

УДК 541.13 6:544.643:621.355

Матвеев В.В.

К 90-ЛЕТИЮ ЛЕНИКА НИКОЛАЕВИЧА САГОЯНА (1925–1995) ОБЗОР НАУЧНОЙ И ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

ГВУЗ «Украинский государственный химико-технологический университет», г. Днепропетровск

Описана биография профессора Л.Н. Сагояна и связанные с его деятельностью научные и педагогические достижения кафедры технической электрохимии, а также Научно-исследовательской лаборатории аккумуляторных систем Днепропетровского химико-технологического института (ныне — Украинский государственный химико-технологический университет). Рассмотрены результаты исследований процессов в оксидно-никелевом электроде: доказательства переноса атомов водорода в твердой фазе при окислении-восстановлении $\text{Ni}(\text{OH})_2\text{—NiOOH}$, данные о полупроводниковых свойствах этих фаз и их эволюции в процессе электрохимических превращений, модели для расчета динамики перераспределения электрохимического процесса при заряде-разряде, объяснение природы активирующей роли кобальта.

Ключевые слова: Сагоян Л.Н., биография, обзор, оксидно-никелевый электрод, гидроксид никеля, механизм процессов, моделирование.

Леник Николаевич (сотрудники и студенты называли его Леонидом Николаевичем) родился 20.05.1925 в городе Кировакан Армянской Советской Социалистической Республики. Отец — служащий, происходил из простой крестьянской семьи и «выбился в люди» после победы Октябрьской социалистической революции 1917 года. Не удивительно, что он дал сыну имя в честь В.И. Ленина (как это было популярно в первое десятилетие после завершения гражданской войны).



Рис. 1. Л.Н. Сагоян 1954 г. (фото из личного дела)

После окончания школы в 1943 году Леник поступил на химико-технологический фа-

культет Ереванского политехнического института, который, несмотря на войну, готовил и выпускал инженеров различного профиля для предприятий Советского Союза.

В 1948 году, завершив полный курс обучения по специальности технология электрохимических производств, Л.Н. Сагоян по распределению был направлен в город Липецк, а спустя год переведен в город Ленинград (ныне Санкт-Петербург) на должность технолога цеха в Государственный союзный завод № 223, почтовый ящик (п/я) 32 Министерства промышленности средств связи СССР — так в период холодной войны называли Ленинградский аккумуляторный завод. Сегодня это предприятие продолжает работать и выпускать свинцовые аккумуляторы для военных целей и железнодорожного транспорта, как и в те годы, но теперь уже под именем Акционерного общества закрытого типа «БАЛТЭЛЕКТРО».

В 1951 году Леник Николаевич поступил в аспирантуру на кафедру электрометаллургии цветных металлов в Ленинградский политехнический институт. В период учебы он был принят в члены Коммунистической партии.

После окончания аспирантуры в 1954-м году, Л.Н. Сагоян был направлен на работу в Днепропетровский химико-технологический институт ассистентом кафедры технологии элек-

трохимических производств.

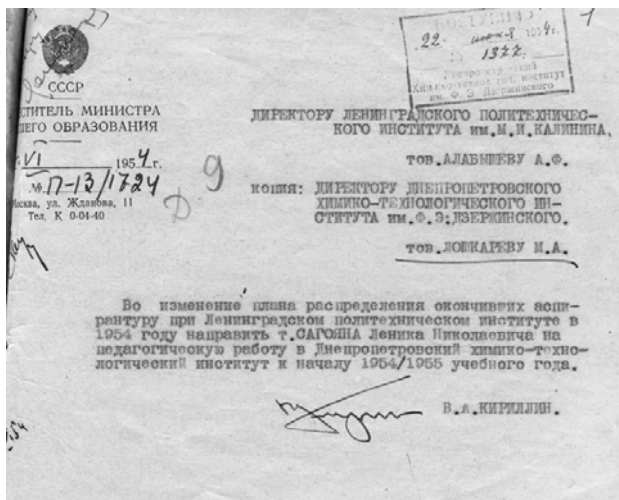


Рис. 2. Направление на работу в ДХТИ

В 1955 году Л.Н. Сагоян успешно защитил кандидатскую диссертацию, посвященную вопросам поведения серебра при электрохимичес-

ком рафинировании меди (см. публикации, посвященные этой теме [1]).

После защиты Леник Николаевич, наряду с активной преподавательской деятельностью на кафедре, возвращается к научной работе в области аккумуляторных систем. Сначала его работы касаются свинцовых аккумуляторов [2], а затем сосредотачиваются на щелочных аккумуляторах и, прежде всего, на окисно-никелевом электроде. Этому способствовал ввод в строй (в 1953 году) крупнейшего в Европе Ворошиловградского завода щелочных аккумуляторов (ВЗЩА), п/я А-1955, ныне – ОАО НПО «Кливер» (ЗАО «Луганские аккумуляторы»).

В этот же период Л.Н. Сагоян пишет раздел, посвященный химическим источникам тока, для книги «Прикладная электрохимия» [3].

В 1958 году Л.Н. Сагоян переходит на должность доцента кафедры общей химической технологии. С 1960-го по 62-й год Леник Николаевич был деканом вечернего факультета, в 1964–1966 годах деканом силикатного факультета.

В связи с бурным развитием новых направлений научно-технического развития Ленику

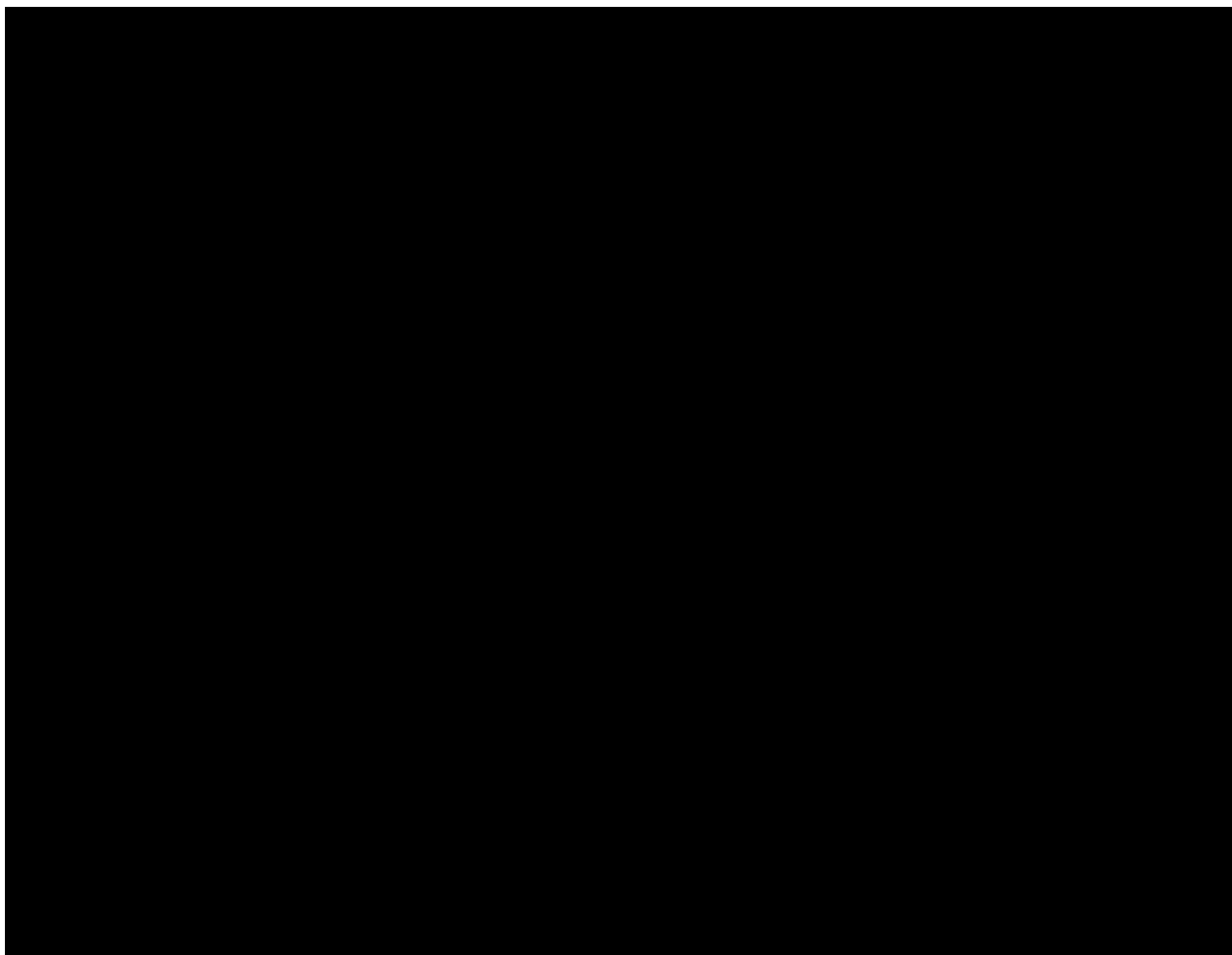


Рис. 3. Конспект лекций по курсу прикладной электрохимии, положенный в основу учебника [3], стр. 1, 22 (написан рукой Л.Н. Сагояна)

Николаевичу поручается подготовка организации кафедры технологии редких и рассеянных элементов (ТРРЭ), доцентом которой он назначается после ее формирования в 1966 году (приказ Министерства высшего и среднего специального образования № 384 от 18 июня 1966 года). В 1968 году на основании приказа МВ ССО УССР № 46 от 26 января в ДХТИ организуется кафедра коллоидной химии и Л.Н. Сагоян назначается исполняющим обязанности заведующего кафедрой (1968–69 гг.). С 1969 по 1970 гг., после избрания заведующим кафедрой коллоидной химии проф. О.С. Ксёнжека, работает доцентом этой кафедры. В 1970 Л.Н. Сагоян возвращается на должность доцента кафедры технологии электрохимических производств, где читает лекции по химическим источникам тока и ведет курс «Металловедение и коррозия металлов». В это время у него учится, ставший впоследствии директором (1987–1999) ВЗЩА Артемов Виктор Валентинович, овладевает основами научной работы, доктор химических наук, проректор по науке УДХТУ в 90-е годы Крапивный Николай Григорьевич [12–15] и много других специалистов-электрохимиков. Ранее у Леника Николаевича учился также бывший директор (1981–1987) ВЗЩА – Скоб Евгений Иванович.

В этот же период Леник Николаевич многократно избирается в состав партийных бюро факультетов, где он работал, выполняет обязанности секретаря партийного бюро. С 1966 года читает курс лекций по общей химической технологии в заочной высшей партийной школе.

Период 60-х – начала 70-х годов можно считать наиболее успешным и в научной деятельности Леника Николаевича. Несмотря на большую преподавательскую и организационную нагрузку, Л.Н. Сагоян самостоятельно осваивает и применяет в исследованиях новые для себя области: квантовую механику и квантовую химию, начавшую бурно развиваться в этот период в связи с появлением вычислительных машин, а также физику полупроводников.

Применение этих новых подходов позволило Л.Н. Сагояну решить ряд проблем, связанных с механизмом работы окисно-никелевого электрода.

Согласно ранним представлениям токообразующий процесс на электроде описывался уравнением:



Несколько позднее было выдвинуто предположение, согласно которому процесс протекает в твердой фазе по уравнению:



Леником Николаевичем и С.А. Алешкевичем [4–6] было получено убедительное подтверждение механизма (2). Заменяв в исходном $\text{Ni}(\text{OH})_2$ атомы кислорода на изотоп O^{18} , а атомы водорода на дейтерий, и исследовав изменение количества изотопов в растворе в процессе заряда-разряда окисно-никелевого электрода они установили, что дейтерий (водород) почти полностью выводится в раствор. Обмен кислорода не превышает 40%, причем происходит в начале заряда.

Наибольшую известность получили работы (см. обзор [7]) Леника Николаевича, связанные с измерением электропроводности твердой фазы гидроксида никеля в зависимости от степени ее окисления. В работах, выполненных совместно с С.А. Алешкевичем [6], П.А. Антоненко [8] и др. было показано, что в процессе окисления электропроводность чистого осушенного гидроксида никеля меняется от $1,74 \cdot 10^{-14} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ при 20°C (влажного $\sim 10^{-9} \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$) до $\sim 0,01 - 0,15 \text{ Ом}^{-1} \text{ см}^{-1}$ в окисленном (заряженном) состоянии. Найдена ширина запрещенной зоны $\text{Ni}(\text{OH})_2 - 2,34 \text{ эВ}$. С использованием эффекта Холла показан дырочный характер проводимости.

Совместно с Ю.М. Гулямовым Леник Николаевич провел расчеты фрагмента кристалла $\text{Ni}(\text{OH})_2$ квантовохимическим методом валентных связей [9]. Была вычислена энергия отрыва OH -группы от связанных с ней 3-х атомов никеля ($\sim 1256 \text{ кДж/моль}$) и энергия отрыва атома водорода ($\sim 544 \text{ кДж/моль}$), что подтвердило механизм (2). Проанализирована возможность замены водорода на гидроксиды щелочных металлов [10,11]. Теоретически подтверждено наличие неспаренных электронов, т.е. парамагнитные свойства гидроксида никеля. Рассчитана величина магнитного момента $\text{Ni}(\text{OH})_2$, согласующаяся с экспериментальными значениями.

В начале 70-х годов Леник Николаевич концентрирует внимание на работах, направленных на математическое моделирование перераспределения электрохимического процесса в металлокерамическом электроде в ходе заряда-разряда. Эти исследования были начаты совместно с П.А. Антоненко и В.З. Барсуковым [12–15] и затем интенсивно развивались в работах [16–17]. Использовался метод эквивалентных схем, когда электрод представлялся в виде набора резисторов, характеризующих сопротивление активной массы и сопротивление электролита, а также локальных гальванических элементов, отражающих поляризационные явления в электроде. Для расчета использованы аппроксимированные нелинейными функциями эмпирические

кие зависимости эффективной электропроводности активной массы и стационарного потенциала электрода.

Для более глубокого анализа факторов, влияющих на эффективную электропроводность, была предложена микроскопическая модель поры электрода. В простейшем варианте [18] пора представлялась как металлическая трубка, покрытая внутри активным веществом с аксиальным каналом, заполненным электролитом. В дальнейшем [19] была учтена внутренняя пористость активного вещества, построена схема, учитывающая пересечение капилляров. Выражения для эффективной электропроводности, найденные на основе этих моделей, позволили выявить влияние на нее различных структурных параметров электрода. В частности, с помощью этих моделей удалось показать, что емкость электрода монотонно растет с увеличением степени заполнения пор k металлокерамической матрицы активным веществом, достигая насыщения при значении $k \sim 0,85-0,90$, выше которого заполнять поры нецелесообразно, т.к. при дальнейшем увеличении k падают удельные емкостные характеристики.

Совместно с В.З. Барсуковым Л.Н. Сагояном была предложена система уравнений, позволяющая рассчитать емкость аккумулятора при заданной величине тока и различных значениях структурных и конструктивных параметров, в частности, таких как толщина и количество электродов [20,21]. Эта система была применена [22] к герметичной никель-кадмиевой системе в габаритах аккумулятора НКГ-10Д, для которого гарантируемая емкость в длительном (10 часов; $I=1$ А) режиме разряда должна составлять 10 А·ч. Было показано, что при изменении толщин пластин и других параметров системы можно достигнуть гарантированной емкости ~ 15 А·ч, т.е. на 50% больше, чем у существующих аккумуляторов. Испытания опытных образцов полностью подтвердили теоретические рекомендации и позволило достигнуть гарантированной емкости 13–15 А·ч при удельной энергии ~ 114 Вт·ч/дм³, что на 25% больше чем у лучших на тот момент никель-кадмиевых аккумуляторов фирмы SAFT (Франция).

Практическое применение нашли и другие работы Л.Н. Сагояна. Совместно с П.А. Антоненко был разработан ускоренный режим пропитки (заполнения активным веществом – $Ni(OH)_2$) пористых металлокерамических основ электродов. Способ был внедрен на ВЗЩА, что позволило в 2–3 раза сократить время этой длительной операции.

Было также исследовано влияние на срок службы окисно-никелевого электрода введения $LiOH$ в электролит. Предложен вариант объяс-

нения влияния лития на поведение окисно-никелевых электродов. Показано, что оптимальная концентрация лития в электролите составляет 10 г/л.

По результатам описанных работ С.А. Алешкевич (1967) [23], П.А. Антоненко (1972) [24], В.З. Барсуков (1974) [25], Ю.М. Гулямов (1975) [26] защитили кандидатские диссертации, а Леник Николаевич Сагоян (1975) [27] диссертацию на соискание ученой степени доктора химических наук по специальности 02.00.05 – электрохимия.

С этого времени начинается новый период в жизни Леника Николаевича. Еще перед защитой докторской диссертации Леник Николаевич (в декабре 1974 г.) был избран на должность декана факультета технологии неорганических веществ, а в 1976 году избирается по конкурсу на должность заведующего кафедрой неорганической химии.

В этот период благодаря усилиям Л.Н. Сагояна и старшего научного сотрудника, к.х.н. В.З.Барсукова, при кафедре неорганической химии создается большой научно-исследовательский сектор (НИС). Заключаются хозяйственные договора: с ВЗЩА, Научно-исследовательским аккумуляторным институтом (г. Ленинград – Санкт-Петербург), Всесоюзным научно-исследовательским институтом источников тока – ВНИИТ (ныне ОАО «НПП «Квант», г. Москва), Летно-исследовательским институтом (ЛИИ) им. Громова (г. Жуковский, Московской области). В НИС кафедры приходит новое поколение исследователей: Г.П. Марченко, В.П. Мороз, Ю.Н. Данилов, С.А. Дуновский, В.В. Матвеев, а несколько позднее В.М. Негеевич, Н.В. Корнеев.

К сожалению, в это время, у Леника Николаевича начинает проявляться и прогрессировать болезнь Паркинсона, по-видимому, следствие работы на свинцовом производстве и постоянных перегрузок. Он вынужден оставить заведование кафедрой (1978 г.) и сосредоточиться на научно-исследовательской работе. Несмотря на болезнь Л.Н. Сагоян активно поддерживает идею В.З. Барсукова: организовать на базе НИСа кафедры научно-исследовательскую лабораторию.

В 1979 усилиями Л.Н. Сагояна и В.З. Барсукова совместным приказом (№ 342/188 от 12.06.1979) Минвуза УССР и Минэлектротехпрома СССР создается Отраслевая научно-исследовательская лаборатория моделирования, разработки и оптимизации аккумуляторных систем – ОНИЛ АС, которая до упразднения соответствующего министерства была единственной в Украине отраслевой лабораторией, занимавшийся проблемами аккумуляторной промышлен-

ленности. Леник Николаевич назначается научным руководителем лаборатории, Вячеслав Зиновьевич Барсуков – заведующим лабораторией.



Рис. 4. Л.Н. Сагоян – около 1980 г. (фото с Доски почета)

Атмосфера творчества, взаимной поддержки, которая сложилась в это время в лаборатории во многом благодаря Ленику Николаевичу, способствовала успешной работе и расширению тематик.

Под руководством Л.Н. Сагояна были развернуты системные исследования проблем заряда щелочных аккумуляторов (совместно с П.А. Антоненко и Г.П. Марченко) – герметичных никель-кадмиевых, никель-цинковых. Проведена большая работа по оптимизации состава и структуры активных масс окисно-никелевого электрода (с Ю.Н. Даниловым и В.П. Морозом), кадмиевого электрода (с Г.П. Марченко и В.М. Негеевичем). Начат поиск добавок в активную массу и электролит щелочных аккумуляторов, способствующих увеличению срока службы и удельных характеристик (с В.П. Морозом, Ю.Н. Даниловым).

Были исследованы и проанализированы с помощью математических моделей различные факторы, влияющие на скорость газовой выделению, такие как степень заряженности электродов, температура и др. [28]. Выявлены условия заряда, при которых возникает «тепловой разгон» аккумулятора, приводящий к выходу его из строя. Установлено, что оптимальный по времени заряд окисно-никелевого электрода реализуется в режиме, при котором скорость газовой выделению увеличивается пропорционально степени заряженности электрода. Предложены режимы заряда и принципы построения устройств, позволяющих реализовать ускоренный заряд различных типов аккумуляторов, на которые получен ряд авторских свидетельств (см., например [29]). Эти работы легли в основу диссертации Г.П. Марченко, которая была защищена в 1983 году [30].

Наряду с работами прикладной направлен-

ности, совместно с В.З. Барсуковым Леник Николаевич инициирует новые исследования, направленные на выяснение механизмов функционирования окисно-никелевого электрода.

В работе [31] было исследовано активирующее действие кобальта. Методом соосаждения гидроксидов были синтезированы твердые растворы $\text{CoOOH}\cdot n\text{NiOOH}$ с различным соотношением n кобальта и никеля и соответствующие смеси. Потенциодинамические исследования этих веществ показали, что в отличие от смесей, где наблюдаются два отдельных пика восстановления NiOOH (при $E < E_0$ – равновесного потенциала $[\text{NiOOH} \leftrightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2]$ равно 0,485 В относительно НВЭ) и CoOOH (при $E < E_0[\text{CoOOH} \leftrightarrow \text{Co}(\text{OH})_2] = 0,200$ В, в твердых растворах имеется лишь один пик, который смещается в катодную сторону при увеличении количества кобальта. Равновесный потенциал твердого раствора совпадает с потенциалом системы $\text{NiOOH} \leftrightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ при $n=13$. При $n=2$ $E_0=0,330$ В. Исследование ИК-спектров выявило в растворах $\text{CoOOH}\cdot n\text{NiOOH}$ некоторое количество $\text{Ni}(\text{OH})_2$, что указывает на самопроизвольный переход $\text{Ni}^{3+} \rightarrow \text{Ni}^{2+}$. Установлено, что наличие заметного ($n=2+3$) количества кобальта этот переход термозит. То есть наличие кобальта в гидроксиде никеля препятствует саморазряду $\text{NiOOH} \rightarrow \text{Ni}(\text{OH})_2$ и способствует сохранению в твердой фазе при разряде (восстановлении) некоторого количества Ni^{3+} , что позволяет оставаться ей электропроводной [6,8]. В процессе разряда зерна, начинающегося на поверхности зерен $\text{CoOOH}\cdot n\text{NiOOH}$, продукт реакции сохраняет некоторую электропроводность и, следовательно, реакция распространяется глубже, а коэффициент использования активного вещества увеличивается.

Изменение электропроводности активного вещества в процессе разряда, моделировалось в работе [32], базирующейся на идеях теории протекания (перколяции) [33]. Используя приближенное выражение для электропроводности плоскостей NiOOH , которые представлялись гексагональной решеткой сопротивлений, авторы численно рассчитывали изменения сопротивления зерна в процессе разрыва связей (в ходе разряда). Предполагалось, что вероятность $p(x)$ разрыва связей является функцией расстояния x и падает от поверхности вглубь зерна аналогично падению напряженности поля при электрохимической реакции в пористом электроде. Полученная зависимость электропроводности от доли разорванных связей хорошо объясняет соответствующую экспериментальную зависимость [6,8]. Было показано, что при равномерном распределении процесса порог протекания (скачкообразное уменьшение электропроводности)

достигается при восстановлении $^{2/3}\text{NiOOH}$, а при неравномерном распределении, например, при увеличении плотности тока, порог смещается в сторону меньших значений.

Механизм разрыва связей в процессе реакции был рассмотрен в [34] с использованием оригинальной аналитической квантово-химической методики, предложенной Г.О. Ярковым. Суть ее в следующем. Сначала было решено приближенное уравнение Шредингера для электрона в поле двух кулоновских центров [35]: найдены волновая функция и энергия, построена функция Грина. С помощью последней можно учесть неучтенное возмущение (показано, что оно мало) и найти влияние других возмущающих факторов. Так были учтены электрон-электронное взаимодействие и влияние внутренних (несвязывающих) электронов [36]. Потенциал внутренних электронов находили, решая уравнение Пуассона, где плотность распределения заряда задавалась как квадрат атомных волновых функций. Расчет влияния третьего кулоновского центра на энергию связи тоже может быть учтен как возмущение [37]. При расчете молекулярной системы суммируются энергии: всех связей, электрон-электронного взаимодействия, ядерно-ядерного взаимодействия, «пуассоновская» энергия взаимодействия с внутренними электронами. Был рассчитан предложенный Л.Н. Сагоян фрагмент решетки гидроксида никеля. Показано, что расчетные межатомные расстояния, соответствующие минимуму энергии, согласуются с рентгеноструктурными данными. Рассчитаны потенциальные кривые для отрыва водорода от $\text{Ni}(\text{OH})_2$ и $\text{Ni}(\text{OH})_2^+$, а также движения водорода в молекулах H_2O , H_3O^+ . Показано, что после отрыва электрона и образования $\text{Ni}(\text{OH})_2^+$ перенос протона к ионам OH^- , находящимся между слоями гидроксида, происходит безбарьерно. Перенос H^+ к межслоевой воде требует преодоления незначительного активационного барьера, однако, в обоих случаях этот процесс энергетически выгоден.

По результатам этих и других работ в 1985 г. ученик Л.Н. Сагояна Вячеслав Зиновьевич Барсуков успешно защитил докторскую диссертацию [38].

В связи с прогрессирующей болезнью, а также учитывая большой вклад В.З. Барсукова в развитие основных работ, проводимых лабораторией, Леник Николаевич передает ему руководство диссертационными работами Ю.Н. Данилова, В.П. Мороза, В.М. Негеевича. При этом Л.Н. Сагоян продолжает активно работать с ними. Не удивительно, что все они считают себя и его учениками.

Даже после ухода на пенсию в 1990 году Леник Николаевич продолжал активно участво-

вать в обсуждении научных проблем лаборатории. Его взвешенные оценки, рекомендации, предложения всегда служили ориентиром для сотрудников НИЛ АС.

Результаты исследований Л.Н. Сагояна были опубликованы в 88 научных работах. Изобретения и разработки подтверждены 11-ю авторскими свидетельствами, ряд из которых был внедрен на предприятиях, производящих и эксплуатирующих щелочные аккумуляторы.

Благодаря исключительной интеллигентности, порядочности, добросовестности и ответственности, стремлению войти в положение, помочь Ленику Николаевичу снискал всеобщее уважение, как студентов, так и сотрудников. Он и сейчас остается примером для тех, кто имел честь его знать.

Автор выражает искреннюю благодарность проф. В.З. Барсукову за конструктивные замечания и правки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сагоян Л.Н. Поведения серебра при электролитическом рафинировании меди // Труды ДХТИ. – 1958. – № 6. – С.1-15.
2. Сагоян Л.Н. Работа отрицательного электрода свинцового аккумулятора // Промышленность Армении. – 1958. – № 9. – С.56-61.
3. Прикладная электрохимия / Стендер В.В., Ксенжек О.С., Разина Н.Ф., Сагоян Л.Н., Слуцкий И.З. – Харьков: Изд. ХГУ, 1961. – 541 с.
4. Сагоян Л.Н. О механизме работы окисно-никелевого электрода // Изв. акад. наук Армянской ССР. Сер. Хим. науки. – 1964. – Т.17. – № 1. – С.3-6.
5. Алешкевич С.А. Исследования окисно-никелевого электрода // Укр. хим. журн. – 1965. – Т.17. – № 11. – С.1147-1149.
6. Сагоян Л.Н. К вопросу о механизме работы окисно-никелевого электрода // Сб.: Исследования в области химических источников тока. – 1966. – № 9. – С.26-33.
7. Srinivasan V., Weidner J.W., White R.E. Mathematical models of the nickel hydroxide active material (Review) // J. Solid State Electrochem. – 2000. – Vol.4. – P.367-382
8. Антоненко П.А., Сагоян Л.Н. Исследование удельной электропроводности активной массы окисно-никелевого электрода // Механизация и автоматизация производства. – 1970. – № 9. – С.22-25.
9. Гулямов Ю.М., Россихин В.В., Сагоян Л.Н. Конструирование оптимальных гибридных орбиталей кислорода в гидроксидах металлов, имеющих структуру брусита // Вопр. химии и хим. технологии. – 1973. – № 30. – С.97-101.
10. Исследование механизма внедрения Li^+ в кристаллическую решетку окисно-никелевого электрода / Ю.М. Гулямов, М.Д. Долгушин, В.П. Морозов, Л.Н. Сагоян // Электрохимия. – 1971. – Т.7. – № 6. – С.896-897.
11. Гулямов Ю.М., Долгушин М.Д., Сагоян Л.Н. О воз-

- возможности замещения протона на катионы щелочных металлов в активной массе окисно-никелевого электрода // Электрохимия. – 1972. – Т.8. – № 11. – С.1631-1632.
12. *О функциональном* и численном методах решения задачи распределения тока в трехфазных жидкостных безламельных электродах / П.А. Антоненко, В.З. Барсуков, Н.Г. Крапивный, Л.Н. Сагоян // Электрохимия. – 1971. – Т.7. – № 2. – С.294-300.
13. *Исследование* металлокерамического окисно-никелевого электрода. I. Структурные характеристики электродов / П.А. Антоненко, В.З. Барсуков, Н.Г. Крапивный, Л.Н. Сагоян // Вопр. химии и хим. технологии. – 1971. – № 24. – С.96-99.
14. *Исследование* металлокерамического окисно-никелевого электрода. II. Моделирование стационарного состояния электрода / П.А. Антоненко, В.З. Барсуков, Н.Г. Крапивный, Л.Н. Сагоян // Вопр. химии и хим. технологии. – 1972. – № 25. – С.18-25.
15. *Исследование* металлокерамического окисно-никелевого электрода. III. Моделирование процесса разряда / П.А. Антоненко, В.З. Барсуков, Н.Г. Крапивный, Л.Н. Сагоян // Вопр. химии и хим. технологии. – 1972. – № 25. – С.135-141.
16. *Барсуков В.З., Сагоян Л.Н.* К расчету емкости металлокерамических электродов химических источников тока // Электрохимия. – 1973. – Т.9. – № 9. – С.1253-1257.
17. *Барсуков В.З., Сагоян Л.Н.* К расчету емкости металлокерамических электродов химических источников тока. II. Учет стационарного потенциала // Электрохимия. – 1973. – Т.9. – № 9. – С.1253-1257.
18. *Взаимосвязь* структурных характеристик металлокерамического окисноникелевого электрода / В.З. Барсуков, Н.Н. Милютин, П.А. Антоненко, Л.Н. Сагоян // Сб. работ по хим. источникам тока, Ленинград: Энергия. – 1973. – № 9 – С.86-90.
19. *Барсуков В.З., Милютин Н.Н., Сагоян Л.Н.* Модели заполнения порового металлокерамического окисноникелевого электрода активным веществом // Сб. работ по хим. источникам тока, Ленинград: Энергия. – 1973. – № 9. – С.86-90.
20. *Барсуков В.З., Сагоян Л.Н.* К постановке задачи оптимизации толщины металлокерамических электродов ХИТ // Сб. работ по хим. источникам тока, Ленинград: Энергия. – 1974. – № 9. – С.81-86.
21. *Возможности* повышения удельных характеристик. К постановке задачи оптимизации толщины металлокерамических электродов ХИТ / В.З. Барсуков, Л.Н. Сагоян, Н.Н. Милютин, Ю.М. Позин // Электротехн. промышленность: Хим. и физ. источники тока. – 1976. – № 4(49). – С.11-13.
22. *Расчет* оптимальной конструкции герметичного никель-кадмиевого аккумулятора по заданному режиму эксплуатации / Барсуков В.З., Сагоян Л.Н., Милютин Н.Н. и др. // Электротехн. промышленность: Хим. и физ. источники тока. – 1976. – № 2(74). – С.5-7.
23. *Алешкевич С.А.* Исследование механизма работы окисно-никелевого электрода с помощью меченых атомов: Автореф. дис...канд. хим. наук: 074 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1967. – 17 с.
24. *Антоненко П.А.* Исследование и оптимизация эксплуатационных и технологических параметров металлокерамических окисноникелевых электродов щелочных аккумуляторов: Автореф. дис...канд. техн. наук: 05.342 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1972. – 20 с.
25. *Барсуков В.З.* Исследование распределения электрохимического процесса и возможностей оптимизации металлокерамического окисно-никелевого электрода: Автореф. дис...канд. хим. наук: 02.00.05 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1974. – 24 с.
26. *Гулямов Ю.М.* Некоторые аспекты теории окисно-никелевого электрода щелочного аккумулятора аккумуляторов: Автореф. дис...канд. хим. наук: 02.00.04 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1975. – 26 с.
27. *Сагоян Л.Н.* Некоторые проблемы теории, расчета и оптимизация конструкций, технологии производства окисно-никелевого электрода щелочного аккумулятора аккумуляторов: Автореф. дис...докт. хим. наук: 02.00.05 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1975. – 42 с.
28. *Марченко Г.П., Сагоян Л.Н.* Влияние зарядного тока и температуры на характеристики металлокерамических кадмиевых электродов щелочного аккумулятора // Вопр. химии и хим. технологии. – 1980. – № 59. – С.69-72.
29. *А.с. 877657 СССР*, МКИЗ Н 01 М 10/44. Способ заряда никель-цинкового аккумулятора / Г.П. Марченко, П.А. Антоненко, Л.Н. Сагоян (СССР). – № 22886053/24-07; Заявл. 20.02.80; Оpubл. 30.10.81, Бюл. № 40. – 5 с.
30. *Марченко Г.П.* Разработка и оптимизация режимов ускоренного заряда щелочных аккумуляторов: Автореф. дис...канд. техн. наук: 02.00.05 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1983. – 22 с.
31. *О механизме* влияния добавки кобальта на свойства окисноникелевого электрода / В.З. Барсуков, Л.Н. Сагоян, Н.Р. Мещерякова, А.Г. Герасимов // Электрохимия. – 1985. – Т.21. – № 1. – С.17-21.
32. *Барсуков В.З., Рогоза Б.Е., Сагоян Л.Н.* Моделирование процесса разряда в зерне активного материала окисно-никелевого электрода // Электрохимия. – 1984. – Т.20. – № 12. – С.1631-1635.
33. *Шкловский Б.И., Эфрос А.Л.* Электронные свойства легированных полупроводников. – М.: Наука, 1979. – 416 с.
34. *The nickel hydroxide electrode in alkali batteries: theory of redox processes on a single grain* / Barsukov V.Z., Sagojan L.N., Rogoza B.E., Yarkovoy G.O., Zaslavskaya L.I. // Proceedings of the Symposium on Batteries for Portable Applications and Electrical Vehicles (Edited by C.F. Holmes, A.R. Landgrebe). – Pennington, New Jersey, USA: ESI, 1997. – P.823-827.
35. *Ярковой Г.О.* Функция Грина для задачи: электрон в поле двух кулоновских центров // Препринт ИТФ-75-54р. – Киев: ИТФ, 1975. – 17 с.
36. *Ярковой Г.О. Заславская Л.И., Россихин В.В.* Аналитический расчет потенциальных кривых двухатомных молекул // Препринт ИТФ-77-134р. – Киев, 1977. – 17 с.
37. *Zaslavskaja L.I., Yarkovoy G.O., Barsukov V.Z.* A method of quantum-chemical calculation of molecules and clusters

in a condensed phase at superpositing an electric field // 34-th ISE Meeting. Extended Abstracts. – Erlangen, Germany, 1983. – P.111-114.

38. Барсуков В.З. Теория многоуровневой макрокинетики в динамических системах с твердофазным реагентом и ее применение при разработке химических источников тока: Автореф. дис...докт. хим. наук: 02.00.05 / ДХТИ. – Днепропетровск, 1985. – 40 с.

Поступила в редакцию 14.09.2015

ON THE 90TH ANNIVERSARY OF LENIK NIKOLAEVICH SAGOYAN (1925–1995): REVIEW OF SCIENTIFIC AND EDUCATIONAL ACTIVITIES

V.V. Matveyev

Ukrainian State University of Chemical Technology, Dnepropetrovsk, Ukraine

The article describes the biography of Professor L.N. Sagoyan and highlights his scientific and educational achievements. His great contribution to the electrochemical science is closely connected with his work at the Department of Technical Electrochemistry and Scientific-Research Laboratory of Storage-Battery Systems of Dnepropetrovsk Institute of Chemical Technology (nowadays it is called Ukrainian State University of Chemical Technology). The main results of Prof. Sagoyan's investigations concern processes occurring on the nickel oxide electrode. He proved hydrogen transfer in the solid phase in the $Ni(OH)_2-NiOOH$ oxidation-reduction, he obtained data on semiconductor properties of these phases and their evolution in electrochemical reactions, he developed a model for the calculation of the dynamics redistribution of electrochemical process during charge-discharge, he also explained the nature of cobalt activating role.

Keywords: electrochemistry; nickel oxide electrode; nickel hydroxide; the mechanism of processes; modeling.

REFERENCES

- Sagoyan L.N. Povedeniya serebra pri elektroliticheskom rafinirovani medii [Behaviors of silver at the electrolytic affinage of copper]. *Trudy DKhTI*, 1958, vol. 6, pp. 1-15. (in Russian).
- Sagoyan L.N. Rabota otritsatel'nogo elektroda svintsovoogo akkumul'atora [Performance of the negative electrode of the lead battery]. *Promyshlennost' Armenii*, 1958, no. 9, pp. 56-61. (in Russian).
- Stender V.V., Ksenzhek O.S., Razina N.F., Sagoyan L.N., Sluckii I.Z., *Prikladnaya elektrokimiya* [Applied electrochemistry]. Izd. HGU Publishers, Khar'kov, 1961. 541 p. (in Russian).
- Sagoyan L.N. O mekhanizme raboty okisno-nikelevogo elektroda [About the mechanism of work of the nickel oxide electrode]. *Izvestiya Akademii Nauk Armyanskoi SSR. Khimicheskie Nauki*, 1964, vol. 17, no. 1, pp. 3-6. (in Russian).
- Aleshkevich S.A., Sagoyan L.N. Issledovaniya okisno-nikelevogo elektroda [Studies on nickel oxide electrode]. *Ukrainskiy Khimicheskii Zhurnal*, 1965, vol. 17, no. 11, pp. 1147-1149. (in Russian).
- Sagoyan, L.N. Aleshkevich S.A. K voprosu o mekhanizme raboty okisno-nikelevogo elektroda [On the mechanism of work of the nickel oxide electrode]. *Issledovaniya v Oblasti Khimicheskikh Istochnikov Toka*, 1966, no. 9, pp. 26-33. (in Russian).
- Srinivasan V., Weidner J.W., White R.E. Mathematical models of the nickel hydroxide active material (Review). *Journal of Solid State Electrochemistry*, 2000, vol. 4, pp. 367-382.
- Antonenko P.A., Sagoyan L.N. Issledovanie udel'noi elektroprovodnosti aktivnoi massy okisnonikelevogo elektroda [Investigation of the conductivity of the nickel oxide electrode active mass]. *Mehanizatsiya i Avtomatizatsiya Proizvodstva*, 1970, no. 9, pp. 22-25. (in Russian).
- Gul'amov Ju.M., Rossikhin V.V., Sagoyan L.N. Konstruirovaniye optimal'nykh gibridnykh orbitalei kisloroda v gidroksidakh metallov, imeyuschikh strukturu brusita [Constructing optimal hybrid orbitals of oxygen in a metal hydroxide with a structure of brucite]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1973, no. 30, pp. 97-101. (in Russian).
- Gul'amov Ju.M. Issledovanie mekhanizma vnedreniya Li^+ v kristallicheskuyu reshetku okisno-nikelevogo elektroda [Study of the mechanism of the introduction of Li^+ into the crystal lattice of the nickel oxide electrode]. *Elektrokimiya*, 1971, vol. 7, no. 6, pp. 896-897. (in Russian).
- Gul'amov Ju.M., Dolgushin M.D., Sagoyan L.N. O vozmozhnosti zamescheniya protona na kationy shelochnykh metallov v aktivnoi masse okisno-nikelevogo elektroda [On the possibility of the substitution of proton by alkali metal cations in the active mass of nickel oxide electrode]. *Elektrokimiya*, 1972, vol. 8, no. 11, pp. 1631-1632. (in Russian).
- Antonenko P.A., Barsukov V.Z., Krapivnyi N.G., Sagoyan L.N. O funktsional'nom i chislennom metodakh resheniya zadachi raspredeleniya toka v trekhfaznykh zhidkostnykh bezlamel'nykhjelektrodakh [On the functional and numerical methods for solving the problem of the current distribution in the liquid-phase electrodes without bar]. *Elektrokimiya*, 1971, vol. 7, no. 2, pp. 294-300. (in Russian).
- Antonenko P.A., Barsukov V.Z., Krapivnyi N.G., Sagoyan L.N. Issledovanie metallokeramicheskogo okisno-nikelevogo elektroda. I. Strukturnye kharakteristiki elektrodiv [A study of the cermet nickel oxide electrode. I. Structural characteristics of the electrodes]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1971, no. 24, pp. 96-99. (in Russian).
- Antonenko P.A., Barsukov V.Z., Krapivnyi N.G., Sagoyan L.N. Issledovanie metallokeramicheskogo okisno-nikelevogo elektroda. II. Modelirovaniye statsionarnogo sostoyaniya elektrodiv [A study of the cermet nickel oxide electrode. II. Simulation of steady state electrode]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1972, no. 25, pp. 18-25. (in Russian).
- Antonenko P.A., Barsukov V.Z., Krapivnyi N.G., Sagoyan L.N. Issledovanie metallokeramicheskogo okisno-nikelevogo elektroda. III. Modelirovaniye protsessa razr'yada [A study of the cermet nickel oxide electrode. III. Simulation of the discharge process]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1972, no. 25, pp. 135-141. (in Russian).
- Barsukov V.Z., Sagoyan L.N. K raschetu emkosti metallokeramicheskikh elektrodiv khimicheskikh istochnikov toka [On the calculation of the capacity of cermet electrodes of a chemical power sources]. *Elektrokimiya*, 1973, vol. 9, no. 9, pp. 1253-1257. (in Russian).
- Barsukov V.Z., Sagoyan L.N. K raschetu emkosti metallokeramicheskikh elektrodiv khimicheskikh istochnikov toka. II. Uchet stacionarnogo potentsiala [On the calculation of the capacity of cermet electrodes of a chemical power sources. II. Account of a stationary potential]. *Elektrokimiya*, 1973, vol. 9, no. 9, pp. 1257-1259. (in Russian).
- Barsukov V.Z., Miljutin N.N., Antonenko P.A., Sagoyan L.N., *Vzaimosv'yaz' strukturnykh kharakteristik metallokeramicheskogo okisnonikelevogo elektrodiv* [The relationship of the structural characteristics of the cermet nickel oxide electrode]. In: *Sbornik Rabot po Khimicheskim Istochnikam Toka*, Energiya, Leningrad, 1973, no. 9, pp. 86-90. (in Russian).
- Barsukov V.Z., Miljutin N.N., Sagoyan L.N., *Modeli zapolneniya porovogo metallokeramicheskogo okisnonikelevogo elektrodiv aktivnym veschestvom* [Models of pore filling of the cermet nickel oxide electrode active material]. In: *Sbornik rabot po himicheskim istochnikam toka*, Energiya, Leningrad, 1973, no. 9, pp. 90-97. (in Russian).
- Barsukov V.Z., Sagoyan L.N., *K postanovke zadachi optimizatsii tolschiny metallokeramicheskikh elektrodiv KHiT* [On the formulation of the problem of optimization of cermet elec-

trode thickness]. In: Sbornik rabot po himicheskim istochnikam toka, Energiya, Leningrad, 1974, no. 9, pp. 81-86. (in Russian).

21. Barsukov V.Z., Sagoyan L.N., Miljutin N.N., Pozin Ju.M. Vozmozhnosti povysheniya udel'nykh kharakteristik. K postanovke zadachi optimizatsii tolshhiny metallokeramicheskikh elektrodov KhIT [Possibilities of increasing specific characteristics. On problem of optimization of the thickness of cermet electrodes for chemical power sources]. *Elektrotehnicheskaya Promyshlennost'. Khimija i Fizika. Istochniki Toka*, 1976, no. 4(49), pp. 11-13. (in Russian).

22. Barsukov V.Z., Sagoyan L.N., Miljutin N.N. Raschet optimal'noi konstruktssii germetichnogo nikel'-kadmievogo akkumul'atora po zadannomu rezhimu ekspluatatsii [The calculation of the optimal design of sealed nickel-cadmium batteries for a given mode of operation]. *Elektrotehnicheskaya Promyshlennost'. Khimija i Fizika. Istochniki Toka*, 1976, no. 2(74), pp. 5-7. (in Russian).

23. Aleshkevich S.A., *Issledovanie mekhanizma raboty okisno-nikelevogo elektroda s pomosh'yu mechenykh atomov* [Investigation of the mechanism of work of the nickel oxide electrode using isotope-tracer measurement]: thesis for the degree of Candidate of Chemical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1967. (in Russian).

24. Antonenko P.A., *Issledovanie i optimizatsiya ekspluatatsionnykh i tekhnologicheskikh parametrov metallokeramicheskikh okisnonikelevykh elektrodov shelochnykh akkumul'atorov* [Investigation and optimization of operating and technological parameters of the cermet nickel oxide electrodes of alkaline batteries]: thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1972. (in Russian).

25. Barsukov V.Z., *Issledovanie raspredeleniya elektrokhimicheskogo protsessa i vozmozhnostei optimizatsii metallokeramicheskogo okisnonikelevogo elektroda* [Research on distribution of electrochemical process and possibilities of optimization of the cermet nickel oxide electrode]: thesis for the degree of Candidate of Chemical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1974. (in Russian).

26. Gul'yamov Ju.M., *Nekotorye aspekty teorii okisnonikelevogo elektroda shelochnogo akkumul'atora* [Some aspects of theory of the nickel oxide electrode of alkaline batteries]: thesis for the degree of Candidate of Chemical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1975. (in Russian).

27. Sagoyan L.N., *Nekotorye problemy teorii, rascheta i optimizatsiya konstruktssii, tekhnologii proizvodstva okisnonikelevogo elektroda shelochnogo akkumul'atora* [Some problems of theory, calculation and optimization of constructions, technology of production of the nickel oxide electrode of alkaline batteries]: thesis for the degree of Doctor of Chemical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1975. (in Russian).

28. Marchenko G.P., Sagoyan L.N. Vliyanie zaryadnogo toka i temperatury na kharakteristiki metallokeramicheskikh kadmievyykh elektrodov shelochnogo akkumul'atora [Influence of charge current and temperature on descriptions of cermet cadmium electrodes of alkaline battery]. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1980, no. 59, pp. 69-72. (in Russian).

29. Marchenko G.P., Antonenko P.A., Sagoyan L.N., *Sposob zar'yada nikel'-tsinkovogo akkumul'atora* [The method of charging for nickel-zinc battery]. Patent USSR, no. 877657, 1980. (in Russian).

30. Marchenko G.P., *Razrabotka i optimizatsiya rezhimov uskorennoy zar'yada shelochnykh akkumul'atorov* [Development and optimization of the modes of an accelerated charge alkaline batteries]: thesis for the degree of Candidate of Technical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1983. (in Russian).

31. Barsukov V.Z., Sagoyan L.N., Meshheryakova N.R., Gerasimov A.G. O mekhanizme vliyaniya dobavki kobal'ta na svoystva okisnonikelevogo elektroda [On the mechanism of the effect of cobalt additive on properties of the nickel oxide electrode]. *Elektrokhiimiya*, 1985, vol. 21, no. 1, pp. 17-21. (in Russian).

32. Barsukov V.Z., Rogoza B.E., Sagoyan L.N. Modelirovanie protsessa razryada v zerne aktivnogo materiala okisnonikelevogo elektroda [Simulation of the discharge process in the active material grain of the nickel oxide electrode]. *Elektrokhiimiya*, 1984, vol. 20, no. 12, pp. 1631-1635. (in Russian).

33. Shklovskii B.I., Efros A.L., *Elektronnyye svoystva legirovannykh poluprovodnikov* [The electronic properties of doped semiconductors]. Nauka, Moscow, 1979. 416 p. (in Russian).

34. Barsukov V.Z., Sagoyan L.N., Rogoza B.E., Yarkovoy G.O., Zaslavskaya L.I., The nickel hydroxide electrode in alkali batteries: theory of redox processes on a single grain. *Proceedings of the Symposium on Batteries for Portable Applications and Electrical Vehicles*. Eds.: Holmes C.F., Landgrebe A.R. Pennington, New Jersey, USA, 1997. pp. 823-827.

35. Jarkovoj G.O., *Funkcija Grina dl'a zadachi: elektron v pole dvukh kulonovskikh tsevtrov* [The Green's function for the following problem: an electron in the field of two Coulomb centers]. Preprint ITF-75-54r. ITF, Kiev, 1975. 17 p. (in Russian).

36. Jarkovoj G.O., Zaslavskaya L.I., Rossihin V.V., *Analiticheskii raschet potentsial'nykh krivykh dvukhatomnykh molekul* [Analytical calculation of the potential curves of diatomic molecules]. Preprint ITF-77-134r. ITF, Kiev, 1977. 17 p. (in Russian).

37. Zaslavskaya L.I., Yarkovoy G.O., Barsukov V.Z., A method of quantum-chemical calculation of molecules and clusters in a condensed phase at superposition in electric field. *Proceedings of the 34th ISE Meeting*. Erlangen, Germany, 1983. pp. 111-114.

38. Barsukov V.Z., *Teoriya mnogourovnevnoi makrokinetiki v dinamicheskikh sistemakh s tverdogfaznym reagentom i eye primenenie pri razrabotke khimicheskikh istochnikov toka* [Theory of multilevel macrokinetics in the dynamic systems with a solid reagent and her application at development of chemical current sources]: thesis for the degree of Doctor of Chemical Sciences, DKhTI, Dnepropetrovsk, 1985. (in Russian).