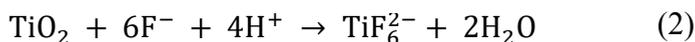
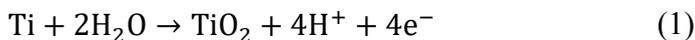


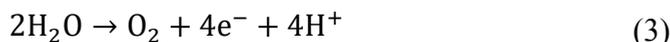
Рисунок 4 - Схематическое изображение электрохимической ячейки анодного окисления (Сао, 2021: 14)

После предварительной обработки в качестве анода использовали титановые пластины размеров 2-2,5 см² и платиновую ленту, с площадью поверхности большей чем у рабочего электрода. Использованы химические реактивы марки «чистые для анализа (ч.д.а)». Синтезированные пленки извлекались из раствора под напряжением, были промыты в приготовленном на момент эксперимента растворе 1М (NH₄)₂SO₄ с целью недопущения растворения массивов нанотрубок TiO₂ и удаления окклюзированных ионов. Последующим шагом был процесс сушки пленок в воздухе и дальнейший отжиг при 450 °С длительностью 1 час для увеличения адгезии между слоями TiO₂ с подложкой, удаления любых поверхностных примесей и превращения аморфного TiO₂ в нанокристаллический анатаз. Образцы, полученные в этиленгликоле, были обозначены как TiO₂(C₂H₆O₂).

В общем, основные реакции процесса анодирования возможно представить таким образом:



Реакции (3) и (4) описывает начальный процесс анодного окисления титановой пластины:



Формирование слоев TiO₂ происходит в силу отсутствия молекул H₂O за счет высокой вязкости этиленгликоля и дефицита H⁺. Таким образом, малый объем воды содействует образованию и развитию нанотрубчатых массивов. На начальной стадии анодирования, когда присутствует меньший объем H₂O, на поверхности титановой пластины образуется тонкий оксидный барьерный слой ввиду протекания анодного электрохимического окисления титана до TiO₂ благодаря взаимодействию ионов O²⁻ с катионами TiO²⁺ на поверхности металла (отмечается преобладание над химическим растворением растворения в электрическом поле вследствие большого влияния поля на слой TiO₂). Вся поверхность титановых пластин, полностью погруженных в водный раствор электролита, подвергается анодному окислению. Последующая стадия характеризуется появлением в оксидном слое мелких углублений и химическим растворением (локальным травлением) TiO₂ ионами фтора, обладающих высокой скоростью переноса в воде, с образованием устойчивого фторидного комплекса [TiF₆]²⁻. Данные углубления можно рассматривать как центры порообразования, которые

впоследствии модифицируются в глубокие крупные поры, однородно распределенные по поверхности слоя. Ввиду протекающих по (1) и (2) процессам, обусловленных перемещением барьерного оксидного слоя вглубь пор, наблюдается их рост.

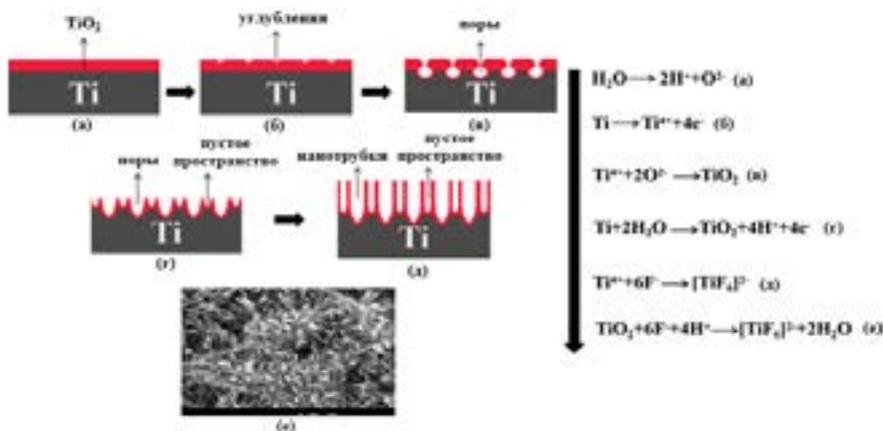


Рисунок 5 - Схематическая диаграмма модификации поверхности титановой пластины при постоянном потенциале анодного окисления: (а) образование оксидного барьерного слоя TiO_2 ; б – углубления, сформированные на слое TiO_2 ; (в) модификация углублений в поры; (г) рост пор и возникновение между ними пустого пространства; д) синтез массивов нанотрубок TiO_2 ; (е) СЭМ снимок полностью выращенных массивов нанотрубок TiO_2 . Формулы (а)–(е) характеризуют реакции, обуславливающие процесс анодного окисления. (Сао, 2021: 14)

Ионы Ti^{4+} растворяются в этиленгликоле и переходят к границе оксидный слой/этиленгликоль из объема титана. В дальнейшем наблюдается повышение длины пор за счет углубления вглубь титановой пластины оксидного слоя. В результате анодного окисления формируются углубления в пространстве между порами, в котором последующее растворение TiO_2 приводит к образованию впадин и модификации пор в нанотрубки. Увеличение количества воды имеет негативный характер в силу повышения коррозионной скорости ионов фтора, проникающих в массивы нанотрубок TiO_2 , тем самым вызывая их деградацию.

Основные результаты и анализ. Для морфологического анализа массивов нанотрубок TiO_2 , синтезированных на титановой подложке, использовали сканирующий электронный микроскоп марки JSM6610, JEOL, Япония.

СЭМ-изображение сверху и цифровой снимок образца, полученного в водном растворе этиленгликоля+фторида аммония в течение 6 часов при потенциале анодного окисления, представлены на рисунке 6.

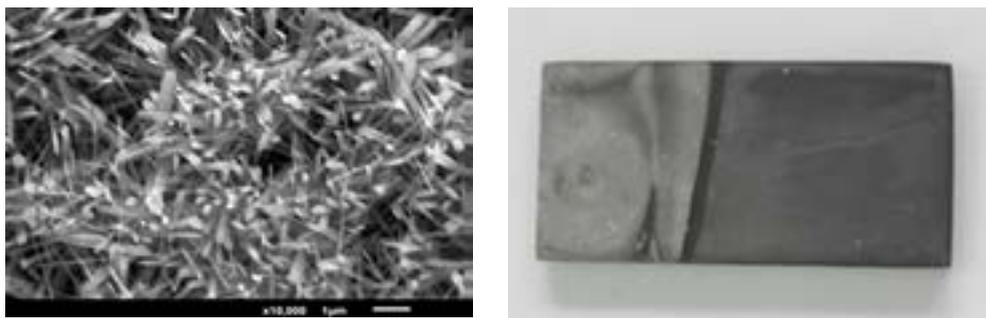


Рисунок 6 – СЭМ-изображение морфологии поверхности и цифровой снимок образца $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$

По результатам СЭМ можно наблюдать хаотичное неравномерное покрытие поверхности титановой пластины нанотрубками TiO_2 диаметром до 100 нм и длиной около 2 мкм. Для полученных нанотрубок характерны закупоренные концы у основания подложки и полые на противоположном.

Для элементной характеристики синтезированных массивов нанотрубок был проведен энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный анализ при ускоряющем напряжении 20 кВ, таблица 1.

Процентное содержание, полученное с помощью ЭДС спектра – Ti (32,99 ат. %) и O (67,01 ат. %) дают соотношение Ti/O около 0,5, что указывает на то, что структура образовавшегося оксида является стехиометрической.

Таблица 1 - Содержание титана и кислорода на поверхности оксидного слоя TiO_2 (результаты в ат.%)

Спектр	Спектр 1	Спектр 2	Спектр 3	Среднее
O	67,06	67,05	66,90	67,01
Ti	32,94	32,95	33,10	32,99

Массивы нанотрубок TiO_2 также были охарактеризованы методом рамановской спектроскопии (Solver Spectrum (NT-MDT, Россия) после термического отжига при 450°C .

Анализ результатов (рисунок 7) показывает четко детектируемые пики комбинационного рассеяния, что указывает на кристаллическую природу синтезированного TiO_2 . Полученный спектр показывает достаточно интенсивные полосы при 515 см^{-1} и 637 см^{-1} . Данные полосы соответствуют колебательным модам $A_{1g} + B_{1g}$ и E_g анатаза, соответственно. Колебательная мода $A_{1g} + B_{1g}$ соответствует симметричным и антисимметричным изгибным колебаниям связи Ti-O, а мода E_g характерна вибрации двойного растяжения Ti-O. Наблюдаемые полосы определяют анатаз как преобладающую фазу в структуре образцов $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$. Однако пик около 426 см^{-1} указывает на присутствие рутиловой фазы. Эта мода сдвинута вправо

вследствие изменения размеров зерен и стехиометрических дефектов в структуре TiO_2 . Рефлекс при данном волновом числе соответствует колебательной моде E_g , соответствующей колебаниям двойного изгиба связи Ti-O.

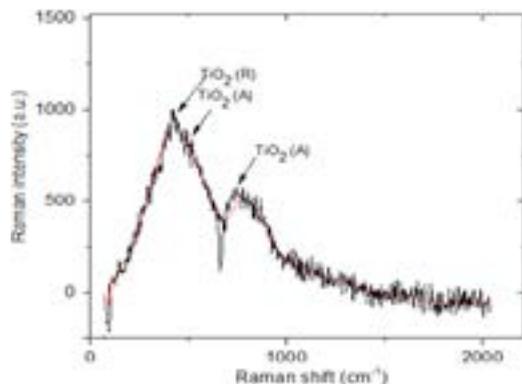


Рисунок 7 – Спектр комбинационного рассеяния анодированной титаной пластины в водном растворе этиленгликоля/ NH_4F

Измерения параметров фотоэлектрохимической ячейки (кварцевая кювета объемом 50 мл) проводили в растворе, содержащем 0,1 М Na_2SO_3 с помощью стандартной трехэлектродной системы, в которой электрохимическая поляризация производилась при использовании потенциостата Gill-AC. В качестве рабочего электрода использовали фотоанод TiO_2 , платина в качестве вспомогательного электрода и Ag/AgCl в качестве электрода сравнения. Все указанные электродные потенциалы указаны относительно насыщенного хлорсеребряного электрода сравнения. В качестве источника света использовали синий светодиод с длиной волны 465 нм, работающего на расстоянии 10 см от кюветы-ячейки. Выявление временной зависимости потенциала рабочего электрода производилось в режиме темнота/освещение (off/on).

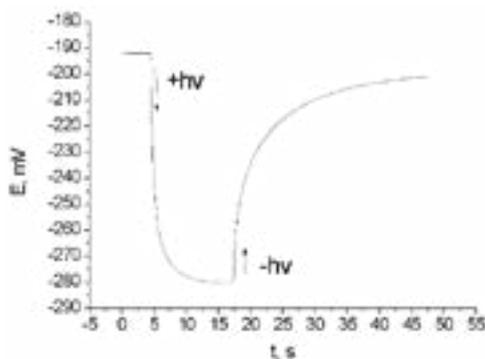


Рисунок 8 – Временная зависимость электродного потенциала

На рисунке 8 представлена временная зависимость потенциала рабочего электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ при включении/выключении светодиодной подсветки с длиной волны 465 нм.

Когда падающий свет возбуждает свободные электроны и дырки вблизи поверхности TiO_2 -электрода, электроны и дырки отделяются от оксидного слоя как акцепторного слоя электронов. Электроны перемещаются через слой TiO_2 к катодному электроду на другой стороне (Pt-электрод) ячейки, где во время реакции восстановления воды генерировался газообразный водород. Дырки реагируют с агентом ($\text{SO}_3^{2-}/\text{S}_2\text{O}_3^{2-}$) в электролите, который может подавлять фотокоррозию сульфидных материалов. Таким образом, за счет наличия раствора 0,1 М Na_2SO_3 происходит захват фотодырок, приводящий к смещению потенциала электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ в катодную область. Значение фотопотенциала в результате эксперимента достигло 170 мВ.

Фотополяризационные кривые рабочего электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ изображены на рисунке 9. В результате построения фотополяризационных кривых регистрировался в режиме постоянного переключения ток как при освещении, так и в режиме «off» светодиодной подсветки. Можно наблюдать постепенное увеличение фототока при развертке потенциала из отрицательной области в положительную. Для электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ величина плотности фототока составляла 150 мкА.

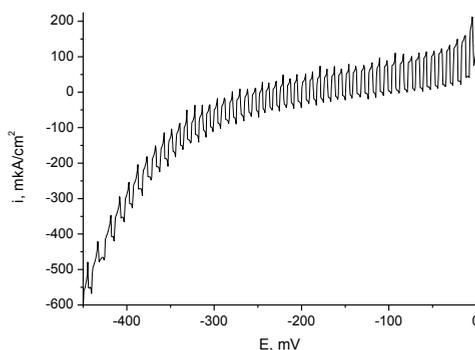


Рисунок 9 – Фотополяризационные кривые электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ в режиме освещения «off/on»

Квантовая эффективность, на основании зафиксированной зависимости плотности фототока от потенциала электрода $\text{TiO}_2(\text{C}_2\text{H}_6\text{O}_2)$ при указанных выше условиях, достигла в рамках данной эксперимента величины 5,014%.

Заключение. В результате проведенного исследования разработан метод электрохимического анодирования титана в водном растворе этиленгликоля/фторид аммония, результатом которого является формирование активного слоя нанотрубчатого массива TiO_2 , состоящего по результатам рамановской спектроскопии непосредственно из анатазной фазы с малым включением

рутила. Была уменьшена коррозионная скорость ионов фтора, тем самым предотвращен процесс растворения TiO_2 , путем использования вязкого электролита (этиленгликоль) и повышения его кислотности до $\text{pH}=3,8$. Определены оптимальные параметры синтеза оксидного слоя TiO_2 .

По результатам сканирующей электронной микроскопии было обнаружено хаотичное неравномерное покрытие поверхности титановой пластины нанотрубками TiO_2 диаметром до 100 нм и длиной около 2 мкм. Методом энергодисперсионного рентгенофлуоресцентного анализа определено, что образцы характеризуются стехиометрическим составом диоксида титана. Достигнуты стабильные значения плотности фототока в пределах 150 мкА и величина квантовой эффективности в 5,014%.

Эти особенности делают эти анодные слои перспективными для применения в фотоэлектрохимических ячейках регенеративного типа.

Работа проведена в рамках программно-целевого финансирования НТП «Создание новых композиционных материалов с высокими эксплуатационными свойствами на основе редких и редкоземельных элементов» Комитета индустриального и инфраструктурного развития Республики Казахстан.

Information about authors:

Polina Vyacheslavovna Panchenko – Master of engineering, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan; p_p_97@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2002-1637>;

Darya Sergeevna Puzikova – PhD-student, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Physics and Technology, Almaty, Kazakhstan, d.s.puzikova@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5275-4769>;

Gulinur Marsovna Khusurova – Master of chemistry, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Almaty, Kazakhstan; gulinur_k@bk.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8700-7472>;

Xeniya Aleksandrovna Leontyeva – PhD-student, «D.V. Sokolsky Institute of Fuel, Catalysis and Electrochemistry» JSC, Al-Farabi Kazakh National University, Faculty of Chemistry and Chemical Technology Almaty, Kazakhstan, leontyeva.xeniya@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4740-1720>.

ЛИТЕРАТУРА

Abdennouri M., Elmoubarki R., Elmhammedi A., et al. Influence of tungsten on the anatase-rutile phase transition of solgel synthesized TiO_2 and on its activity in the photocatalytic degradation of pesticides // Journal of Materials and Environmental Science. - 2013. - V.4. - №6. - PP.953–960.

Albu S.P., Ghicov A., Macak J.M., Schmuki P. 250 μm long anodic TiO_2 nanotubes with

hexagonal self-ordering // *Physica Status Solidi (RRL) – Rapid Research Letters*. - 2007. - V.1. - №2. - PP.65–67.

Al-jawad S.M.H. Effect of doping on structural and electrical properties of titanium dioxide (TiO₂) thin films for gas sensor // *International Journal of Scientific & Engineering Research*. - 2014. - V.5. - №1. - PP.2171–2176.

Bae E., Ohno T. Exposed Crystal Surface-Controlled Rutile TiO₂ Nanorods Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Poly (Vinyl Pyrrolidone) // *Appl. Catal. B Environ*. - 2009. - V.91 - №3–4 - PP.634–639.

Basset J.-M., Baudouin A., Bayard F., Candy J.-P., Copret C., De Mallmann A., Godard G., Kuntz E., Lefebvre F., Lucas C., Norsic S., et al. Preparation of Single Site Catalysts on Oxides and Metals Prepared via Surface Organometallic Chemistry. In *Modern Surface Organometallic Chemistry*; Wiley. - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, Germany, 2009 - PP.23–72.

Cao W., Chen K., Xue D. Highly Ordered TiO₂ Nanotube Arrays with Engineered Electrochemical Energy Storage Performances, *Materials*. - 2021. - V.14. - P.510.

Chen X., Mao S.S. Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications // *Chem Rev*. - 2007. - V.107 - №7. - PP.2891-959.

Chernozem R.V., Surmeneva M.A., Surmenev R.A. Influence of anodization time and voltage on the parameters of TiO₂ nanotubes // *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng*. - 2016. - V.116. - PP.012025. DOI: 10.1088/1757- 899x/116/1/012025.

Gong D., Varghese O.K., Hu W., et al. Titanium oxide nanotube arrays prepared by anodic oxidation // *Journal of Materials Research*. - 2001. - V.16. - №12. - PP.3331–3334.

Jaroenworarluck A., Regonini D., Bowen C.R., Stevens R., Allsopp D. Macro, micro and nanostructure of TiO₂ anodised films prepared in a fluorine-containing electrolyte // *Journal of Materials Science*. - 2007. - V.4. - №16. - PP.6729–6734.

Kulkarni M. Influence of anodization parameters on morphology of TiO₂ nanostructured surfaces // *Advanced Materials Letters*. - 2016. - V.7. - №1. - PP.23–28.

Lockman Z., Sreekantan S., Ismail S., Schmidt-Mende L., MacManus-Driscoll J.L. Influence of anodisation voltage on the dimension of titania nanotubes // *Journal of Alloys and Compounds*. - 2010. - V.503. - №2. - PP.359–364.

Park H.H., Kim K.S., Jeon W.Y., et al. Bioactive and electrochemical characterization of TiO₂ nanotubes on titanium via anodic oxidation // *Electrochimica Acta*. - 2010. - V.55. - №20. - PP.6109–6114.

Park H., Kim W.-R., Jeong H.-T., Lee J.-J., Kim H.-G., Choi W.-Y. Fabrication of dye-sensitized solar cells by transplanting highly ordered TiO₂ nanotube arrays // *Solar Energy Materials & Solar Cells*. - 2011. - V. 95. - № 1. - PP.184–189.

Paulose M., Yoriya S., Prakasam H.E., et al. Anodic growth of highly ordered TiO₂ Nanotube arrays to 134 μm in length // *The Journal of Physical Chemistry*. - 2006. - V.110. - №33. - PP.16179–16184.

Raja K., Gandhi T., Misra M. Effect of water content of ethylene glycol as electrolyte for synthesis of ordered titania nanotubes // *Electrochem. Commun*. - 2007. - V.9. - PP.1069-1076. DOI: 10.1016/ j.elecom.2006.12.024.

Razzaboni L., Altomare M., Pedferri M., Diamanti M., Schmuki P. Hierarchical Anodic TiO₂ Nanostructures Formed in Ethylene Glycol/o-H₃PO₄ Electrolytes for Direct Photocatalysis // *ChemElectroChem*. - 2020. - V.7. - №13. - PP.2859–2863.

Song H., Cheng K., Guo H., Wang F., Wang J., Zhu N., et al. Effect of ethylene glycol concentration on the morphology and catalytic properties of TiO₂ nanotubes // *Catal. Commun*. - 2017. - V.97. - PP.23-26. DOI: 10.1016/j.catcom.2017.04.005.

Sulka G.D., Kapusta-Kołodziej J., Brzózka A., Jaskuła M. Anodic growth of TiO₂ nanopore arrays at various temperatures // *Electrochim. Acta.* - 2013. - V.104. - PP.526-535. DOI: 10.1016/j.electacta.2012.12.121.

Sun Y., Zhao Q., Wang G., Yan, K. Influence of water content on the formation of TiO₂ nanotubes and photoelectrochemical hydrogen generation // *J. Alloys Compd.* - 2017. - V.711. - PP.514-520. DOI: 10.1016/j.jallcom.2017.03.007.

Sreekantan S., Saharudin K.A., Wei L.C. Formation of TiO₂ nanotubes via anodization and potential applications for photocatalysts, biomedical materials, and photoelectrochemical cell // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* - 2011. - V.21. - №1.

Thabit M., Liu H., Zhang J., Wang B. Fabrication of titanium dioxide nanotube photoelectrodes in different electrolyte mixtures and the impacts on their characteristics and photocatalytic abilities under visible light // *Pol. J. Chem. Technol.* - 2017. - V.19. - PP.34-40. DOI: 10.1515/pjct-2017-0005.

Vaenas N., Bidikoudi M., Stergiopoulos T., Likodimos V., Kontos A.G., Falaras P. Annealing effects on self-assembled TiO₂ nanotubes and their behavior as photoelectrodes in dye-sensitized solar cells // *Chem. Eng. J.* - 2013. - V.224. - PP.121-127. DOI: 10.1016/j.cej.2013.02.017.

Wan J., Yan X., Ding J., Wang M., Hu K. Selforganized highly ordered TiO₂ nanotubes in organic aqueous system // *Mater. Charact.* - 2009. - V.60. - PP.1534-1540. DOI: 10.1016/j.matchar.2009.09.002.

Wu H., Zhang Z. Photoelectrochemical water splitting and simultaneous photoelectrocatalytic degradation of organic pollutant on highly smooth and ordered TiO₂ nanotube arrays // *Journal of Solid State Chemistry.* - 2011. - V. 184. - № 12. - PP.3202–3207.

Zakir O., Idouhli R., Elyaagoubi M., Khadiri M., Aityoub A., Koumya Y., Rafqah S., Abouelfida A., Outzourhit A. Fabrication of TiO₂ Nanotube by Electrochemical Anodization: Toward Photocatalytic Application // *Journal of Nanomaterials.* - 2020. - V.2020. - P.11. <https://doi.org/10.1155/2020/4745726>.

Zhang S.-y., Yu D.L., Li D.D., et al. Forming process of anodic TiO₂ Nanotubes under a preformed compact surface layer // *Journal of The Electrochemical Society.* - 2014. - V.161. - №10. - PPE135–E141.

Zhang S., Zhang S., Xu P., Liang K. Effect of anodization parameters on the surface morphology and photoelectrochemical properties of TiO₂ nanotubes // *International Journal of Electrochemical Science.* - 2017. - V.12. - №11. - PP.10714–10725.

Zhang J., Sun P., Jiang P., Guo Z., Liu W., Lu Q., Cao W. The Formation Mechanism of TiO₂ Polymorphs under Hydrothermal Conditions Based on the Structural Evolution of [Ti(OH)_h(H₂O)_{6-h}]_{4-h} Monomers // *J. Mater. Chem. C.* - 2019.

REFERENCES

Abdennouri M., Elmoubarki R., Elhammedi A., et al. (2013) Influence of tungsten on the anatase-rutile phase transition of solgel synthesized TiO₂ and on its activity in the photocatalytic degradation of pesticides, *Journal of Materials and Environmental Science*, 4(6):953–960 (in Eng).

Albu S.P., Ghicov A., Macak J.M, Schmuki P. (2007) 250 μm long anodic TiO₂ nanotubes with hexagonal self-ordering, *Physica Status Solidi (RRL) – Rapid Research Letters*, 1(2):65–67 (in Eng).

Al-jawad S.M.H. (2014) Effect of doping on structural and electrical properties of titanium dioxide (TiO₂) thin films for gas sensor, *International Journal of Scientific & Engineering Research*, 5(1):2171–2176 (in Eng).

Bae E., Ohno T. (2009) Exposed Crystal Surface-Controlled Rutile TiO₂ Nanorods Prepared by Hydrothermal Treatment in the Presence of Poly(Vinyl Pyrrolidone), *Appl. Catal. B Environ.*, 91(3–4):634–639 (in Eng).

Basset J.-M., Baudouin A., Bayard F., Candy J.-P., Copret C., De Mallmann A., Godard G., Kuntz E., Lefebvre F., Lucas C., Norsic S., et al. (2009) Preparation of Single Site Catalysts on Oxides and Metals Prepared via Surface Organometallic Chemistry. In *Modern Surface Organometallic Chemistry*; Wiley. - VCH Verlag GmbH & Co. KGaA: Weinheim, Germany, P.23–72 (in Eng).

Cao W., Chen K., Xue D. (2021) Highly Ordered TiO₂ Nanotube Arrays with Engineered Electrochemical Energy Storage Performances, *Materials*, 14:510.

Chen X., Mao S.S. (2007) Titanium dioxide nanomaterials: synthesis, properties, modifications, and applications, *Chem Rev.*, 107(7):2891-959 (in Eng).

Chernozem R.V., Surmeneva M.A., Surmenev R.A. (2016) Influence of anodization time and voltage on the parameters of TiO₂ nanotubes, *IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng.*, 116:012025. DOI: 10.1088/1757- 899x/116/1/012025 (in Eng).

Gong D., Varghese O.K., Hu W., et al. (2001) Titanium oxide nanotube arrays prepared by anodic oxidation, *Journal of Materials Research*, 16(12):3331–3334 (in Eng).

Jaroenworarluck A., Regonini D., Bowen C.R., Stevens R., Allsopp D. (2007) Macro, micro and nanostructure of TiO₂ anodised films prepared in a fluorine-containing electrolyte, *Journal of Materials Science*, 4(16):6729–6734 (in Eng).

Kulkarni M. (2016) Influence of anodization parameters on morphology of TiO₂ nanostructured surfaces, *Advanced Materials Letters*, 7(1):23–28 (in Eng).

Lockman Z., Sreekantan S., Ismail S., Schmidt-Mende L., MacManus-Driscoll J.L. (2010) Influence of anodisation voltage on the dimension of titania nanotubes, *Journal of Alloys and Compounds*, 503(2):359–364 (in Eng).

Park H.H., Kim K.S., Jeon W.Y., et al. (2010) Bioactive and electrochemical characterization of TiO₂ nanotubes on titanium via anodic oxidation, *Electrochimica Acta*, 55(20):6109–6114 (in Eng).

Park H., Kim W.-R., Jeong H.-T., Lee J.-J., Kim H.-G., Choi W.-Y. (2011) Fabrication of dye-sensitized solar cells by transplanting highly ordered TiO₂ nanotube arrays, *Solar Energy Materials & Solar Cells*, 95(1):184–189 (in Eng).

Paulose M., Yoriya S., Prakasam H.E., et al. (2006) Anodic growth of highly ordered TiO₂ Nanotube arrays to 134 μm in length, *The Journal of Physical Chemistry*, 110(33):16179–16184 (in Eng).

Raja K., Gandhi T., Misra M. (2007) Effect of water content of ethylene glycol as electrolyte for synthesis of ordered titania nanotubes, *Electrochem. Commun.*, 9:1069-1076. DOI: 10.1016/j.elecom.2006.12.024 (in Eng).

Razzaboni L., Altomare M., Pedferri M., Diamanti M., Schmuki P. (2020) Hierarchical Anodic TiO₂ Nanostructures Formed in Ethylene Glycol/o-H₃PO₄ Electrolytes for Direct Photocatalysis, *ChemElectroChem*, 7(13):2859–2863 (in Eng).

Song H., Cheng K., Guo H., Wang F., Wang J., Zhu N., et al. (2017) Effect of ethylene glycol concentration on the morphology and catalytic properties of TiO₂ nanotubes, *Catal. Commun.*, 97:23-26. DOI: 10.1016/j.catcom.2017.04.005 (in Eng).

Sulka G.D., Kapusta-Kołodziej J., Brzózka A., Jaskuła M. (2013) Anodic growth of TiO₂ nanopore arrays at various temperatures, *Electrochim. Acta*, 104:526-535. DOI: 10.1016/j.electacta.2012.12.121 (in Eng).

Sun Y., Zhao Q., Wang G., Yan, K. (2017) Influence of water content on the formation of TiO₂

nanotubes and photoelectrochemical hydrogen generation, *J. Alloys Compd.*, 711:514-520. DOI: 10.1016/j.jallcom.2017.03.007 (in Eng).

Sreekantan S., Saharudin K.A., Wei L.C. (2011) Formation of TiO₂ nanotubes via anodization and potential applications for photocatalysts, biomedical materials, and photoelectrochemical cell, *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 21(1) (in Eng).

Tang Y.X., Tao J., Zhang Y.Y., Wu T., Tao H.J., Zhu Y.R. (2009) Preparation of TiO₂ nanotube on glass by anodization of Ti films at room temperature, *Transactions of the Nonferrous Metals Society of China*, 19(1):192–198 (in Eng).

Thabit M., Liu H., Zhang J., Wang B. (2017) Fabrication of titanium dioxide nanotube photoelectrodes in different electrolyte mixtures and the impacts on their characteristics and photocatalytic abilities under visible light, *Pol. J. Chem. Technol.*, 19:34-40. DOI: 10.1515/pjct-2017-0005 (in Eng).

Vaenas N., Bidikoudi M., Stergiopoulos T., Likodimos V., Kontos A.G., Falaras P. (2013) Annealing effects on self-assembled TiO₂ nanotubes and their behavior as photoelectrodes in dye-sensitized solar cells, *Chem. Eng. J.*, 224:121-127. DOI: 10.1016/j.cej.2013.02.017 (in Eng).

Wu H., Zhang Z. (2011) Photoelectrochemical water splitting and simultaneous photoelectrocatalytic degradation of organic pollutant on highly smooth and ordered TiO₂ nanotube arrays, *Journal of Solid State Chemistry*, 184(12):3202–3207 (in Eng).

Zakir O., Idouhli R., Elyaaagoubi M., Khadiri M., Aityoub A., Koumya Y., Rafqah S., Abouelfida A., Outzourhit A. (2020) Fabrication of TiO₂ Nanotube by Electrochemical Anodization: Toward Photocatalytic Application, *Journal of Nanomaterials*, 2020:11. DOI: 10.1155/2020/4745726 (in Eng).

Zhang S.-y., Yu D.L., Li D.D., et al. (2014) Forming process of anodic TiO₂ Nanotubes under a preformed compact surface layer, *Journal of The Electrochemical Society*, 161(10): E135–E141 (in Eng).

Zhang S., Zhang S., Xu P., Liang K. (2017) Effect of anodization parameters on the surface morphology and photoelectrochemical properties of TiO₂ nanotubes, *International Journal of Electrochemical Science*, 12(11):10714–10725 (in Eng).

Zhang J., Sun P., Jiang P., Guo Z., Liu W., Lu Q., Cao W. (2019) The Formation Mechanism of TiO₂ Polymorphs under Hydrothermal Conditions Based on the Structural Evolution of [Ti(OH)_h(H₂O)_{6-h}]_{4-h} Monomers, *J. Mater. Chem. C.*, 7:5764-5771.

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ



ПАМЯТИ ЛЕПЕСОВА КАМБАРА КАЗЫМОВИЧА

Безвременно ушел из жизни известный ученый-электрохимик, кандидат химических наук, профессор Лепесов Камбар Казымович. Большая часть его научной деятельности прошла в стенах Института органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского.

Камбар Казымович родился в 1947 г. в Актюбинской области. В 1971 г., после окончания инженерно-физико-химического факультета Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева, поступил в аспирантуру Института органического катализа и электрохимии АН КазССР по специальности «теоретическая электрохимия». В 1975 г. защитил кандидатскую диссертацию по теме «Исследование кинетики и механизма ионизации висмута, меди и индия на вращающемся дисковом электроде с кольцом». С 1974 по 1987 г.г. работал в ИОКЭ АН КазССР в должности младшего, затем старшего научного сотрудника. С 1987 по 2007 г.г. – заведующий лабораторией защиты металлов от коррозии ИОКЭ им. Д.В. Сокольского (в 2001 г. переименована в лабораторию прикладной электрохимии и коррозии).

Результаты исследований К.К. Лепесова в области электрохимии металлов, полученные методом дискового электрода с кольцом, классической и

нестационарной вольтамперметрии, позволили выявить основные закономерности образования промежуточных продуктов – ионов металлов низшей валентности в процессах разряда-ионизации поливалентных металлов и установить протекание стадийных электродных реакций с участием ионов металлов промежуточной и необычной валентности в химических реакциях диспропорционирования и репропорционирования, комплексообразования в зависимости от природы металла и анионов раствора, активности воды в электролите.

Им впервые было показано и обосновано применение метода дискового электрода с кольцом для исследования комплексообразования ионов металлов промежуточной и высшей валентности в растворах.

К.К. Лепесов являлся высококвалифицированным специалистом в области исследования кинетики и механизма электрохимических и коррозионных процессов металлов и разработки методов защиты от коррозии. Он был ответственным исполнителем программы «Разработать композиционные ферритные антикоррозионные материалы на основе продукции и вторичных ресурсов предприятий Казахстана» 2003-2005 г.г., инновационной программы «Организация опытного производства импорт-замещающих средств электрохимической защиты стальных конструкций от коррозии» 2003-2005 г.г., ряда хозяйственных работ по коррозии.

По результатам исследований разработаны антикоррозионные составы лакокрасочных материалов с различными добавками, повышающие коррозионную стойкость покрытий в водно-солевых и кислых средах, которые нашли применение при защите водоводов в различных регионах.

Лепесов К.К. – автор более 300 научных публикаций, 1 монографии и 28 патентов на изобретения. Среди его учеников 8 кандидатов наук и 1 PhD.

Прирожденный талант исследователя в сочетании с неисчерпаемой творческой энергией и глубокой эрудицией определили его большой вклад в развитие химической науки.

Он всегда останется для нас талантливым ученым, мудрым учителем и хорошим другом.

Коллектив АО «Институт топлива, катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского» выражает глубокое соболезнование родным и близким.

СОДЕРЖАНИЕ

Г.С. Айдарханова, К.С. Избастина, Ж.М. Кожина, Д.Т. Садырбеков ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ЭФИРНЫХ МАСЕЛ В ХВОЕ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. НА ТЕРРИТОРИИ ГНПП «БУРАБАЙ» И г. НУР-СУЛТАН.....	6
Б.А, Аскапова, Ш. Барани, Б.М. Жакып, К.Б, Мусабеков УСТОЙЧИВОСТЬ ГИДРОСУСПЕНЗИИ КОМПОЗИТОВ МАГНИТНЫХ ГЛИН В ПРИСУТСТВИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИМЕРОВ.....	22
Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек, Н.С. Таласбаева, М.К. Еркибаева, А.О. Айдарова КАТАЛИТИЧЕСКАЯ КОНВЕРСИЯ БИОГАЗА В СИНТЕЗ-ГАЗ.....	32
Г.Т. Балыкбаева, Г.У. Ильясова, К.Х. Дармаганбет, Г.М. Абызбекова, Ш.О. Еспенбетова СОРБЦИОННАЯ ОЧИСТКА ВОДЫ ОТ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН.....	43
Р.Р. Бейсенова, Р.М. Тазитдинова, А.О. Жупышева, Р. Курбаналиев, А.Н. Оркеева ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ИСТОЧНИКОВ ПИТЬЕВОЙ ВОДЫ СЕЛЬСКИХ МЕСТНОСТЕЙ ПАВЛОДАРСКОЙ ОБЛАСТИ.....	53
Н.И. Бердикул, К. Акмалайулы, И.И. Пундиене ПОВЫШЕНИЕ УСТОЙЧИВОСТИ БЕТОНА К СУЛЬФАТНОЙ КОРРОЗИИ.....	63
А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев, С.Б. Ыбрай, Ж.Т. Бекишева РАЗРАБОТКА БЕЗОТХОДНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ЗОЛОТВАЛОВ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ С ПОЛНОЙ ДЕКАРБОНИЗАЦИЕЙ ОТХОДЯЩИХ ГАЗОВ.....	74
А.А. Досмаканбетова, З.А. Ибрагимова, Ж.К. Шуханова, С.М. Конысбеков, Д.К. Жумадуллаев РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ ТОНКОДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА ДВУОКСИ КРЕМНИЯ.....	93
А.М. Кожяхметова, К.Т. Жантасов, О. Б. Дормешкин, Б.К. Асилбекова, Г.Т. Жаманбалаева ПОЛУЧЕНИЕ ТУКОСМЕСИ НА ОСНОВЕ ДОЛОМОТИЗИРОВАННОГО КРЕМНИСТО - ФОСФАТНОГО СЫРЬЯ И ОТХОДОВ ТЭЦ.....	103

З.М. Мулдахметов, С.Д. Фазылов, А.М. Газалиев, О.А. Нуркенов, О.Т. Сейлханов СИНТЕЗ НОВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВКЛЮЧЕНИЯ КОМПЛЕКСОВ ЦИТИЗИН:β-ЦИКЛОДЕКСТРИН.....	112
Б.М. Насибуллин, Р.Б. Ахметкалиев, Р.О. Орынбасар, Н.Б. Жаксылык ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕЭМУЛЬСАЦИИ ОБВОДНЕННОЙ НЕФТИ.....	121
П.В. Панченко, Д.С. Пузикова, Г.М. Хусурова, К.А. Леонтьева ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ДИОКСИДА ТИТАНА.....	130
Н.Ж. Тотенова, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков, Г.К. Матниязова СИНТЕЗ И ИЗУЧЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ, ТЕКСТУРНЫХ, МОРФОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ КАТАЛИЗАТОРОВ НА ОСНОВЕ ПЕРОВСКИТОПОДОБНЫХ ФЕРРИТОВ ДЛЯ ПАРОВОГО РИФОРМИНГА ЭТАНОЛА.....	148
К.А. Уразов, А.К. Рахимова, С. Айт ЭЛЕКТРООСАЖДЕНИЕ ПЛЕНОК CZTS НА СЛОЙ ПРОВОДЯЩЕГО ПОЛИМЕРА.....	159
А.У.Шингисов, Р.С. Алибеков, С.У. Еркебаева, Э.У. Майлыбаева, М.С. Кадеева ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ПОЛИФЕНОЛОВ В РАЗЛИЧНЫХ СОРТАХ ЯБЛОК КАЗАХСТАНСКОЙ СЕЛЕКЦИИ.....	169
М.А. Якияева, А.Г. Сагынова, М.Е. Ержанова РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ НАЦИОНАЛЬНОГО КРУПЯНОГО ПРОДУКТА (ТАЛКАН) ВЫСОКОЙ ПИЩЕВОЙ ЦЕННОСТИ И ИССЛЕДОВАНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ.....	180

ПАМЯТИ УЧЕНЫХ

ЛЕПЕСОВА КАМБАР КАЗЫМОВИЧ.....	193
---------------------------------------	-----

МАЗМҰНЫ

Г.С. Айдарханова, К.С. Избастина, Ж.М. Кожина, Д.Т. Садырбеков «БУРАБАЙ» МҰТП ЖӘНЕ НҰР-СҰЛТАН ҚАЛАСЫ АЙМАҚТАРЫНДАҒЫ PINUS SYLVESTRIS L. ҚЫЛҚАНДАРЫ ЭФИР МАЙЫ ҚҰРАМЫНЫҢ ӨЗГЕРМЕЛІЛІГІ.....	6
Б.А. Аскапова, Ш. Барани, Б.М. Жакып, К.Б. Мусабеков СУДА ЕРИТІН ПОЛИМЕРЛЕРДІҢ ҚАТЫСУЫМЕН МАГНИТТІК САЗ КОМПОЗИТТЕРІНІҢ ГИДРОСУСПЕНЗИЯСЫНЫҢ ТҰРАҚТЫЛЫҒЫ.....	22
Т.С. Байжуманова, М. Жұмабек, Н.С. Таласбаева, М.К. Еркибаева, А.О. Айдарова БИОГАЗДЫ СИНТЕЗ-ГАЗҒА КАТАЛИТИКАЛЫҚ КОНВЕРСИЯЛАУ.....	32
Г.Т. Балықбаева, Г.У. Ильясова, К.Х. Дармаганбет, Г.М. Абызбекова, Ш.О. Еспенбетова СУДЫ АУЫР МЕТАЛЛ ИОНДАРЫНАН СОРБЦИЯЛЫҚ ТАЗАЛАУДА БЕНТОНИТ САЗЫН ПАЙДАЛАНУ.....	43
Р.Р. Бейсенова, Р.М. Тазитдинова, А.О. Жұпышева, Р. Курбаналиев, А.Н. Оркеева ПАВЛОДАР ОБЛЫСЫНЫҢ АУЫЛДЫҚ АУЫЗ СУ КӨЗДЕРІНІҢ САПАСЫН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ БАҒАЛАУ.....	53
Н.И. Бердікүл, К. Ақмалайұлы, И.И. Пундиене БЕТОННЫҢ СУЛЬФАТТЫ КОРРОЗИЯҒА ТӨЗІМДІЛІГІН АРТТЫРУ.....	63
А.Б. Диханбаев, Б.И. Диханбаев, С.Б. Ыбрай, Ж.Т. Бекишева ШЫҒАТЫН ГАЗДАРДЫ ТОЛЫҚ ДЕКАРБОНИЗАЦИЯЛАУ АРҚЫЛЫ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯЛАРЫНЫҢ КҮЛ ҮЙІНДІЛЕРІН ҚАЙТА ӨНДЕУДІҢ ҚАЛДЫҚСЫЗ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӨЗІРЛЕУ.....	74
А.А. Досмақанбетова, З.А. Ибрагимова, Ж.К. Шуханова, С.М. Конысбеков, Д.К. Жумадуллаев КРЕМНИЙ ДИОКСИДІНІҢ ҰСАҚДИСПЕРСТІ ҰНТАҒЫН АЛУ ӨДІСІН ӨЗІРЛЕУ.....	93
А.М. Қожахметова, Қ.Т. Жантасов, О.Б.Дормешкин, Б.К. Әсілбекова, Г.Т. Жаманбалаева ЖЭО ҚАЛДЫҚТАРЫ МЕН ДОЛОМИТТЕЛГЕН ФОСФАТТЫ-КРЕМНИЙЛІ ШИКІЗАТ НЕГІЗІНДЕ ТУОҚОСПА АЛУ.....	103

З.М. Молдахметов, С.Д. Фазылов, А.М. Ғазалиев, О.А. Нүркенов, О.Т. Сейлханов ЦИТИЗИН-β-ЦИКЛОДЕКСТРИН КЕШЕНИНІҢ ЖАҢА ҚОСЫЛЫСТАРЫНЫҢ СИНТЕЗІ.....	112
Б.М. Насибуллин, Р.Б. Ахметқалиев, Р.О. Орынбасар, Н.Б. Жақсылық СУЛАНДЫРЫЛҒАН МҰНАЙДЫҢ ДЕЭМУЛЬСАЦИЯСЫН ЗЕРТТЕУ.....	121
П.В. Панченко, Д.С. Пузикова, Г.М. Хусурова, К.А. Леонтьева ТИТАН ДИОКСИДІН АЛУДЫҢ ЭЛЕКТРОХИМИЯЛЫҚ ӘДІСІ.....	130
Н.Ж. Төтеннова, Б.К. Масалимова, В.А. Садыков, Г.К. Матниязова ЭТАНОЛДЫҢ БУ АЙНАЛЫМЫНА ҚАЖЕТТІ ПЕРОВСКИТ ҚҰРЫЛЫМДЫ ФЕРРИТТЕР НЕГІЗІНДЕГІ КАТАЛИЗАТОРЛАРДЫ СИНТЕЗДЕУ ЖӘНЕ ҚҰРЫЛЫМДЫҚ, ТЕКСТУРАЛЫҚ, МОРФОЛОГИЯЛЫҚ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ.....	148
К.А. Уразов, А.К. Рахимова, С. Айт ӨТКІЗГІШ ПОЛИМЕР ҚАБАТЫНА CZTS ҚАБЫҒЫН ЭЛЕКТРОТҰНДЫРУ.....	159
А.У. Шингисов, Р.С. Алибеков, С.У. Еркебаева, Э.У. Майлыбаева, М.С. Кадеева ҚАЗАҚСТАНДЫҚ СЕЛЕКЦИЯСЫ АЛМАЛАРЫНЫҢ ӘР ТҮРЛІ СОРТТАРЫНДАҒЫ ПОЛИФЕНОЛДАРДЫҢ ҚҰРАМЫН ЗЕРТТЕУ.....	169
М.А. Якияева, А.Ғ. Сағынова, М.Е. Ержанова ТАҒАМДЫҚ ҚҰНДЫЛЫҒЫ ЖОҒАРЫ ҰЛТТЫҚ ДӘНДІ ДАҚЫЛДЫҢ (ТАЛҚАН) ТЕХНОЛОГИЯСЫН ЖАСАУ ЖӘНЕ ҚАУІПСІЗДІГІН ЗЕРТТЕУ.....	180

ҒАЛЫМДЫ ЕСКЕ АЛУ

ЛЕПЕСОВ ҚАМБАР ҚАСЫМҰЛЫ.....	193
-------------------------------------	-----

CONTENTS

G.S. Aidarkhanova, K.S. Izbastina, Z.M. Kozhina, D.T. Sadyrbekov VARIABILITY OF ESSENTIAL OILS COMPOSITION IN PINUS SYLVESTRIS L. NEEDLES IN THE TERRITORIES OF SNNP "BURABAY" AND NUR-SULTAN CITY.....	6
B.A. Askapova, S. Barany, B.M. Zhakyp, K.B. Musabekov STABILITY OF MAGNETIC CLAY COMPOSITE HYDRO-SUSPENSION IN PRESENCE OF WATER-SOLUBLE POLYMERS.....	22
T.S. Baizhumanova, M. Zhumabek, N.S. Talasbayeva, M.K. Erkibaeva, A.O. Aidarova CATALYTIC CONVERSION OF BIOGAS TO SYNTHESIS GAS.....	32
G.T. Balykbayeva, G.U. Iliasova, K.X. Darmaganbet, G.M. Abyzbekova, Sh.O. Yespenbetova SORPTION WATER PURIFICATION FROM HEAVY METAL IONS USING BENTONITE CLAY.....	43
R.R. Beisenova, R.M. Tazitdinova, A.O. Zhupysheva, R. Kurbanaliev, A.N. Orkeeva ECOLOGICAL ASSESSMENT OF THE QUALITY OF FRESH WATER SOURCES OF RURAL AREAS OF PAVLODAR REGION.....	53
N.I. Berdikul, K. Akmalaiuly, I.I. Pundiene INCREASING THE RESISTANCE OF CONCRETE AGAINST SULFATE CORROSION.....	63
A.B. Dikhanbayev, B.I. Dikhanbayev, S.B. Ybray, Zh.T. Bekisheva DEVELOPMENT OF WASTE-FREE TECHNOLOGY FOR PROCESSING ASH DUMPS OF POWER PLANTS WITH COMPLETE DECARBONIZATION OF EXHAUST GASES.....	74
A.A. Dosmakanbetova, Z.A. Ibragimova, Zh.K. Shukhanova, S.M. Konysbekov, D.K. Zhumadullayev DEVELOPMENT OF A METHOD FOR OBTAINING FINELY DISPERSED SILICON DIOXIDE POWDER.....	93
A.M. Kozhakhmetova, K.T. Zhantasov, O.B. Dormeshkin, B.K. Asilbekova, G.T. Zhamanbalaeva PRODUCTION OF FUEL MIXTURE BASED ON BROKEN SILICON - PHOSPHATE RAW MATERIAL AND CHPP WASTE.....	103

Z.M. Muldakhmetov, S.D. Fazylov, A.M. Gazaliev, O.A. Nurkenov, O.T. Seilkhanov THE SYNTHESIS OF NEW INCLUSION COMPOUNDS COMPLEXES CYTISINE: β -CYCLODEXTRIN.....	112
B.M. Nasibullin, R.B. Akhmetkaliev, R.O. Orynassar, N.B. Zhaksylyk STUDY OF DEMULSIFICATION OF WATERED OIL.....	121
P.V. Panchenko, D.S. Puzikova, G.M. Khusurova, X.A. Leontyeva ELECTROCHEMICAL METHOD FOR OBTAINING TITANIUM DIOXIDE.....	130
N.Zh. Totenova, B.K. Massalimova, V.A. Sadykov, G.K. Matniyazova SYNTHESIS AND STUDY OF STRUCTURAL, TEXTURAL AND MORPHOLOGICAL FEATURES OF CATALYSTS FOR STEAM REFORMING OF ETHANOLBASED ON PEROVSKITE -LIKE FERRITES.....	148
K.A. Urazov, A.K. Rahimova, S. Ait ELECTRODEPOSITION OF CZTS FILMS ON A CONDUCTIVE POLYMER LAYER.....	159
A.U. Shingisov, R.S. Alibekov, S.U. Yerkebayeva, E.U. Mailybayeva, M.S. Kadeyeva STUDY OF THE POLYPHENOLS CONTENT IN THE VARIOUS APPLES SORTS OF THE KAZAKHSTAN SELECTION.....	169
M.A. Yakiyaeva, A.G. Sagynova, M.E. Yerzhanova DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF NATIONAL CEREALS PRODUCT (TALKAN) OF HIGH NUTRITIONAL VALUE AND SAFETY STUDY.....	180

MEMORY OF SCIENTISTS

LEPESOV KAMBAR KAZYMOVICH.....	193
---------------------------------------	-----

Publication Ethics and Publication Malpractice in the journals of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan

For information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <http://www.elsevier.com/publishingethics> and <http://www.elsevier.com/journal-authors/ethics>.

Submission of an article to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan implies that the described work has not been published previously (except in the form of an abstract or as part of a published lecture or academic thesis or as an electronic preprint, see <http://www.elsevier.com/postingpolicy>), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright-holder. In particular, translations into English of papers already published in another language are not accepted.

No other forms of scientific misconduct are allowed, such as plagiarism, falsification, fraudulent data, incorrect interpretation of other works, incorrect citations, etc. The National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan follows the Code of Conduct of the Committee on Publication Ethics (COPE), and follows the COPE Flowcharts for Resolving Cases of Suspected Misconduct (http://publicationethics.org/files/u2/New_Code.pdf). To verify originality, your article may be checked by the Cross Check originality detection service <http://www.elsevier.com/editors/plagdetect>.

The authors are obliged to participate in peer review process and be ready to provide corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. All authors of a paper should have significantly contributed to the research.

The reviewers should provide objective judgments and should point out relevant published works which are not yet cited. Reviewed articles should be treated confidentially. The reviewers will be chosen in such a way that there is no conflict of interests with respect to the research, the authors and/or the research funders.

The editors have complete responsibility and authority to reject or accept a paper, and they will only accept a paper when reasonably certain. They will preserve anonymity of reviewers and promote publication of corrections, clarifications, retractions and apologies when needed. The acceptance of a paper automatically implies the copyright transfer to the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.

The Editorial Board of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan will monitor and safeguard publishing ethics.

Правила оформления статьи для публикации в журнале смотреть на сайте:

www.nauka-nanrk.kz

<http://chemistry-technology.kz/index.php/en/arhiv>

ISSN 2518-1491 (Online), ISSN 2224-5286 (Print)

Редакторы: *М.С. Ахметова, А. Ботанқызы, Д.С. Аленов, Р.Ж. Мрзабаева*
Верстка на компьютере *Г.Д.Жадыранова*

Подписано в печать 24.06.2022.
Формат 60x88¹/₈. Бумага офсетная. Печать – ризограф.
12,5 п.л. Тираж 300. Заказ 2.