

научный журнал

ВЕСТНИК

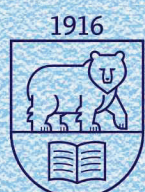
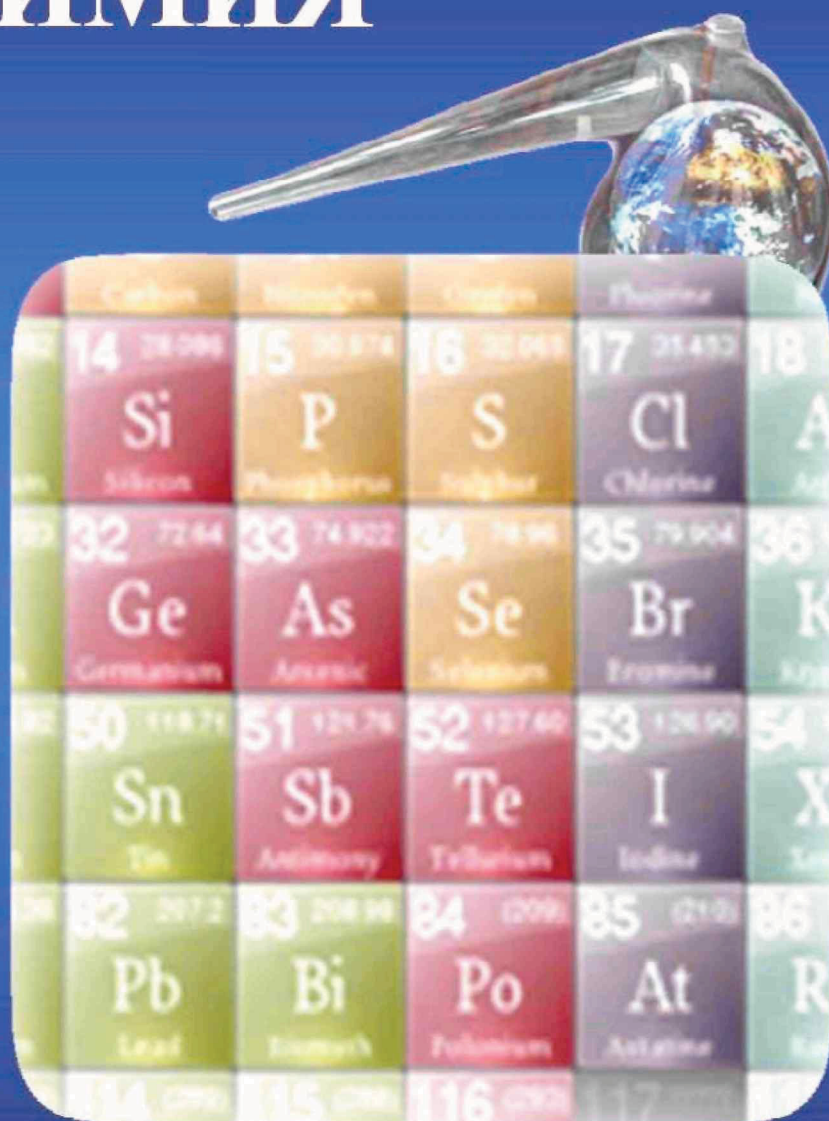
ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

ISSN 2223-1838

2020

Том 10. Выпуск 1

ХИМИЯ



ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
PERM STATE UNIVERSITY

**Вестник Пермского
университета. Серия «Химия»**

Том 10 (2020)
Выпуск 1

Научный журнал
Основан в 2011 году
Выходит 4 раза в год

Учредитель: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Пермский государственный национальный исследовательский университет»

В журнале публикуются теоретические статьи и статьи, содержащие результаты оригинальных исследований по неорганической, органической, аналитической, физической химии, электрохимии, коррозии, химии природных и биологически активных соединений, а также рецензии на публикации по теме издания.

**Vestnik Permskogo
universiteta. Seriya «Khimiya»**

Tom 10 (2020)
Vyпуск 1

Nauchnyy zhurnal
Osnovan v 2011 godu
Vykhodit 4 raza v god

Uchreditel': Federal'noe gosudarstvennoe byudzhethnoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego obrazovaniya «Permskiy gosudarstvennyy natsional'nyy issledovatel'ski universitet»

V zhurnale publikuyutsya teoreticheskie stat'i i stat'i, sodержashchie rezul'taty original'nykh issledovaniy po neorganicheskoy, organicheskoy, analiticheskoy, fizicheskoy khimii, elektrokhimii, korroziologii, khimii prirodnykh i biologicheskii aktivnykh soedineniy, a takzhe retsenzii na publikatsii po teme izdaniya.

**Bulletin of Perm University.
CHEMISTRY**

Volume 10 (2020)
Issue 1

Scientific journal
Founded in 2011
Published 4 times a year

Founder: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Perm State National Research University"

The journal publishes theoretical articles and articles containing the results of original research on inorganic, organic, analytical, physical chemistry, electrochemistry, korroziology, chemistry of natural and biologically active compounds, reviews of publications on the subject of publication.

Главный редактор журнала:

Зубарев Михаил Павлович,

канд. хим. наук, доцент кафедры неорганической химии,
химической технологии и техносферной безопасности

Пермского государственного национального исследовательского университета

© Редакционная коллегия, 2020

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор).

Свид. о регистрации ПИ № ФС77-66772 от 08 августа 2016 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

Ашихмина Тамара Яковлевна,

д-р техн. наук, профессор, зав. кафедрой химии
Вятского государственного гуманитарного университета,
зав. лабораторией биомониторинга Института биологии
Коми НЦ УрО РАН, г. Киров;

Балакирев Владимир Федорович,

д-р хим. наук, профессор, чл.-корр. РАН, советник РАН,
глав. науч. сотр. лаборатории статики и кинетики
процессов института металлургии УрО РАН,
Заслуженный деятель науки и техники РФ,
Лауреат Государственной премии РФ,
г. Екатеринбург;

Бузулюков Виктор Иванович,

д-р техн. наук, профессор кафедры
физической химии Мордовского государственного
университета, г. Саранск;

Васин Виктор Алексеевич,

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой органической химии
Мордовского государственного университета,
г. Саранск;

Введенский Александр Викторович,

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой физической
химии Воронежского государственного университета,
г. Воронеж;

Вигдорович Владимир Ильич,

д-р хим. наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ,
главный научный сотрудник лаборатории
организации хранения и защиты техники от коррозии
Всероссийского НИИ использования техники
и нефтепродуктов, г. Тамбов;

Данилов Вячеслав Петрович,

д-р хим. наук, профессор, главный научный сотрудник
лаборатории синтеза функциональных материалов
и переработки минерального сырья ИОНХ РАН,
г. Москва;

Долганов Александр Викторович,

канд. хим. наук, зав. кафедрой общей
и неорганической химии Мордовского государственного
университета, г. Саранск;

Ильин Константин Кузьмич,

д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры общей
и неорганической химии Саратовского государственного
университета, г. Саратов;

Ким Дмитрий Гыманович,

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой органической химии
Южно-Уральского государственного
университета, г. Челябинск;

Майстренко Валерий Николаевич,

д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой аналитической химии
Башкирского государственного университета, г. Уфа;

Решетников Сергей Максимович,

д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры
фундаментальной и прикладной химии Удмуртского
государственного университета, г. Ижевск;

Сайкова Светлана Васильевна,

д-р хим. наук, доцент, профессор кафедры физической
и неорганической химии Сибирского федерального
университета, г. Красноярск;

Стрельников Владимир Николаевич,

д-р техн. наук, профессор, директор института
технической химии УрО РАН, г. Пермь;

Улахович Николай Алексеевич,

д-р хим. наук, профессор, профессор кафедры
неорганической химии Казанского (Приволжского)
федерального университета, г. Казань.

Сафармамадов Сафармамад Муборашиевич,

д-р хим. наук, профессор кафедры
неорганической химии Таджикского национального уни-
верситета, г. Душанбе, Таджикистан.

EDITORIAL BOARD

Ashikhmina Tamara Yakovlevna,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Head of Department of Chemistry, Vyatka State University of
Humanities, Head of the laboratory of biomonitoring
Institute of Biology of Komi Science Centre (Kirov, Russia);

Balakirev Vladimir Fedorovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Corresponding Member of
the Russian Academy of Sciences, Adviser RAS
chief researcher, Laboratory of statics and kinetics of process, Insti-
tute of Metallurgy UB RAS, Honored Worker of Science and Tech-
nology of the Russian Federation, Laureate of the State Prize of the
Russian Federation, (Ekaterinburg, Russia);

Buzulukov Viktor Ivanovich,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Physical
Chemistry, Mordovia State University (Saransk, Russia);

Vasin Viktor Alekseevich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department of Organic Chemistry,
Mordovia State University (Saransk, Russia);

Vvedenskiy Aleksandr Viktorovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department of Physical Chemistry,
Voronezh State University (Voronezh, Russia);

Vigdorovich Vladimir Il'ich,

Doctor of Chemical Sciences, chief scientific officer
Laboratory storage organization and protect equipment from
corrosion, All-Russian Research Institute of technology and the
use of petroleum products (Tambov, Russia);

Danilov Vyacheslav Petrovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Chief Researcher, Laboratory synthesis of functional
materials, and mineral processing IGIC RAS
(Moscow, Russia);

Dolganov Aleksandr Viktorovich,

Candidate of Chemical Sciences,
Head of the Department of General and Inorganic
Chemistry, Mordovia State University (Saransk, Russia);

Il'in Konstantin Kuz'mich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Department of General and Inorganic Chemistry,
Saratov State University (Saratov, Russia);

Kim Dmitriy Gymnanovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Head of the Department of Organic Chemistry,
South Ural State University (Chelyabinsk, Russia);

Maystrenko Valeriy Nikolaevich,

Doctor of Chemical Sciences, professor,
Head of the Department of Analytical Chemistry,
Bashkir State University (Ufa, Russia);

Reshetnikov Sergey Maksimovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Department of Fundamental and Applied Chemistry,
Udmurt State University (Izhevsk, Russia);

Saykova Svetlana Vasil'evna,

Doctor of Chemical Sciences, Docent,
Department of Physical and Inorganic Chemistry,
Siberian Federal University (Krasnoyarsk, Russia);

Strel'nikov Vladimir Nikolaevich,

Doctor of Technical Sciences, Professor,
Director of the Institute of Technical Chemistry UB RAS (Perm,
Russia);

Ulakhovich Nikolay Alekseevich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Department of Inorganic Chemistry,
Kazan Federal University (Kazan, Russia);

Safarmamadov Safarmamad Muborashoevich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor,
Department of Inorganic Chemistry,
Tajik National University (Dushanbe, Tajikistan);

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Дегтев Михаил Иванович,

д-р. хим. наук, профессор, зав. кафедрой аналитической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Зубарев Михаил Павлович,

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры неорганической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь – главный редактор;

Кетов Александр Анатольевич,

д-р. техн. наук, профессор, профессор кафедры охраны окружающей среды Пермского национального исследовательского политехнического университета, г. Пермь;

Котегов Виктор Петрович,

д-р. мед. наук, профессор, профессор кафедры природных и биологически активных соединений Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Кудряшова Ольга Станиславовна,

д-р. хим. наук, профессор, вед. науч. сотр. лаборатории гетерогенных равновесий Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Мазунин Сергей Александрович,

д-р. хим. наук, профессор, профессор кафедры неорганической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Масливец Андрей Николаевич,

д-р. хим. наук, профессор, зав. кафедрой органической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Машевская Ирина Владимировна,

д-р. хим. наук, профессор, декан химического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Некрасов Денис Денисович,

д-р. хим. наук, профессор, профессор кафедры природных и биологически активных соединений Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Рогожников Сергей Иванович,

канд. хим. наук, доцент, доцент кафедры аналитической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Шейн Анатолий Борисович,

д-р. хим. наук, профессор, зав. кафедрой физической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

Шкляев Юрий Владимирович,

д-р. хим. наук, профессор, лаборатория синтеза активных реагентов отдела органического синтеза УрО РАН, г. Пермь

Шуров Сергей Николаевич,

д-р. хим. наук, профессор, профессор кафедры органической химии Пермского государственного национального исследовательского университета, г. Пермь;

EDITORIAL STAFF

Degtev Mikhail Ivanovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Analytical Chemistry, Perm State University, Perm;

Zubarev Mikhail Pavlovich,

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of Department of Inorganic Chemistry, Perm State University, Perm – Editor-in-Chief;

Ketov Alexandr Anatol'evich,

Doctor of Technical Sciences, Professor, Department of Environmental Protection, Perm National Research Polytechnic University, Perm;

Kotegov Viktor Petrovich,

Doctor of Medical Sciences, Professor, Department of Natural and Bioactive Compounds, Perm State University, Perm;

Kudryashova Ol'ga Stanislavovna,

Doctor of Chemical Sciences, professor, Leading Researcher of laboratory of heterogeneous equilibria Natural Sciences Institute of Perm State University, Perm;

Mazunin Sergey Aleksandrovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Inorganic Chemistry, Perm State University, Perm;

Maslivets Andrey Nikolaevich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Organic Chemistry, Perm State University, Perm;

Mashevskaya Irina Vladimirovna,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Dean of the Faculty of Chemistry, Perm State University, Perm;

Nekrasov Denis Denisovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Department of Natural and Bioactive Compounds, Perm State University, Perm;

Rogozhnikov Sergey Ivanovich,

Candidate of Chemical Sciences, associate professor, Department of Analytical Chemistry, Perm State University, Perm;

Shein Anatoliy Borisovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Physical Chemistry, Perm State University, Perm;

Shklyaev Yuriy Vladimirovich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Laboratory synthesis of active reagents Department of Organic Synthesis, UB RAS (Perm, Russia);

Shurov Sergey Nikolaevich,

Doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Department of Organic Chemistry, Perm State University, Perm.

СОДЕРЖАНИЕ

С.И. Рогожников, И.В. Машевская Химический факультет Пермского государственного университета: возникновение и становление (к 90-летию образования факультета)	6
Ю.Б. Ельчищева, Е.И. Ярушина, П.Т. Павлов Физико-химические свойства N бензилоил N' (8-хинолилсульфонил)гидразина	65
Д.А. Мясников, И.Л. Ракитянская Анодное поведение силицидо-германида марганца состава $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ в среде раствора Na_2SO_4	74
Н.А. Медведева, С.Ю. Баландина, А.Г. Бортник, М.Д. Плотникова, Н.Ю. Лисовенко О возможности влияния микромицетов на коррозионное поведение углеродистой стали	84
Т.Д. Батуева, М.Г. Щербань, М.В. Брюханова, Н.Б. Кондрашова Сорбенты на основе мезопористых кремнеземов, модифицированных амидными функциональными группами	94
А.Ю. Максимов, А.В. Шилова, Н.Ю. Лисовенко, С.Ю. Баландина, В.А. Щетко Применение нового фунгицидного препарата инканон для предпосевной обработки семян при выращивании рассады томатов в искусственном грунте, полученном методом микробиологической переработки кородревесных отходов	108

CONTENTS

S.I. Rogozhnikov, I.V. Mashevskaja Chemical faculty of Perm State University: emergenc and formation (on the 90th anniversary of education of the faculty)	6
Iu.B. Elchishcheva, E.I. Iarushina, P.T. Pavlov Physico-chemical properties of N-benzyloyl-N'-(8-chinolylsulfonil)hydrazine	64
D.A. Miasnikov, I.L. Rakitianskaia Anodic behavior of manganese silicide-germanide of the composition $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ in a solution of Na_2SO_4	74
N.A. Medvedeva, S.Iu. Balandina, A.G. Bortnik, M.D. Plotnikova, N.Iu. Lisovenko On the possibility of influence of micromyceteson corrosion behavior of carbon steel	84
T.D. Batueva, M.G. Shcherban, M.V. Briukhanova, N.B. Kondrashova Sorbents based on mesoporous silica modified by amidic functional groups	94
A.Iu. Maksimov, A.V. Shilova, N.Iu. Lisovenko, S.Iu. Balandina, V.A. Shchetko Application of the new fungicide incanon for pre-sowing seed treatment when growing tomato seedlings in artificial soil obtained by microbiological processing of bark-wood waste	108

УДК

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-6-64

С.И. Рогожников, И.В. Машевская

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

**ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА:
ВОЗНИКНОВЕНИЕ И СТАНОВЛЕНИЕ (К 90-ЛЕТИЮ ОБРАЗОВАНИЯ ФАКУЛЬТЕТА)**

Статья посвящена возникновению и становлению химического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета. Рассматривается период возникновения первых химических кафедр и вклад в становление факультета ученых, стоявших у истоков нем химического образования – Д.В. Алексеева, Н.В. Култашева, Ю.С. Залькинда, Н.И. Кромера, А.И. Луньяка. Анализируются причины создания факультета в 1929 г., результаты первого года его существования и реорганизация в Пермский химико-технологический институт. Рассматривается период восстановления факультета в 1933 г. и вклад в его развитие Р.В. Мерцлина, М.Н. Полукарова, Г.Г. Кобяка, В.Ф. Усть-Качкинцева, Д.М. Марко, И.И. Лапкина, а также выпускников химфака предвоенных лет, внесших заметный вклад в развитии и становление факультета: К.И. Мочалова, И.С. Бердинского, В.П. Живописцева и др.

Ключевые слова: история химического факультета Пермского государственного национального исследовательского университета

S.I. Rogozhnikov, I.V. Mashevskaya

Perm State University, Perm, Russia

**CHEMICAL FACULTY OF PERM STATE UNIVERSITY: EMERGENC AND FORMATION
(ON THE 90th ANNIVERSARY OF EDUCATION OF THE FACULTY)**

The article is devoted to the emergence and formation of the chemical faculty of Perm State National Research University. The period of the appearance of the first chemical departments and the contribution to the formation of the faculty of scientists, who stood at the forefront of the chemical education - D.V. Alekseeva, N.V. Kultasheva, Yu.S. Zalkinda, N.I. Cromera, A.I. Lunyaka. The reasons for the creation of the faculty in 1929, the results of the first year of its existence and the reorganization into a chemical-technological institute are analyzed. The period of restoration of the faculty in 1933 and the contribution of R.V. Mertslin, M.N. Polukarova, G.G. Kobyaka, V.F. Ust-Kachkintseva, D.M. Marko, I.I. Lapkin, as well as graduates of the pre-war chemical faculty who made a significant contribution to the development and formation of the faculty: K.I. Mochalova, I.S. Berdinsky, V.P. Zhivopisetseva and others.

Keywords: History of the Department of Chemistry Perm State National Research University

В 2019 г. исполнилось 90 лет со дня образования химического факультета Пермского государственного университета. Однако, несмотря на то, что факультет был создан в 1929 г. химическое образование в Пермском университете началось еще осенью 1916 г. – в год создания в Перми отделения Императорского Петроградского университета.

Первоначально университет состоял всего из трех факультетов: историко-филологического, юридического и физико-математического. В состав последнего входили четыре отделения – математическое, естественное, медицинское и химическое. На химическом отделении начали учиться всего 17 человек, однако к концу года их число увеличилось до 42. Среди них было 16 студентов, 4 слушательницы, 4 посторонних слушателя и 18 вольнослушательниц.

В первый год в университете было создано 32 кафедры, в том числе кафедра химии. В 1916 г. на ней числились два магистра химии – приват-доцент Московского университета Дмитрий Викторович Алексеев и приват-доцент Юрьевского университета Николай Викторович Култашев, а также два ассистента – А.В. Павловский и П.В. Тепляшенин.

Обучение химии студентов первого года набора проходило в химической лаборатории, которая размещалась в одном из зданий Дома просветительных учреждений (ныне корпус № 4) и занимала весь второй этаж и часть первого – всего 25 комнат общей площадью 255,9 квадратных сажен (1165 м²). Все перечисленные помещения лаборатория получила осенью 1916 г. в непригодном

для занятий виде, вследствие чего пришлось проводить срочные работы по прокладке электричества, сооружению новых перегородок, дверей и т.д. прямо во время семестра. Чтобы как-то выйти из ситуации с недостатком лабораторной мебели, было закуплено оборудование большого аптечного магазина. Д.В. Алексееву и Н.В. Култашеву пришлось приложить значительные усилия для обеспечения учебного процесса книгами, химическими реактивами и лабораторной посудой.



Д.В. Алексеев

Весной 1917 г. согласно постановлению факультета было произведено разделение химической лаборатории на две самостоятельные лаборатории: лабораторию неорганической и аналитической химии, заведующим которой стал Н.В. Култашев, и лабораторию физической и органической

химии, которую возглавил Д.В. Алексеев. Ассистентом в первой лаборатории был назначен П.В. Тепляшенин, во второй – А.В. Павловский.

Летом 1917 г. на базе лаборатории неорганической и аналитической химии была создана кафедра неорганической и аналитической химии. Ее первым заведующим с 1 июля 1917 г. стал Н.В. Култашев. Первоначально весь персонал кафедры состоял из двух человек – Н.В. Култашева и заведующего хозяйством и.о. старшего ассистента В.В. Богдавленского. Позднее к ним присоединился руководитель аналитического практикума, старший ассистент А.К. Калье. На базе кафедры была создана лаборатория аналитической химии в том же составе. Через некоторое время штат кафедры пополнился двумя новыми ассистентами: Т.Б. Поленовой и Ф.А. Кесслером.



Н.В. Култашев

Несмотря на малочисленный состав, как кафедра, так и лаборатория выполняли большой объем учебных поручений и научно-исследовательских работ, что, безусловно, было сделано благодаря высокой научной подготовке выпускника Юрьевского университета Н.В. Култашева.

Практически одновременно с кафедрой неорганической и аналитической химии в университете была создана кафедра физической химии под руководством выпускника физико-математического отделения Московского университета Д.В. Алексеева. На момент образования кафедры в ее составе кроме Алексеева был еще только один сотрудник – старший ассистент А.В. Павловский.

Первоначально кафедра физической химии была размещена в трех комнатах 2-го этажа нынешнего корпуса № 4. Несмотря на тяжелое время, недостаток средств и трудность приобретения оборудования, сотрудникам кафедры удалось оборудовать помещения мебелью, необходимыми реактивами, посудой и рядом приборов.

Учебная работа кафедры началась с 1918/19 учебного года, когда Д.В. Алексеев прочитал курс физической химии студентам III курса химического отделения. Лабораторных и экспериментальных исследований на кафедре в этот период не проводилось. Д.В. Алексеев занимался лишь теоретическими исследованиями в области активных молекул, которые явились основой нескольких работ, напечатанных впоследствии в различных журналах.



Первые студенты Пермского университета на занятиях в лаборатории

В январе 1918 г., приехавший из Петрограда приват-доцент Петроградского университета Юлий Сигизмундович Залькинд, создает кафедру органической химии. В штате кафедры было всего два человека – Ю.С. Залькинд и ассистент Г.А. Арбузов. С этого момента началось постепенное оборудование кафедры органической химии, для чего были использованы ресурсы местных аптек, аптекарских магазинов, различных пермских лабораторий. Кроме этого, сотрудники кафедры выезжали в другие города страны для закупки всевозможного оборудования, реактивов и посуды.

23 февраля 1918 г. Ю.С. Залькинд прочитал студентам вступительную лекцию на тему «Современные проблемы органической химии». В дальнейшем он читал лекции, а лабораторный практикум вел Г.А. Арбузов. Юлий Сигизмундович начал работу по подготовке к изданию курса своих лекций по

органической химии, однако, в связи с гражданской войной, его книга «Лекции по органической химии. Ч.1. Органические соединения с открытой цепью» объемом 390 страниц вышла в свет только осенью 1920 г.

24 декабря 1918 г. Пермь была захвачена белыми. С этого дня и по 1 июля 1919 г. университет практически не работал. Отступая из Перми в конце июня, колчаковская администрация объявила обязательную эвакуацию сотрудников университета. Таким образом, в августе 1919 г. практически все преподаватели Пермского университета оказались в Томске и Иркутске. Из эвакуации не вернулись Н.В. Култашев и В.В. Богоявленский, уехавшие в Воронеж. Ассистент А.Г. Калье остался работать в Томске. Возвратились в университет В.Д. Алексеев, Ф.А. Кесслер, А.И. Луньяк, Н.И. Кромер, Т.И. Темникова, Ю.С. Залькинд.

В начале 1920-х годов после возвращения преподавательского состава из эвакуации на химических кафедрах происходят серьезные изменения. После смерти в 1919 г. А.В. Павловского на кафедре физической химии остался один Д.В. Алексеев. Только в 1921/22 уч. году в работе кафедры наступает некоторое оживление. Был организован небольшой практикум по общему курсу физической химии, к выполнению которого приступило несколько студентов старших курсов. Активную помощь Д.В. Алексееву в работе оказывал принятый на кафедру препаратором студент III курса химического отделения М.Н. Полукаров. При тогдашней слабости лабораторной базы, связанной с эвакуацией университета и потерей оборудования, сотрудникам кафедры пришлось затратить много сил и проявить изобретательность, чтобы наладить учебный процесс.



Ю.С. Залькинд

Помимо теоретических исследований профессора Д.В. Алексеева на кафедре неорганической и физической химии в этот период начинают выполняться экспериментальные научно-исследовательские изыскания. Их результатом стала работа «Диффузия атмосферного воздуха сквозь мембраны», выполненная М.Н. Полукаровым под руководством Д.В. Алексеева и опубликованная в «Известиях Пермского биологического научно-исследовательского института» за 1923 г. Обновленную лабораторию аналитической химии с 1921 по 1924 г. возглавлял воспитанник Московского университета профессор И.К. Куликовский, а после его смерти в 1924 г. – старший ассистент Ф.А. Кесслер.

Кафедра органической химии после возвращения университета в Пермь оказалась в очень трудном положении. В период эвакуации практически все оборудование и другие материальные ценности были потеряны, и восстанавливать работу кафедры приходилось буквально с нуля. В декабре 1920 г. на кафедру была принята Т.И. Темникова, тогда еще студентка химического отделения физико-математического отделения. На ее хрупкие плечи легла основная нагрузка по материально-техническому обеспечению кафедры. Кроме этого, Татьяна Ивановна руководила практическими работами студентов. Несмотря на малочисленный состав (три человека) и большую учебную нагрузку по обслуживанию студентов четырех факультетов на кафедре, шла и научная работа, в частности, Г.А. Арбузов занимался изучением химических свойств гликолей ацетиленового ряда. К этим исследованиям он



Студенты химического отделения физико-математического факультета ПГУ (1918 г.)

привлек и Т.И. Темникову, которая изучала действие гидроксида калия на гликоли ацетиленового ряда. После отъезда Ю.С. Залькинда в 1921 г. в Петроград кафедру возглавил Г.А. Арбузов. Однако и он в августе 1922 г. уезжает в Москву. Заведование кафедрой по совместительству передают Д.В. Алексееву. Наконец, в мае 1923 г. кафедру по совместительству возглавляет магистр химии профессор А.И. Луньяк. Он же читал лекции по органической химии. Андрей Иванович работал в ПГУ на кафедре физиологической химии, а затем и медицинской химии с 1917 г., где читал курс органической химии на медицинском, а затем и на физико-математическом факультете.

В 1924 г. кафедра органической химии переехала в отремонтированные помещения нижнего этажа дома просветительных учреждений, состоявших из нескольких

небольших комнат и длинного полутемного рабочего зала. Несмотря на то, что помещения были лишены даже самой примитивной вентиляции, появилась возможность в значительной степени улучшить учебный процесс, организовать практические занятия по синтезу органических соединений.

В начале 1920-х гг. на химических кафедрах, постепенно расширяясь, начинают выполняться научные исследования, к которым привлекаются и студенты. Наиболее плодотворно среди химиков Пермского университета в эти годы занимался научными исследованиями Д.В. Алексеев. Первоначально его научные интересы лежали в области кинетики химических процессов и расчета химических равновесий с применением статистического метода. Первые работы, посвященные этой тематике, включали изучение диффузии атмосферного



Д.В. Алексеев с сотрудниками химического отделения ПГУ. Стоят: первая слева – Т.П. Телушкина (Полукарова), за ней через одного М.Н. Полукаров, затем Ф.А. Кесслер, Г.А. Арбузов, И.К. Куликовский, Т.И. Темникова. Справа от Алексеева сидит Т.Б. Поленова, крайняя слева сидит Х.З. Аврутова. Начало 1920-х годов.

воздуха и смеси других газов через металлические мембраны. В этих исследованиях приняли участие сотрудники кафедры М.Н. Полукаров, Л.Е. Сабина и др. Изучением процессов окисления арсенидов и фосфитов, а также их кинетики на кафедре занималась Т.П. Полукарова, уксусного альдегида – А.К. Трифионов.

В 1922 г. группа сотрудников химического отделения в составе Д.В. Алексеева, Н.И. Кромера, Г.А. Арбузова, Т.Б. Поленовой и др. выезжала в Петроград, где принимала участие в работе III Менделеевского съезда. В эти годы наряду с приглашением на работу иногородних преподавателей начинается подготовка собственных научных кадров. В

частности, Д.В. Алексеев привлекает к научной работе М.Н. Полукарова, а А.И. Луньяк – Т.И. Темникову. На кафедру в качестве ассистентов принимаются М.Н. Полукаров, Л.Е. Сабина, А.А. Бессонова.

Еще шире научно-исследовательская работа кафедры развивается в 1923/24 уч. году, когда Д.В. Алексеев заканчивает большую часть своих важных по теоретическому и прикладному значению исследований в области химической механики, опубликованных как в трудах Пермского Биологического института, так и в Германии.

Большую роль в будущем появлении в университете химического факультета сыграл выпускник Юрьевского университета, магистр

фармации, Николай Иванович Кромер, приехавший в Пермь из Петрограда в 1917 г. Именно благодаря его усилиям 1 августа 1918 г. на физико-математическом факультете было открыто фармацевтическое отделение, которое 28 апреля 1923 г. было преобразовано в химико-фармацевтическое отделение и передано медицинскому факультету. В базовый цикл учебного плана химико-фармацевтического отделения входило изучение не только общих химических (неорганической, аналитической, органической и физической химии), но и специальных дисциплин – фармацевтической химии, фармакогнозии, фармакологии, технологии изготовления лекарств, фармацевтического законодательства, судебной химии, химии пищевых продуктов, а также предметы биологического (анатомия и физиология человека, зоология, ботаника) и геологического (минералогия, геология, кристаллография) профиля.



А.И. Луньяк с сотрудниками кафедры медицинской химии ПГУ



Н.И. Кромер

Химико-фармацевтическое отделение медицинского факультета Пермского университета окончили известные впоследствии ученые – будущий первый заведующий кафедрой аналитической химии ПГУ Г.Г. Кобяк (1923–1927), будущий заведующий кафедрой физической химии ПГУ, проректор университета В.Ф. Усть-Качкинцев (1924–1929), будущий заведующий кафедрой химии Крымского государственного сельскохозяйственного института В.А. Некрасова (1923–1927).

В середине 1920-х гг. в составе химико-фармацевтического отделения существовало три кафедры: 1) фармацевтической химии с тремя лабораториями (химико-фармацевтической, судебно-химической и химии пищевых веществ); заведовал кафедрой магистр фармации Э.К. Мезинг; 2) фармации и фармакогнозии с культурой лекарственных растений; заведующий – магистр фармации,

профессор Н.И. Кромер; 3) технологии фармацевтических препаратов; заведующий – профессор Э.В. Змачинский.

Главными целями работы химико-фармацевтического отделения являлись подготовка кадров высшей квалификации для заводских предприятий по изготовлению лекарственных средств, а также подготовка руководителей химико-фармацевтических заводов. Кроме того, фармацевтическое отделение планировало подготовку кадров высшей квалификации для аптек, химиков-аналитиков для лабораторий при складах медикаментов и санитарных станциях, токсикологических и заводских промышленных лабораторий.

Основными проблемами химико-фармацевтического отделения было размещение его аудиторий в сырых, холодных и затопливаемых весенними водами помещениях, расположенных в полуподвале главного здания на Заимке (которые первоначально были предназначены для торговых учреждений и винных погребов), отсутствие в них газа, а также нехватка необходимого специального оборудования. Ситуация с обеспечением оборудованием несколько улучшилась после того, как профессор Э.В. Змачинский летом 1926 г., на выделенные Наркомпросом 15000 рублей, закупил в Германии современное оборудование.

Учебные планы химико-фармацевтического отделения часто менялись. Только с 1923 по 1926 гг. они были изменены 5 раз. Стабильный план был утвержден лишь в 1926 г. Срок обучения составлял 5 лет. Четыре года отводилось на теоретическое обучение, пятый год был предназначен для выполнения

дипломной работы. В 1925/26 учебном году общий контингент студентов на четырех курсах составлял 132 человека, из них 42 мужчины и 90 женщин. В 1926/27 учебном году было принято еще 50 студентов.

С 1927 г. отделение начало осуществлять ежегодные выпуски. При отделении работала аспирантура. В частности, в 1926/27 учебном году на комиссии были заслушаны отчеты 10 аспирантов по направлениям «химия», «фармакогнозия» и «технология лекарств».

Тематикой химического направления были: химико-технологические исследования, аналитические исследования минеральных вод, работы по судебной химии. Исследования по направлению «Фармакогнозия» были связаны с изучением растения наперстянки, получению эфирного экстракта из папоротника, исследованием еловой коры, изготовлением различных лекарственных препаратов и др.

Большие проблемы в университете существовали в тот период с преподаванием аналитической химии. Во второй половине 1920-х гг. лаборатория аналитической химии обслуживала до полутысячи студентов педагогического, сельскохозяйственного и медицинского факультетов. Нехватка реактивов и посуды создавали серьезные трудности для проведения аналитического практикума. Однако постепенно коллектив лаборатории, справился с трудностями, сумев создать хорошую базу для подготовки квалифицированных химиков-аналитиков.

Вот что о том времени писали Г.Г. Кобяк и Ф.А. Кесслер: «Лишь постепенно и очень медленно условия работы лаборатории стали приближаться к нормальным». Личный состав



Первый выпуск студентов химико-фармацевтического отделения медфака ПГУ 1927 г. В центре сидят Э.К. Мезинг и Н.И. Кромер. Третий слева стоит Г.Г. Кобяк, вторая справа сидит В.А. Некрасова

пополняется воспитанниками самого Пермского университета. Так, в работу лаборатории сначала в качестве препаратора (1921–1923 гг.), затем лаборанта (1923–1926 гг.) и, наконец ассистента, включились Т.П. Полукарова, ассистент Л.Е. Сабина (1925 г.), В.Ф. Усть-Качкинцев (1925–1928 гг. – препаратор, 1928–1929 гг. – лаборант и с 1929 г. ассистент) и ассистент А.А. Варов (1927 г.).

В период с 1923 по 1925 г. начинаются первые контакты химиков университета с промышленными предприятиями. В частности, кафедра неорганической и физической химии установила тесную связь с рядом пермских заводов, выполняя работы по производственной тематике, а также консультируя работников по возникающим проблемам. Однако большая педагогическая нагрузка не позволяла в полной мере

развернуть на кафедре научно-исследовательскую работу.

Период с 1926 по 1930 г. характеризовался интенсивным развитием кафедры неорганической и физической химии, приобретением большого количества импортного оборудования, реактивов, материалов и посуды. Заметно увеличиваются площади кафедры. Все это дало возможность не только поднять на надлежащую высоту практические занятия, но и широко развернуть научно-исследовательскую работу.

Научные интересы заведующего кафедрой Д.В. Алексеева в то время лежали в области кинетики химических процессов и расчета химических равновесий с применением статистического метода. Первые работы, посвященные этой тематике, включали изучение диффузии атмосферного воздуха и



Последний выпуск химико-фармацевтического отделения медицинского факультета ПГУ. 1929 г. Среди профессоров: Н.И. Кромер, Д.В. Алексеев, Э.В. Змачинский, Э.К. Мезинг. Среди преподавателей: Т.И. Темникова, Л.Е. Сабинаина, В.А. Некрасова. Ассистенты: Г.Г. Кобяк, Ф.А. Кесслер, студент В.Ф. Усть-Качкинцев

смеси других газов через металлические мембраны. Наряду с другими сотрудниками кафедры также принимал участие в этих работах М.Н. Полукаров, избранный 21 мая 1923 г. на должность научного сотрудника, а в конце марта 1924 г. – ассистента. Для изучения диффузии водорода через стальные мембраны Д.В. Алексеев и М.Н. Полукаров решили, что водород, необходимый для этой цели, можно получать путем электролиза водных растворов, выделяя его непосредственно на изучаемой мембране. Уже в первых опытах обнаружилось, что водород, выделявшийся на железной мембране, не только диффундирует вглубь нее, но и ухудшает механические свойства железа. Причем так сильно, что при длительном

насыщении мембраны водородом она самопроизвольно разрушается. Таким образом, Д.В. Алексеевым и М.Н. Полукаровым было открыто явление водородного охрупчивания сталей в процессе их катодной поляризации.

Потерю металлом прочности под влиянием водорода, проникающего вглубь него, назвали *водородной хрупкостью*, а процесс ее приобретения – *наводороживанием*.

Наводороживание происходит при нанесении гальванических покрытий – процесса, широко применяемого в машиностроении. Водородная хрупкость, сильно ухудшавшая эксплуатационные качества изделий, оказалась весьма нежелательным явлением.

Первую информацию о своем открытии Алексеев и Полукаров опубликовали в 1925 г. в «Сообщениях о научно-технических работах в Республике» (Т. 20, В. 8) под названием «Изменение механических свойств железа при насыщении его водородом». Через год в «Журнале Русского физико-химического общества» появилась их статья «О влиянии некоторых элементов на вхождение электролитического водорода в сталь и изменение вследствие этого его упругих свойств» (Т. 56, С. 511). В том же году статья Д.В. Алексеева и М.Н. Полукарова вышла и в немецком журнале «Zeitschrift für Elektrochemie» (32, 35 P. 248.). В связи с большой практической важностью открытого эффекта изучение механизма водородного охрупчивания металлов и влияния стимуляторов наводороживания получило широкое развитие как в нашей стране, так и за рубежом.



Т.И. Темникова

В 1925 г. сотрудники кафедры принимали участие в IV Менделеевском съезде, на котором Алексеев выступил с четырьмя докладами. Соавторами в трех из них были В.М. Мотальский, А.К. Трифонов и Т.П. Полукарова. Кроме этого, за период с 1925 по 1927 г. Д.В. Алексеев опубликовал две статьи в «Журнале русского физико-химического общества» (с Л.Е. Сабининой и М.Н. Полукаровым), а также четыре статьи в немецких журналах.

Состав кафедры органической химии в 1920-е годы постоянно менялся. К 1928 г. на кафедре сменилось семь заведующих кафедрой, из которых штатным был лишь только Юлий Сигизмундович Залькинд. После А.И. Луньяка (1923–1924) кафедру временно возглавлял профессор Д.В. Алексеев, который вскоре передал ее приехавшему из Вологды доценту А.Г. Огородникову (1924–1925). В 1925/26 учебном году заведование кафедрой



Д.М. Марко

по совместительству было поручено доценту кафедры технологии фармацевтических препаратов химико-фармацевтического отделения медицинского факультета Эмилию Викторовичу Змачинскому.

В условиях частой смены руководства кафедрой, большинство из которых являлись совместителями, полноценная научная работа и формирование единого научного направления не представлялись возможными. Кроме того, следует заметить, что учебная нагрузка кафедры в этот период достигла больших размеров, так как в ее обязанности входило преподавание органической химии на всех факультетах университета.

Положение на кафедре начало постепенно стабилизироваться лишь в 1928 г., когда кафедру органической химии с января возглавил профессор Казанского университета Дмитрий Мильтиадович Марко, который предпринял ряд мер по улучшению учебной работы, приобрел новое лабораторное оборудование, в основном импортное. На кафедре начала возрождаться научно-исследовательская работа, стали оказываться услуги (главным образом консультационного характера) промышленным предприятиям Перми и Урала. С 1928 г. кроме Т.И. Темниковой и П.А. Тихомолова на кафедре начала в качестве лекционного ассистента работать В.Б. Гецен. Ассистентом кафедры стала выпускница ПГУ 1928 г. О.М. Загоскина.

После отъезда Д.В. Алексева из Перми в Ташкент в 1927 г. кафедра неорганической и физической химии около года оставалась без заведующего. В 1928 г. заведующим кафедрой становится выпускник Петербургского

политехнического института, ученик основателя российской школы физико-химического анализа академика Н.С. Курнакова, Н.А. Трифонов, который придает исследованиям кафедры новое направление – физико-химический анализ жидких систем. В результате этого на кафедре стало развиваться одновременно два научных направления – одно возглавлял Н.А. Трифонов, а другое – М.Н. Полукаров, который в 1929 г. стал старшим ассистентом кафедры неорганической и физической химии.

Составив обширный план изучения электрических, оптических, магнитных свойств двойных водных, неводных и водно-органических систем, который был направлен на развитие физико-химического анализа жидких систем, выявление общих закономерностей, присущих жидким системам, и развитие теории растворов, Н.А. Трифонов приступил к его реализации.



Н.А.Трифонов (1930 г.)

К работе Николай Александрович привлек группу способных студентов, а также молодых сотрудников, из которых первым следует назвать В.Ф. Усть-Качкинцева, который уже в 1929 г. получил важные результаты по электропроводности, выполнив под руководством Н.А. Трифонова дипломную работу. Изучением поверхностного натяжения занялся ученик Н.А. Трифонова по Саратовскому университету Р.В. Мерцлин, который в 1929 г. занял должность преподавателя химического факультета ПГУ, а через год и Пермского химико-технологического института. В течение двух лет коллектив под руководством Трифонова получил обширные экспериментальные данные, изложенные в 13 статьях Н.А. Трифонова с сотрудниками и опубликованных в 1931 г. в «Известиях Пермского биологического научно-исследовательского института».

Полученные результаты Н.А. Трифонов обобщил в статье «Электропроводность, поверхностное натяжение внутреннее трение и плавкость некоторых двойных систем», опубликованной в 1931 г. там же. Рукопись статьи была прочитана академиком Н.С. Курнаковым, который, сделав ряд пожеланий, одобрил ее. Данная обзорная статья стала важной вехой в истории развития физико-химического анализа жидких систем.

В связи с бурным развитием на Урале химической промышленности и, в частности, открытия залежей калийных солей и нефти 5 октября 1929 г. СНК РСФСР было принято решение преобразовать химико-фармацевтическое отделение медицинского факультета ПГУ в химический факультет.

Первым деканом химфака был избран профессор Николай Иванович Кромер. На факультете началась подготовка специалистов по следующим отделениям 1) основная химической промышленности, где готовили специалистов по производству кислот, щелочей, солей и т.д.; 2) пирогенетическая промышленность, выпускающая специалистов по переработке нефти и каменного угля; 3) лесохимическое отделение; 4) отделение жиров, углеводов и дубильных веществ; 5) тонкая химическая промышленность и реактивная промышленность; 6) химико-фармацевтическое отделение.

Планируемый срок обучения на химическом факультете составлял четыре года. Учебный план факультета состоял из трех основных групп предметов: а) общепрофильных; б) общественно-политических; в) специальных. Первая группа дисциплин имела своей задачей дать общую подготовку в области точных наук и включала в себя математику, физику и механику. Основным стержнем специальной части учебного плана являлась химия, представленная как общими и обязательными для всех специализаций курсами, так и спецкурсами в соответствии со специализацией.

На старших курсах также читались курсы по технологии и экономике данных отраслей химической промышленности. В систему работы химического факультета была введена непрерывная производственная практика, проходимая студентами на крупных химических предприятиях. Из 120 недель учебных занятий на практику отводилось 40 недель. Профессорско-преподавательский



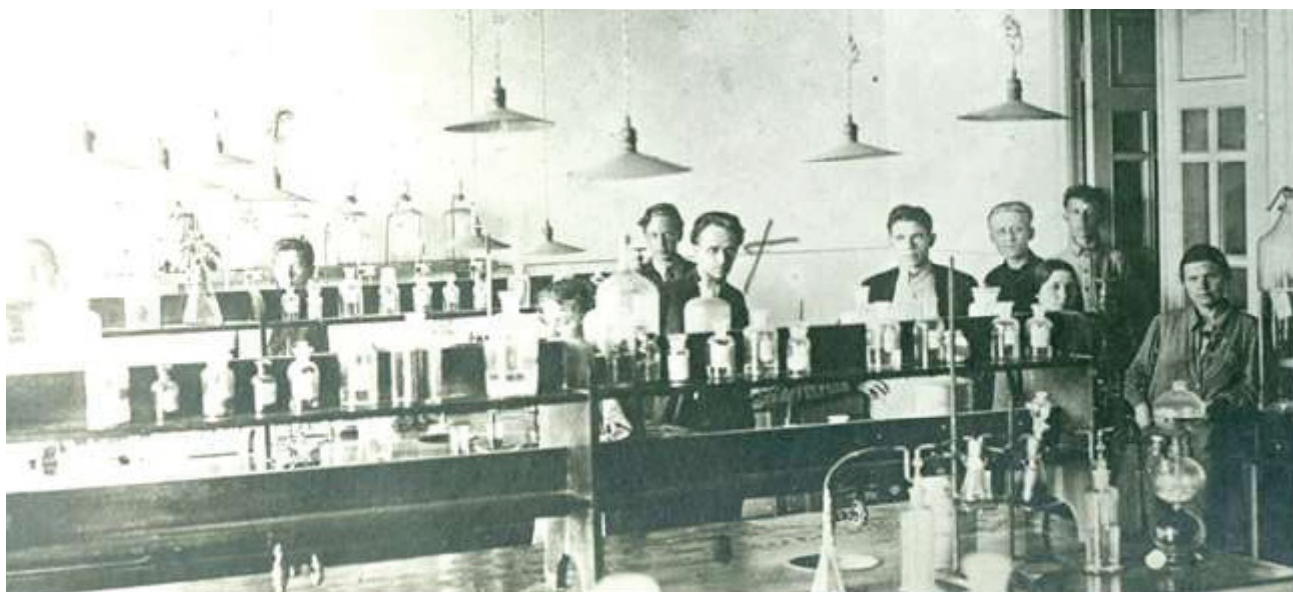
Первый декан химического факультета ПГУ Н.И. Кромер

состав в 1929 г. состоял из двух профессоров, одного доцента, одного старшего ассистента, четырех младших ассистентов. Проходило обучение 5 аспирантов. 42 процента студентов получали стипендию. На факультете работал химико-фармацевтический кружок, имелись следующие лаборатории: 1) неорганической химии; 2) физической химии; 3) аналитической химии; 4) органической химии; 5) органической технологии; 6) минеральной технологии; 7) фармацевтической химии; 8) фармацевтической технологии; 9) химии пищевых веществ, технологии жиров, углеводов и дубильных веществ; 10) токсикологической химии, а также кабинеты: фармакогнозии с фармацевтическим анализом и культурой растений.

В ноябре 1929 г. правление «Северохимтреста» обратилось к химикам ПГУ с предложением принять участие в разработке тем, связанных с развитием и совершенствованием химических технологий

на березниковских заводах. В эти исследования активно включились профессора Д.М. Марко, Н.И. Кромер, Н.А. Трифонов, ассистент Р.В. Мерцлин, которые усовершенствовали процесс флотации калийных солей, улучшили технологию производства каустической соды, суперфосфата и других химических продуктов. М.Н. Полукаров и аспирантка Л.Е. Сабина начали разработку перспективного направления – влияния электролитического водорода на изменение физических свойств металлов. Вся научная деятельность химфака ПГУ в этот период была тесно связана с Комитетом химизации ВСНХ, Институтом физико-химического анализа АН СССР и Уральским научно-исследовательским институтом химии.

Так как на Урале были обнаружены большие запасы нефти в 1929 г. при кафедре органической химии ПГУ было организовано нефтяное отделение. Заведовавший кафедрой



Н.А. Трифонов на занятиях со студентами химико-технологического института

профессор Д.М. Марко не был специалистом в области химии нефти. Чтобы создать и возглавить новое отделение в Пермь в марте 1930 г. был приглашен выпускник Казанского университета, научный сотрудник Грозненского нефтяного НИИ – И.И. Лапкин. На средства, отпущенные ВСНХ, он закупил в Грозном большое количество специального оборудования и литературы. При его участии кафедра органической химии (по хоздоговору с «Камнефтью») начала исследования химического состава нефти уральских месторождений. Весной 1929 г. был проведен первый анализ обнаруженной у Чусовских городков нефти.

В 1929 г. при университете был открыт химико-фармацевтический завод. В том же году на Городских горках было запланировано строительство общежития на 1000 мест, стоимостью 1 млн рублей и химический корпус стоимостью 2,3 млн рублей. В последнем должны были разместиться химические кафедры университета, которые могли бы обслуживать все факультеты ПГУ.

На 1 марта на факультете работало 5 профессоров, 2 доцента, 19 старших и младших ассистентов. По контрактам с предприятиями обучалось 19 человек.

Однако, к сожалению, химический факультет просуществовал всего лишь полгода. Ноябрьский 1929 г. пленум ЦК ВКП (б) вынес решение о реорганизации всей системы образования. 8 апреля 1930 г. комиссией Совнаркома РСФСР было принято решение о реорганизации Пермского государственного университета, включавшего в том числе и преобразование химического факультета в Пермский химико-технологический институт (ПХТИ). По задумке университеты, которые остались в ведении Наркомпроса, должны были готовить кадры научных работников по естественнонаучному и математическому циклам и специалистов для заводских лабораторий и научно-исследовательских институтов, обслуживающих промышленность и сельское хозяйство, а также высококвалифицированные преподавательские

кадры для вузов и втузов. Хотя выделение из университетов технических вузов было оправданно, сделано это было так бездарно, что привело, по существу, к ликвидации университетов как многопрофильных научно-учебных учреждений. ПХТИ был открыт 1 июня 1930 г. Его организация встретила большие трудности, поскольку не было ни свободных помещений, ни кадров. Поэтому работа нового института за весь короткий период его существования проводилась в помещениях университета на его оборудовании и с прежними кадрами по существующим на химическом факультете направлениям, но под новой вывеской.

Временно исполняющим обязанности директора ПХТИ был назначен профессор Н.И. Кромер, впоследствии исполняющими обязанности директора ПХТИ были А.С. Стойчев, с мая 1931 г. – Н.Д. Алексеев, с марта 1932 г. – Я.К. Логинов.



Г.Г. Кобяк проводит занятия по аналитической химии со студентами ПХТИ

Основу института составили сотрудники и студенты химического факультета (фактически химико-фармацевтического отделения), которым было обещано, что в новом институте будет вестись, в том числе и

подготовка фармацевтов. Важнейшей задачей, поставленной перед новым институтом, было создание новых и совершенствование уже известных химических технологий. Первые работы подобного рода – утилизацию отходов соляной кислоты и получение фосфорных удобрений выполнили В.Я. Аносов и В.Ф. Усть-Качкинцев. Для учебной и научной работы ПГУ передал ПХТИ 10 лабораторий, пять кабинетов и часть библиотеки.

Профессорско-преподавательский состав ПХТИ был укомплектован в основном совместителями, всего в его составе было 8 профессоров, 4 доцента, 28 ассистентов, 36 сотрудников и служащих. 11 июня 1930 г. 36 бывшим студентам химического факультета, сдавшим выпускной коллоквиум без выполнения дипломных работ, была присвоена квалификация инженеров-химиков.

В январе 1931 г. было принято решение о переводе ПХТИ в г. Березники, так как в начале 1932 г. там планировалось открыть химический втуз. Большая часть накопленного за предыдущее десятилетие оборудования химического факультета, включая ценное импортное, было передано химико-технологическому институту и было вывезено из Перми. Однако город Березники, в то время насчитывавший всего 4 тыс. жителей, с его постройками сельского типа, не мог разместить институт, для которого требовались не только учебные корпуса, но и жилье для преподавателей и студентов. Большой проблемой ПХТИ было отсутствие квалифицированных специалистов технологических дисциплин, недостаток учебной литературы по специальным дисциплинам. Кроме того, преподаватели были сильно

загружены работой в других учебных заведениях, из-за чего занятия часто срывались. Институт не имел утвержденных штатов и приглашенные научные работники, чувствуя неопределенность своего положения, а также учитывая большие задержки по выплате и без того небольшой заработной платы, проработав некоторое время, уходили из него.

Научно-исследовательская работа из-за перегруженности профессорско-преподавательского состава педагогической работой в других учебных заведениях города и из-за их малочисленности велась очень слабо. Студенты также были перегружены различной общественной работой, постоянным отвлечением их городскими организациями на разные мероприятия, собрания и т.п. Новое оборудование лабораторий и кабинетов приобреталось в незначительном количестве, так как на это из бюджета не выделялись необходимые средства.

Положение усугублялось еще и тем, что в этот период институт покинули некоторые ведущие преподаватели. В частности, в 1931 г. в Московский Институт химической обороны, был переведен профессор Н.А. Трифонов, который заведовал лабораторией физической химии этого института. По его просьбе для выполнения исследований по закрытой тематике туда же были переведены его ученики В.Ф. Усть-Качкинцев и Р.В. Мерцлин.

В 1932 г. уехала в Ленинград вместе с мужем П.А. Тихомоловым, поступившим в аспирантуру Академии наук в 1932 г., и Т.И. Темникова. В результате постоянных реорганизаций, нехватки научно-педагогических, административно-хозяйственных

кадров, малочисленности заявлений от абитуриентов в 1932 г., а также недовольства студентов качеством обучения было принято решение ликвидировать Пермский химико-технологический институт. В соответствии с приказом по Наркомату тяжелой промышленности № 267 от 13.02.1933 г. ПХТИ прекратил свое существование.

За годы его существования в разные периоды 1930–1933 гг. в штате и в качестве совместителей в нем работали: Н.И. Кромер, Э.К. Мезинг, Г.Г. Кобяк, В.Я. Аносов, Х.З. Аврутова, И.И. Лапкин, Н.А. Трифонов, Р.В. Мерцлин, П.А. Тихомолов, Т.П. Полукарова, В.А. Некрасова, Л.Е. Сабинина, М.Н. Полукаров, В.Ф. Усть-Качкинцев, Д.М. Марко, Ф. А. Кесслер, Т.И. Темникова, В.Б. Гецен.

В апреле 1931 г. ЦК ВКП (б) признал ошибочной ликвидацию университетов, и непродуманное решение было отменено. Взамен него было принято решение о развертывании в стране университетов нового типа, в том числе и в Перми. Постановлением Совнаркома РСФСР от 13 июля 1931 г. университеты в стране были вновь открыты, но с определенной задачей – готовить специалистов с научно-исследовательским уклоном, причем только по естественным и физико-математическим наукам. Уже осенью 1931 г. в ПГУ создается пять отделений – физическое, химическое, геологическое, ботаническое, зоологическое. Таким образом, в Перми некоторое время параллельно существовали две структуры, готовившие химические кадры – химическое отделение университета и химико-технологический институт.

Первым деканом химического отделения был и.о. доцента Кузнецов. К сожалению, никакой информации об этом человеке у авторов нет. В 1933 г. была восстановлена традиционная университетская структура, правда всего в составе четыре факультетов: физико-математического, биологического, геологического и химического. Химическое отделение переименовывается в химический факультет и студенты, поступившие в 1931 г. на химическое отделение в 1933 г. становятся студентами III курса химического факультета ПГУ.

В 1933 г. на химфаке существовало четыре кафедры: неорганической, аналитической, физической и органической химии. Это было время активной перестройки факультета. Если раньше в рамках медицинского факультета готовили химиков в основном химико-фармацевтического уклона, то теперь задача коренным образом поменялась: стране нужны были электрохимики для работы в гальванических цехах, специалисты по синтезу органических соединений, по производству кислот, удобрений, резко возросла потребность в химиках-аналитиках. В связи с новыми задачами, надо было не только организовать работу кафедр и лабораторий, наладить учебный процесс, но и определить научные направления кафедр с таким прицелом, чтобы работа велась на переднем крае науки, имела большое практическое значение и выполнялась с широким участием студентов.

Первым деканом возрожденного химического факультета становится бывший сотрудник Грозненского ГосНИИ нефти, выпускник Казанского университета доцент



И.И. Лапкин

Иван Иванович Лапкин. Именно на химическом факультете И.И. Лапкин впоследствии вырастет в одного из самых крупных деятелей Пермского университета за всю его историю. Для факультета не было отведено отдельного места – кафедры были разбросаны по разным корпусам. Так, кафедра органической химии находилась на втором этаже пятого корпуса. Кафедры неорганической и физической химии размещались на первом и втором этажах четвертого корпуса. Кафедра аналитической химии находилась в подвальном помещении корпуса № 2.

Большой вклад в развитие научных исследований химиков Пермского университета в начале 1930-х годов внесли В.Я. Аносов и Н.Н. Ефремов. Выпускник Петербургского горного института и химического отделения физико-математического факультета Саратовского

университета Виктор Яковлевич Аносов был избран профессором Пермского университета в 1929 г. Также он являлся заведующим лабораторией аналитической и технической химии. После создания в Перми в 1930 г. ПХТИ В.Я. Аносов занимался совершенствованием известных и разработкой новых химических технологий. Совместно с В.Ф. Усть-Качкинцевым он выполнил одну из первых работ в этом направлении – утилизацию отходов соляной кислоты и получение фосфорных удобрений.

Большое значение для распространения метода физико-химического анализа впоследствии сыграла написанная В.Я. Аносовым в 1947 г. в соавторстве с С.А. Погодиным монография «Основные начала физико-химического анализа», за которую авторы были удостоены первой премии имени Н.С. Курнакова. Среди других его важнейших трудов можно выделить книгу (Аносов В.Я., Озерова М.И., Фиалков Ю.Я. Основы физико-химического анализа. 1976). В течение ряда лет он руководил Комиссией по разработке терминологии физико-химического анализа при Отделении технических наук АН СССР. В МГУ имени М.В. Ломоносова Виктор Яковлевич читал первые лекции по физико-химическому анализу, а также организовал практикум по этой дисциплине.

После отъезда Н.А. Трифонова в Москву руководителем кафедры неорганической химии становится и. о. доцента Кузнецов, который впоследствии исполнял обязанности руководителя химического отделения. Через некоторое время руководство кафедрой было передано представителю школы академика Н.С. Курнакова Н.Н. Ефремову,

возглавлявшего кафедру с 1931 по 1933 г.

Научная деятельность Н.Н. Ефремова в ПГУ способствовала дальнейшему развитию изучению фазовых равновесий в водно-солевых, органических и смешанных водно-органических системах при различных условиях. После открытия Березниковско-Соликамского месторождения калийных солей Николай Николаевич занимался разработкой физико-химических основ технологии производства калийных удобрений, в частности, проблемами переработки соликамских карналлитов, изучением рассолов природных вод и процессов, протекающих в них при промышленной переработке.

Для расширения научно-исследовательских работ ученый в 1933 г. оставляет работу в Перми и уезжает сначала в Березники, а потом в Москву, правда, не разрывая при этом научных связей с Пермским университетом. В 1936 г. ученый получил степень доктора химических наук. С 1936 г. Н.Н. Ефремов руководил организованной им лабораторией физико-химического анализа органических систем Института общей и неорганической химии АН СССР. С 1936 по 1939 гг. работал профессором Московского института химического машиностроения, а также Московского полиграфического института (1936–1940).

В начале 1930-х гг. кафедра неорганической химии размещалась в одном из помещений Алафузовского корпуса. С большим трудом на кафедре возобновляется лишь учебная работа. Развернуть научные исследования не позволяло почти полное отсутствие приборов и реактивов, переданных в ПХТИ. В связи с закрытием последнего

кафедра возвращается в старое помещение – в малый химический корпус.

После отъезда Н.Н. Ефремова в Березники руководство кафедрой неорганической химии вновь переходит к и.о. доцента Кузнецову, вследствие отъезда которого из Перми в 1934 г., кафедру по совместительству возглавил заведующий кафедрой физической химии и.о. профессора М.Ф. Михайлов. Основными сотрудниками кафедры неорганической химии в 1933–1935 гг. были и.о. доцента Ф.А. Кесслер, также короткий срок возглавлявший кафедру, и ассистент Б.И. Черняев.

В 1935 г. руководство кафедрой снова меняется. В августе 1935 г. М.Ф. Михайлов уезжает из Перми, и на должность профессора и заведующего кафедрой неорганической химии избирается Р.В. Мерцлин, вернувшийся из Москвы (еще в 1930 г. Он начал работать в Перми ассистентом, а затем доцентом в ПГУ и ПХТИ). В этот период имущество кафедры находилось в крайне тяжелом положении. Практически полностью отсутствовали реактивы, химическая посуда, не было даже самого необходимого оборудования. Лишь после того, как осенью 1935 г. были получены значительные денежные дотации, удалось закупить некоторое лабораторное оборудование и провести частичный ремонт.

Вернувшись в Пермь, Р.В. Мерцлин продолжил исследования в области физико-химического анализа жидких систем, начатые им еще под руководством Н.А. Трифонова. Несмотря на не очень благоприятную для научной работы обстановку на кафедре в 1935–1936 гг. были не только выполнены дипломные работы, но и развернуты научные исследования. За этот период был выполнен

ряд работ, посвященных изучению высаливания в тройных жидких системах. В 1936 г. Роман Викторович привлек к исследованиям первых выпускников химического факультета – Е.Ф. Журавлева и К.И. Мочалова, опубликовавших свои работы уже в 1937 г.

В 1937 г. Р.В. Мерцлин разрабатывает графический метод определения состава растворов, который был им назван *методом сечений*. Новый метод исследования многокомпонентных систем позволял определять состав равновесных фаз без помощи аналитических приемов и тем самым во много раз сокращал время, необходимое для исследования равновесия. Уже в том же году в «Известиях биологического НИИ при ПГУ» появилась первая публикация о новом методе. Благодаря методу сечений кафедра неорганической химии Пермского университета вышла на лидирующие позиции в изучении жидких систем в стране. В 1939 г. Р.В. Мерцлин защитил докторскую диссертацию на тему: «Расслоение как метод физико-химического анализа многокомпонентных систем», став первым доктором химических наук в Перми.

У истоков создания обновленной кафедры физической химии стоял М.Н. Полукаров, с 1931 по 1933 г. работавший доцентом Пермского химико-технологического института, доцентом кафедры неорганической и физической химии, доцентом в Пермском пединституте (1932–1936), заведующим кафедрой физической химии в мединституте (1932–1936). Начало 1930-х гг. было периодом частых кадровых изменений, в результате которых ученому то вменялось, то отменялось

руководство кафедрой физической химии ПГУ. Михаилу Николаевичу совместно с ассистентом медицинского института А.Д. Туевым удалось привести в порядок имеющееся разрозненное оборудование кафедры и приступить к его пополнению. Научно-исследовательская работа хотя и не была прекращена, но, в связи с недостатком средств, протекала вяло.



М.Н. Полукаров

В 1934–1935 гг. преподавательский состав кафедры усилился с приездом и.о. профессора М.Ф. Михайлова, возглавившего кафедру, и ассистента Л.А. Свешниковой. 1934/35 учебный год из-за отсутствия средств оказался очень тяжелым. Кроме того, сказывались результаты непродуманной реорганизации университета. Весь преподавательский состав кафедры, включая и М.Н. Полукарова, недовольный состоянием дел в университете, весной 1935 г. подал заявления об увольнении. Благодаря энергичным мерам и

содействию нового руководства университета в лице ректора Г.К. Русакова, М.Н. Полукаров вернулся в университет, заняв должность и.о. профессора и заведующего кафедрой физической химии, обязанности которого он исполнял вплоть до 1950 г.

На средства, выделенные администрацией ПГУ на кафедру, было приобретено лабораторное оборудование, химическая посуда, реактивы и мебель в количествах, которые давали возможность в следующем учебном году обеспечить выполнение плана лабораторных и дипломных работ.

Со второй половины учебного года на кафедру из Москвы вернулся В.Ф. Усть-Качкинцев, работавший в нем и в химико-технологическом институте еще под руководством профессора Н.А. Трифонова.

Научные интересы сотрудников кафедры в этот период были связаны с работами в области физико-химического анализа, области электродных процессов и исследованиями проблем наводороживания металлов и сплавов. В качестве специализации, по которой начала осуществляться подготовка будущих выпускников, была выбрана электрохимия.

Продолжая изучать процесс наводороживания, М.Н. Полукаров установил, что присутствие в электролите даже небольших количеств ртути и мышьяка в значительной степени способствует его ускорению. Такие вещества были названы катализаторами или стимуляторами наводороживания. В результате напряженной работы М.Н. Полукарову удалось установить основные закономерности наводороживания и предложить первые теоретические

представления, объясняющие это явление. В работе кафедры также принимал участие профессор, доктор химических наук В.И. Николаев. В 1935–1936 г. кафедрой были подготовлены первые 23 специалиста по физической химии.

В результате реорганизации Пермского университета и связанного с этим потерей основного оборудования лаборатории аналитической химии курсы качественного и количественного анализа в 1931/32 уч. года не были проведены. Для того чтобы ликвидировать невыполнение нагрузки за прошлый год университет должен был обеспечить проведение почти 3500 часов лабораторных занятий. В связи с этим руководством университета было принято решение о создании в ПГУ самостоятельной кафедры аналитической химии.

В августе 1932 г. для организации кафедры был приглашен ученик профессора Н.И. Кромера доцент Г.Г. Кобяк, окончивший в 1927 г. химико-фармацевтическое отделение медицинского факультета ПГУ. В то время он возглавлял кафедру неорганической и аналитической химии фармацевтического факультета недавно открытого Пермского медицинского института. Г.Г. Кобяку удается в короткий срок укомплектовать штат кафедры, приобрести новое оборудование, а также частично возратить оборудование, переданное в ПХТИ. Штат кафедры на тот период состоял из восьми сотрудников и двух

временных научных работников. Кроме Г.Г. Кобяка в него входили ассистенты: П.В. Сандлер, П.Н. Калугин, Н.Е. Таскина, Е.В. Сереброва, лаборант – Р.Я. Абрамова, препараторы – В.Я. Абрамова и Т.Н. Вайнштейн, две служительницы – Н.Я. Кусакина и М.М. Шаламова.

Благодаря напряженной работе всего коллектива учебную нагрузку 1932/33 уч. года кафедре удалось успешно выполнить. В 1933/34 уч. году произошло значительное расширение помещений, занимаемых кафедрой. Коллектив кафедры пополнился новым квалифицированным сотрудником – ассистентом Т.П. Полукаровой. Материальная база кафедры несколько улучшилась за счет нового учебного оборудования, однако для выполнения серьезных научно-исследовательских работ его еще явно не хватало. Тем не менее, даже при таких условиях была развернута активная работа по оказанию помощи заводам и различным организациям Пермского региона как в виде консультаций, так и в виде выполнения исследований по производственным заданиям и проведения арбитражных анализов. В частности, был выполнен ряд исследований для Березниковского химкомбината, Востокстали, Уралэнерго, прикамской нефтеразведки, некоторых пермских заводов и ряда других организаций.



Одна из лабораторий кафедры аналитической химии. 1930-е гг.

В 1934/35 учебном году кафедра провела большую работу по обеспечению спецкурсов силикатного и сероводородного анализа для студентов IV курса геологического факультета. Этот год стал в жизни кафедры аналитической химии периодом дальнейшего роста материально-технической базы, которая позволила реально подойти к решению второго этапа в ее развитии – развертыванию научно-исследовательской работы на высоком уровне. Продолжая работу по оказанию практической помощи производству и новостройкам в виде консультаций и выполнения арбитражных анализов, кафедра выполнила ряд работ исследовательского характера, которые в основном были связаны со строительством Камгэса, Камского целлюлозно-бумажного комбината и работами для прикамской нефтеразведки Главнефти.

В середине 1930-х гг. сотрудники кафедры аналитической химии выполнили также большую работу для Вишерского целлюлозно-бумажного комбината, которая была связана, в основном, с химическим контролем сырья, поступающего на комбинат (каолин, серный колчедан, глинозем). Кафедра принимала активное участие в обработке материалов, представленных экспедицией геологического факультета Пермского университета.

Важнейшим результатом научно-исследовательской работы кафедры в этот период является открытие исключительно ценных как в бальнеологическом, так и в промышленном отношении свойств краснокамской воды. Анализ, проведенный Г.Г. Кобяком, показал высокую концентрацию в этих водах сероводорода, йода и брома. На основании этих исследований Георгий Георгиевич опубликовал ряд статей, а также поставил перед руководящими органами области вопрос о создании курорта, который со временем и был создан. На основании этого Г.Г. Кобяка по праву можно назвать, наряду с профессорами-медиками В.К. Модестовым, П.Л. Ясницким, Н.Г. Хорошавиным, одним из основателей знаменитого курорта Усть-Качка.



Первый выпуск химического факультета 1936 г.

В 1935/36 учебном году на химическом факультете была открыта новая специализация «Аналитическая химия». В связи с этим можно считать, что именно с этого периода кафедра включилась в подготовку собственных кадров химиков-аналитиков. Новая специализация потребовала создания новых лабораторий и спецкурсов, в частности газового анализа, потенциметрического, капельного и микрохимического анализа. К началу учебного года штат кафедры пополнился новыми сотрудниками: с кафедры неорганической химии перешел ассистент Б.И. Черняев, на такую же должность был принят А.И. Мисюрев. К выполнению научно-исследовательской работы на кафедре приступили пять студентов старших курсов химического факультета. Научно-исследовательская работа кафедры во второй половине 1930-х гг., прежде всего, была

связана с исследованиями минеральных вод Краснокамска и Усть-Качки.

Вторым важным направлением деятельности Г.Г. Кобяка с 1940 г. стало изучение пермских медистых песчаников. После получения предварительных положительных результатов он поставил перед руководящими органами области вопрос об организации геологической разведки по поиску месторождений руды, имеющих промышленное значение. Для проведения данной работы в мае 1941 г. в Пермь была направлена геологическая партия, на которую было выделено 250 тысяч рублей.

Кафедра принимала также активное участие в обработке материалов, представленных экспедицией геологического факультета ПГУ. Сотрудники кафедры геохимии вместе с химиками-аналитиками провели химико-петрографические и физико-химические исследования ценного минерального сырья – волконскоита. Таким образом, на химическом и геологическом факультетах к концу тридцатых годов сложились коллективы преподавателей, способные обеспечить высокий уровень подготовки специалистов и научных исследований. Летом 1937 г. состоялся первый выпуск кафедры аналитической химии, состоящий из 10 человек.



Первый выпуск кафедры аналитической химии ПГУ. 1937 г.

Если 1935/37 гг. для университета были не лучшими, то для кафедры аналитической химии есть все основания считать вторую половину 1930-х годов не только отправной точкой ее становления как самостоятельной кафедры, но и периодом творческого расцвета, роста авторитета в научной и общественной жизни Урала, важным этапом в развитии ее материальной базы.

В 1936/37 уч. году на кафедре была открыта лаборатория термического анализа. В том же году защитил дипломную работу и был оставлен в должности ассистента А.М. Шаврин, ставший впоследствии заведующим и научным руководителем самой крупной лаборатории спектрального анализа в городе. В 1938 г. после окончания химического

факультета на должность ассистента кафедры был приглашен выпускник кафедры органической химии В.П. Живописцев.

В 1938 г. А.М. Шаврин для изучения метода атомно-эмиссионного анализа направляется на стажировку в Государственный институт им. Вавилова. С этого времени лекции по спектральному анализу читал приглашенный из Ленинграда профессор Н.С. Свентицкий, а лабораторные занятия проводил ассистент В.П. Живописцев. В этот же период ассистентами кафедры работали Л.И. Ермаков и В.А. Лебедев. В 1938 г. в качестве ассистента кафедры приступила к работе А.Н. Кобяк, которая проработала в этой должности почти 20 лет.



Химический корпус, ныне корпус №5 ПГНИУ.

Как уже говорилось выше, кафедру органической химии с 1928 г. возглавлял Д.М. Марко. Он расширил общий курс органической химии, который впоследствии читал в течение 22 лет. В 1930 г. на кафедру был приглашен выпускник Казанского университета, научный сотрудник НИИ в Грозном И.И. Лапкин. Поскольку на Урале была открыта нефть, очень ценным оказался его опыт изучения нефтей, который был накоплен им во время работы в старом нефтеносном районе. При его участии кафедра (по договору с «Камнефтью») исследовала химический состав нефти уральских месторождений. Активное участие в работе кафедры принимала ассистент кафедры, выпускница ПГУ, впоследствии известный советский химик-органик Т.И. Темникова. Правда, в декабре 1931 г. она покинула университет, уехав учиться в Ленинград.

Весной 1930 г. кафедра органической химии наконец-то переехала в отремонтированный «Алафузофский корпус», где для нее была оборудована отличная лаборатория, состоящая из 15 комнат и 2 больших практикумов. В корпусе было восстановлено газоснабжение, для нужд лаборатории приобретены посуда, реактивы, сделан запас горючего.

Появилась возможность приступить к научно-исследовательской работе. При лаборатории было организовано нефтяное отделение, размещенное в двух комнатах и оборудованное новейшей (большой частью американской) аппаратурой, полученной по распоряжению ВСНХ в дар от Грозненского института за активное участие кафедры в исследованиях первой уральской нефти и за помощь в обеспечении нефтеразведки необходимыми анализами. В этих помещениях кафедра вела учебный процесс вплоть до сентября 1967 г. Летом 1930 г. лаборатория органической химии вместе с другими лабораториями химического факультета была передана соответствующей кафедре Пермского химико-технологического института, а незначительная часть имущества – образованному педагогическому институту.

После ликвидации ПХТИ лаборатория органической химии была возвращена химическому факультету, правда, лишенная как значительной части импортного оборудования, так и посуды, и реактивов. В 1932 г. на кафедру ассистентом была принята В.Б. Гецен – выпускница 1925 г. химического отделения Томского государственного университета. Правда, проработала она на кафедре недолго, уволившись по состоянию здоровья в январе 1933 г. В 1932 г. ассистентом была принята, окончившая университет в 1928 г. О.М. Загоскина. Для обеспечения курсов органической химии на биологическом факультете был приглашен и.о. доцента М.Д. Марко. Лаборантами на кафедре работали К.К. Загоскина (с 1929 г.) и Т.В. Ильина (Спешилова), служительницей была А.Я. Костромина – работник кафедры органической химии еще с 1919 г.

В первом семестре 1933/34 учебного года впервые в Перми был поставлен практикум по синтезу органических соединений. Начались разнообразные работы по заданию различных организаций, в частности по анализу мыла, уксусной кислоты, смазочных материалов, исследованию битумов, масел и т.д. В следующем году был поставлен большой практикум по анализу органических соединений. Научные исследования кафедры в начале 1930-х гг. были связаны с изучением открытых незадолго до этого уральских нефтей. Однако дальнейшего развития данная тематика на кафедре не получила. С одной стороны, изучение нефти требовало специального оборудования, работающего в условиях высокого давления, а с другой – в тресте Прикамнефть была создана собственная лаборатория, в связи с чем работы в этом направлении на кафедре были прекращены.

В 1930-е гг. были введены новые

спецкурсы и спецпрактикумы, такие как: «Теоретические основы органической химии», «Стереохимия», «Методы определения структуры органических соединений», «Элементный анализ», «Химическая технология неорганических производств», «Химическая технология органических производств». В 1935/36 учебном году на кафедре было выполнено 20 дипломных работ. В 1936 г. на кафедру были приняты ассистентами первые воспитанники химфака ПГУ В.Ф. Мартынов и Ю.А. Беляев. В 1937 г. – старший лаборант Н.В. Богословский. В середине 1930-х гг. кафедра органической химии сумела установить связь с несколькими заводами и предприятиями Перми, среди которых можно выделить: заводы № 9, № 19, объединения «Камнефть», «Уралэнерго», «Древлеспромсоюз» и др.

Наиболее актуальными темами научных исследований, выполненных на кафедре в



Д.М.Марко и И.И.Лапкин принимают экзамен по органической химии. Конец 1930-х годов

середине 1930-х гг., были изучение вторичных и третичных спиртов ароматического ряда и группы фурана, получение и изучение строения нафтеновых кислот, изучение реакций иодирования ароматических соединений, исследование эфирных масел, исследование бурых углей Коми-Пермяцкого округа, изучались методы улучшения качества бензинов.

Начиная со второй половины 1930-х гг., на кафедре предпринимаются попытки найти новое научное направление, которое объединило бы усилия всего коллектива и определило научное лицо кафедры. В 1940 г. в «Журнале общей химии» вышла статья И.И. Лапкина в соавторстве со студентами В.С. Шкляевым и Т.И. Шкляевой, посвященная стерическим эффектам в реакциях с участием реактива Гриньяра. Эта публикация и положила начало новому научному направлению кафедры: исследованиям в области химии элементоорганических соединений. Таким образом, к середине 1930-х гг. в Пермском университете окончательно завершилось формирование структуры химического факультета ПГУ в составе кафедр неорганической, аналитической, физической и

органической химии.

22 июня 1941 г. мирная жизнь советских людей была прервана. Началась Великая Отечественная война. Ряд преподавателей, сотрудников и студентов химического факультета наряду с другими отправились на фронт, чтобы с оружием в руках защищать свою родину от фашистских захватчиков. В частности, на фронт уходят сотрудники кафедры неорганической химии К.И. Мочалов, Е.Ф. Журавлев, студенты А.А. Волков и А.Д. Шевелева. Сотрудники кафедры аналитической химии тоже принимали участие в боевых действиях: это Л.И. Ермаков, В.П. Живописцев, В.А. Лебедев, А.М. Шаврин, М.И. Зотин, А.А. Минин, Б.Б. Шеин.

Среди участников боевых действий был В.В. Кузнецов, впоследствии профессор, доктор химических наук, заведующий кафедрой физической химии. Суровая военная биография была и у будущего заведующего кафедрой химии природных и биологически активных соединений, профессора И.С. Бердинского, который был начальником химической службы. Он участвовал в боях на Центральном фронте, на Курской дуге, при форсировании Десны.



М.А. Зотин – доцент кафедры аналитической химии во время войны

Весомый вклад в борьбу с врагом внесли и те, кто оставался в тылу. Преподаватели, сотрудники и студенты с первых дней войны видели свой гражданский долг в подчинении всех общественных и личных задач защите Отечества и достижению Победы. Но в то же время, несмотря на войну, они продолжали подготовку специалистов и выполнение научных исследований по заказам оборонных предприятий, оказание помощи промышленности, транспорту, сельскому хозяйству.

На заседании Ученого совета университета в декабре 1941 г. было подчеркнуто, что химический факультет очень быстро нашел свое место в помощи производству и все его кадры буквально загружены работой по заданиям промышленных предприятий, связанным с оборонной тематикой. Это объяснялось как спецификой химических

наук, непосредственно связанных с различными аспектами металлургии, нефтяной промышленности, фармакологии и т.д., так и тем обстоятельством, что в Перми находились наркоматы, заинтересованные в выполнении ряда химических исследований. Но все эти объективные факторы не обеспечили бы высокой эффективности оборонных исследований химиков ПГУ, если бы они сами под руководством ведущих ученых И.И. Лапкина, Д.М. Марко, Р.В. Мерцлина, В.Ф. Усть-Качкинцева, Г.Г. Кобяка не работали с полной отдачей сил и сознанием своего научного и гражданского долга. В исследованиях оборонного характера в период с 1941 по 1944 г. принимала участие и эвакуированная из Ленинграда выпускница Пермского университета Т.И. Темникова.

Как и другие подразделения университета, кафедра аналитической химии работала в это время в режиме военного времени. Учебные планы подготовки молодых специалистов оставались прежними, однако объем часов, отведенных на их выполнение, был сокращен. В этот период сотрудники кафедры занимались изучением возможности использования месторождений Молотовской области для производства различной, необходимой для военного времени, продукции. Результатом таких исследований стало изготовление минеральных красок для защитных покрытий и маскировки на фронте; нашли применение и работы с огнеупорными глинами. Г.Г. Кобяк вместе с геологом В.К. Воскресенским выполнил работы по отысканию из местного сырья заменителей мела в качестве строительного материала. Были открыты запасы известняков горы

Банной, также был разработан технологический процесс извлечения меди из медистых песчанников.

В связи с началом Великой Отечественной войны работы по медистым песчанникам были прекращены. Несмотря на это Георгий Георгиевич самостоятельно продолжает исследования. Он сам отбирает пробы в Нижнекурьянском месторождении медистых песчанников, сам выплавляет из них медь. Ректор университета А.М. Букирев по просьбе Кобяка выделил ему 3500 рублей на изготовление сконструированной им гидрометаллургической установки. В трудных условиях военного времени на одном из пермских заводов к сентябрю 1941 г. были изготовлены необходимые детали. Собрать установку Г.Г. Кобяку пришлось на улице под открытым небом во дворе университета, поскольку в корпусе, где располагалась кафедра аналитической химии, разместился наркомат угольной промышленности.

К сожалению, Георгию Георгиевичу удалось провести лишь несколько опытов, поскольку в связи с холодной погодой растворы стали замерзать. Впоследствии, с дальнейшим обострением военной обстановки, ученый вынужден был переключиться на выполнение научно-исследовательских работ оборонного значения. Не удалось сохранить и гидрометаллургическую установку, которая была переплавлена на сталь.

В годы войны ряд сотрудников университета, в том числе Г.Г. Кобяк, А.Н. Кобяк, Т.Е. Грушко и М.З. Лаврова, работали в секретных отделах НИИ Ленинградского института № 13.

Сотрудники кафедры физической химии

вели работы по оборонной тематике в связи с заданием ряда военных институтов, эвакуированных в Пермь. В частности, В.Ф. Усть-Качкинцев в период Великой Отечественной войны принимал активное участие в организации лаборатории по изготовлению лечебных препаратов для госпиталей области, давал консультации работникам оборонных предприятий. Во время войны М.Н. Полукаров оказывал помощь в решении хозяйственных вопросов ряду предприятий г. Перми. В частности, с июля 1943 г. по август 1944 г. он в качестве консультанта принимал участие в разработке электрохимического метода обработки инструментов и деталей.

Особенно много поручений исходило от находившихся в Перми двух наркоматов – химической и угольной промышленности. По заданию наркомата химической промышленности были разработаны образцы безжирового дезинфицирующего мыла, предложены покрытия для парашютов; по заданию наркомата угольной промышленности проводилось изучение ацетилирующего полукоксования.

Одной из важнейших работ сотрудников факультета в этот период было получение высокооктанового топлива. Образец авиационного топлива, предложенный наркомату авиационной промышленности, имел очень высокое октановое число. Кроме того, много работ исследовательского характера выполнялось в университете по поручению партийных и советских учреждений; в частности, был разработан способ синтеза одного детонатора, расшифрован состав одного из отравляющих

веществ, а также выполнено много других работ.

В годы Великой Отечественной войны, сотрудники кафедры органической химии под руководством Д.М. Марко сосредоточили усилия на выполнении заданий наркоматов авиационной, химической, нефтяной, бумажной и угольной промышленности.



И.С. Бердинский – основатель кафедры химии природных и биологически активных соединений во время войны

В 1942 г. Д.М. Марко возглавил работу по очистке низкокачественного технического эфира до химически чистого наркозного диэтилового эфира для военных госпиталей. На факультете была создана полужавская установка с производственной мощностью около 300 кг эфира в месяц. Для эвакогоспиталей, расположенных в Перми и Пермской области, ПГУ стал единственным поставщиком эфира, полностью удовлетворявшим потребность в нем. Вместе с эфиром

производились и другие ценные лекарственные вещества – камфора, уротропин, хлороформ, жаропонижающие препараты.

По отзывам коллег по работе и студентов Д.М. Марко был прекрасным лектором, высококвалифицированным педагогом и талантливым популяризатором науки. Характерной его чертой было высокое качество преподавания и умение связать теорию с практикой, с жизнью. Дмитрий Мильтиадович был горячо предан своему любимому делу. Он умел блестяще передать ученикам свои знания и опыт, развивая у них навыки практической работы. Среди наиболее известных учеников Д.М. Марко можно назвать И.И. Лапкина, В.П. Живописцева, И.С. Бердинского, В.С. Шкляева, Н.В. Богословского, В.Ф. Мартынова, заместителя председателя Тюменского Совнаркома, кавалера ордена Ленина Д.С. Лукьянова и многих других.

В течении 10 лет Дмитрий Мильтиадович был бессменным председателем ГЭК и лишь в 1949 г. вследствие болезненного состояния он был освобожден от этой должности. Д.М. Марко награжден орденом Трудового Красного Знамени (август 1945 г.), медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.», «За победу над Германией в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». За свою многолетнюю работу в мирное и военное время Д.М. Марко также неоднократно награждался грамотами, денежными премиями и ценными подарками.

9 мая 1945 г. сотрудники и студенты университета вместе со всем советским народом праздновали День Победы. За боевые

заслуги орденом Красной Звезды были награждены А.Д. Шевелева, И.С. Бердинский, А.А. Волков, ордена Отечественной войны II степени были удостоены В.П. Живописцев и А.А. Волков. Орденом Трудового Красного Знамени был награжден Р.В. Мерцлин. Многие сотрудники факультета были награждены медалью «За доблестный труд в Великой Отечественной войне».

Важнейший вклад в работу университета в годы войны внес Роман Викторович Мерцлин, который с сентября 1940 г. являлся проректором по научно-учебной работе университета, с августа 1941 г. – и.о. ректора, с января 1944 г. – ректором. Руководя университетом во время войны, Роман Викторович принимал активное участие во всех мероприятиях, проводимых коллективом университета. Под его руководством была организована научно-исследовательская работа в помощь оборонным заводам, им были опубликованы две научные работы по оборонной тематике. Ректор Р.В. Мерцлин был неординарной личностью. Современники вспоминают, как он багром вылавливал бревна на Каме вместе со студентами; трудился с тачкой на строительстве железнодорожных путей; с топором на лесоповале – Роман Викторович делил со своими сотрудниками и студентами все тяготы военного времени и в том, что коллектив университета с честью выдержал тяжелые испытания в годы войны, ему принадлежала немалая заслуга.

После возвращения из армии ректора университета А.И. Букирева Р.В. Мерцлин в мае 1946 г. вернулся на должность проректора по научной работе, которую занимал до 1950 г.

В Перми Р.В. Мерцлиным были выполнены

обширные исследования по гетерогенным равновесиям многокомпонентных систем, которые привели к важным теоретическим обобщениям, совершенствованию метода физико-химического анализа. Развитие Р.В. Мерцлиным теоретические представления и введение в практику нового метода исследований стимулировали дальнейшие многоплановые работы в области гетерогенных равновесий. Роман Викторович создал новое направление в физико-химическом анализе и собственную научную школу. Его труды, посвященные изучению жидкофазных равновесий в тройных и четверных системах, изотермический метод сечений сделали его имя широко известным в научном мире не только в стране, но и за рубежом. В ПГУ в полной мере раскрылся талант Романа Викторовича как педагога, блестящего лектора, научного руководителя, неутомимого пропагандиста науки. В 1948 г. ему было присвоено звание Заслуженного деятеля науки РСФСР.



Р.В. Мерцлин за работой



М.Н. Полукаров на занятиях со студентами. Март 1948 г.

Руководя кафедрой в Пермском университете, Р.В. Мерцлин систематически привлекал студентов и членов кафедры к научно-исследовательской работе. К концу 1950 г. Романом Викторовичем было опубликовано 35 научных работ. В 1950 г. Р.В. Мерцлин возвращается в Саратов, где становится ректором (до 1965 г.), одновременно являясь заведующим кафедрой физико-химического анализа.

В послевоенные годы внимание тогдашнего заведующего кафедрой физической химии М.Н. Полукарова было сосредоточено на выяснении причин наводороживания металлов в процессе их химической и электрохимической обработки, в частности, при нанесении гальванических покрытий, на поиске путей устранения этого негативного явления. Особое внимание уделялось изучению влияния коллоидов на процессы

наводороживания и электроосаждения металлов. Полученные результаты легли в основу докторской диссертации «Влияние коллоидов, обладающих гидрофобными свойствами на катодные процессы при электролизе водных растворов электролитов», которая была защищена М.Н. Полукаровым в 1954 г.

Решением ВАК от 7 января 1956 г. М.Н. Полукарову была присвоена ученая степень доктора наук, а 9 июня он был утвержден в звании профессора. Докторская диссертация М.Н. Полукарова составила основу современных исследований в области наводороживания металлов в условиях протекания электрохимических и химических реакций растворения и осаждения металлов.

Будучи прекрасным руководителем, Михаил Николаевич организовал хорошо оборудованную кафедру физической химии,

создал работоспособный творческий коллектив, широко развернул научно-исследовательскую работу в области изучения электрохимических процессов. Со временем кафедра физической химии ПГУ стала ведущим научным центром страны по изучению водородной хрупкости металлов, а М.Н. Полукаров – крупнейшим специалистом, работавшим в этой области. Открытием и исследованиями наводороживания металлов Михаил Николаевич вписал яркую страницу в научную летопись химического факультета Пермского университета. Под руководством Михаила Николаевича было подготовлено большое число специалистов, работающих на различных промышленных предприятиях страны, а также ряд кандидатов и докторов наук.



В.Ф. Усть-Качкинцев в рабочем кабинете

М.Н. Полукаров отличался необычайной трудоспособностью, ответственным отношением к делу, редкой добросовестностью и порядочностью. За свою многолетнюю педагогическую работу и вклад в развитие науки М.Н. Полукаров в 1953 г. был награжден орденом Ленина. В 1968 г. в связи с ухудшением здоровья Михаил Николаевич вышел на пенсию с должности профессора кафедры физической химии. М.Н. Полукаров скончался в Перми 8 августа 1975 г., прожив 80 лет.

После возвращения в Пермь из Москвы В.Ф. Усть-Качкинцева, он продолжал научные исследования, заведовал лабораторией физической химии. Его научные интересы, как и прежде, были связаны с физико-химическим анализом многокомпонентных систем. В 1938 г. по совокупности научных работ Виктору Федоровичу без защиты диссертации была присуждена ученая степень кандидата химических наук, в декабре того же года он был утвержден в звании доцента.

Неоценимый вклад в работу химического факультета внес В.Ф. Усть-Качкинцев в годы войны. Почти 10 лет, с сентября 1938 г. по февраль 1948 г., он был деканом химического факультета. Отношение к университету в те годы было таким, что в нем не просто работали, им жили. Сотрудники и студенты пропадали в лабораториях допоздна. С началом войны на Виктора Федоровича и секретаря факультета О.Н. Нагибину легли новые заботы. Нужно было не только продолжать учебный процесс, заменив ушедших на фронт работников, но и ввести новые, связанные с обороной страны курсы. Студенты после занятий работали в цехах

заводов, выполняя доступную им работу. Осенью, весной студентов обычно отправляли в колхозы. Организация этих поездок также ложилась на деканаты. Да и сами сотрудники постоянно выходили на субботники. Зимой расчищали от снега железнодорожные пути, осенью вылавливали из Камы бревна. Во время войны Виктор Федорович также принимал активное участие в организации лаборатории по изготовлению лечебных препаратов для госпиталей области, давал консультации работникам оборонных предприятий, читал лекции для жителей города

11 декабря 1947 г. В.Ф. Усть-Качкинцев защитил в Казанском университете докторскую диссертацию «Коагуляция гидрофобных коллоидов смесями электролитов», став вторым после Р.В. Мерцлина доктором химических наук в Перми. В октябре 1948 г. Виктор Федорович получил диплом доктора химических наук, а в июне 1949 г. был утвержден в звании профессора.

В феврале 1948 г. В.Ф. Усть-Качкинцев оставил работу в деканате химического факультета в связи с назначением на должность директора Естественнонаучного института (ЕНИ). Работая на этой должности, Виктор Федорович не только успешно выполнял свои служебные обязанности, но и помогал сотрудникам в самых разных ситуациях, за что те платили ему признательностью и уважением.

Пост директора ЕНИ Виктор Федорович занимал по январь 1950 г. перейдя на должность проректора университета. В августе 1951 г. Виктор Федорович возглавил кафедру физической и коллоидной химии, проработав в

этой должности до конца 1974 г. Коллектив кафедры был дружным. Студенты-дипломники, работавшие в лабораториях до глубокой ночи, становились почти членами кафедры, а некоторые действительно оставались на ней после окончания обучения. Так, на кафедре были оставлены Л.Л. Коновалова, В.П. Аликин, Е.В. Клименко, Ф.Р. Вержбицкий, Ю.А. Щуров, Г.С. Посягин.

Параллельно заведованию кафедрой в период с 1951 по август 1956 г. В.Ф. Усть-Качкинцев занимал должность проректора по научной работе, при этом продолжая собственные активные занятия научной работой. В 1952–1955 г. им было опубликовано пять научных статей, в том числе одна с Н.А. Трифионовым в «Журнале физической химии». В сентябре 1956 г. Виктор Федорович по состоянию здоровья оставил пост проректора по науке.

Долгие годы Виктор Федорович был редактором раздела «Химия» Ученых записок Пермского университета. Научный авторитет Виктора Федоровича Усть-Качкинцева был велик, его мнением дорожили. На кафедру часто приходили работники других вузов и научных учреждений для консультаций по различным научным и техническим вопросам. Они всегда получали помощь, совет, внимательный критический анализ своих работ.

Регулярную помощь В.Ф. Усть-Качкинцев и М.Н. Полукаров оказывали Краснокамскому целлюлозно-бумажному комбинату, консультировали на месте его сотрудников. К Виктору Федоровичу обращались за советом и работники Камской ГЭС. Впоследствии сотрудничество с ГЭС продолжила выпускница



Профессорско-преподавательский состав с выпускниками химфака. Середина 1950-х годов

кафедры Л.В. Вержбицкая. Под ее руководством были выполнены исследовательские работы, оказавшие неоценимую помощь работникам гидроэлектростанции.

Для студентов химфака В.Ф. Усть-Качкинцев читал курсы «Физическая химия», «Коллоидная химия» и «Электрохимия». Несмотря на многолетний опыт, ученый тщательно готовился к каждой лекции. Он никогда не переносил и не отменял лекций, будучи уже немолодым и не очень здоровым, никогда не просил сделать себе более удобное расписание. С 1955 г., когда Виктор Федорович пролежал два месяца в Москве в больнице Боткина после того, как его сбил автомобиль, выехавший на разделительную полосу на перекрестке, до осени 1971 г. он ни разу не был на больничном.

Под руководством В.Ф. Усть-Качкинцева успешно работали и стали самостоятельными исследователями многие сотрудники кафедры

физической химии.

Ученый разработал метод физико-химического анализа коллоидных систем. Предложил способ графического изображения коагулирующего действия и выявил коагулирующее действие смеси электролитов на золи. Установил основные типы диаграмм коагуляции. Вывел уравнение, описывающее коагуляцию гидрофобных коллоидов смесями электролитов. Раскрыл механизмы коллоидного антогонизма и сенсibilизации. Выяснил влияние химического взаимодействия между компонентами системы на свойства растворов и характер изотерм. Описал жидкие системы с расслаиванием и установил основные типы диаграмм расслаивания трехкомпонентных системах, нашел закономерность расположения нод на поле жидкого двухфазного равновесия, объяснил связь между растворимостью двойных систем и химическим поведением пограничных двойных систем.

Последние годы жизни ученый долго и тяжело болел. Но никто, даже доктора, не слышали от него ни жалоб, ни сетований на обстоятельства. Учебная нагрузка Виктора Федоровича в 1975/76 учебном году была как обычно большой. В зимнюю сессию у него стояло в расписании 11 экзаменов. 28 января 1976 г. профессор принял последний экзамен за первый семестр, а 29 января скончался.

После войны продолжил работу над медистыми песчаниками Георгий Георгиевич Кобяк.

В 1951 г. он защитил кандидатскую диссертацию «Исследование химического и фазового состава пермских медистых песчаников и разработка способа промышленного извлечения из них меди». В 1953 г. Президиум Верховного Совета СССР за добросовестную, безупречную работу наградил заведующего кафедрой аналитической химии Г.Г. Кобяка орденом Ленина.

В 1960-е гг. в связи с возросшими требованиями науки в отношении скорости и точности количественных определений, возможности автоматизации процессов титрования Г.Г. Кобяк разрабатывает новый метод безбюреточного титрования. Под его руководством был сконструирован прибор для такого титрования, который демонстрировался в 1965 г. на ВДНХ СССР, а позже – фотоэлектрический титратор АФЭТ-БКТ, за создание которого было получено авторское свидетельство. В области гравиметрического анализа Г.Г. Кобяком был предложен весовой метод полумикроопределений без перенесения осадка на фильтр.

В 1965 г. Г.Г. Кобяку было присвоено звание профессора. В 1967 г. основатель и первый заведующий кафедрой аналитической химии ПГУ ушел на заслуженный отдых, передав кафедру будущему ректору ПГУ В.П. Живописцеву. За долгий период своей



Г.Г. Кобяк демонстрирует Э.Г. Бондаревой действие своего прибора безбюреточного титрования

организаторской и научной деятельности (35 лет) Г.Г. Кобяк внес неоценимый вклад в развитие аналитической химии. Будучи незаурядным специалистом и интеллигентом «до мозга костей», он всегда поддерживал на кафедре атмосферу взаимопонимания, культуру взаимоотношений, дух творчества и поиска, за что ему благодарны его многочисленные ученики и последователи. Исследования, проводимые на кафедре аналитической химии под руководством Г.Г. Кобяка, всегда были тесно связаны с запросами реальной жизни, помогали при изучении минерально-рудных богатств Пермского края. Многие из 60 научных работ, опубликованные Г.Г. Кобяком, были направлены на решение практических задач.

После войны сотрудники кафедры органической химии (И.И. Лапкин, О.М. Лапкина, А.В. Любимова, А.И. Головкова) возобновили изучение металлоорганических соединений. В 1948 г. Иван Иванович Лапкин блестяще защитил в Казанском университете в знаменитой Бутлеровской аудитории докторскую диссертацию на тему «Пространственные торможения при магнийорганических реакциях». А.Е. Арбузов, А.И. Луньяк и другие высоко оценили тонкое исследование выпускника Казанского университета. А.Е. Арбузов, который сам еще у А.М. Зайцева в 1900 г. начинал работать с магнием, но много большего достиг с цинком, напомнил диссертанту о достижениях А.М. Зайцева в области цинкорганического синтеза, указав, что это направление разработано слабо, хотя и очень перспективно. Работая с магнийорганическими соединениями Иван Иванович Лапкин с сотрудниками

достигли многого. Так, применение подобного рода соединений с усложненными радикалами открыло возможность останавливать ход реакции на одной из промежуточных стадий и получать вещества, отличающиеся по своей структуре (тем самым – и свойствами) от обычных конечных продуктов реакции.



И.И. Лапкин с реактивами, полуными им и его коллегами. 1980-е гг.

В 1948 г. И.И. Лапкин снова возглавил химфак, проработав в должности декана до 1958 г. Причем с 1954 по 1955 гг. он был еще деканом объединенного химико-биологического факультета. В 1950 г. Ивану Ивановичу решением ВАК была присуждена степень доктора химических наук, а годом позже он получил звание профессора и с сентября 1951 г. возглавил (после ухода на пенсию профессора Д.М. Марко) кафедру органической химии ПГУ. Под его руководством работа большого коллектива научных сотрудников и аспирантов



В.Ф. Усть-Качкинцев, И.С. Бердинский, М.Н. Полукаров на защите кандидатской диссертации. 1967 г.

развивалась по нескольким направлениям. Многие были достигнуты в синтезе сложных эфиров, благодаря чему труднодоступные вещества стали легкодоступными. Кроме того, некоторые эфиры были получены впервые.

Был разработан способ регулирования металлоорганических реакций путем прибавления третьего компонента. Изучена взаимосвязь «геометрии» и химической активности: показано, что в определенных реакциях менее активные группы легче включаются в реакцию благодаря их меньшему молекулярному объему и т.д. В середине 1950-х гг. под руководством И.И. Лапкина на кафедре началось изучение химии галогеналкоголятов. Объектами исследования был поиск ответа на два вопроса – термическая устойчивость галоген-металлалкоголятов и характер их химических

превращений. Знание форм термического и химического поведения этих соединений позволяло предвидеть течение реакций в тех или иных условиях, и главное – регулировать их. Начиная с 1965 г., И.И. Лапкин и его школа стали систематически разрабатывать синтезы с участием цинкорганических соединений, продолжив исследования, начатые учеными Казанской химической школы. В частности, были открыты новые классы цинкорганических соединений – галогенцинккетоны.

С начала 1960-х гг. начались также исследования в области кремнийорганических и оловоорганических соединений. В этот период активно изучалась также химия простых и сложных эфиров. Соавторами работ И.И. Лапкина в конце 1950-х



Преподавательский состав кафедры органической химии. Середина 1960-х годов. Стоят (слева направо): З.Д. Бельх, Н.В. Богословский, И.С. Рогожникова, В.А. Думлер, Ю.В. Ионов, Г.А. Южакова, Е.В. Дормидонтова, Н.Е. Ефстафеева. Сидят (слева направо): Л.Д. Орлова, Р.Г. Мухина, И.С. Бердинский, И.И. Лапкин, В.П. Живописцев, М.Н. Рыбакова, М.И. Беланович.

и начале 1960-х гг. были М.Н. Рыбакова, О.М. Лапкина, М.И. Беланович, Р.Г. Мухина, Г.А. Южакова, Т.Н. Поварницына, В.А. Думлер, И.С. Рогожникова, Ю.П. Дормидонтов и др.

В течение 30 лет И.И. Лапкин возглавлял также и созданную им лабораторию элементоорганических соединений при ЕНИ. Под его руководством были проведены научные исследования по изучению реакций органических соединений магния, цинка, бора, кремния, германия, олова, бериллия, серы, селена. Всего сотрудниками лаборатории была получена не одна тысяча новых соединений. Каждое новое вещество ученые проверяли на предмет его научной и производственной ценности, а также в качестве возможного лекарственного препарата. Для этого они

использовали современные физические методы исследования, уникальную аппаратуру. Только по элементоорганическим соединениям сотрудниками лаборатории было опубликовано более 350 работ, подготовлено и защищено более 40 диссертаций (из них 3 докторские).

Кафедра органической химии Пермского университета была признана ведущей на Урале по элементоорганическим соединениям, ей был поручен выпуск межвузовских сборников соответствующих работ ученых Свердловского, Башкирского и других университетов, и вузов Урала, Сибири. Главным редактором сборника был И.И. Лапкин. Кроме этого, он руководил научным семинаром кафедры, где обсуждались новые

работы, намечались планы дальнейших исследований.

В 1958 г. И.И. Лапкин становится проректором ПГУ по научной работе. На этой должности, которую Иван Иванович занимал на протяжении 10 лет, особенно ярко раскрылись научные, педагогические и организаторские способности ученого.

В течение многих лет Иван Иванович Лапкин являлся председателем специализированного совета по присуждению ученых степеней в области химических наук, был членом Головного совета по органической химии Министерства высшего и среднего специального образования России, постоянным редактором сборников научных трудов по органической химии.

Активно ученый занимался и методической работой, совершенствованием учебной работы и учебного процесса. Большой опыт учебной и научной работы и энциклопедические знания позволяли профессору И.И. Лапкину вносить существенные предложения по организации учебного процесса студентов. В течение десяти лет Иван Иванович Лапкин был членом Пермского обкома КПСС.

Кафедрой органической химии Иван Иванович Лапкин руководил в течение 40 лет до 31 августа 1991 г., когда передал ее Ю.С. Андрейчикову. В эти годы ему удалось создать на кафедре дружный сплоченный коллектив, который ставил перед собой серьезные научные задачи и с успехом решал их. За время руководства кафедрой И.И. Лапкиным она неоднократно занимала первые места по научной работе.

И.И. Лапкин прожил долгую жизнь, активно занимаясь учебной и научной работой

даже в возрасте, близком к 90 годам. Обладая крепким здоровьем, он и в таком солидном возрасте работал наравне с молодыми сотрудниками. И.И. Лапкин умер 16 ноября 1993 г., прожив 90 лет, 9 месяцев и 29 дней. В течение ряда лет студентам химфака ПГУ присуждалась стипендия имени И.И. Лапкина.

Среди первых выпускников химического факультета 1936 г. был и будущий декан химического и технического факультетов ПГУ К.И. Мочалов. Во время Великой Отечественной войны Кузьма Иванович в составе отдельной Приморской Армии был участником боев под Керчью. Участвовал он также в боях на территории Польши, Румынии, Югославии, Венгрии. Вернувшись в 1945 г. с фронта, Кузьма Иванович начал работать ассистентом кафедры неорганической химии ПГУ. Был учеником Р.В. Мерцлина, занимался изучением физико-химического анализа. А в 1950 г. он защитил кандидатскую диссертацию по теме «К вопросу высаливания тройных жидких систем». С 1952 г. К.И. Мочалов – доцент кафедры неорганической химии. В 1971–1977 гг. – заведующий кафедрой неорганической химии. С 1952 по 1960 гг. Кузьма Иванович занимал должность декана технического факультета Пермского университета. С декабря 1961 по 1972 гг. он возглавлял химфак ПГУ.

К.И. Мочалов являлся крупным пермским партийным работником, был секретарем партийной организации Пермского университета. Для студентов он читал лекции



Кузьма Иванович Мочалов в деканате химического факультета

по курсу «Общая химия», «Неорганическая химия» и спецкурсу «Физико-химический анализ». Пробуждая у студентов интерес к преподаваемым дисциплинам, он сам изготавливал сложные модели диаграмм плавкости и растворимости, широко использовал на занятиях и другие демонстрационные материалы.

Кузьма Иванович активно изучал условия образования и равновесия трех жидких фаз в четырехкомпонентных системах. Проводимый К.И. Мочаловым и Т.П. Яковлевой анализ жидкофазных равновесий в многокомпонентных системах способствовал развитию теории физико-химического анализа. В 1960–1970 гг. Кузьма Иванович вместе с другими сотрудниками кафедры занимался

изучением систем, содержащих диантипирил-алканы, их соли и смеси органических растворителей. Исследовалось влияние на изменение границ жидкого двухфазного равновесия природы растворителей, замены диантипирилметана его гомологами, а также влияние водной фазы на равновесие органических слоев. Системы, содержащие органические реагенты, изучались с целью дальнейшего их применения для разработки экстракционных процессов.

В качестве декана технического факультета Пермского университета Кузьма Иванович сыграл большую роль не только для университета, но и для Перми и Пермской области. Он успешно развивал две основные

специальности факультета: «Металловедение, оборудование и технология термической обработки металлов» и «Технология неорганических веществ». Много сил К.И. Мочалов отдавал расширению материальной базы факультета, комплектованию кадров, связи кафедр технического факультета с промышленными предприятиями.

Кузьма Иванович активно комплектовал профессорско-преподавательский состав кафедр, кроме того, он не раз приглашал специалистов с производства и из НИИ. Тесная связь техфака с заводами помогала формулировать актуальные темы для научно-исследовательских работ. Исследования доцентов С.В. Варгина по технологии материалов, С.А. Амировой – по технологии неорганических веществ, Н.Н. Липчина – по металловедению шли параллельно или совместно с работами заводских инженеров, что практически снимало проблему внедрения.



Кафедра неорганической химии. 1960-е гг.

В 1960 г. технический факультет был выделен из университета, влившись в один из крупнейших уральских технических вузов – Пермский политехнический институт. Студенты технического факультета стали студентами политехнического института, туда же перешли работать многие квалифици-

рованные преподаватели университета. За время существования технического факультета были собраны кадры для ряда кафедр, обеспечено повышение их квалификации, выработаны основы научных направлений. Все это способствовало появлению в Перми самостоятельного вуза, который вскоре стал крупнейшим в городе.

В 1969 г. под руководством К.И. Мочалова как декана химфака состоялся переезд факультета из старого химического и старого главного в новый учебный корпус (ныне корпус №1). Вместе с И.С. Бердинским К.И. Мочалов организовал в рамках кафедры органической химии новое направление – химии биологически активных веществ, которое в 1973 г. было выделено в отдельную кафедру. Кузьма Иванович Мочалов умер 9 января 1983 г. в Перми.

Среди других первых выпускников химического факультета следует отметить Е.Ф. Журавлева.

После войны Евгений Филиппович вернулся в родной университет на должность ассистента и уже в 1947 г. защитил в Казани кандидатскую диссертацию «Приложение физико-химического анализа к равновесию жидких фаз в трехкомпонентных системах». К моменту защиты кандидатской диссертации у него было опубликовано 11 научных работ.

В 1948 г. Е.Ф. Журавлев был утвержден доцентом кафедры неорганической химии. В этот период Евгений Филиппович читал курс общей и неорганической химии для студентов химического, биологического и геологического факультетов. В 1959 г. для студентов металлургического отделения он вел курс «Теория металлургических

процессов». В период с 1950 по 1964 г. Евгений Филиппович занимал должность заведующего кафедрой неорганической химии Пермского госуниверситета. На этот период он имел 38 научных работ.



Е.Ф.Журавлев на занятиях со студентами по неорганической химии. 1937 г.

Научная деятельность Е.Ф. Журавлева была посвящена исследованиям, связанным с физико-химическим анализом многокомпонентных органических и водно-солевых систем. Физико-химический анализ и теория гетерогенных равновесий позволили значительно глубже проникнуть в сущность жидких систем. Появилась возможность не только описать полученные результаты экспериментальных наблюдений, но и предвидеть их для конкретно избранной химической системы.

В 1950-е годы по инициативе Евгения Филипповича на кафедре неорганической химии начало успешно развиваться научное направление, связанное с разработкой теоретических основ получения минеральных солей – гидрокарбоната натрия и дихромата калия. Первой к изучению четырехкомпонентных взаимных водно-солевых систем с целью разработки нового способа получения солей калия круговыми изогидрическими процессами с участием

добавочных солей приступила аспирантка А.Д. Шевелева.



А.М. Шаврин

Позднее по этой тематике работали С.Ф. Кудряшов, С.И. Фролова, О.Г. Никитина, О.С. Кудряшова, М.В. Изосимова. Они исследовали ряд четырехкомпонентных взаимных систем, включающих дихроматы, нитраты, хлориды, карбонаты, сульфаты и роданиды калия, натрия и аммония. Впоследствии по данной теме было защищено шесть кандидатских и одна докторская диссертации.

В 1963 г. Е.Ф. Журавлев защитил докторскую диссертацию «Двухфазное жидкое состояние в трехкомпонентных системах» и в 1964 г. стал доктором наук, а в 1965 г. – профессором.

Еще одним выпускником предвоенных лет, оставившим заметный след в истории химического факультета, был Александр Михайлович Шаврин, окончивший кафедру

неорганической химии в 1937 г.

Вернувшись в университет после войны, он в 1949 г. защитил кандидатскую диссертацию «Спектро-аналитические методы определения ванадия в медистых песчаниках», а в 1970 г. – докторскую диссертацию «Исследование химических процессов на электродах и спектральный анализ веществ методом разбавления». В 1973 г. он стал профессором.

А.М. Шаврин является основоположником атомно-эмиссионного анализа в Перми. При кафедре аналитической химии он создал учебно-научную лабораторию спектрального анализа, ставшую ведущей не только на кафедре, но и в городе. Под его руководством защищено 10 кандидатских диссертаций, опубликовано более 100 научных работ. А.М. Шаврин был председателем комиссии по спектроскопии при областном совете НТО. За научную и общественную деятельность был награжден пятью медалями.

Большой вклад в развитие химического факультета внес и Виктор Васильевич Кузнецов с отличием окончивший химфак в 1937 г. и оставленный ассистентом на кафедре физической химии в 1939 г. В 1940 г. им была опубликована первая научная работа «Исследование катодных процессов при электролизе солей меди в присутствии SeO_2 ». Эта статья, как и ряд последующих работ, была посвящена экспериментальной оценке роли коллоидных систем в электролитах в формировании гальванических осадков.

В 1940 г. Виктор Васильевич был призван в ряды Красной Армии. Участвовал в Сталинградской битве, обороне Харькова. С 1944 г. служил в пограничных войсках по охране границы на освобожденной территории

Крыма. После демобилизации в 1946 г. возвратился в ПГУ, где был зачислен сначала на должность ассистента, а затем на должность старшего преподавателя.

В 1951 г. Виктор Васильевич защитил кандидатскую диссертацию на тему «Исследование условий образования коллоидов при электролизе и роли их в формировании катодных осадков», и через некоторое время был утвержден в звании доцента. Результаты этих исследований использовались при теоретическом обосновании причин изменений механических характеристик гальванопокровов и оптимизации условий их роста.

Другим направлением научной деятельности В.В. Кузнецова, ставшим для него основным на многие годы, было изучение наводороживания металлов в электрохимических процессах и коррозии металлов: механизма реакции выделения водорода на переходных металлах, водородной хрупкости, водородопроницаемости металлических мембран, коррозии металлов под напряжением и в наводороженном состоянии и др.

С июля 1957 по ноябрь 1962 г. В.В. Кузнецов возглавлял ЕНИ. В это время благодаря усилиям Виктора Васильевича в институте было создано пять новых лабораторий. В частности, в 1958 г. он становится создателем и заведующим лабораторией электрохимии ЕНИ, основным научным направлением которой стало исследование механизма наводороживания и изменений физико-механических свойств металлов в гальванотехнике. Будучи директором института, В.В. Кузнецов прилагал много сил для открытия в составе ЕНИ лаборатории радиохимии. В 1961 г.



В.В.Кузнецов с выпускниками кафедры физической химии. 1985 г.

лаборатория получила паспорт на проведение работ с открытыми источниками ионизирующих излучений.

В июне 1968 г. Виктор Васильевич Кузнецов защитил докторскую диссертацию «Исследование механизма электроосаждения и наводороживания металлов». В работе было проведено систематическое исследование наводороживания металлов при травлении и нанесении гальванических покрытий, изучено влияние наводороживания на искажения кристаллической решетки металла, микронапряжения, физико-механические свойства металлов, изучена кинетика выделения стимуляторов наводороживания на железе, обсуждался механизм наводороживания металлов при травлении в электролитах. В

1969 г. ученый был удостоен звания профессора.

В период с 1972 по 1975 г. В.В. Кузнецов занимал должность проректора по учебной работе Пермского университета. Работая на этой должности, Виктор Васильевич возглавил перестройку учебного процесса и организацию подготовительного отделения в вузе. С 1975 по 1986 г. Виктор Васильевич заведовал кафедрой физической химии химического факультета. При участии В.Ф. Усть-Кач-Качкинцева, В.В. Кузнецова, С.М. Белоглазова сформировалась Пермская школа коррозионистов-электрохимиков. В этот период были развиты новые теоретические представления о роли водорода в эволюции тонкой структуры металлов и сплавов при

коррозионно-электрохимических процессах, разработаны и внедрены новые ингибиторы коррозии и наводороживания металлов.

В.В. Кузнецов являлся организатором шести Пермских конференций «Коррозия и защита металлов», являлся организатором Всесоюзного совещания по вопросам наводороживания металлов (1965). Виктор Васильевич был не только признанным ученым, но и требовательным, доброжелательным педагогом, подготовившим большое количество кандидатов наук. В.В. Кузнецов – автор более 270 научных работ. В центральном издательстве в соавторстве с Г.В. Халдеевым и В.И. Кичигиным им была опубликована книга «Наводороживание металлов в электролитах», написаны многочисленные статьи, многие разработки защищены авторскими свидетельствами на изобретения. Также Виктором Васильевичем были написаны известные по всей России учебники по физической химии. Дважды (1964 и 1968 г.) большим тиражом издавался его учебник по физической и коллоидной химии для студентов геологических специальностей вузов.

В 1976 г. в издательстве «Высшая школа» тиражом 25000 экземпляров вышло учебное пособие для биологических специальностей университетов «Физическая и коллоидная химия» (совместно с В.Ф. Усть-Качкинцевым). В 1980 г. в Пермском книжном издательстве вышла книга В.В. Кузнецова и Л.В. Вержбицкой «Защита металлов от коррозии в пресной воде».

В 1973 г. В.В. Кузнецов был удостоен звания «Заслуженный деятель науки и техники». Исследования, выполненные под его

руководством, легли в основу практических мероприятий по защите оборудования от коррозии и наводороживания в ряде областей промышленности. В течение ряда лет под его руководством проводились исследования по изучению причин коррозии гидромеханического оборудования Камской ГЭС и Пермского шлюза. Под руководством В.В. Кузнецова была начата разработка безотходных гальванических производств, создано оборудование для регенерации тяжелых металлов из отработанных электролитов и промывных вод.

На ряде предприятий страны нашел применение ингибитор коррозии и наводороживания ПГУ-2, разработанный на кафедре физической химии, возглавляемой Виктором Васильевичем. Виктор Васильевич Кузнецов пользовался большим уважением и авторитетом среди коллег по кафедре, факультету и университету и студентов за профессионализм, большой жизненный опыт, доброжелательность и отзывчивость. За участие в войне и за многолетнюю научную и педагогическую работу Виктор Васильевич был награжден орденом, несколькими медалями.

В.В. Кузнецов умер 30 ноября 1986 г., прожив 73 года.

Химический факультет по специальности «Органическая химия» в 1936 г. с отличием окончил Николай Васильевич Богословский, начавший работать ассистентом и старшим лаборантом кафедры органической химии ПГУ.



Н.В. Богословский

В годы войны с 1941 г. он трудился на оборонном заводе № 33 (завод им. Калинина) в должности старшего инженера, начальника химической лаборатории, зам. начальника цеха, зам. начальника центральной заводской лаборатории. В 1957 г. Николай Васильевич Богословский был назначен начальником Центральной заводской лабораторией завода им. Калинина. В сентябре 1961 г. Николай Васильевич перешел в ПГУ на должность доцента кафедры органической химии Пермского университета, где начал читать курс «Химическая технология» для студентов химического факультета. В июне 1966 г. он защитил кандидатскую диссертацию по синтезу селеноорганических соединений, а в октябре 1966 г. был назначен и.о. директора Естественного института (ЕНИ).

В 1967 г. после получения ученой степени кандидата химических наук, Н.В. Богословский был назначен директором ЕНИ,

проработав в этой должности 10 лет, совмещая ее с должностью доцента кафедры органической химии и будучи первым заведующим лаборатории элементоорганических соединений, которая была введена в состав ЕНИ в 1967 г. В период директорства Николая Васильевича в 1973 г. была открыта госбюджетная лаборатория органических реагентов, инициатором и научным руководителем которой был доктор химических наук, профессор В.П. Живописцев.

Николай Васильевич был доброжелательным, очень позитивным, оптимистичным и веселым человеком. Он любил людей, и они платили ему тем же. В 1977 г., оставив пост директора, Николай Васильевич занял должность заведующего лабораторией элементоорганических соединений ЕНИ и проработал там до 1979 г.

Н.В. Богословский был заядлым рыбаком, грибником, образцовым дачником. Он коллекционировал марки и монеты, освоил технику резьбы по дереву, занимался разведением комнатных рыбок, был первым председателем общества любителей кактусов в Перми.

Николай Васильевич Богословский умер 18 декабря 2002 г. в возрасте 88 лет.

Еще одним ученым, оставившим заметный след в истории химического факультета, был И.С. Бердинский, поступивший на химфак ПГУ в 1937 г. Во время войны он являлся начальником химической службы стрелковой дивизии, принимал участие во многих боевых операциях, участвовал в Сандомирском сражении, освобождал Варшаву. Иван Сергеевич был награжден медалями «За

отвагу», «За оборону Москвы», «За освобождение Варшавы», «За победу над Германией» и медалью Жукова, а также орденами Красной Звезды и Отечественной войны II степени.

После демобилизации из рядов Советской Армии И.С. Бердинский начал работать химиком-исследователем в Центральной заводской лаборатории завода им. Орджоникидзе. Однако вскоре желание заняться научной работой привело его на кафедру органической химии Пермского фармацевтического института, где с 1946 по 1948 гг. он работал ассистентом. За короткий срок Иван Сергеевич выполнил кандидатскую диссертацию «Интрамолекулярная конденсация N-ариламидов α -оксикислот», которую защитил в марте 1949 г.

Работая доцентом кафедры органической химии Пермского фармацевтического института, Иван Сергеевич с 1951 г. по совместительству являлся доцентом кафедры органической химии ПГУ. В 1959 г. он полностью перешел на работу в университет. Под руководством Ивана Сергеевича на кафедре сразу началась интенсивная работа студентов химфака и биофака в области химии гидразидов дизамещенных гликолевых кислот.

Активную работу И.С. Бердинский осуществлял и в лаборатории биологически активных веществ ЕНИ. За первые 5 лет (1961–1966) работы лаборатории было подвергнуто скринингу около 300 химических веществ, среди которых были обнаружены препараты, обладающие выраженным противотуберкулезным, противосудорожным, противотреморным и обезболивающим действием. По материалам исследований было

опубликовано 20 научных статей.

В апреле 1970 г. И.С. Бердинский защитил докторскую диссертацию на тему «Арилгидразиды дизамещенных гликолевых кислот». За время работы И.С. Бердинского на кафедре органической химии под его руководством защитили кандидатские диссертации Я.М. Виленчик, Н.А. Асанова, О.П. Пилипенко, Н.Н. Мачуленко, Л.Н. Краснова, Е.Ю. Посягина, Л.С. Никулина, Г.С. Посягин.

В 1973 г. И.С. Бердинский возглавил созданную им кафедру химии природных и биологически активных соединений со штатом пяти преподавателей (доценты З.Д. Белых, Е.Ю. Посягина, Л.Д. Орлова, Н.А. Самойловских (через год Л.С. Косвинцева) и трех лаборантов (Н.И. Шипунова, А.И. Плотникова, Е. Борисова). Первый набор студентов на новую кафедру состоялся в 1974 г.

На кафедре начало развиваться научное направление «Синтез и изучение замещенных гидразидов оксикарбоновых кислот как биологически активных соединений». Основные работы Ивана Сергеевича в этот период посвящены химии гидразидов оксо- и оксикислот, а также исследованию их фармакологической активности. Широкие исследования гидразидов, проводимые под руководством И.С. Бердинского, дополнялись всесторонним изучением их биологической активности в лабораториях ЕНИ, Всесоюзного научно-исследовательского химико-фармацевтического института, Института биохимии имени А.Н. Баха (Москва).

К числу несомненных достоинств проведенных под руководством И.С. Бердинского исследований, следует отнести и



И.С. Бердинский и Л.С. Косвинцева обсуждают ход реакции
Середина 1970-х гг.

широкое применение методов физической органической химии – полярографии, потенциометрии, спектрофотометрии, корреляционного анализа, что позволяло предлагать не только схему той или иной реакции, но и ее обоснованный механизм. В результате проведенных исследований были найдены вещества с противосудорожной, противотуберкулезной, анальгетической, противовоспалительной, ростостимулирующей активностью, ингибиторы кислотной коррозии и наводороживания черных металлов в кислотах и другие потенциально важные в практическом плане соединения. В частности, были созданы стимуляторы роста пшеницы, способствовавшие повышению урожайности на 20 % (О.В. Веретенникова), активные противотуберкулезные соединения (В.А. Глушков), вещества, обладающие противовоспалительной активностью (Л.Д. Орлова, Е.Ю. Посягина, П.Т. Павлов, А.Н. Масливец), анальгетическим действием (З.Д. Белых, В.Б. Авдеев, А.Н. Масливец, О.П. Тарасова).

И.С. Бердинский является автором 241 статьи, 62 авторских свидетельств СССР, монографии «Фармакология и химия

производных гидразина» (1976 г., совместно с В.Э. Коллой). За время своей профессиональной деятельности он подготовил 16 кандидатов химических наук. Известными учениками И.С. Бердинского являются: декан химфака (1988–1998) З.Д. Белых, доктора химических наук И.В. Машевская (декан химфака в настоящее время), А.Н. Масливец (заведующий кафедрой органической химии), В.А. Глушков (профессор кафедры фармакологии и фармации), Г.Г. Абашев (заведующий лабораторией органических полупроводников ЕНИ ПГНИУ), Р.Р. Махмудов (заведующий лабораторией биологически активных соединений ЕНИ ПГНИУ). За свою плодотворную научную и педагогическую деятельность И.С. Бердинский был награжден орденом «Трудового Красного Знамени».

Иван Сергеевич Бердинский был добрым, внимательным, интеллигентным и справедливым человеком, очень общительным и приветливым. Он также был замечательным научным руководителем студентом и аспирантов.

Иван Сергеевич был хорошим лектором. Лекции, которые он читал по памяти, были иллюстрированы сведениями из разных областей науки, в том числе примерами из повседневной жизни.

И.С. Бердинский был очень разносторонним человеком. Еще с юности Иван Сергеевич полюбил музыку. Дома у него была большая коллекция пластинок с классической музыкой, романсами, джазом. Кроме того он был заядлым книголюбом. В его библиотеке было более тысячи книг по химии, а также по истории, и философии.

Некоторые из них, как и музыкальные пластинки, он периодически дарил сотрудникам кафедры. Помимо этого профессор был увлеченным филателистом. В его коллекции, кроме обычных, было и несколько редких марок. В молодые годы ученый любил играть в волейбол, а также ездить на мотороллере, которым искусно управлял.

В начале 1980-х годов у Ивана Сергеевича случился инсульт. Он долго болел. Потом вернулся на работу, однако было заметно, что он сильно сдал. В итоге ученому в 1987 г. пришлось покинуть университет. Скончался И.С. Бердинский 19 мая 1997 г. в возрасте 78 лет.



В.П. Живописцев

Выпускником химического факультета 1938 г. был доктор химических наук, профессор, заслуженный деятель науки РСФСР, ректор Пермского университета

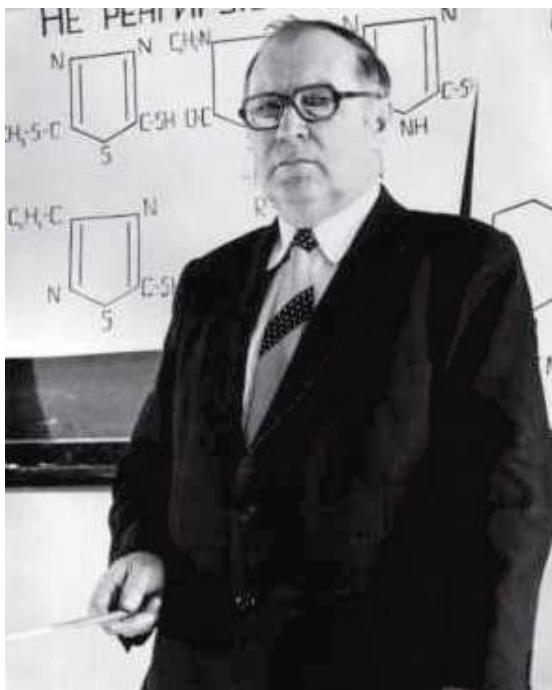
Виктор Петрович Живописцев.

В годы Великой Отечественной войны В.П. Живописцев был сапером, химиком. Закончил войну он начальником окружной химической лаборатории Приморского военного округа. После демобилизации Виктор Петрович вернулся к педагогической и научной деятельности на кафедру аналитической химии.

В 1949 г. он опубликовал свою первую статью, которая была посвящена определению малых количеств цинка с помощью диметиламиноантипирина. Однако вскоре ученый перенес свое внимание на диантипирилметан (ДАМ). В 1950 г. В.П. Живописцев предложил использовать ДАМ в качестве реагента для определения кадмия и кобальта. Полученные результаты легли в основу кандидатской диссертации «Высокомолекулярные комплексные соединения диантипирилметана с кадмием и кобальтом и их применение в неорганическом анализе», защищенной В.П. Живописцевым в 1951 г. и давшей начало новому направлению в аналитической химии – применению производных пиразолона для анализа неорганических соединений.

Сознавая большую перспективность исследований в новом направлении и невозможность работать «в одиночку», В.П. Живописцев, проявив невероятную настойчивость, в 1961 г. добился от Пермского совнархоза открытия в Пермском университете отраслевой научно-производственной лаборатории аналитической химии со штатом до 15 человек. С того времени ДАМ и его гомологи начали широко использоваться в практике заводских и научно-исследовательских

лабораторий. С помощью этих веществ в дальнейшем были предложены не только способы избирательного выделения ионов металлов, но и способы их разделения, а также приемы группового концентрирования (до 30 элементов). Также были разработаны новые методы анализа, позволяющие значительно сократить время проведения анализа.



В.П. Живописцев читает лекцию по спецкурсу. 1984 г.

В 1965 г. В.П. Живописцев защитил докторскую диссертацию «Производные антипирина как аналитические реагенты» и в 1967 г. был утвержден в ученом звании профессора. В своей докторской диссертации Виктор Петрович доказал, что элементы реагируют с диантипирилметаном и другими производными пиразолона по кислороду карбонильной группы. Кроме этого, он установил возможность управления селективностью ДАМ путем изменения состава водной фазы, кислотности, а также ее солевого фона. Вместе с тем, ученый обнаружил расслаивание органической фазы

при экстракции элементов с ДАМ. Закономерности, выявленные при трехфазном концентрировании, послужили основой для разработки вторичного концентрирования, включающего первичную экстракцию и собственно концентрирование. Метод трехфазного концентрирования способствовал решению как аналитических задач, так и проблем химической технологии.

В 1967 г. кафедра аналитической химии переехала в новый 4-этажный корпус №1 университета и стала занимать все площади левого крыла 2-го этажа, кроме лаборатории спектрального анализа, которая осталась уже в бывшем главном корпусе университета. В июне 1967 г., после ухода на пенсию Г.Г. Кобяка, Виктор Петрович был избран заведующим кафедрой аналитической химии Пермского университета, которой руководил до 1990 г.

Сложившееся под руководством В.П. Живописцева научное направление на кафедре охватывало важную область аналитической химии – применение органических реагентов для анализа неорганических веществ.

Приступив к работе в должности заведующего кафедрой, Виктор Петрович сразу обозначил приоритеты в своей деятельности, а именно: преемственность и сохранение сложившихся традиций в коллективе, основу которых составляла честность во взаимоотношениях, добрые отношения и взаимопонимание между сотрудниками, уважительное отношение к студентам, привлечение их к научно-исследовательской работе. Под его руководством трудились несколько увлеченных наукой студентов, одновременно

он руководил работой не менее трех аспирантов.

Практически с самого начала своей работы с пиразолонами Виктор Петрович выделил два главных направления научных исследований: 1. Экстракционные методы выделения и разделения ионов металлов с применением диантипирилметана и его гомологов. 2. Антипириновые красители в практике аналитической химии. Развитие первого направления обеспечивали: А.А. Минин, Л.П. Пятосин, Б.И. Петров, инженеры Г.Е. Шестакова, М.И. Дёгтев, В.Н. Вилисов и др., второго – Е.А. Селезнева, Т.Б. Черепанова, З.И. Брагина, А.П. Липчина, В.А. Истомина, Э.Г. Бондарева и др.

О первом направлении уже было сказано выше, второе – охватывало исследование свойств и применение в фотометрических, а позднее и в титриметрических методах анализа антипириновых красителей, в частности хромпиразола и его производных, с помощью которых были разработаны методики определения большого числа различных химических элементов. В.П. Живописцев синтезировал более 20 антипириновых красителей. Простота применения и высокая эффективность получили высокую научную оценку, и нашли широкое практическое применение.

Исследования, выполненные под руководством В.П. Живописцева, получили широкое признание в нашей стране и за рубежом. За период работы в университете им опубликовано около 400 научных работ в центральных, зарубежных изданиях и в сборниках научных трудов университета. Среди них 56 авторских свидетельств на

изобретения, монография «Аналитическая химия цинка» (соавтор Е.А. Селезнева), опубликованная в издательстве «Наука» (1975). Под его руководством были защищены 2 докторских и 29 кандидатских диссертаций.



В.П. Живописцев синтезирует новый аналитический реагент

Ряд разработанных им и сотрудниками кафедры аналитической химии методов, а также полученных реактивов, нашли широкое практическое применение и до сих пор используются в практике заводских и научно-исследовательских лабораторий. Некоторые из пиразолонов демонстрировались на различных выставках, в том числе на Лейпцигской международной ярмарке и на ВДНХ.

В.П. Живописцев всегда щедро делился с коллегами результатами своих исследований и синтезируемыми им реактивами. Это способствовало широкому развертыванию исследований в других научных центрах, увеличению числа публикаций и интенсивному внедрению ДАМ в аналитическую практику. В результате возникла необходимость подвести итоги этих исследований в масштабах страны. Это было сделано на двух Всесоюзных конференциях «Пиразолоны в аналитической химии» (1974,

1980), прошедших в Пермском университете. Материалы конференций показали, что в аналитическую практику прочно вошли новые эффективные методы, основанные на применении производных пиразолона, и сформировалось новое научное направление «Химия пиразолона и его производных». И у истоков этого направления стоял В.П. Живописцев.

В июле 1970 г. в возрасте 54 лет В.П. Живописцев был назначен ректором Пермского университета, став третьим химиком-ректором после Култашева и Мерцлина. За период работы ректором Виктор Петрович внес неоценимый вклад в развитие университета, много сил и внимания уделяя вопросам развития науки в университете, росту научных кадров, совершенствованию учебно-воспитательной работы, развитию материальной базы. Если во время обучения в университете В.П. Живописцева насчитывалось около 800 студентов, то в 1970-е годы их было уже несколько тысяч. Необходимо было активно заниматься строительством новых корпусов и зданий. Важнейшим из условий, на которых Виктор Петрович согласился возглавить университет, было строительство корпуса для химического факультета, лаборатории и аудитории которого в то время были разбросаны по разным корпусам.

С огромным трудом, преодолев большое количество проблем, эта задача была решена. В 1975 г. сбылась мечта ректора, а также нескольких поколений химиков университета. Химфак переехал в новый, собственный корпус площадью 9420 кв. м. Кроме химического корпуса под его руководством

были построены Дом культуры студентов площадью 4342 кв. м, корпус для экономического факультета, двухзальный спортивный корпус, четыре студенческих общежития № 2, 5, 6 и 7 на 2100 мест, лыжная база, студенческая столовая на 530 посадочных мест (сегодня – корпус юридического факультета), санаторий-профилакторий, музей истории университета. За время его ректорства учебные, площади университета выросли более чем в два раза. Не зря в университете его называют ректором-строителем.

Но строительство было лишь одной стороной жизни университета. Главным направлением деятельности все-таки был учебный процесс. В те годы шла активная перестройка учебных планов, самого процесса обучения. Большое внимание уделялось самостоятельной работе студентов, вводились новые дисциплины. Вместе с тем произошло увеличение численности аспирантов университета, был осуществлен ряд других нововведений.



В.П. Живописцев с преподавателями и сотрудниками кафедры аналитической химии.

Много сделал Виктор Петрович Живописцев и для ЕНИ, созданного в ПГУ

еще в начале 1920-х гг. В нем проводились фундаментальные исследования в разных областях науки, в том числе химии, биологии, геологии, экологии. Перед ректором возникла проблема расширения площади под исследовательские лаборатории. Благодаря усилиям партийных и советских властей здание по ул. Букирева, 17 было передано в ведение университета, в котором до настоящего времени и располагается ЕНИ. Кроме того, Институту были переданы часть лабораторий в корпусе химического факультета, а также комнаты во 2-м корпусе для размещения лаборатории радиоспектроскопии. Большой заслугой В.П. Живописцева стало открытие в ЕНИ ПГУ в январе 1973 г. госбюджетной лаборатории «Органические реагенты».

Не забывал В.П. Живописцев и о кафедре аналитической химии, которую он параллельно с ректорством возглавлял. В это время для кафедры было приобретено разнообразное оборудование, закуплено большое количество химических реактивов и посуды.

Университет во время руководства В.П. Живописцевым постоянно входил в число 10 ведущих университетов РСФСР, а в 1978 г. по итогам всероссийского соцсоревнования занял первое место, обойдя ведущие вузы. За этот успех коллектив университета, возглавляемый Виктором Петровичем, был награжден переходящим Красным Знаменем Совета Министров РСФСР, ВЦСПС и ЦК ВЛКСМ.

В.П. Живописцеву присвоены почетные звания «Заслуженный деятель науки РСФСР» (1973 г.). За успехи в научной, учебной и общественной работе он награжден четырьмя

орденами: Знак Почета, Трудового Красного Знамени (1976), Дружбы народов (1985), Отечественной войны II степени (1985), медалью «За трудовое отличие» (1953), нагрудными знаками «За отличные успехи в работе в области высшего образования СССР», «Почетный работник высшего образования РФ» и 8 медалями, среди них «За победу над Германией», «За победу над Японией».

В.П. Живописцев также принимал активное участие в политической и общественной жизни страны. В разные годы он был секретарем партийного бюро химического факультета, членом партийного комитета университета, Пермского обкома КПСС. С 1971 по 1987 г. он являлся председателем Совета ректоров вузов г. Перми.



В.П. Живописцев в ректорском кабинете

В.П. Живописцев был делегатом XVI съезда профсоюзов, членом Научного совета по аналитической химии Академии наук СССР. В 1971 г. Виктор Петрович был избран делегатом XXIV съезда КПСС, проходившего в г. Москве с 30 марта по 9 апреля 1971 г. В.П. Живописцев являлся заслуженным профессором Пермского университета. Это почетное звание Ученый совет ПГУ присвоил ему за № 1. Он также был почетным членом Совета ректоров вузов Пермского края.

Виктор Петрович был разносторонним человеком: ученым, педагогом, талантливым и мудрым администратором. Он был стратегически мыслящей личностью, с большим чувством нового. Весомым был вклад В.П. Живописцева в формирование команды университета. Многие из тех, кто начинал работать с ним, в настоящее время формируют настоящее и будущее университета, города, края и даже Российской Федерации.

Виктор Петрович был понимающим, доброжелательным человеком. Он обладал тонким чувством юмора, был общителен, мог интересно рассказывать о различных вещах, поддерживать беседу на любую тему, найти общий язык с самыми разными людьми. Как бы ни было ему трудно, он никогда не падал духом, находил нетривиальные решения в самых сложных ситуациях. Те же его начинания, которые он не успел закончить, были впоследствии реализованы его последователями. В частности, были достроены корпуса геологического и географического факультетов, университетские корпуса были соединены переходами.

В.П. Живописцев отдал родному университету 67 лет своей жизни, продолжая работать на кафедре аналитической химии вплоть до последних дней своей жизни. И в том, что Пермский университет сейчас такой, каким мы его знаем, неоценимый вклад принадлежит В.П. Живописцеву.

В.П. Живописцев ушел из жизни 22 октября 2006 г., прожив 91 год.

Со смертью Виктора Петровича Живописцева закончилась эпоха людей, бывших выпускниками химического факультета довоенных лет, эпоха людей,

заложивших основу химического образования в Пермском университете, внесших заметный вклад в изучение химии, углубление знаний в области химических наук, подготовивших не одну тысячу химиков, работавших и продолжающих работать в различных областях деятельности, связанных с химией, в том числе на предприятиях химической промышленности. Многие из них продолжают работать на химическом факультете Пермского государственного национального исследовательского университета, с честью продолжая дело своих учителей и наставников.

В статье использованы фотографии из архивов кафедр химического факультета, а также из семейных архивов родственников сотрудников химического факультета.

Библиографический список

1. *Обзор* преподавания наук на физико-математическом факультете Пермского отделения Императорского Петроградского Университета в 1916–17 учебном году. Пермь: Электро-Тип. губернского земства, 1916. 8 с.
2. *Обзор* преподавания наук на физико-математическом факультете Пермского университета в 1917–18 учебном году. Пермь: Электро-Тип. губернского земства, [1917]. 10 с.
3. *Отчет* об открытии Пермского отделения Петроградского Университета и деятельности его в 1916–1917 учебном году. Пермь: Электро – Тип. губернского земства, 1918. 24 с.
4. *Отчет* о деятельности Пермского Государственного университета за 1923–1924 г. Пермь, 1924. 12 с.
5. *Рогожников С.И.* Жизнь и деятельность Т.И. Темниковой – первой женщины-преподавателя органической химии Пермского государственного университета. // Вестник Пермского университета. Серия

- Химия. 2012. Вып. 1(5). С.4–11.
6. Рогожников С.И. Династия Полукаровых. // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013. Вып. 1(9). С. 4–20.
 7. Рогожников С.И., Дегтев М.И. Кафедра аналитической химии Пермского университета – возникновение, первый заведующий, первый выпуск // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2014. Вып. 1(13). С. 4–27.
 8. Рогожников С.И. Н.И. Кромер – основатель фармацевтического образования на Урале, первый декан химического факультета Пермского университета // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2015. Вып. 1 (17). С. 93–106.
 9. Рогожников С.И., Дёгтев М.И. В.П. Живописцев – ученый, общественный деятель, ректор (К 100-летию со дня рождения). // Вестник Пермского университета. Серия "Химия". 2015. Вып. 3(19). С. 4–31.
 10. Рогожников С.И. Роман Викторович Мерцлин. Штрихи к портрету ученого, педагога, общественного деятеля. // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2016. Вып. 2(22). С.6–16.
 11. Рогожников С.И., Карпачев М.Д. Второй ректор. // Пермский университет, 2015, С. 14–17.
 12. Рогожников С.И. От первых химических кафедр до химического факультета (история создания химического факультета Пермского университета. // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Том 7. Вып. 1. С. 94–16.
 13. Рогожников С.И. Иван Сергеевич Бердинский – основатель кафедры химии природных и биологически активных соединений пермского университета (к 100 летию со дня рождения). // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2018. Том 8, № 3.
 14. Рогожников С.И., Шуров С.Н. История кафедры органической химии Пермского государственного университета. История органической химии в Университетах России. От истоков до наших дней: монография. М., 2018. С. 370–394.
 15. Стогова Л., Стогова А., Ермакова А. Пермь, Кобяк. Семейная хроника. Пермь: Раритет-Пермь, 2001. 157 с.
 16. Шмидт В.К. Отчет о деятельности Пермского государственного университета за 1923–1924 г. Пермь. 1924. 12 с.
 17. Усть-Качкинцева С.В., Вержбицкий

Ф.Р. Виктор Федорович Усть-Качкинцев. Биографический очерк. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2006. 324 с.

References

1. Obozrenie prepodavaniia nauk na fiziko-matematicheskom fakultete Permskogo otdeleniia Imperatorskogo Petrogradskogo Universiteta v 1916–17 uchebnom godu. Perm: Elektro-Tip. gubernskogo zemstva, 1916. 8 s.
2. Obozrenie prepodavaniia nauk na fiziko-matematicheskom fakultete Permskogo universiteta v 1917–18 uchebnom godu. – Perm: Elektro-Tip. gubernskogo zemstva, [1917]. 10 s.
3. Otchet ob otkrytii Permskogo otdeleniia Petrogradskogo Universiteta i deiatelnosti ego v 1916–1917 uchebnom godu. – Perm: Elektro – Tip. gubernskogo zemstva, 1918. 24 s.
4. Otchet o deiatelnosti Permskogo Gosudarstvennogo universiteta za 1923–1924 g. Perm, 1924. 12 s.
5. Rogozhnikov S.I. Zhizn i deiatelnost T.I.Temnikovoi – pervoi zhenshchiny-prepodavatelii organicheskoi khimii Permskogo gosudarstvennogo universiteta. // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia "Khimiiia". 2012. Vyp. 1(5). S.4–11.
6. Rogozhnikov S.I. Dinastiiia Polukarovykh. // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia "Khimiiia". 2013. Vyp. 1(9). S.4–20.
7. Rogozhnikov S.I., Degtev M.I. Kafedra analiticheskoi khimii Permskogo universiteta – vzniknovenie, pervyi zaveduiushchii, pervyi vypusk // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia «Khimiiia». 2014. Vyp. 1(13). S. 4–27.
8. Rogozhnikov S.I. N.I. Kromer – osnovatel farmatsevticheskogo obrazovaniia na Urale, pervyi dekan khimicheskogo fakulteta Permskogo universiteta // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia "Khimiiia". 2015. Vyp. 1 (17). S. 93–106.
9. Rogozhnikov S.I., Degtev M.I. V.P.Zhivopistsev – uchenyi, obshchestvennyi deiatel, rektor (K 100-letiiu so dnia rozhdeniia). // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia "Khimiiia". 2015. Vyp.3(19). S.4–31.
10. Rogozhnikov S.I. Roman Viktorovich Mertslin. Shtrikhi k portretu uchenogo, pedagoga, obshchestvennogo deiatelia. // Vestnik Permskogo universiteta. Seriiia "Khimiiia". 2016. Vyp. 2(22). S.6–16.
11. Rogozhnikov S.I., Karpachev M.D. Vtoroi rektor. // Permskii universitet, 2015, S.14–17.
12. Rogozhnikov S.I. Ot pervykh khimicheskikh kafedr do khimicheskogo fakulteta (istoriia

- sozdaniia khimicheskogo fakulteta Permskogo universiteta. //Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Khimiiia". 2017. Tom 7. Vyp. 1. S.94–16.
13. Rogozhnikov S.I. Ivan Sergeevich Berdinskii – osnovatel kafedry khimii prirodnykh i biologicheskii aktivnykh soedinenii permskogo universiteta (k 100 letiiu so dnia rozhdneniia). //Vestnik Permskogo universiteta. Seriya "Khimiiia". 2018. Tom 8, № 3.
14. Rogozhnikov S.I., Shurov S.N. Istoriia kafedry organicheskoi khimii Permskogo gosudarstvennogo universiteta. Istoriia organicheskoi khimii v Universitetakh Rossii. Ot istokov do nashikh dnei: monografiia. - M., 2018. - S. 370-394.
15. Stogova L., Stogova A., Ermakova A. Perm, Kobiak. Semeinaia khronika. Perm: Raritet-Perm, 2001. 157 s.
16. Shmidt V.K. Otchet o deiatelnosti Permskogo gosudarstvennogo universiteta za 1923–1924 g. Perm. 1924.12 s.
17. Ust-Kachkintseva S.V., Verzhbitskii F.R. Viktor Fedorovich Ust-Kachkintsev. Biograficheskii ocherk. Perm: Izd-vo Perm. un-ta, 2006. 324 s.

Об авторах

Рогожников Сергей Иванович,
кандидат химических наук, доцент,
кафедра аналитической химии
ФГБОУ ВО «Пермский государственный
национальный исследовательский университет»
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
sir_rog@mail.ru

Машевская Ирина Владимировна,
доктор химических наук, профессор, декан
химического факультета
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
mashevskaya-irina@mail.ru

About the authors

Rogozhnikov Sergey Ivanovich,
candidate of chemistry, associate professor of the
Department of analytical chemistry
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.
sir_rog@mail.ru

Mashevskaya Irina Vladimirovna,
Doctor of Chemical Sciences, Professor, Dean of the
Faculty of Chemistry
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
mashevskaya-irina@mail.ru

Информация для цитирования:

Рогожников С.И., Машевская И.В. Химический факультет пермского государственного университета: возникновение и становление (к 90-летию образования факультета) // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 6–64. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-6-64.

Rogozhnikov S.I., Mashevskaya I.V. *Khimicheskii fakultet permskogo gosudarstvennogo universiteta: vzniknovenie i stanovlenie (k 90-letiiu obrazovaniia fakulteta)* [Chemical faculty of perm state university: emergenc and formation (on the 90th anniversary of education of the faculty)] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 6–64 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-6-64.

УДК 543.632.9, 54-412.2

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-65-73

Ю.Б. Ельчищева, Е.И. Ярушина, П.Т. Павлов

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

N-БЕНЗИЛОИЛ-N'-(8-ХИНОЛИЛСУЛЬФОНИЛ)ГИДРАЗИНА

В статье представлены результаты исследования физико-химических свойств N-бензилоил-N'-(8-хинолилсульфонил)гидразина (БХСГ). Методами спектрофотометрии, рефрактометрии и гравиметрии изучена растворимость реагента в следующих растворителях: этаноле, 0,1 моль/л растворе КОН, толуоле, хлороформе, гексане. На основании полученных результатов было показано, что БХСГ может быть использован в процессах флотации и экстракции. Были исследованы кислотно-основные равновесия в растворах реагента. Спектрофотометрическим методом получены значения констант кислотной диссоциации ($pK_{a1}=12,72 \pm 0,35$, $pK_{a2}=14,99 \pm 0,29$). Изучена устойчивость БХСГ к гидролизу в щелочных средах спектрофотометрическим методом. Показано, что в течение четырех часов реагент достаточно устойчив; степень гидролиза составляет от 3 до 8 %. Сталагмометрическим методом определена поверхностная активность БХСГ. Установлено, что реагент не является поверхностно-активным веществом.

Ключевые слова: ацилсульфонилгидразины; физико-химические свойства; органические лиганды; растворимость

Y.B. Elchishcheva, E.I. Yarushina, P.T. Pavlov

Perm State University, Perm, Russia

PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF

N-BENZYLOYL-N'-(8-CHINOLYLSULFONIL)HYDRAZINE

The article presents the results of a study of the physicochemical properties of N-benzyloyl -N'-(8-quinolylsulfonyl)hydrazine (BCHS). Using the methods of spectrophotometry, refractometry and gravimetry, the solubility of the reagent in the following solvents was studied: ethanol, 0.1 M KOH solution, toluene, chloroform, hexane. Based on the results, it was shown that BCHS can be used in flotation and extraction processes. The acid-base equilibria in the reagent solutions were investigated. The spectrophotometric method yielded the values of the acid dissociation constants ($pK_{a1} = 12.72 \pm 0.35$, $pK_{a2} = 14.99 \pm 0.29$). The stability of BCSG to hydrolysis in alkaline media was studied by spectrophotometric method. It is shown that for four hours the reagent is quite stable; degree of hydrolysis from 3 to 8%. The stalagmometric method determined the surface activity of BCHS. It has been established that the reagent is not a surfactant.

Keywords: acylsulfonylhydrazines; physico-chemical properties; organic ligands; solubility

Введение

Интерес к ацильным производным сульфогидразидов связан с широкой и многогранной сферой их применения: поверхностно-активные вещества, антиоксиданты, вулканизирующие агенты, основа источников питания в радиоэлектронной технике, фунгициды, медицинские препараты [1, 2, 3].

Ацилсульфонилгидразины (АСГ) благодаря наличию гидразидной группы способны к комплексообразованию с ионами цветных металлов, что позволяет использовать их в качестве перспективных хелатообразующих лигандов [4]. Сульфонильная группа обладает сильной электроноакцепторной способностью и поэтому может активировать соседнюю аминогруппу, облегчая отрыв от нее протона, т.е. способна усиливать кислотные свойства соединения.

В работах Чекановой Л.Г. с сотрудниками исследованы физико-химические свойства N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)гидразинов общей формулой $RC(O)NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$, где $R = C_6H_{13}, C_4H_9CH(C_2H_5), C_{12}H_{25}$, ди(п-толуолсульфонил)гидразина $C_6H_4(CH_3)SO_2NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$. Изучены процессы комплексообразования АСГ с ионами $Cu(II)$, $Co(II)$ и $Ni(II)$ в аммиачных и щелочных растворах. Показана также возможность использования реагентов в качестве собирателей для ионной флотации цветных металлов [5, 6, 7]. Препаративно выделены и идентифицированы комплексы АСГ с ионами цветных металлов. Найдены количественные характеристики равновесий комплексообразования – значения произведений растворимости осадков.

В последующих работах авторами [8, 9] представлены результаты исследования влияния природы заместителя при сульфонильной группе на физико-химические и комплексообразующие свойства сульфонильных производных гидразида 2-этилгексановой кислоты общей формулы $C_4H_9CH(C_2H_5)C(O)NHNHSO_2C_6H_5R$, где $R = H, CH_3, NO_2, NHC(O)CH_3, Cl$.

Представляло несомненный интерес исследование соединений, относящихся к ряду N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)гидразинов, отличающихся более простой и доступной в синтезе структурой ацильного радикала. Поэтому авторами [10] были изучены физико-химические свойства АСГ общей формулой $RC(O)NHNHSO_2C_6H_4(CH_3)$, где $R = H, C_2H_5, C_3H_7$. Также исследованы процессы комплексообразования реагентов с ионами $Cu(II)$ в аммиачных растворах и определены возможности их применения в процессах ионной флотации цветных металлов [11].

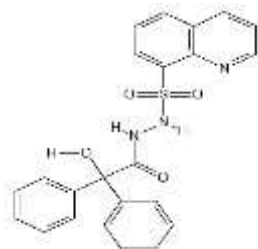
Работы авторов [12, 13] были посвящены изучению физико-химических свойств и процессов комплексообразования N-(ацил, арил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразинов общей формулой $RC(O)NHNHSO_2C_{10}H_7$, где $R = C_5H_{11}, C_4H_9CH(C_2H_5), C_{14}H_{29}$ и $C_6H_5(OH)$ с ионами цветных металлов в аммиачных средах. Изученные реагенты зарекомендовали себя как хорошие осадители и собиратели ионов цветных металлов.

В работах [14] изучено комплексообразование осмия (VI) с п-толилсульфонилгидразидом бензиловой кислоты и показана возможность экстракционно-фотометрического определения осмия в присутствии

широкого круга сопутствующих элементов, в том числе всех благородных металлов [15].

Представляло интерес изучить физико-химические свойства N-бензилоил-N'-(8-хинолилсульфонил)гидразина в качестве перспективного хелатообразующего лиганда с дополнительным координационным центром по атому азота хинолильного радикала, а также возможность практического использования данного реагента в процессах концентрирования ионов металлов.

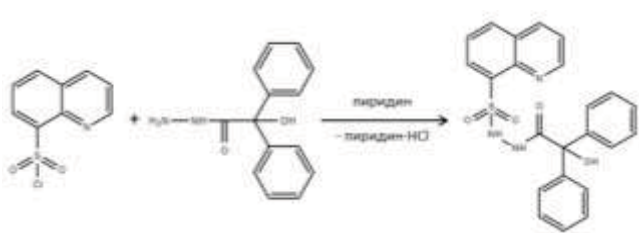
Исследуемый реагент можно представить формулой



Экспериментальная часть

1. Синтез реагента

N-бензилоил-N'-(8-хинолилсульфонил)гидразин получили взаимодействием 8-хинолинсульфохлаорида с гидразидом бензойной кислоты в среде пиридина [16, 17]:



Индивидуальность и чистота реагента подтверждена данными ТСХ, ИК-, ЯМР ^1H спектроскопии и элементным анализом.

2. Реактивы и приборы

В работе был использован этанольный раствор реагента с концентрацией $1 \cdot 10^{-2}$ моль/л; растворы гидроксида калия ($1 \cdot 10^{-2}$,

$1 \cdot 10^{-1}$ и $1,0$ моль/л); растворы соляной кислоты ($1 \cdot 10^{-2}$ моль/л); растворители: этиловый спирт, толуол, гексан, хлороформ.

Для получения УФ-спектров и нахождения оптической плотности применяли спектрофотометр СФ-2000 (ОКБ-Спектр, Санкт-Петербург). Значения pH измеряли на pH-метре АНИОН 4100 (Инфраспек-Аналит, Новосибирск) со стеклянным комбинированным электродом ЭСК-10603/7. Показатель преломления определяли на рефрактометре RE40D (MettlerToledo, Япония).

3. Физико-химические свойства

3.1. Определение растворимости

Растворимость в $0,1$ моль/л растворах КОН определяли спектрофотометрическим методом [18]. Для этого были сняты спектры поглощения раствора реагента в $0,1$ моль/л растворе КОН (рис. 1). При оптимальной длине волны был построен градуировочный график (рис. 2).

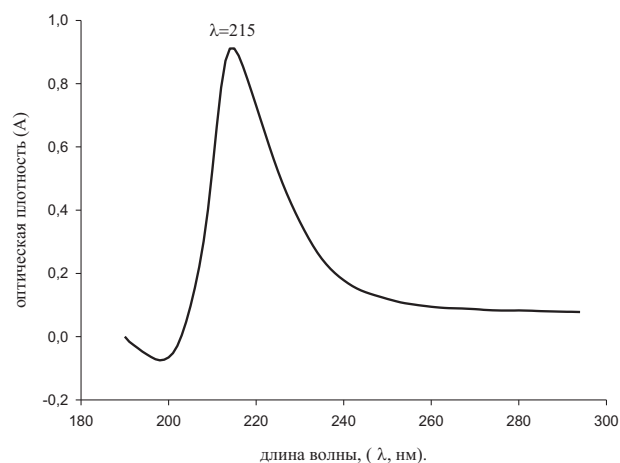


Рис. 1. Спектр поглощения БХСГ в $0,1$ моль/л КОН;
 $C = 4 \cdot 10^{-6}$ моль/л; $l = 1,0$ см

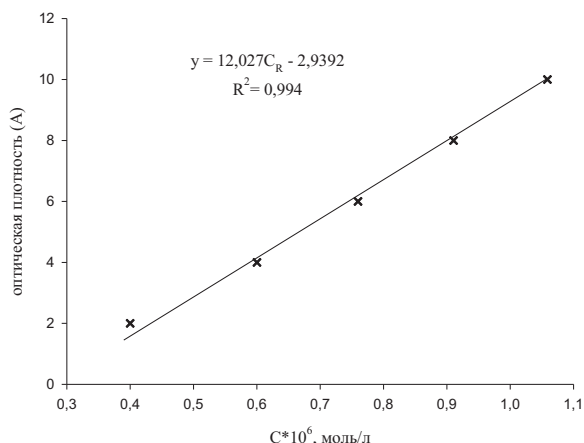


Рис. 2. Градуировочный график для определения растворимости БХСГ в 0,1 моль/л растворе КОН; $\lambda = 215 \text{ нм}$, $l = 1,0 \text{ см}$

Растворимость исследуемого реагента в этиловом спирте изучали рефрактометрическим методом. Для этого в растворитель массой 0,5 г добавляли реагент до полного насыщения. Полученные растворы термостатировали при температуре $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. Затем определяли показатель преломления жидкой фазы, строили график зависимости «показатель преломления – концентрация реагента (C, % масс.)» и по перегибу на кривой насыщения определяли растворимость в этиловом спирте (рис. 3).

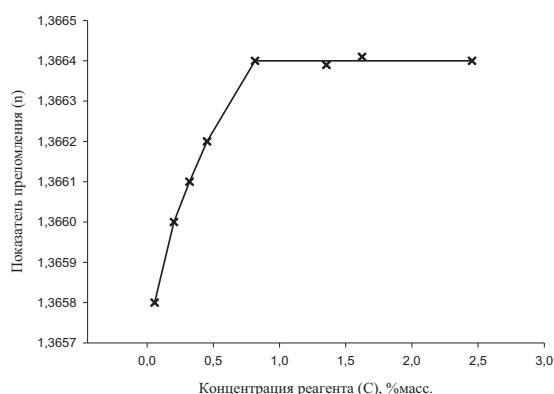


Рис. 3. Зависимость показателя преломления от концентрации реагента в этиловом спирте

Растворимость в хлороформе, гексане и толуоле определяли гравиметрическим методом. Для этого растворитель (5,0 мл) насыщали реагентом, термостатировали при температуре $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$ в течение 24 часов. После фильтрования аликвоту (1,0 мл) раствора реагента упаривали в сушильном шкафу в стеклянном бюксе при температуре $(105 - 110)^\circ\text{C}$ и доводили до постоянного веса. Расчет растворимости S (г/л) проводили по формуле:

$$S = (m_2 - m_1) \cdot 1000,$$

где m_1 – масса пустого бюкса, г;

m_2 – масса бюкса с веществом, г.

Результаты исследования растворимости реагента представлены в таблице 1. Видно, что БХСГ проявляет хорошую растворимость в хлороформе, этаноле и в 0,1 моль/л КОН, умеренно растворяется в толуоле и плохо растворяется в гексане. На основании полученных результатов можно сделать вывод, что реагент можно использовать в процессах флотации и экстракции.

Таблица 1

Растворимость БХСГ при 20°C

Растворимость, моль/л (г/л)				
этанол	0,1 моль/л КОН	толуол	гексан	Хлороформ
$1,88 \cdot 10^{-2}$ (8,15)	$2,01 \cdot 10^{-2}$ (8,72)	$1,15 \cdot 10^{-3}$ (0,500)	$2,30 \cdot 10^{-4}$ (0,100)	$8,20 \cdot 10^{-2}$ (35,8)

3.2. Поверхностно-активные свойства

Одной из характеристик, позволяющих установить возможность применения вещества в качестве флотореагента, является его способность понижать поверхностное натяжение на границе жидкость – газ [19]. Адсорбцию БХСГ на границе раздела вода – воздух изучали сталагмометрическим методом

[20, 21]. Исследуемое соединение практически нерастворимо в воде, но хорошо растворимо в 0,1 М КОН [22]. Поэтому поверхностное натяжение на границе раствор АСГ – воздух измеряли в щелочных средах. Введение БХСГ в диапазоне концентраций от $1 \cdot 10^{-5}$ до $1 \cdot 10^{-3}$ моль/л (по 0,1 моль/л раствору КОН) не влияет на значения поверхностного натяжения в сравнении с фоновым раствором. Поэтому можно сделать вывод, что исследуемые растворы реагента поверхностной активностью не обладают.

3.3. Кислотно-основные равновесия

Для определения возможной области рН комплексообразования исследованы кислотно-основные равновесия в растворах реагента. Для этого были проанализированы спектры поглощения растворов реагента в кислых, нейтральных и щелочных средах (рис. 4). При изменении значений рН растворов спектры реагента достаточно отличаются. С увеличением рН наблюдается батохромный сдвиг (рН 10–13), что свидетельствует о появлении в растворе диссоциированных форм реагента.

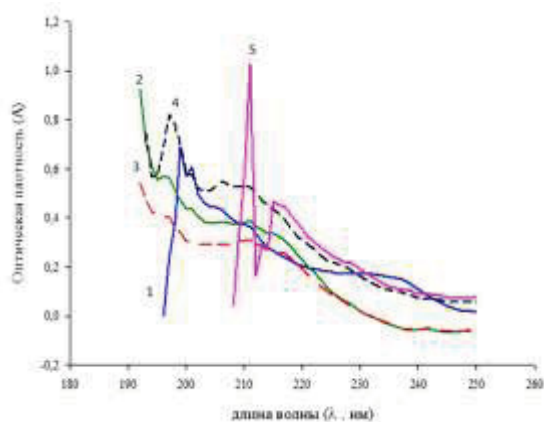


Рис. 4. Спектры поглощения растворов БХСГ в зависимости от рН; $C = 8 \cdot 10^{-6}$ моль/л, 1 – рН-3,7; 2 – рН-5,1; 3 – рН-6,4; 4 – рН-10,5; 5 – рН-13,2; (использовали растворы КОН и HCl)

Для определения констант диссоциации исследуемого реагента использовали спектрофотометрический метод [23]. Для растворов БХСГ на кривой $A \sim f(\text{pH})$ наблюдали два перегиба. Можно сделать вывод, что исследуемый реагент – слабая двухосновная кислота, диссоциирующая по двум ступеням в зависимости от рН раствора. Константы кислотной диссоциации составили: $\text{pK}_{a1} = 12,72 \pm 0,35$, $\text{pK}_{a2} = 14,99 \pm 0,29$. Можно предположить, что комплексообразование БХСГ с ионами цветных металлов должно существовать в щелочных и аммиачных средах.

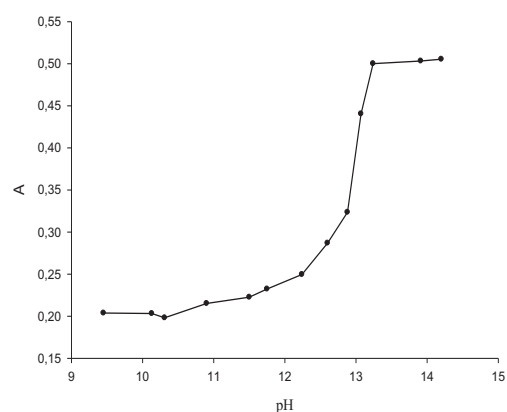


Рис. 5. Определение константы кислотной диссоциации по I ступени (pK_{a1}), $C = 8 \cdot 10^{-6}$ моль/л; $l = 1,0$ см, $\lambda = 216$ нм;

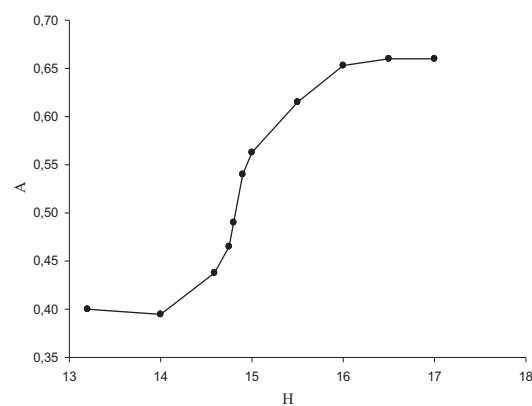


Рис. 6. Определение константы кислотной диссоциации по II ступени (pK_{a2}), $C = 8 \cdot 10^{-6}$ моль/л; $l = 1,0$ см, $\lambda = 229$ нм

3.4. Определение устойчивости к гидролизу в щелочных средах

При проведении флотационного процесса необходимым условием является достаточная устойчивость реагента [24]. Актуально было изучить устойчивость реагента в растворе КОН. Гидролитическую устойчивость определяли спектрофотометрическим методом [25]. Раствор БХСГ с концентрацией $8 \cdot 10^{-6}$ моль/л в 0,1 моль/л растворе КОН выдерживали при комнатной температуре в течение четырех часов. Изменение концентрации реагента определяли через 30, 60, 120, 180 и 240 минут. Далее раствор фотометрировали на фоне холостого опыта при оптимальной длине волны.

Расчет степени гидролиза реагента проводили по формуле

$$\alpha, \% = \frac{A_0 - A_i}{A_0} \cdot 100,$$

где A_0 – оптическая плотность раствора АСГ в начальный момент времени; A_i – оптическая плотность раствора АСГ после термостатирования.

В течение четырех часов качественный состав исследуемого раствора реагента был постоянен, о чем свидетельствовали идентичные спектры поглощения ($\lambda = 216$ нм). Зависимость степени гидролиза от времени выдерживания раствора БХСГ представлена в табл. 2, из которой следует, что реагент достаточно устойчив в щелочных средах в течение четырех часов.

Таблица 2

Степень гидролиза (α , %) БХСГ в 0,1 моль/л
КОН во времени

($C_{\text{БХСГ}} = 8 \cdot 10^{-6}$ моль/л, $\lambda = 216$ нм; $(20 \pm 0,5)^\circ\text{C}$)

τ , мин	30	60	120	180	240
α , %	3,32	4,64	5,38	5,57	7,92

Библиографический список

1. Marques. S.M., Abate C.C., Chaves S., et al. New bifunctional metalloproteinase inhibitors: an integrated approach towards biological improvements and cancer therapy // Journal of Inorganic Biochemistry. 2013. Vol. 127. P. 188–202.
2. Ariesan V. Michaela P., Aurelia M. Darstellung von Acylsulfonyl-Hydrazin-Derivaten. // Arch. Pharm. 1972, Vol. 305. P. 99-200.
3. Shyam K., Penketh P.G., Divo A.A. et al. Synthesis and evaluation of 1-acyl-1,2-bis(methylsulfonyl)-2-(2-chloroethyl)hydrazines as antineoplastic agents // Journal of Medicinal Chemistry. 1993. Vol. 36. № 23. P. 3496-3502.
4. Мачхошвили Р.И. Координационные соединения металлов с гидразинами: дис. ... д-ра хим. н. Москва: ИОНХ, 1983. 457 с.
5. Чеканова Л.Г., Радусев А.В., Воронкова О.А., и др. Извлечение ионов цветных металлов из аммиачных растворов с N-ацил-N'-(п-толуол-сульфонил)гидразинами // Химическая технология. 2011. Вып. 12. С. 754–759.
6. Воронкова О.А., Чеканова Л.Г., Щербань М.Г., и др. Комплексообразование и флотация ионов цветных металлов из щелочных растворов с N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)-гидразинами // Журнал прикладной химии. 2012. Т. 85, вып. 12. С. 2005–2010.
7. Чеканова Л.Г., Воронкова О.А., Радусев А.В., и др. Комплексообразование N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)гидразинов с ионами цветных металлов в аммиачных средах // Журнал неорганической химии. 2013. Т. 58, вып. 1. С.1–6.
9. Чеканова Л.Г., Ельчищева Ю.Б., Павлов П.Т., и др. Физико-химические и комплексообразующие свойства N-(2-этилгексаноил)-N'-сульфонилгидразинов // Журнал общей химии. 2015. Т.85, вып. 6. С 923–928.
10. Ельчищева Ю.Б., Чеканова Л.Г., Павлов П.Т., и др. N-(2-этилгексаноил)-N'-сульфонилгидразины - реагенты для

- флотационных процессов концентрирования цветных металлов // Сборник тезисов докладов IV междунар. конф. «Техническая химия. От теории к практике» 20–24 октября 2014. Пермь. С. 186.
11. Ельчищева Ю.Б., Кириевская В.О., Павлов П.Т., Чалова Ю.И. Физико-химические и комплексообразующие свойства ацилсульфонилгидразинов // Вестник Пермского университета. Серия Химия 2016. Т. 7, вып. 2. С. 92–101.
 12. Кириевская В.О., Ельчищева Ю.Б., Павлов П.Т., и др. N-ацил-N'-(п-толуолсульфонил)гидразины – реагенты для концентрирования ионов цветных металлов // Вестник Пермского университета. Серия Химия, 2017. Т. 7, вып. 1. С. 58–71.
 13. Ельчищева Ю.Б., Сунгатуллина Л.Р., Армянинова Е.Д., и др. Физико-химические и комплексообразующие свойства N-ацил-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразинов // Вестник Пермского университета. Серия Химия, 2017. Т. 7, вып. 2. С. 194–208.
 14. Ельчищева Ю.Б., Максимов А.С., Андрова А.В., Дробинина В.Р. N-(2-гидроксибензоил)-N'-(2-нафтилсульфонил)гидразин – как реагент для осаждения ионов цветных металлов из аммиачных растворов // Вестник Пермского университета. Серия Химия, 2018. Т. 8, вып. 2. С. 131–144.
 15. Воробьева Н.Е., Живописцев В.П., Павлов П.Т. Экстракционно-фотометрическое определение осмия (VI) N'-(п-толуолсульфонил)гидразидом бензиловой кислоты // Журнал аналитической химии. 1989 Т.64, вып. 3 С.467–471.
 16. Воробьева Н.Е. Ацилсульфонилгидразины – реагенты на осмий: автореферат дис. ... канд. хим. н. Рига, 1989. 17 с.
 17. Веретенникова О.В. Арилсульфо-гидразиды дизамещенных гликолевых кислот и их производные: дисс. ... канд. хим. н. Пермь, 1984. 138 с.
 18. Дзиомко В.М., Красавин И.А. 8-Аренсульфонилниламинохинолины // Химия гетероциклических соединений. Рига: Зинатне, 1967. Вып. 1. С. 276–280.
 19. Иценко А.А. Спектральные методы анализа: учебное пособие для студентов высших учебных заведений. М., Московский государственный университет тонких химических технологий имени М.В. Ломоносова, 2013. 166 с.
 20. Айвазов Б.В. Практикум по химии поверхностных явлений и адсорбции. М.: Высшая школа, 1973. 208с.
 21. Коллоидная химия: метод. указания к выполнению лабораторных работ / Перм. гос. ун-т; сост. М.Г. Щербань. Пермь, 2006. 72 с.
 22. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение. Спб.: Профессия, 2004. 240 с.
 23. Чеканова Л.Г., Радушев А.В., Воронкова О.А., и др. Извлечение ионов цветных металлов из аммиачных растворов с N-ацил-N' (п-толуолсульфонил)гидразинами // Химическая технология. 2011. Т.12, вып. 2. С. 117–121.
 24. Булатов М.И. Калинин И.П. Практическое руководство по фотометрическим методам анализа М.: Химия, 1986. 431с.
 25. Радушев А.В., Чеканова Л.Г., Чернова Г.В. Реагенты для ионной флотации цветных металлов // Цветные металлы. 2005. Вып. 7. С. 34–41.
 26. Ельчищева Ю.Б. Равновесия при комплексообразовании 1,2-диацилгидразинов с ионами цветных металлов: дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2008. 113 с.

References

1. Marques S.M., Abate C.C., Chaves S., Marques F., Santos I., Nuti E., Rossello A., Santos M.A. New bifunctional metalloproteinase inhibitors: an integrated approach towards biological improvements and cancer therapy // Journal of Inorganic Biochemistry. 2013. Vol. 127. P. 188-202.
2. Ariesan V. Darstellung von Acylsulfonyl-Hydrazin-Derivaten. / V. Ariesan, P. Michaela, M. Aurelia. // Arch. Pharm. 1972, Vol. 305, P. 99-200.
3. Shyam K. Synthesis and evaluation of 1-acyl-1,2-bis (methylsulfonyl) -2- (2-chloroethyl)

- hydrazines as antineoplastic agents / K. Shyam, P.G. Penketh, A.A. Divo, R.H. Loomis, W.C. Rose., A.C. Sartorelli // *Journal of Medicinal Chemistry*. 1993. Vol. 36. No. 23. P. 3496-3502.
4. Machkhoshvili R.I. Coordination compounds of metals with hydrazines: Dis. ... doctors chem. sciences. Moscow: IONH, 1983. 457 c.
 5. Chekanova L.G., Radushev A.V., Voronkova O.A., Baigacheva E.V., Alekhina Yu.V. Extraction of non-ferrous metal ions from ammonia solutions with N-acyl-N'- (p-toluene-sulfonyl) hydrazines // *Chemical Technology*. 2011. Issue. 12. S. 754–759.
 6. Voronkova O.A., Chekanova L.G., Shcherban M.G., Radushev A.V., Pavlov P.T., Chernova G.V. Complexation and flotation of non-ferrous metal ions from alkaline solutions with N-acyl-N'- (p-toluenesulfonyl) -hydrazines // *Journal of Applied Chemistry*. 2012.V. 85. Issue. 12. S. 2005–2010.
 7. Chekanova L.G., Voronkova O.A., Radushev A.V., Pavlov P.T., Baigacheva E.V. Complexation of N-acyl-N'- (p-toluenesulfonyl) hydrazines with non-ferrous metal ions in ammonia media // *Journal of Inorganic Chemistry*. 2013.V. 58. Issue. 1. S. 1-6.
 8. Chekanova L.G., Elchishcheva Yu.B., Pavlov P.T., Voronkova O.A., Botalova E.S., Mokrushin I.G. Physicochemical and complexing properties of N- (2-ethylhexanoyl) -N'-sulfonylhydrazines // *Journal of General Chemistry*. 2015.V. 85. Vol. 6. From 923-928.
 9. Elchishcheva Yu.B., Chekanova L.G., Pavlov P.T., Voronkova O.A., Botalova E.S. N- (2-ethylhexanoyl) -N'-sulfonylhydrazines - reagents for flotation processes of concentration of non-ferrous metals // Abstracts of reports of the IV international conference "Technical chemistry. From theory to practice" October 20-24, 2014. Perm S. 186.
 10. Elchishcheva Yu.B., Kirievskaya V.O., Pavlov P.T., Chalova Yu.I. Physico-chemical and complex-forming properties of acylsulfonylhydrazines // *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"* Perm 2016 T. 7, no. 2. S. 92-101.
 11. Kirievskaya V.O., Elchishcheva Yu.B., Pavlov P.T., Chekanova L.G., Maksimov A.S. N-acyl-N'- (p-toluenesulfonyl) hydrazines - reagents for the concentration of non-ferrous metal ions // *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"* Perm, 2017. T. 7. Issue. 1, p. 58-71.
 12. Elchishcheva Yu.B., Sungatullina L.R., Armaninova E.D., Shakhtorin N.A., Pavlov P.T., Maksimov A.S. Physicochemical and complexing properties of N-acyl-N'- (2-naphthylsulfonyl) hydrazines // *Perm University Herald. Series "Chemistry"* Perm, 2017 T. 7, Issue. 2, p. 194-208.
 13. Elchishcheva Yu.B., Maksimov A.S., Androva A.V., Drobinina V.R. N- (2-hydroxybenzoyl) - N'- (2-naphthylsulfonyl) hydrazine as a reagent for the deposition of non-ferrous metal ions from ammonia solutions // *Perm University Herald. Series "Chemistry"* Perm, 2018 T. 8, Vol. 2.P. 131-144.
 14. Vorobyeva N.E., Painters V.P., Pavlov P.T. Extraction-photometric determination of osmium (VI) N'- (p-toluenesulfonyl) benzyl acid hydrazide // *Journal of Analytical Chemistry*. 1989 vol. 64 vol. 3 S. 467-471.
 15. Vorobyov. NOT. Acylsulfonylhydrazines are reagents for osmium. Abstract of diss. ... cand. chemical science Riga, 1989.17 s.
 16. Veretennikova OV Arylsulfohydrazides of disubstituted glycolic acids and their derivatives. Diss. ... cand. chemical sciences. Perm, 1984. 138 p.
 17. Dziomko V.M., Krasavin I.A. 8-Arensulfonylaminoquinolines // *Chemistry of heterocyclic compounds*. Riga: Zinatne. 1967. Issue 1, pp. 276-280.
 18. Ishenko A.A. Spectral analysis methods: a textbook for students of higher educational institutions. Moscow, Moscow State University of Fine Chemical Technologies named after M.V. Lomonosov, 2013.-- 166 p.
 19. Aivazov B.V. Workshop on the chemistry of surface phenomena and adsorption. - M.: Higher school, 1973. - 208s.
 20. Colloid chemistry: method. instructions for laboratory work / Perm. un-t; comp. M.G. Shcherban. - Perm, 2006.-- 72 p.

21. Lange K.R. Surfactants: synthesis, properties, analysis, application. - St. Petersburg: Profession, 2004. 240 s.
22. Chekanova L.G., Radushev A.V., Voronkova O.A., Pavlov P.T., Alekhina Yu.V., Baigacheva E.V. Extraction of non-ferrous metal ions from ammonia solutions with N-acyl-N'(p-toluenesulfonyl) hydrazines // Chemical Technology .. 2011 V.12 Issue. 2. S. 117-121.
23. Bulatov M.I. A practical guide to photometric analysis methods / M.I. Bulatov, I.P. Kalinkin. - M.: Chemistry, 1986.- 431s.
24. Radushev A.V., Chekanova L.G., Chernova G.V. Reagents for ionic flotation of non-ferrous metals // Non-ferrous metals. 2005. Issue. 7.P. 34-41.
25. Elchishcheva Yu.B. Equilibria in the complexation of 1,2-diacylhydrazines with non-ferrous metal ions: Diss. ... candidate chem. sciences. Perm, 2008. 113 s.

Об авторах

Ельчищева Юлия Борисовна,
кандидат химических наук, доцент кафедры
аналитической химии и экспертизы
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
analitik1973@mail.ru

Ярушина Елена Игоревна,
студент
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
yarushina.lena2016@yandex.ru

Павлов Петр Тимофеевич,
кандидат химических наук, доцент кафедры
органической химии
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
pavlovpt@mail.ru

About the authors

Elchischeva Yulia Borisovna,
candidate of chemistry, Associate Professor,
Department of Analytical Chemistry and Expertise
Perm State National Research University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
analitik1973@mail.ru.

Yarushina Elena Igorevna,
student
Perm State National Research University
15, Bukirevast., Perm, Russia, 614990
yarushina.lena2016@yandex.ru

Pavlov Petr Timofeevich ,
candidate of chemistry, Associate Professor,
Department of Organic Chemistry
Perm State National Research University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
pavlovpt@mail.ru

Информация для цитирования:

Ельчищева Ю.Б., Ярушина Е.И., Павлов П.Т. Физико-химические свойства N бензилоил N' (8-хинолилсульфонил)гидразина // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 65–73. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-65-73.

Elchishcheva Yu.B., Yarushina E.I., Pavlov P.T. *Fiziko-khimicheskie svoistva N benziloil N' (8-khinolilsulfonyl)gidrazina* [Physico-chemical properties of N-benzoyloyl-N'-(8-chinolylsulfonyl)hydrazine] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 65–73 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-65-73.

УДК 541.138.2

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-74-83

Д.А. Мясников, И.Л. Ракитянская

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

Анодное поведение силицидо-германида марганца состава $Mn_5Si_{3-2.4}Ge_{2.4}$ в среде раствора Na_2SO_4

Методом циклической вольтамперометрии исследовано анодное поведение трехкомпонентной металлоподобной системы $Mn_5Si_{3-2.4}Ge_{2.4}$ и его отдельных компонентов Mn, Si и Ge в среде раствора сульфата натрия. Установлено, что коррозионная стойкость силицидо-германида марганца значительно ниже, чем отдельных индивидуальных компонентов, однако при существенном сдвиге потенциала в анодную область материал способен пассивироваться, причем пассивация в концентрированных растворах Na_2SO_4 наступает легче и быстрее, нежели в разбавленных. При увеличении скорости развертки потенциала пассивация затрудняется, что связано с определяющей ролью стадии диффузии в формировании защитного слоя.

Ключевые слова: силицидо-германид марганца; анодное поведение; марганец, кремний, германий
коррозионное поведение; сульфат натрия

D.A. Myasnikov, I.L. Rakityanskaya

Perm State University, Perm, Russia

Anodic behavior of manganese silicide-germanide of the composition $Mn_5Si_{3-2.4}Ge_{2.4}$ in a solution of Na_2SO_4

The anodic behavior of the three-component metal-like system $Mn_5Si_{3-2.4}Ge_{2.4}$ and its individual components Mn, Si and Ge in a solution of sodium sulfate was studied by cyclic voltammetry. It was found that the corrosion resistance of manganese silicide-germanide is lower than individual components, however at big anodic potential shifting material passivates and in concentrated Na_2SO_4 solution passivation occurs easier and faster than in diluted one. The increasing of potential sweep leads to the inhibition of passivation process and this effect is dealing with the specifying role of diffusion in the protection layer formation process.

Keywords: manganese silicide-germanide; anode behavior; manganese; silicon; germanium; corrosion
behaviour; sodium sulfate

Введение

Силициды – перспективный класс соединений, обладающих широким спектром полезных свойств: стабильность химического состава, механическая прочность, химическая устойчивость, тугоплавкость и множество других. Поскольку марганец является достаточно важным для современных промышленных производств металлом, изучение свойств его силицидов – интересная и актуальная задача. Исследования анодных процессов в основном проводились для двойных металлоподобных соединений $MnSi$, Mn_5Si_3 , в то время как для тройных металлоподобных систем с общей формулой $Mn_5(Ge_{1-x}Si_x)_3$ данных недостаточно. Замена атомов кремния на близкородственный германий усложняет анодное поведение металлоподобных систем такого рода. Установление основных закономерностей протекания анодных процессов на подобных материалах позволит сделать теоретические предположения об анодном поведении тройных металлоподобных систем в целом.

Анодные процессы на таких системах и их отдельных компонентах изучены достаточно хорошо для кислых и щелочных сред [1–15], в то время как для нейтральных сред данных недостаточно. Было выяснено, что при анодной поляризации в кислых электролитах силициды марганца обладают существенной устойчивостью к растворению вследствие образования на их поверхности пассивных пленок SiO_2 , в то время как германиды такой стойкостью не обладают.

Исследования анодного поведения силицидов в щелочной среде [2–5] показали, что на поверхности возможно образование

силикатов марганца различного состава, способствующих образованию пассивной пленки.

Силицидо-германиды марганца обладают меньшей коррозионной стойкостью, чем силициды марганца, и их поведение имеет качественное сходство с поведением германида марганца. В исследовании [3] было проведено изучение анодного поведения силицидо-германидов различного состава в щелочной среде, где процесс идет в несколько стадий, включающих в себя избирательное растворение компонентов из подрешетки материала с образованием на поверхности электрода смеси малорастворимых оксидов, не плотно адсорбирующихся и не дающих существенной защиты от окисления.

Целью данной работы являлось установление основных закономерностей протекания коррозионно-электрохимических процессов на силицидо-германиде марганца состава $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ в растворе сульфата натрия, а также установление зависимости вида анодных поляризационных кривых от концентрации электролита и скорости развертки потенциала.

Материалы и методика эксперимента

В качестве рабочих электродов использовались образцы из поликристаллических Mn , Si , Ge , а также тройная система состава $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$, полученные по методу Чохральского. Базовой установкой для производства образцов послужила печь для промышленного выращивания материалов ОКБ-8093 («Редмет-8»). Образцы предоставлены лабораторией «Кристалл» УГТУ г. Екатеринбург.

Подготовка поверхности электродов до эксперимента проводилась следующим образом: электрод механически зачищали и полировали наждачной бумагой, последовательно изменяя зернистость с 2000 до 2500. Подготовленную поверхность обезжировали 96 %-ным этиловым спиртом и ополаскивали дистиллированной и деионизированной водой. Перед анодной разверткой потенциала проводилась катодная предподготовка поверхности методом поляризации в катодную область на 200 мВ от потенциала открытой цепи для силицидо-германида и на 150 мВ для индивидуальных компонентов.

Исследования проводились в стандартной электрохимической ячейке ЯСЭ-2. Анодные поляризационные кривые и циклические вольтамперные кривые снимались на потенциостате-гальваностате MetrohmAutolab PGSTAT302N в режиме потенциодинамической развертки в диапазоне скоростей развертки от 1 до 200 мВ/с при температуре $25 \pm 5^\circ\text{C}$ в условиях естественной аэрации и стационарной диффузии. Для очистки ячейки перед началом работы несколько раз промывали водопроводной, дистиллированной и деионизированной водой. В случае сильного загрязнения ячейки продуктами коррозии ее промывали хромовой смесью.

В качестве электрода сравнения использовался хлоридсеребряный электрод, заправленный 4М KCl. В качестве вспомогательного электрода использовалась платина. Все значения потенциала приведены к стандартной водородной шкале.

Для приготовления раствора электролита Na_2SO_4 использовали бидистиллированную

воду ($R=18,2\text{M}\Omega$), полученную в аквадистилляторе Milli-QAdvantage A10 (Германия), и сухой порошок сульфата натрия марки «хч».

Для исследований большую часть образца изолировали с помощью эпоксидного клея, при этом не изолированной оставлялась только рабочая поверхность. К образцу специальным токопроводящим серебрясодержащим клеем припаивался медный провод для обеспечения контакта.

Результаты и их обсуждение

Сравнение анодного поведения силицидо-германида марганца с составляющими его индивидуальными компонентами иллюстрируется рис. 1.

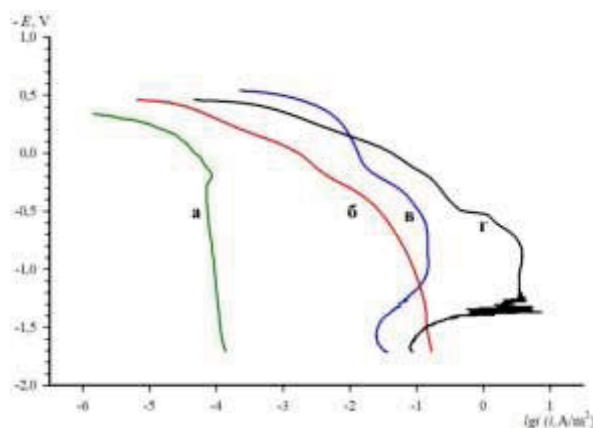


Рис. 1. Анодные поляризационные кривые для а – Si, б – Ge, в – Mn, г – $\text{Mn}_5\text{Si}_{3-2,4}\text{Ge}_{2,4}$ в $0,5\text{M Na}_2\text{SO}_4$

Потенциалы свободной коррозии для индивидуальных компонентов и трехкомпонентного материала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Потенциалы свободной коррозии Si, Mn, Ge и $\text{Mn}_5\text{Si}_{3-2,4}\text{Ge}_{2,4}$ в $0,5\text{M Na}_2\text{SO}_4$

Электрод	$E_{\text{кор}}$, В
Si	-0,33
Mn	-0,54
Ge	-0,46
$\text{Mn}_5\text{Si}_{3-2,4}\text{Ge}_{2,4}$	-0,46

Можно отметить, что скорость анодного растворения кремния в нейтральной среде довольно мала. При поляризации от потенциала открытой цепи до $E = 0,2$ В наблюдается незначительный рост плотности тока, а затем – некоторое его уменьшение из-за накопления продуктов реакции – оксида кремния SiO_2 , образующего тонкую оксидную пленку, замедляющую растворение, что также подтверждается литературными данными [6–10]. Дальнейшее окисление происходит с гораздо более низкой скоростью.

Германий обладает более высокой скоростью растворения, по сравнению с кремнием. Данная тенденция прослеживается во всей исследованной области потенциалов: начиная от потенциала его свободной коррозии $E = -0,46$ В, и до потенциала $E = 1,70$ В. При этом плотности токов на всем протяжении поляризационной кривой увеличиваются, однако на разных ее участках наклоны оказываются разными, что связано с образованием продуктов окисления GeO и GeO_2 на поверхности германиевого электрода и их дальнейшим растворением вследствие неустойчивости в водных средах [10].

Марганец, начиная переходить в раствор при потенциале $E_{\text{кор}} = -0,54$ В, сохраняет рост плотности анодного тока до потенциала $E = 0,60$ В, после чего значение плотности тока выходит на плато. Далее наблюдается снижение величины тока и переход к не слишком протяженной области пассивности, которая заканчивается при потенциале $1,75$ В с началом процесса выделения кислорода. В области потенциалов активного растворения скорость окисления марганца выше, чем скорость растворения кремния и германия, что

коррелирует с данными, полученными в работе [4].

По сравнению со своими индивидуальными компонентами, силицидо-германид марганца растворяется интенсивнее, с довольно высокими значениями плотности анодного тока. Начиная с потенциала свободной коррозии $E_{\text{кор}} = -0,46$ В для силицидо-германида регистрируется область активного растворения до потенциала начала пассивации $E = 0,85$ В, после которого значение анодного тока выходит на плато. Дальнейший сдвиг потенциала в анодную область приводит к заметному снижению плотности тока, связанному с тем, что материал начинает пассивироваться. Интересно, что процесс пассивации не идет равномерно: при $E = 1,2$ В начинают наблюдаться осцилляции плотности тока, которые, возможно, связаны с процессом образования пленки из продуктов окисления и отрыва ее от поверхности.

При сравнении анодных поляризационных кривых заметно, что потенциалы свободной коррозии для германия и силицидо-германида марганца имеют одинаковые значения. Можно предположить, что характер анодного растворения материала определяется поведением германия на участке от $-0,46$ до $0,50$ В. После $0,50$ В марганцевый компонент начинает заметно влиять на общий вид кривой. Кремний, как слабо растворяющийся в данных условиях компонент, не вносит значительного вклада в окисление силицидо-германида, однако при этом принимает участие в блокировании поверхности образца продуктами своего окисления.

Более полную информацию о поведении индивидуальных компонентов в среде $0,5\text{M}$

Na_2SO_4 дает метод циклической вольтамперометрии. На рис. 2 представлена циклическая вольтамперная кривая для марганцевого электрода.

Плотности тока кривых прямого хода ступенчато возрастают при анодной поляризации, что характеризует марганец как весьма активный металл с множеством окисленных форм [12, 13]. По мере циклирования плотности тока снижаются вследствие накопления труднорастворимых продуктов окисления марганца на поверхности электрода, однако рисунок хода циклических вольтамперных кривых остается прежним, так как поверхность образца не блокируется полностью продуктами коррозии, и значительная ее часть остается доступной для окисления. При обратной развертке потенциала пиков восстановления, симметричных пикам окисления, не наблюдается, так как процесс окисления марганца носит необратимый характер.

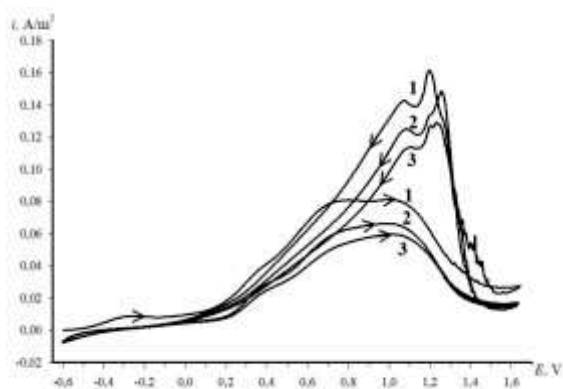


Рис. 2. Циклическая вольтамперная кривая для марганцевого электрода в среде 0,5M Na_2SO_4

При потенциале начала пассивации $E = 1,08$ В идет плавное снижение значения плотности тока, связанное с постепенным увеличением количества окисных пленок на поверхности.

Снижение пика при $E = 0,78$ В на кривых прямого хода после первого цикла свидетельствуют о том, что поверхность постепенно все больше защищается окисными пленками и марганцу сложнее ионизироваться в данной области потенциалов. Марганцевый электрод продолжает растворяться из-под окисного слоя, меняя степень окисления в составе оксидов при дальнейшей анодной поляризации. На кривых при прямой развертке происходит растворение марганца с образованием смеси оксидов, часть из которых труднорастворима. Можно отметить, что поверхность металла остается способной к дальнейшему окислению и при обратной развертке потенциала, благодаря чему ее эффективная площадь оказывается больше.

При потенциале $E = 1,62$ В поверхность марганца пассивируется. На кривых обратного хода видны большие пики плотности тока, связанные с отслаиванием и резким растворением блокирующих поверхность соединений марганца. На кривой обратного хода первого цикла имеется два явно выраженных пика при потенциалах $E = 1,10$ В и $E = 1,25$ В. Токи этих пиков снижаются по мере циклирования. Данные факты свидетельствуют о том, что марганец может образовывать многофазные, наслоенные друг на друга окисные пленки, в которых степень окисления марганца может меняться уже после формирования окисного слоя, и которые способны пассивировать поверхность. Процесс образования пассивных пленок носит необратимый характер.

На рис. 3 представлена циклическая вольтамперограмма для германиевого электрода.

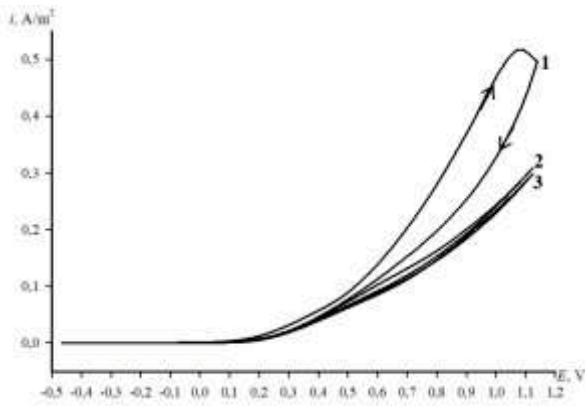


Рис. 3. Циклическая вольтамперная кривая для германиевого электрода в среде 0,5M Na₂SO₄

Германий способен анодно окисляться с образованием труднорастворимых продуктов, которые, между тем, обладают довольно слабыми защитными свойствами вследствие своей неустойчивости [11, 14, 15]. Пиков плотности тока на кривой обратной развертки нет, поэтому можно констатировать, что процесс носит выраженный необратимый характер. Для германия характерны более низкие анодные плотности токов растворения, чем для марганца.

Методом циклической вольтамперометрии было изучено анодное поведение системы Mn₅Si_{3-2,4}Ge_{2,4} в 0,5MNa₂SO₄ (рис. 4).

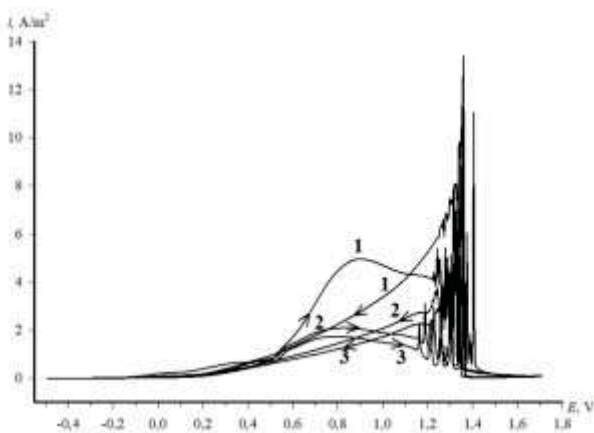


Рис. 4. Циклическая вольтамперная кривая для системы Mn₅Si_{3-2,4}Ge_{2,4} в 0,5MNa₂SO₄

Материал начинает растворяться с $E = -0,46$ В, и до $E = 0,48$ В растворение идет с относительно невысокой скоростью. При $E = 0,48$ В резко возрастает плотность тока, и максимальное ее значение фиксируется при $E = 0,90$ В. Далее, вследствие накопления продуктов анодного окисления на электроде, значение тока начинает снижаться, и при $E = 1,44$ В происходит пассивация образца. Процесс перехода в пассивное состояние сопровождается осцилляциями плотности тока, свидетельствующими о сменяющихся друг друга процессах образования и растворения оксидов на поверхности, что является особенностью формирования многофазных оксидных пленок, в которых степень окисления марганца меняется после образования. Интересно, что при обратной развертке первого цикла также наблюдаются осцилляции тока, более того, токи осцилляций при обратной развертке потенциала становятся выше, очевидно, вследствие большей развитости поверхности образца. На втором и третьем циклах прямой развертки существенно снижается плотность тока, что указывает на частичное закрытие поверхности образца и постепенное затруднение растворения силицидо-германида. Скорее всего, эти процессы связаны с селективным растворением марганца из подрешетки образца. Это, ко всему прочему, подтверждает необратимость и повторяемость от цикла к циклу процессов, происходящих при анодном окислении силицидо-германида марганца. Пленка, образующаяся в результате поляризации, способна пассивировать образец.

Визуально в растворе в процессе эксперимента наблюдается значительное помутнение вследствие образования

взвешенных частиц. Появление коллоидных частиц предположительно связано с тем, что образующаяся пленка из смеси оксидов марганца и оксидов германия обладает плохой адгезией к поверхности, и при выдержке в электролите часть ее отслаивается от электрода и попадает в раствор. Осцилляции анодного тока при переходе к области пассивности также говорят в пользу этой гипотезы.

Существенное влияние на вид анодных поляризационных кривых $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ в среде 0,5M раствора Na_2SO_4 оказывает скорость развертки потенциала, при которой осуществляется эксперимент (рис. 5). При ее повышении общий вид кривой меняется, однако основные закономерности анодного растворения остаются характерными. При увеличении скорости развертки ν от 1 до 200 мВ/с происходит увеличение плотности анодного тока окисления примерно на три порядка. Это связано с тем, что с увеличением скорости развертки образующаяся пассивная пленка не успевает качественно сформироваться. Область активного растворения материала сдвигается в сторону более положительных потенциалов, в то время как процесс начала пассивации начинается при все более низких значениях потенциала. Характерные осцилляции плотности тока в процессе пассивации сохраняются, но с увеличением ν диапазон их потенциалов сокращается. Эти данные позволяют судить о том, что на стадии активного растворения скорость реакции определяется диффузией.

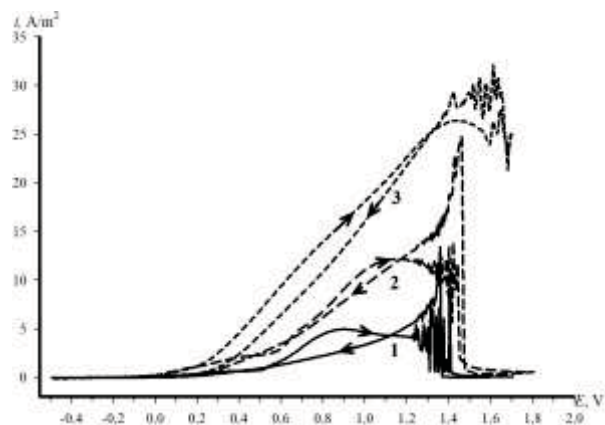


Рис. 5. Первые циклы анодных кривых для $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ в среде 0,5M раствора Na_2SO_4 при скорости развертки 1–1мВ/с, 2–50 мВ/с, 3–200 мВ/с

Также была предпринята попытка установления зависимости электрохимического анодного поведения силицидо-германида от концентрации электролита Na_2SO_4 , в диапазоне следующих значений: 1M, 0,5M, 0,25M, 0,1M, 0,05M. На рис. 6. представлены анодные поляризационные кривые отражающие эту зависимость. В общем случае кривые во всем диапазоне концентраций показывают сложную зависимость плотности тока i , A/m^2 от потенциала E , В. При небольшом сдвиге потенциала в анодную область, до $E = -0,75$ В, скорость растворения силицидо-германида марганца невелика, и практически не зависит от концентрации сульфата натрия. Существенные различия в ходе поляризационной кривой начинаются с потенциала 0,45 В. При невысоких концентрациях электролита (до 0,1M) токи пика анодного растворения увеличиваются, однако эта тенденция меняется при дальнейшем увеличении содержания Na_2SO_4 : начиная с концентрации 0,25M ток пика активного растворения уменьшается, а его потенциал сдвигается в более катодную область.

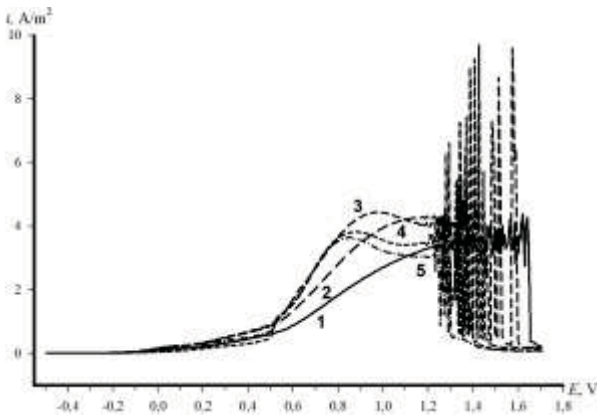


Рис. 6. Анодные поляризационные кривые для $Mn_5Si_{3-2,40}Ge_{2,40}$ в растворах Na_2SO_4 различных концентраций: 1–0,05M, 2–0,1M, 3–0,25M, 4–0,5M, 5–1M

Начало пассивации материала при всех концентрациях сопровождается осцилляциями плотности тока на поляризационной кривой, которые связаны с плохой адгезией оксидной пассивирующей пленки и ее периодическим ростом и отслоением. При увеличении концентрации Na_2SO_4 потенциал начала пассивации сдвигается в область менее положительных потенциалов, а длина участка осцилляций сокращается, и это значит, что более высокие концентрации соли способствуют скорейшей блокировке поверхности материала продуктами коррозии и, как следствие, лучшей ее пассивации.

Заключение

1. Устойчивость к коррозии силицидо-германита марганца состава $Mn_5Si_{3-2,40}Ge_{2,40}$ существенно ниже, чем стойкость отдельных компонентов Mn, Si и Ge.

2. Тройная система $Mn_5Si_{3-2,40}Ge_{2,40}$ при анодном окислении в нейтральной среде способна к пассивации вследствие накопления на поверхности смеси труднорастворимых продуктов, однако система не обладает существенной стойкостью к коррозии.

3. Концентрация электролита Na_2SO_4 влияет на процесс окисления. При анодной поляризации образца пассивация наступает быстрее в более концентрированных (1M Na_2SO_4) растворах и медленнее в разбавленных (0,05M Na_2SO_4).

Библиографический список

1. Зубова Е.Н. Коррозионно-электрохимическое поведение силицидов и германидов марганца в кислых электролитах: дис. ... канд. хим. наук. Пермь, 2002. 120 с.
2. Ракитянская И.Л., Мозжегорова К.Ю., Ерженков М.В. Анодное поведение силицидо-германидов марганца разного состава в среде 1M NaOH // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2018 Т.8, вып. № 3. С. 342–347
3. Машаров М.Т., Утев Н.В., Шеин А.Б. Импеданс анодных процессов на $MnSi$ -электроде в растворах гидроксида натрия // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2013, вып. № 3. С. 36–44.
4. Полковников И.С., Пантелеева В.В., Шеин А.Б. Анодные процессы на Mn_5Si_3 электроде в щелочном электролите // Конденсированные среды и межфазные границы. 2019. Т. 21, № 1. С. 126–134.
5. Полковников И.С., Шайдуллина А.Р., Пантелеева В.В., Шеин А.Б. Анодные процессы на моносилициде марганца в растворах гидроксида натрия // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2018. Т. 8, вып. № 3. С. 325–340
6. Шеин А.Б. Коррозионно-электрохимическое поведение Mn_5Si_3 , Mn_5Ge_3 и $Mn_5(Ge_{1-x}Si_x)_3$ в сернокислом электролите // Ползуновский вестник. 2009. № 3. 249 с.
7. Окунева Т.Г., Пантелеева В.В., Шеин А.Б. Анодные процессы на Mn_5Si_3 электроде в кислых средах // Конденсированные среды и межфазные границы. 2016. Т. 18, № 3. С. 383–393.
8. Шеин А.Б. Зубова Е.Н. Электрохимическое поведение Mn_5Si_3 и Mn_5Ge_3 в сернокислом электролите // Электрохимия. 2004. Т. 40, № 2. С. 205–210.

9. *Шейн А.Б.* Электрохимия силицидов и германидов переходных металлов / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2009. 269 с.
10. *Полковников И.С., Пантелеева В.В., Шейн А.Б.* Импеданс анодных процессов на Mn_5Si_3 -электроде в сернокислом фторидсодержащим электролите // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2017. Т.7, вып. № 3. С. 250–258
11. *Тананаев И.В., Шпирт М.Я.* Химия германия. М.: Химия, 1967. 452 с.
12. *Messaoudy B.* Anodic behaviour of manganese in alkaline medium // *Electrochimica Acta*. 2001. Т. 46. P. 2487–2498.
13. *Rabe M., Toparli C., Chen Y.H.* Alkaline manganese electrochemistry studied by in situ and operando spectroscopic methods – metal dissolution, oxide formation and oxygen evolution // *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2019. Vol. 21. P. 10457–10469.
14. *Hart A.C.* The corrosion behavior of binary nickel – germanium alloys // *Corrosion Science*. 1972. Vol. 12. P. 137–143.
15. *Zhang, L., Zhang, B., Pan, B., & Wang, C.* Germanium electrochemical study and its CMP application // *Applied Surface Science*. 2017. Vol. 422. P. 247–256.
1. *Zubova E.N.* (2002) Korrozionno-elektrohimicheskoe povedenie silicidov i germanidov marganca v kislyh elektrolitah. [Corrosion-electrochemistry behavior of manganese silicides and germanides in acidic electrolytes] Perm state Univ., Perm. (In Russ)
2. *Rakityanskaya I.L., Mozhegorova K.Yu., Erzhenkov M.V.* (2018) “Anodic behavior of manganese silicide-germanides of different composition in 1M NaOH”, *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. T.8. Vol. no. 3. pp. 342–347 (In Russ)
3. *Masharov M.T., Utev N.V., Shein A.B.* (2013) “The impedance of anode processes at the MnSi electrode in sodium hydroxide solutions”, *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. no. 3. pp. 36–44 (In Russ)
4. *Polkovnikov I.S., Panteleeva V.V., Shein A.B.* (2019) “Anode processes on an Mn_5Si_3 electrode in an alkaline electrolyte”, *Condensed Matter and Interphase Boundaries*. Vol. 21. no. 1. pp. 126–134 (In Russ)
5. *Polkovnikov I.S., Shaydullina A.R., Panteleeva V.V., Shein A.B.* (2018) “Anode processes on manganese monosilicide in sodium hydroxide solutions”, *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. V. 8, no. 3. pp. 325–340 (In Russ)
6. *Shein A.B.* (2009) “Corrosion-electrochemical behavior of Mn_5Si_3 , Mn_5Ge_3 and $Mn_5(Ge_{1-x}Si_x)_3$ in a sulfuric acid electrolyte”, *Polzunovsky Bulletin*. no. 3. p. 249. (In Russ)
7. *Okuneva T.G., Panteleeva V.V., Shein A.B.* (2016) “Anode processes at the Mn_5Si_3 electrode in acidic media” // *Condensed Matter and Interphase Boundaries*. V. 18. no. 3. pp. 383–393 (In Russ)
8. *Shein A.B., Zubova E.N.* (2004) “Electrochemical behavior of Mn_5Si_3 and Mn_5Ge_3 in a sulfuric acid electrolyte”, *Electrochemistry*, V. 40. no. 2. pp. 205–210 (In Russ)
9. *Shein A.B.* *Elektrokhimiya silicidov i germanidov perekhodnykh metallov* [Electrochemistry of silicides and germanides of transition metals] Perm. state Univ., Perm. (In Russ)
10. *Polkovnikov IS, Panteleeva VV, Shein A.B.* (2017) “The impedance of anode processes on an Mn_5Si_3 electrode in a sulfuric acid fluoride-containing electrolyte”, *Bulletin of Perm University. Series Chemistry*. V.7. no. 3. pp. 250–258 (In Russ)
11. *Tananaev I.V., Shpirt M.Y., Himiya germaniya* (1967) [Chemistry of germanium] Moscow. (In Russ)
12. *Messaoudy B.* (2001) “Anodic behavior of manganese in alkaline medium”, *Electrochimica Acta*. T. 46. pp. 2487-2498
13. *Rabe M., Toparli C., Chen Y.H.* (2019) “Alkaline manganese electrochemistry studied by in situ and operando spectroscopic methods - metal dissolution, oxide formation and oxygen evolution”, *Physical Chemistry Chemical Physics*. V.21, pp. 10457-10469
14. *Hart A.C.* (1972) “The corrosion behavior of binary nickel - germanium alloys”, *Corrosion Science*. V. 12, pp. 137–143

15. Zhang, L., Zhang, B., Pan, B., & Wang, C. (2017) "Germanium electrochemical study and its CMP application", Applied Surface Science. V.422. pp. 247–256

Об авторах

Мясников Данил Александрович,
студент
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Ракитянская Ирина Леонидовна,
кандидат химических наук, доцент
кафедра физической химии
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
irisa@yandex.ru

About authors

Myasnikov Danil Aleksandrovich,
Student
Perm State University
614990, 15, Bukireva st., Perm, Russia

Rakityanskaya Irina Leonidovna,
Candidate of Chemistry, Associate Professor
Department of Physical Chemistry
Perm State University
614990, 15, Bukireva st., Perm, Russia
irisa@yandex.ru

Информация для цитирования:

Мясников Д.А., Ракитянская И.Л. Анодное поведение силицидо-германида марганца состава $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ в среде раствора Na_2SO_4 // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 74–83. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-74-83.

Miasnikov D.A., Rakitiaskaia I.L. Anodnoe povedenie silitsido-germanida margantsa sostava $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ v srede rastvora Na_2SO_4 [Anodic behavior of manganese silicide-germanide of the composition $Mn_5Si_{3-2,4}Ge_{2,4}$ in a solution of Na_2SO_4] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 74–83 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-74-83.

УДК 620.193.8

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-84-93

Н.А. Медведева, С.Ю. Баландина, А.Г. Бортник, М.Д. Плотникова, Н.Ю. Лисовенко
Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

О ВОЗМОЖНОСТИ ВЛИЯНИЯ МИКРОМИЦЕТОВ НА КОРРОЗИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

Определено, что в нефтепромысловых районах Пермского края пробы воды и грунта содержат микромицеты различного рода. Выявлены и идентифицированы Penicillium, Aspergillus, Trichoderma. Влияние микромицетов на коррозию стали исследовали методом грибостойкости. Установлено, что присутствие Penicillium, Aspergillus, Trichoderma вызывает существенные коррозионные разрушения конструкционной углеродистой качественной стали марки Ст20. Характер коррозионных разрушений устанавливали методом оптической микроскопии. Показано, что области поражения микромицетами имеют неравномерный характер коррозионных разрушений с отдельными точечными и язвенными поражениями поверхности Ст20. Установлено изменение интенсивности нарастания микромицетов различного рода на стали от времени экспозиции.

Ключевые слова: биокоррозия; микромицеты; коррозионные разрушения стали

N.A. Medvedeva, S. Yu. Balandina, A.G. Bortnik, M.D. Plotnikova, N.Yu. Lisovenko
Perm State University, Perm, Russia

ON THE POSSIBILITY OF INFLUENCE OF MICROMYCETES ON CORROSION BEHAVIOR OF CARBON STEEL

It is determined that in the oil field regions of the Perm Territory, water and soil samples contain micromycetes of various kinds. Penicillium, Aspergillus, Trichoderma were identified and identified. The effect of micromycetes on steel corrosion was investigated using the fungus resistance method. It was established that the presence of Penicillium, Aspergillus, Trichoderma causes significant corrosion damage to structural carbon steel quality grade St20. The nature of corrosion damage was determined by optical microscopy. It was shown that the areas affected by micromycetes have an uneven nature of corrosion damage with individual point and ulcerative lesions of the St20 surface. The change in the intensity of the growth of micromycetes of various kinds on steel from the time of exposure was established.

Keywords: biocorrosion; micromycetes; corrosion damage to steel

Введение

Биоповреждения металлов принято называть микробиологической коррозией (биокоррозией) металлов. Биоповреждение металлов под воздействием микроорганизмов может происходить различными путями: за счет непосредственного воздействия продуктов метаболизма микроорганизмов на металл [1]; через образование органических продуктов, которые могут действовать как деполаризаторы или катализаторы коррозионных реакций; путем, при котором коррозионные реакции являются отдельной частью метаболического цикла микроорганизмов [2–3].

В основе биокоррозионного действия, безусловно, находятся ферментативные процессы, регулируемые, в основном, такими ферментами, как оксидоредуктаза и гидролаза. Ферментативная активность проявляется в водной среде, при этом вода, достаточная для коррозионного процесса, может вноситься самим микроорганизмом [4]. Биологическая коррозия в зависимости от вида микроорганизмов делится на бактериальную и микологическую, а также может быть смешанной. Микологическая коррозия — разрушение металлов и металлических покрытий при воздействии агрессивных сред, формирующихся в результате жизнедеятельности мицелиальных (несовершенных, плесневых) грибов [5].

Микромицеты создают коррозионно-активную среду, в которой в присутствии воды протекает коррозия по обычным законам электрохимии. Колонии микроорганизмов могут создавать на поверхности металлов наросты и пленки мицелия или слизи, под

которыми может развиваться язвенная (питтинговая) коррозия в результате разности электрических потенциалов на различных участках поверхности металла и ассимиляции ионов металлов самими микроорганизмами. В период развития плесневые грибы содержат более 90 % воды, кроме того, они сильно гигроскопичны и притягивают из атмосферы большое количество влаги. В результате выделения грибами кислых продуктов обмена (койевой, итаконовой, лимонной, щавелевой и других кислот) происходит коррозия поверхностей [6].

Среди многочисленных контаминантов антропогенного происхождения, попадающих в окружающую среду, нефть и нефтяные углеводороды занимают одно из приоритетных мест [7]. Их повсеместная распространенность в промышленных регионах оказывает негативное воздействие на почву, растительность и атмосферный воздух, поверхностные и подземные воды. Большинство исследований, проведенных в различных биоклиматических зонах, свидетельствуют, что почвенные микроорганизмы отвечают на умеренное углеводородное загрязнение повышением валовой численности и усилением активности [8].

Известно об устойчивости к нефтяным углеводородам родов микромицетов — *Aspergillus*, *Fusarium*, *Paecilomyces*, *Penicillium*, *Trichoderma*. Доминирующие в нефтезагрязненных почвах микромицеты в подавляющем большинстве являются условно-патогенными формами [9].

Таким образом, целью работы является оценка возможности влияния различных микромицетов и их скорости нарастания на

характер коррозионных разрушений углеродистой стали.

Экспериментальная часть

В местах нефтяных загрязнений Пермского края были отобраны следующие пробы: вода реки Пыж, отобранная выше по течению Лукойл-Пермнефтеоргсинтез; вода реки Пыж, отобранная ниже по течению Лукойл-Пермнефтеоргсинтез; место нефтяного загрязнения почвы береговой линии реки Пыж; почва около д. Зуята, подвергнутая нефтяному загрязнению. С помощью метода почвенных разведений Ваксмана [10] был осуществлен посев субстратной суспензии на питательные среды Чапека и Сабуро [11]. Через 14 суток выявлены и идентифицированы наиболее встречаемые в пробах микромицеты.

Для идентификации грибов использовался метод светового микроскопирования, с помощью микроскопа «Микромед» с цифровой камерой TourCam и программным обеспечением Tour View с последующим определением рода с использованием микологических атласов и определителей [12–13].

Влияние микромицетов на коррозию стали исследовали с помощью метода изучения грибостойкости. В качестве образцов использовали сталь конструкционную углеродистую качественную марки Ст20. Стальные образцы площадью 4 см² перед заражением спорами грибов тщательно шлифовали на наждачной бумаге SIA с зернистостью 500, 1000, 2000, 2500 с последовательным уменьшением зернистости. После чего образцы обезжиривали этиловым спиртом, высушивали и взвешивали на аналитических весах.

Для оценки грибостойкости готовили водную суспензию спор грибов: *Aspergillus*, *Penicillium* и *Trichoderma*, выращенных в течение 14 дней, при температуре 29±1° С на скошенной твердой питательной среде Чапека. Споровая нагрузка каждого гриба в дистиллированной воде была приготовлена по стандарту мутности Мак-Фарланда с использованием денситометра ОП=1,0 равной 10⁹ микробных клеток/мл. Водную суспензию спор каждого рода микромицетов использовали для заражения опытных стальных образцов, помещенных на дно чашек Петри. Разложенные образцы с помощью пульверизатора орошали водной суспензией спор грибов до полного увлажнения, не допуская слияния капель. Зараженные образцы помещали в предварительно подготовленные эксикаторы, на дно которых налита вода и далее термостатировали при температуре 29±2 °С и относительной влажности более 90 % в течение 8 суток [14].

В процессе испытаний через 5 и 8 суток визуально оценивали варианты образцов на наличие или отсутствие роста грибов. Контролем служили чистые стальные образцы, не зараженные культурами грибов. После испытаний образцы извлекали из эксикатора, взвешивали и осматривали визуально, характер коррозионных разрушений был исследован с использованием оптического микроскопа «OLYMPUS BX51M» с системой визуализации изображения.

Скорость нарастания микромицетов на поверхности стали оценивали гравиметрически.

Экспериментальные результаты

Выделение и идентификация микромицетов

Для экспериментальных исследований были проанализированы пробы воды и почвы на наличие микромицетов. Выделенные чистые культуры были идентифицированы методом оптической микроскопии (рис.1). Анализ результатов позволил говорить о наличии в пробах следующих микромицетов: *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma*.

На рис. 1,а приведены макро- и микрофотография культур, выделенных из проб. Представлены фотографии чистых выделенных культур *Penicillium*, *Aspergillus* и *Trichoderma*, которые впоследствии для изучения процессов биокоррозии переносили на стальную поверхность.

Образцы, отобранные из почвы д. Зуята были контаминированы преимущественно микромицетами рода *Penicillium*. Колонии примерно 2,5–3 см плоские, в центральной части складчатые, оливково-серого цвета. Экссудат в виде пурпурных капель. Микроморфология: конидиеносцы мелко-шероховатые, многократно разветвленные. Кисточки с веточками и метулями, образующимися в разных узлах. Конидии круглые.

В результате микологического исследования установлено, что в образце (пробы почвы у р. Бым) содержалось

значительное количество плесневых грибов родов *Aspergillus* и *Trichoderma*.

Макро- и микроморфология *Aspergillus*: колонии плоские, диаметром 3–4 см, желтовато-кремового цвета, обратная сторона пурпурно-красного оттенка. Экссудат отсутствует. Конидиальные головки короткоколонковидные. Конидиеносцы светло-коричневые, гладкие. Вздутие полушаровидное, фиалиды двухъярусные. Конидии шаровидные.

Trichoderma – колонии быстрорастущие, достигают 9 см в диаметре, желтовато-зеленого цвета, на обратной стороне не окрашены. Мицелий состоит из бесцветных, гладких, ветвистых гиф. Конидиеносцы ветвистые, веточки отходят под углом. Стеригмы гладкие, короткие грушевидные. Конидии бледно-зеленые, продолговатые.

Необходимо отметить, что максимальная концентрация жизнеспособных спор микромицетов выделена из пробы почвы, взятой у р. Бым. Данное обстоятельство может свидетельствовать о наибольшем биологическом загрязнении почвы, а также о том, что микромицеты в таких условиях наиболее приспособляемые и агрессивные.

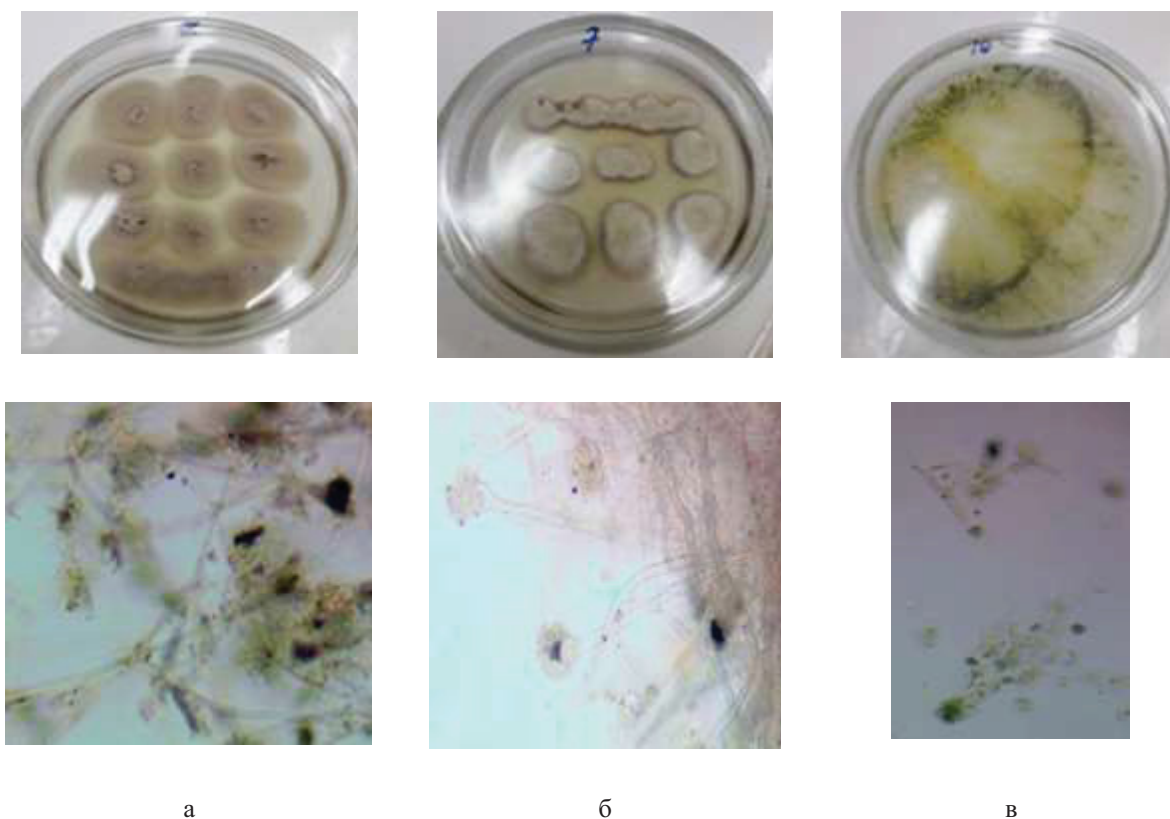


Рис. 1. Выделенные микромицеты из мест нефтяного загрязнения:

а – *Penicillium*, б – *Aspergillus*, в – *Trichoderma*

Коррозионные испытания

Влияние микромицетов на коррозию стали изучали с помощью методов лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. После пятидневной экспозиции на поверхности Ст20 невооруженным глазом заметно развитие микромицетов и продуктами коррозии (рис. 2). На рис. 3,б–3,г для каждого гриба ареал распространения имеет различную площадь, что впоследствии оказывает влияние на глубину коррозионных разрушений. Образцы, с нанесенными на них суспензии спор

Penicillium и *Trichoderma*, почти на половину поверхности покрыты пленкой мицелия, которая с течением времени утолщается и стремится занять большую площадь. Однако локализация колоний микромицетов на поверхности Ст20 между ними отличается: так, для *Penicillium* имеет место формирование сплошных единичных образований, а для *Trichoderma* наблюдается равномерное распределение колоний. В случае *Aspergillus* локализация распространения мицелия заполняет объемные дефекты поверхности стали.

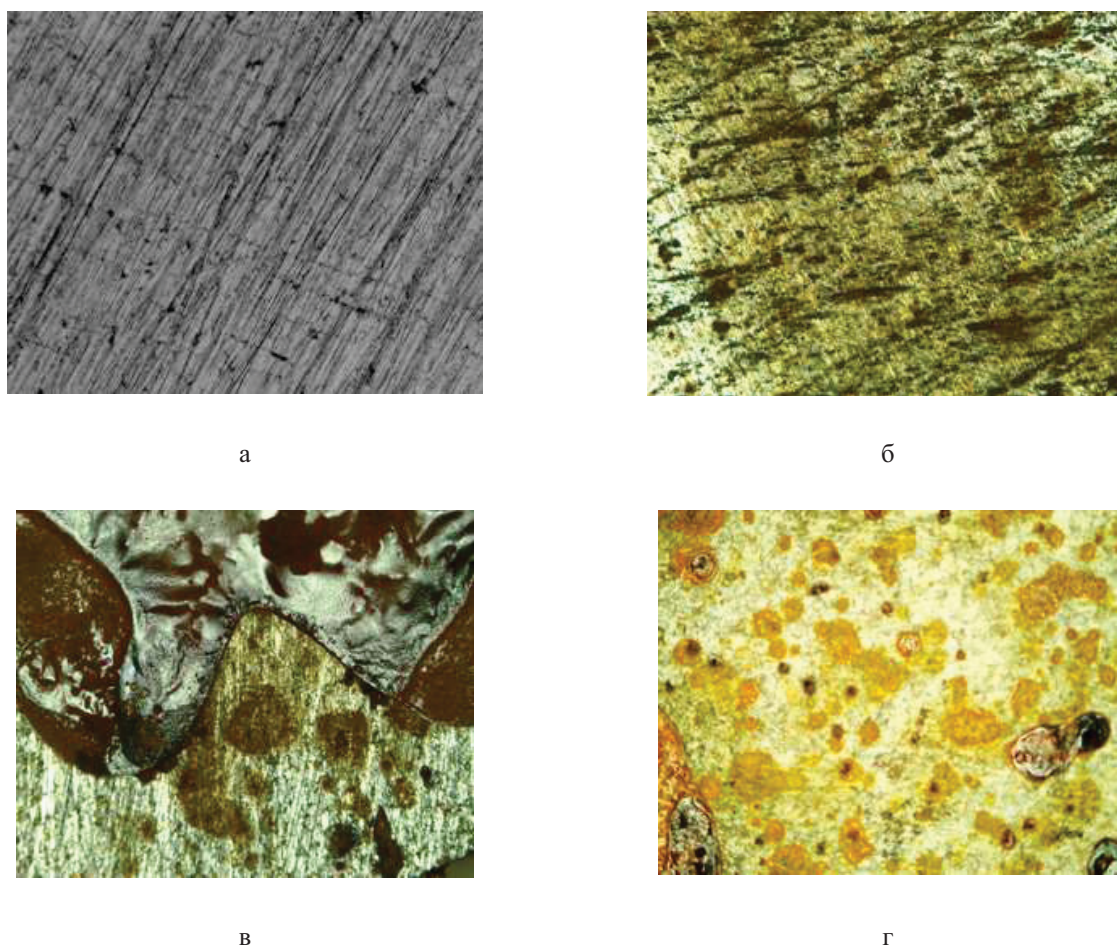


Рис. 2. Поверхность образцов Ст20 до (а) коррозионных испытаний и после воздействия микромицетов в течение 5 суток: б – *Aspergillus*, в – *Penicillium*, г – *Trichoderma*

Результаты микроскопических исследований коррелируют с гравиметрическими данными по скорости нарастания микромицетов (рис. 3). Через 5 суток исследований скорость нарастания *Aspergillus* составляет примерно 0,4 мг/см²·сут, а *Penicillium* и *Trichoderma* 0,5 и 0,7 мг/см²·сут соответственно. Спустя 8 суток картина кардинально меняется: скорость нарастания *Aspergillus* заметно возрастает до 1,1 мг/см²·сут, тогда как *Penicillium* и *Trichoderma* снижается до 0,25 и 0,44 мг/см²·сут соответственно. Это, вероятно, связано с дефицитом питательной среды в случае *Trichoderma* и *Penicillium*, мицелий которых,

согласно микроскопическим исследованиям (рис. 2), занимает большую поверхность стали, чем *Aspergillus*.

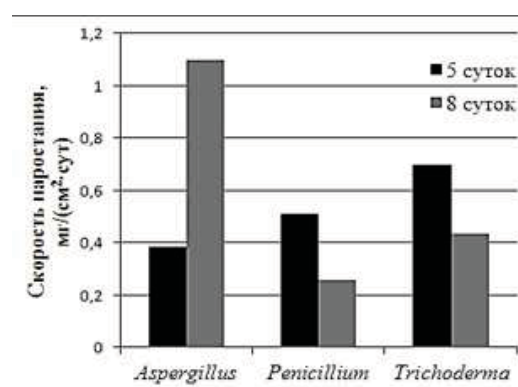


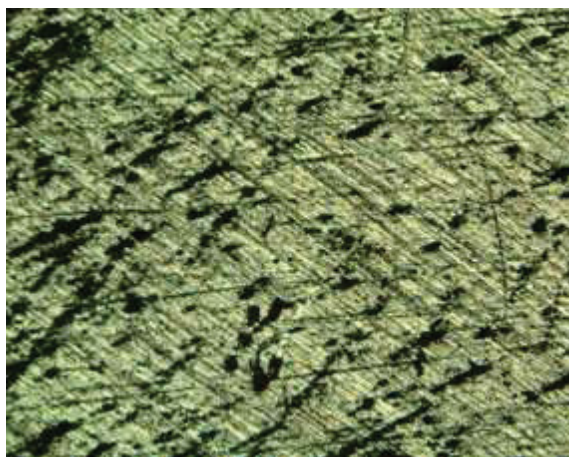
Рис. 3. Изменение интенсивности нарастания микромицетов различного рода на стали от времени экспозиции

Для оценки характера коррозионных разрушений было проведено удаление микромицетного слоя и продуктов коррозии. Результаты представлены на рис. 4.

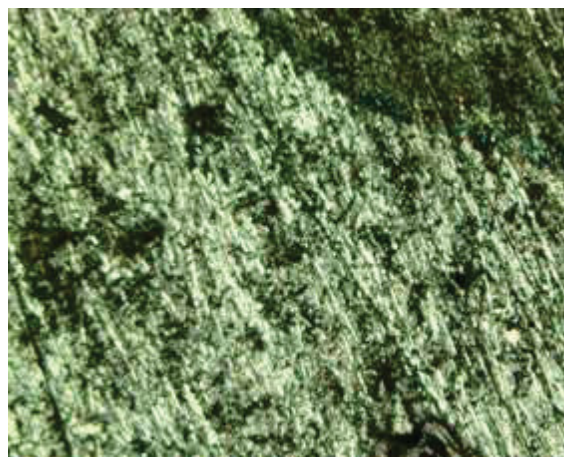
В случае *Aspergillus* и *Penicillium* наблюдается неравномерный характер коррозионных разрушений с отдельными точечными и язвенными поражениями поверхности Ст20. Размер местных коррозионных разрушений соответствует площади покрытия поверхности образцов пленками мицелия. В случае *Penicillium*

язвенные разрушения имеют больший размер, по сравнению с *Aspergillus*, где преобладают питтинговые поражения.

В случае воздействия на стальную поверхность *Trichoderma* при увеличении $\times 250$ сложно оценить характер коррозионных разрушений (рис. 4,в). Однако при больших увеличениях можно наблюдать значительный растрав поверхности образца (рис.5), что скорее всего вызвано воздействием продуктов жизнедеятельности микроорганизмов, которые могут вызывать изменения pH среды [15].



а



б



в

Рис. 4. Характер коррозионных разрушений Ст20 после воздействия микромицетов в течении 5 суток: а – *Aspergillus*, б – *Penicillium*, в – *Trichoderma*. Увеличение $\times 250$

Высокий уровень коррозионных разрушений всеми идентифицированными микромицетами также обусловлен адаптацией к экстремальным условиям (отсутствие питательных веществ в ходе роста), что приводит к образованию вторичных метаболитов и проявлению широкого спектра экзоферментной активности микромицетов.

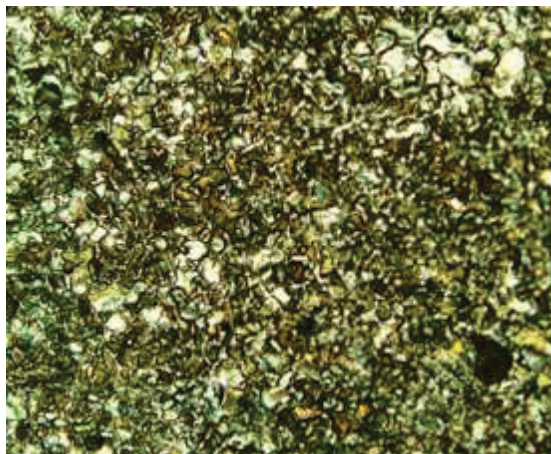


Рис. 5. Поверхность образцов Ст20 после удаления микромицетного слоя *Trichoderma*.

Время экспозиции 5 дней, увеличение x1000

Заключение

Проведенные исследования свидетельствуют о существенном негативном воздействии микромицетов родов *Penicillium*, *Aspergillus*, *Trichoderma* на конструкционную углеродистую качественную марки Ст20. Выделенные из проб почвы и воды в местах нефтяных загрязнений Пермского края микромицеты за незначительный промежуток времени (5–8 дней) вызывают существенные коррозионные разрушения материала. Полученные результаты предполагается использовать при разработке ингибиторов биокоррозии и комплексном исследовании их эффективности.

Библиографический список

1. Little B., Wagner P., Mansfeld F. Pages Microbiologically influenced corrosion of metals and alloys // International Materials Reviews Vol. 36. 1991 Issue 1. 253–272.
2. Пехташева Е. Л., Неверов А. Н., Заиков Г. Н., и др. Микробиологическая коррозия металлов и защита от нее // Вестник Казанского технологического университета. 2012. С. 131–137.
3. Javed M. A., Neil W. C., McAdam G., Wade S.A. Effect of sulphate-reducing bacteria on the microbiologically influenced corrosion of ten different metals using constant test conditions // International Biodeterioration & Biodegradation. 2017 125 73-85.
4. Джамалова Г.А., Ерназарова А.К., Мусина У.Ш., и др. Анализ условий и факторов, влияющих на биокоррозию металлов // Научное обозрение. Реферативный журнал. 2018. № 2. С. 5–15.
5. Колесникова Н. Н., Луканина Ю. К., Хватов А. В., и др. Биологическая коррозия металлических конструкций и защита от нее // Вестник Казанского технологического университета. 2013. С. 170–174.
6. Андреюк Е.И., Билай В.И., Коваль Э.З., Козлова И.А. Микробная коррозия и ее возбудители. Киев: Наук. Думка, 1980. 286 с.
7. Андреева, Д.Д., Фахрутдинов, Р.З. Коррозионно-опасная микрофлора нефтяных месторождений // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №10. С. 237–242.
8. Шаркова, Т.В, Колоколова, Н.Н., Боме, Н.А. Коррозионно-опасная микрофлора грунтов околотрубного пространства нефтяных месторождений Западной Сибири // Вестник Тюменского государственного университета. 2009. № 3. С. 194–200.
9. Донерьян Л.Г., Водянова М.А., Тарасова Ж.Е. Микроскопические почвенные грибы – организмы-биоиндикаторы нефтезагрязненных почв // Гигиена и санитария. 2016. С.891–894.
10. Билай В.И. Методы экспериментальной микологии. Киев: Наукова думка, 1982. 552 с.
11. Поляк М. С., Сухаревич В.И., Сухаревич М. Э. Питательные среды для медицинской микробиологии. СПб.: ЭЛБИ-СПб, 2008. 350 с.
12. Билай В.И., Курбацкая З.А. Определитель токсинообразующих микромицетов. Киев: Наука Думка, 1990. 236 с.

13. Ринальди М., Саттон Д. Фотергилл А. Определитель патогенных и условно патогенных грибов. Изд.: Мир, 2001. 486 с.
14. ГОСТ 9.048-89 «Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Изделия технические. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов».
15. Hongchang Qian, Dawei Zhang, Yuntian Lou, et al. Laboratory investigation of micro-biologically influenced corrosion of Q235carbon steel by halophilic archaea *Natronorubrum tibetense* // *Corrosion Science* 145 (2018) 151–161.

References:

1. Little B., Wagner P. and Mansfeld F. (1991), “Microbiologically influenced corrosion of metals and alloys”, *International Materials Reviews*, vol. 36, Issue 1, pp. 253-272.
2. Pekhtasheva E. L., Neverov A. N., Zaikov G. N., Sofyina S. U., Deberdeev R. Y. and Stoyanov O. V. (2012), “Microbiological corrosion of metals and protection against it” // *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, pp. 131-137.
3. Javed M. A., Neil W. C., McAdam G. and Wade S.A. (2017), “Effect of sulphate-reducing bacteria on the microbiologically influenced corrosion of ten different metals using constant test conditions”, *International Biodeterioration & Biodegradation*, no. 125, pp. 73-85.
4. Dzhamalova G.A., Ernazarova A.K., Musina U.S., Sertaj S.A., Serikov T.A. (2018), “Analysis of conditions and factors affecting biocorrosion of metals”, *Nauchnoe obozrenie. Referativnyj zhurnal*, no. 2, pp. 5-15.
5. Kolesnikova N. N., Lukanina Y. K., Hvatov A. V., Lihachev A. N., Popov A. A., Zaikov G. E., Abzal'dinov H.S. (2013), “Biological corrosion of metal structures and protection against it”, *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, pp. 170-174.
6. Andreyuk E.I., Bilaj V.I., Koval' E.Z., Kozlova I.A. (1980) *Mikrobnaya korroziya i ee vzbuditeli* [Microbial corrosion and its causative agents], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
7. Andreeva, D.D., Fahrutdinov, R.Z. (2013), “Corrosion-hazardous microflora of oil fields”, *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, no.10, pp.237—242.
8. Sharkova, T.V, Kolokolova, N.N., Bome, N.A. (2009), “ Corrosion-hazardous microflora of soils near the pipe space of oil fields in Western Siberia”, *Vestnik Tyumenskogo gosudarstvennogo universiteta*, no.3, pp.194—200.
9. Doner'yan L.G., Vodyanova M.A., Tarasova Z.E. (2016), “Microscopic soil fungi - bio-indicators of oil-contaminated soils”, *Gigiena i sanitariya* [Hygiene and sanitation], pp.891 – 894.
10. Bilaj V.I. (1982), *Metody eksperimental'noj mikologii* [Methods of experimental mycology], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
11. Polyak M. S., Suharevich V.I., Suharevich M. E. (2008), *Pitateľnye sredy dlya medicinskoj mikrobiologii* [Nutrient media for medical microbiology], ELBI-SPb, St.-Petersburg, Russia.
12. Bilaj V.I., Kurbackaya Z.A. (1990) *Opredelitel' toksinoobrazuyushchih mikromicetov* [Determinant of toxin-forming micromycetes], Naukova Dumka, Kiev, Ukraine.
13. Rinaldi M., Satton D., Fotergill A. (2001), *Opredelitel' patogennyh i uslovno patogennyh gribov* [Key to pathogenic and conditionally pathogenic fungi], Mir, Moskow, Russia.
14. ГОСТ 9.048-89 “Edinaya sistema zashchity ot korrozii i stareniya (ESZKS). Izdeliya tekhnicheskie. Metody laboratornyh ispytaniy na stojkost' k vozdeystviyu plesnevyyh gribov” [Unified system of protection against corrosion and aging (ESZKS). Technical products. Mold Testing Methods].
15. Hongchang Qian, Dawei Zhang, Yuntian Lou, Ziyu Li, Dake Xu, Cuiwei Du and Xiaogang Li. (2018), “Laboratory investigation of micro-biologically influenced corrosion of Q235carbon steel by halophilic archaea *Natronorubrum tibetense*”, *Corrosion Science*, no. 145, pp. 151–161.

Об авторах

Медведева Наталья Александровна,
кандидат химических наук
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
nata-kladova@yandex.ru

Баландина Светлана Юрьевна,
заведующий лабораторией «Бактерицид»,
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
bactericid@yandex.ru

Бортник Алиса Георгиевна,
Магистрант кафедры физической химии
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
oscuraSangre@gmail.com

Плотникова Мария Дмитриевна,
кандидат химических наук
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
plotnikova-md@mail.ru

Лисовенко Наталья Юрьевна,
кандидат химических наук, доцент
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
lisovn@mail.ru

About the authors

Medvedeva Natalia Aleksandrovna,
candidate of chemistry
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
nata-kladova@yandex.ru

Balandina Svetlana Yurievna,
Head of the Laboratory "Bactericide",
Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
bactericid@yandex.ru

Bortnik Alice Georgievna,
Magistr of chemistry
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
oscuraSangre@gmail.com

Plotnikova Mariia Dmitrievna,
candidate of chemistry,
Perm State University.
15, Bukireva st., Perm, Russia.
plotnikova-md@mail.ru

Lisovenko Natalya Yuryevna,
Candidate of Chemical Sciences, Associate
Professor, Department of pharmacology and
pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990.
lisovn@mail.ru

Информация для цитирования:

Медведева Н.А., Баландина С.Ю., Бортник А.Г., Плотникова М.Д., Лисовенко Н.Ю. О возможности влияния микромицетов на коррозионное поведение углеродистой стали // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 84–93. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-84-93.

Medvedeva N.A., Balandina S.Iu., Bortnik A.G., Plotnikova M.D., Lisovenko N.Iu. *O vozmozhnosti vliianiia mikromitsetov na korrozionnoe povedenie uglerodistoi stali* [On the possibility of influence of micromyceteson corrosion behavior of carbon steel] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 84–93 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-84-93.

УДК 678.85: 661.183

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-94-107

Т.Д. Батуева¹, М.Г. Щербань², М.В. Брюханова², Н.Б. Кондрашова¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук, Пермь, Россия

²Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

СОРБЕНТЫ НА ОСНОВЕ МЕЗОПОРИСТЫХ КРЕМНЕЗЕМОВ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ АМИДНЫМИ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ГРУППАМИ

Синтезированы сорбенты на основе кремнеземов со структурой пор MCM-41, модифицированные амидными группами. Методами низкотемпературной сорбции азота, рентгенофазового анализа (РФА), ИК-спектроскопии и сканирующей электронной микроскопии определены текстурно-структурные свойства исследуемых кремнеземных сорбентов. Изучены кинетика сорбции меди (II), никеля (II), кобальта (II) из водных растворов полученными реагентами, определена зависимость сорбционной способности реагентов от способа модификации кремнеземной основы и концентрации мономера при совместной сорбции металлов. Показана возможность разделения исследуемых цветных металлов полученными реагентами.

Ключевые слова: мезопористый кремнезем; модификация; гидразид; амид; сорбция

T.D. Batueva¹, M.G. Shcherban², M.V. Brukhanova², N.B. Kondrashova¹

¹Federal State Budgetary Institution of Science Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russia

²Perm State University, Perm, Russia

SORBENTS BASED ON MESOPOROUS SILICA MODIFIED BY AMIDIC FUNCTIONAL GROUPS

Synthesized sorbents based on silica with a pore structure of MCM-41, modified with amide groups. Using the low-temperature sorption of nitrogen, X-ray phase analysis (XRD), IR spectroscopy, and scanning electron microscopy, the textural and structural properties of the studied silica sorbents were determined. The kinetics of sorption of copper (II), nickel (II), cobalt (II) from aqueous solutions by the obtained reagents was studied, the dependence of the sorption ability of the reagents on the method of modifying the silica base and the monomer concentration during joint sorption of metals was determined. The possibility of separation of the investigated non-ferrous metals by the obtained reagents is shown.

Keywords: mesoporous silica; modification; hydrazide; amide; sorption

Введение

Поиск и разработка способов получения новых доступных и недорогих сорбентов, обладающих способностью группового извлечения ионов металлов из растворов сложного состава, имеет большое значение, так как определение микроколичеств элементов физическими и физико-химическими методами не всегда возможно в силу ограниченности методов по чувствительности и селективности, а также из-за сложности анализируемых объектов. Перспективным является использование комбинированных методов анализа, включающих концентрирование микрокомпонентов, и их последующим определением. Среди способов концентрирования наиболее эффективным является сорбционный метод, позволяющий проводить концентрирование микрокомпонентов из больших объемов растворов на относительно небольшой массе сорбента и не использовать при этом органические растворители. В этой связи особое значение приобретает поиск и разработка способов получения новых доступных и недорогих сорбентов, обладающих способностью группового извлечения ионов металлов из растворов сложного состава.

В последнее время интерес многих исследователей связан с практическим использованием мезоструктурных мезопористых материалов, которые, с одной стороны, сочетают в себе особенности организации пор, присущие кристаллическим структурам, с другой – имеют высокие текстурные показатели. Таким образом, благодаря уникальным геометрическим и физико-химическим свойствам, мезопористые кремнеземные материалы уже сегодня позволили активно их применять в процессах катализа [1–8].

Значительно меньше работ посвящено использованию мезопористых мезофазных структур процессам экстракции и селективной сорбции [9–15]. Известно, что среди большого количества сорбентов, предлагаемых для выделения элементов, наилучшими сорбционными характеристиками обладают поверхностно модифицированные сорбенты. К данному типу сорбентов относятся химически модифицированные кремнеземы (ХМК) [16–18]. Модифицированные кремнеземы удачно сочетают в своем составе положительные свойства матрицы (высокая удельная поверхность, большой объем мезопор) и функциональных групп, эффективных для выделения ацидокомплексов редких и цветных металлов. Как правило, для модифицирования кремнеземной поверхности используются органосиланы с функциональными группами (NH_2 -, CN - и др.), а также соли переходных металлов [19–24]. В данной работе модифицирование поверхности кремнеземов со структурой MCM-41 проводилось амидами на основе фракций – трет-карбоновых кислот $\text{CH}_3\text{R}_1\text{R}_2\text{CC}(\text{O})\text{OH}$ Versatic, где R_1 и R_2 – алкильные радикалы, а сумма атомов углерода равна 10–19.

Полученные результаты позволяют предложить новые методы выделения и разделения комплексов цветных и редких металлов из сточных вод и технологических растворов, проводить концентрирование микрокомпонентов из больших объемов растворов на относительно небольшой массе сорбента, не используя при этом органические растворители. Поэтому исследование сорбционной способности мезопористых кремнеземных структур является, несомненно, актуальным.

Целью данной работы является изучение сорбционных свойств мезопористых кремнеземных сорбентов, модифицированных амидными функциональными группировками, по отношению к ионам никеля (II), кобальта (II), меди (II).

Экспериментальная часть

Кремнеземную основу сорбентов со структурой пор МСМ-41 получали методом темплатного синтеза в гидротермальных условиях при температуре выдержки 100°C в течение 2 суток [25]. В качестве источника кремния использовали тетраэтоксисилан (ТЕОС), в качестве структурообразующего агента – цетилтриметиламмония бромид (СТАВ). Компоненты синтеза брали в следующих соотношениях: ТЕОС 1 : СТАВ 0.2 : NH₃ 3.5 : H₂O 100.

Функционализация поверхности мезопористых кремнеземов осуществлялась двумя способами: методом постсинтетической модернизации (PM-ДБА) и в процессе гидротермального синтеза SiO₂ (HTS-ДБА) где ДБА – N',N'-дибутиламиды фракций трет-карбоновых кислот CH₃R₁R₂CC(O)OH Versatic; R₁ и R₂ – алкильные радикалы, сумма атомов углерода равна 10.

Модифицирование МСМ-41 методом HTS проводилось при температурно-временных режимах, описанных выше. Функциональный агент в реакционную среду вводился в процессе синтеза диоксида кремния с использованием СТАВ и ТЕОС после образования золя SiO₂, с последующей гидротермальной обработкой смеси, отделением осадка и его сушкой. Темплат (СТАВ) удаляли экстракцией этиловым спиртом, подкисленным HCl.

Функционализация кремнеземной основы методом PM осуществлялась следующим об-

разом: навеску МСМ-41 помещали в круглодонную колбу, добавляли рассчитанное количество ДБА, этиловый спирт и кипятили с обратным холодильником в течение 4 часов, затем образец отфильтровывали, сушили при температуре 80°C до удаления этанола.

Структурную организацию пор кремнеземной основы исследовали методом (РФА) на дифрактометре XRD-7000 (Shimadzu, Япония) при использовании CuK_α-излучения ($\lambda_{\text{ср}} = 1,54184 \text{ \AA}$). Сканирование проводилось в угловом интервале $2\Theta = 1,4^\circ - 10^\circ$ с шагом $0,01^\circ - 0,005^\circ$.

Структуру модифицированных кремнеземных сорбентов исследовали методом ИК-спектроскопии на ИК-Фурье спектрометре IFS – 66/S («Bruker», Германия) в области 150–4000, при комнатной температуре; число сканирований 100; разрешающая способность 2 см⁻¹.

Текстурные показатели сорбентов (удельную поверхность, объем и диаметр пор, распределение пор по размерам) определяли низкотемпературной сорбцией азота (при $t = -196^\circ\text{C}$) на приборе ASAP 2020 (Micromeritics, США) после дегазации исследуемого материала в вакууме при температуре 90 °C в течение 3 ч.

Сорбционные свойства сополимеров исследовали следующим образом. К 100 мл раствора, содержащего только ионы меди (II) или совместно ионы меди (II), никеля (II), кобальта (II), для создания необходимого pH добавляли хлороводородную кислоту или аммиак соответствующей концентрации. Затем полученную смесь перемешивали с 0,200 г модифицированного кремнезема. Через 20 мин в водной фазе определяли остаточное содержание ионов

металлов на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR iCE 3500 с пламенной атомизацией (Thermo Fisher Scientific, США). Титры стандартных растворов сульфатов меди (II), никеля (II), кобальта (II) устанавливали также на атомно-абсорбционном спектрометре SOLAAR iCE 3500.

Величину статической сорбционной емкости по металлу (E^M), степень извлечения и коэффициент распределения рассчитывали по формулам (1–4) с погрешностью не более 5 %.

$$E = \frac{C_0 - C_{eq.}}{C_0 \cdot 100\%}, \quad (1)$$

$$E^M = \frac{(C_0 - C_{eq.}) \cdot V}{1000 \cdot m \cdot M}, \quad (2)$$

$$D = \frac{A \cdot 10^3}{C_{Me}}, \quad (3)$$

$$\beta = \frac{D_{Me1}}{D_{Me2}}, \quad (4)$$

где C_0 – концентрация металла в исходном растворе, моль/л; $C_{eq.}$ – остаточная равновесная концентрация извлекаемого металла в растворе, моль/л; C_{Me} – равновесное содержание металла, мг/г; V – объем колбы, мл; m – масса навески сорбента, г; M – молярная масса металла, г/моль; A – равновесная сорбционная емкость по металлу, мл/г.

Расчет термодинамических характеристик адсорбционных равновесий: величины предельной адсорбции сополимера (Γ_∞ , моль/г) и константы адсорбционного равновесия (K) осуществляли путем линеаризации изотермы Ленгмюра [26]:

$$\Gamma = \frac{\Gamma_\infty \cdot K \cdot C}{1 + K \cdot C}, \quad (5)$$

или:

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{1}{K \cdot \Gamma_\infty} + \frac{C}{\Gamma_\infty}, \quad (6)$$

где Γ – величина адсорбции, моль/г; C – равновесная концентрация вещества в растворе, моль/л.

Структуру поверхности покрытий после гравиметрических измерений исследовали с помощью сканирующего электронного микроскопа «Hitachi S-3400N» с приставкой для энергодисперсионного анализа фирмы Bruker. Поверхность образцов сканировалась при увеличении 1000 раз.

Результаты и обсуждение

Исследование структуры кремнеземной основы методом РФА в малоугловой области $2\theta = 1,4^\circ - 10^\circ$ продемонстрировало наличие на рентгенограмме диоксида кремния малоугловых рефлексов 100, 110, 200, 210, характерных для пространственной группы $R\bar{6}mm$, что подтверждает гексагональную организацию пор (МСМ-41) полученного материала. Методом РФА установлено, что модификация кремнезема МСМ-41 амидными группами приводит к разупорядочению пористой структуры.

Результаты исследования структурных особенностей модифицированных функциональными группами кремнеземных сорбентов, полученные методом ИК-спектроскопии, приведены в табл. 1.

Результаты ИК-спектроскопии модифицированных кремнеземных сорбентов

Структурные фрагменты ►	ОН, H ₂ O	NH	C=O	C-N	C=N	C-O	H _{as} Si-O-Si	H _{as} O-Si-O	H _s Si-O-Si
Образец ▼									
SiO ₂ (MCM-41)	3000–4000	-	1636	-	-	-	1236–1091	969	802
ДБА	-	-	1627	1526	-	-	-	-	-
HTS -ДБА	3000–3700	3364	1744 1633	-	1490 1479 1468	-	1232–1089	965	800
PM-ДБА	3000–3700	3312	1628	1597 1569	1467 1425 1412	1379	1241– 1174–1088	967	804

По результатам исследований, проведенных методом ИК-спектроскопии можно предположить, что в процессе модификации кремнеземной основы, скорее всего, происходит взаимодействие кремнеземной матрицы с модифицирующими объектами с образованием, как минимум, водородных связей и ассоциатов. На это указывает снижение интенсивности полосы 3900–2900 см⁻¹. При синтезе методом HTS (в присутствии щелочи, бромида четвертичных аммониевых оснований, в гидротермальных условиях) возможно расщепление амидов по Гофману с образованием аминов.

Исследование текстурных характеристик кремнеземной основы MCM-41 показало, что изотермы сорбции образца имеют форму, характерную для организованных мезопористых структур (IV тип в соответствии с классификацией IUPAC) – изотермы с четко выраженной областью капиллярной конденсации азота. Ад-

сорбционная и десорбционные ветви практически совпадают, что свидетельствует о высокой степени упорядоченности структуры сорбента (табл. 2).

Исследования текстурно-структурных сорбентов, проведенные методами низкотемпературной сорбции азота (табл. 2) и электронной микроскопии, продемонстрировали, что образцы представляют собой мезопористый материал с достаточно развитой удельной поверхностью (до 952 м²/г). Привитые группы достаточно прочно связаны с поверхностью носителя, о чем свидетельствуют значения энергии связи, полученные по методу ТГМ (табл. 2) [26].

Модифицирование значительно сокращает площадь поверхности. В наибольшей степени этот эффект выражен, когда прививка происходит непосредственно в процессе синтеза.

Текстурные показатели сорбентов

№	Образец	E_a , кДж/моль	Текстурные характеристики сорбентов		
			Удельная поверхность, $S_{\text{ВЕТ}}$ м ² /г	Общий объем пор, V_{tot} см ³ /г	Средний диаметр пор, D нм
1	SiO ₂ (МСМ-41)		952	0,59	2,4
4	НТС-ДБА	55,0	22	0,04	7,6
5	PM-ДБА	37,9	102	0,22	8,5

Снижение величины удельной поверхности и объема пор может негативно отразиться на адсорбционных характеристиках полученных МСМ. Однако учитывая высокое содержание функциональных групп (13–22 ммоль/г), а также их способность образовывать с ионокомплексобразователем шестичленные хелатные циклы, полученные материалы могут проявить себя как эффективные сорбенты для концентрирования, разделения и извлечения ионов цветных металлов из сложных смесей.

Так как синтезированные образцы планируется использовать в качестве сорбентов для очистки сточных вод, исследована адсорбционная способность полученных сорбентов по отношению к ионам никеля (II), кобальта (II), меди (II). Количество извлекаемого металла зависит от условий адсорбции – кислотности среды и времени контакта сорбента с раствором, поэтому, прежде всего, изучали зависимость величины адсорбции от этих факторов.

Исследования, проведенные на сорбентеносителе, показали, что оптимальное время контакта адсорбента с раствором меди составляет 20 минут ($E^M = 4,41$ ммоль/г). Адсорбция кобальта и никеля достигает предельных значений в кислой и нейтральной средах в течение

60 мин ($E^M = 0,61$ и $0,3$ ммоль/г соответственно), а в щелочной среде – в течение 20 мин ($E^M = 5,26$ и $1,68$ ммоль/г соответственно). Механизм адсорбции в адсорбентах, размеры пор которых соизмеримы с размерами адсорбируемых молекул, по своему характеру существенно отличается от механизма адсорбции на крупнопористых адсорбентах. Адсорбция в микро- и мезопорах не сопровождается образованием адсорбционных слоев, а происходит путем объемного заполнения адсорбционного пространства [27].

В сточных водах ионы цветных металлов присутствуют в виде смеси, поэтому была изучена совместная адсорбция ионов кобальта, никеля и меди PM-ДБА и немодифицированного диоксида кремния (МСМ-41). Применение метода атомно-абсорбционной спектроскопии для контроля содержания ионов металлов в равновесных растворах в процессе сорбции позволило изучить сорбцию ионов переходных металлов при совместном присутствии и учесть взаимное влияние ионов на процесс их сорбции (табл. 3, 4).

Для большей наглядности эти же результаты представлены в виде диаграмм (рис.1, 2).

Таблица 3

Зависимость сорбционной емкости образца МСМ-41 по отношению к ионам меди (II), никеля (II), кобальта (II) при их совместном присутствии от pH среды ($m_{\text{сорб}} = 0,200$ г, $V_{\text{колб}} = 100$ мл)

D(мл/м ²)/E ^M (ммоль/м ²)			
	pH 1,5	pH 5	pH 8,7
Co	0,055/0,37	0,011/0,077	19/3,9
Ni	0,553/3,9	537/7,9	5,9/7,4
β	10,05	48818,2	3,2
Cu	-	0,028/0,23	106,9/4,5
Ni	0,76/4,5	0,581/4,1	2,82/6,5
β	-	20,8	37,9
Cu	-	-	133,9/4,8
Co	0,107/0,66	0,115/0,67	0,434/1,8
Ni	0,577/4,1	0,364/3,1	1,25/5,7
β	5,4	3,2	Cu/Co – 308 Cu/Ni – 107

Таблица 4

Зависимость сорбционной емкости образца МСМ-41+ДБА по отношению к ионам меди (II), никеля (II), кобальта (II) при их совместном присутствии от pH среды ($m_{\text{сорб}} = 0,200$ г, $V_{\text{колб}} = 100$ мл)

E ^M (ммоль/м ²)			
	pH 1,5	pH 5	pH 8,7
Co	4,67	5,0	6,2
Ni	3,5	3,8	4,9
Cu	30,2	34,5	35,41

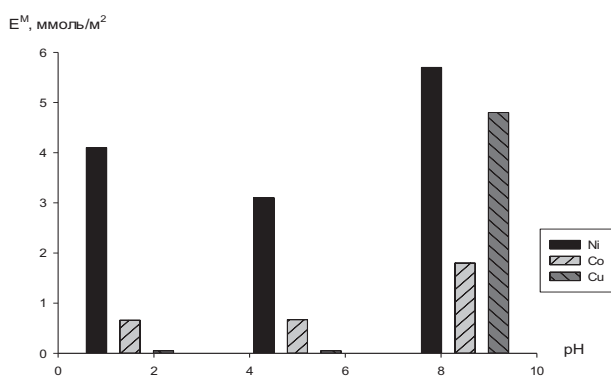


Рис. 1. Зависимость сорбционной емкости МСМ-41 от pH среды для ионов никеля (II), кобальта (II) и меди (II)

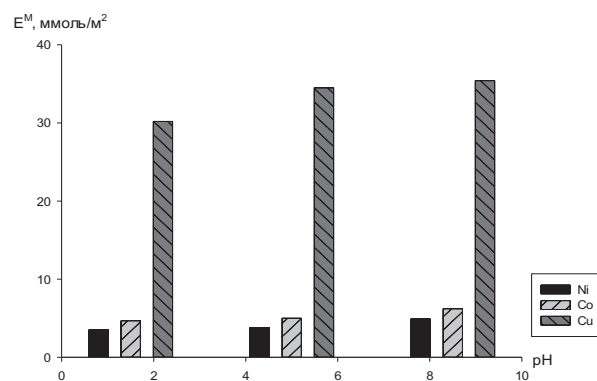


Рис. 2. Зависимость сорбционной емкости МСМ-41+ДБА от pH среды для ионов никеля (II), кобальта (II) и меди (II)

Из полученных данных следует, что мезопористые кремнеземы с привитыми амидными группами, синтезированные методом РМ, извлекают ионы никеля (II), кобальта (II), меди (II) из растворов во всем диапазоне рН. Образцы РМ-ДБА, в отличие от МСМ-41, хорошо сорбируют медь (II) ($E^M = 30\text{--}35$ ммоль/м²) да-

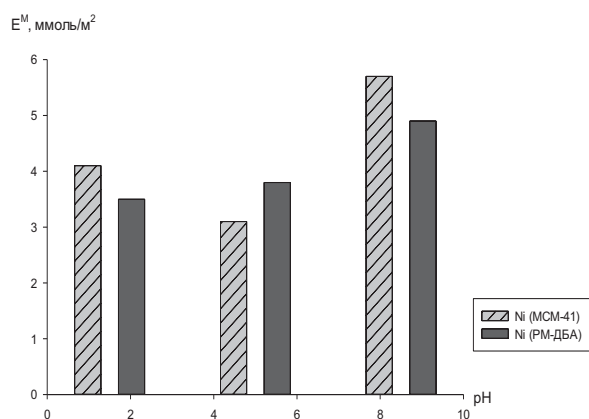


Рис. 3. Зависимость сорбционной емкости МСМ-41 и РМ-ДБА от рН среды для ионов никеля (II)

же в кислой области рН при совместном присутствии с никелем (II) и кобальтом (II). При этом прививка активных групп значительно повышает сорбционную активность модифицированного сорбента к извлекаемым катионам по сравнению с исходной матрицей (рис. 3, 4, 5).

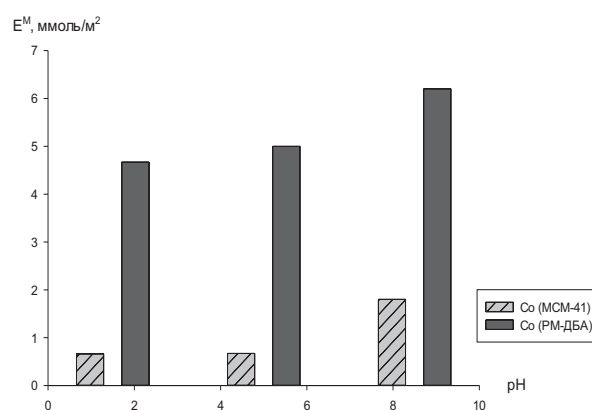


Рис. 4. Зависимость сорбционной емкости МСМ-41 и РМ-ДБА от рН среды для ионов кобальта (II)

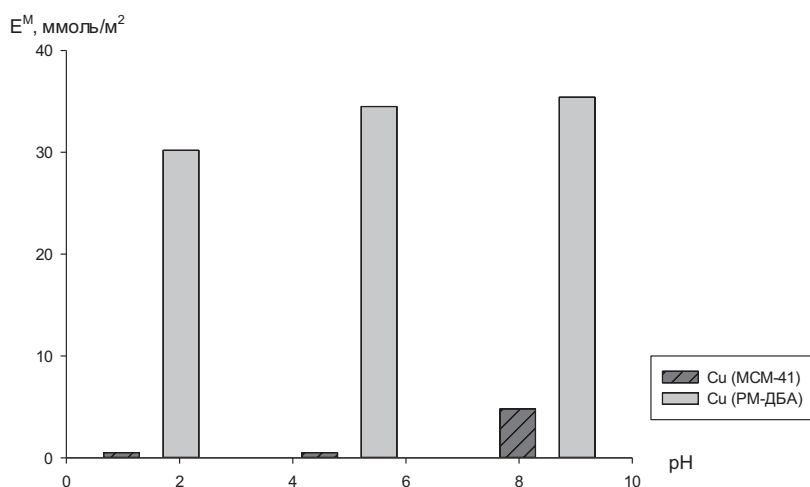


Рис. 5. Зависимость сорбционной емкости МСМ-41 и РМ-ДБА от рН среды для ионов меди (II)

Для установления природы сорбционного процесса изучено влияние температуры на сорбцию металлов полученными модифицированными кремнеземами. Температурную зависимость степени извлечения от рН изучали при 20-минутном контакте сорбента с исследуемым раствором, основываясь на данных о ки-

нетике сорбционного процесса, полученных ранее.

В общем случае с ростом температуры в области низких и средних значений рН значения сорбционной емкости уменьшаются, что свидетельствует в пользу протекания физической адсорбции. Ситуация меняется при переходе к высоким значениям рН, когда возможен

процесс образования комплексных соединений ионов цветных металлов с ДБА-группами. В случае адсорбции ионов кобальта и меди с ростом рН изменяется знак тангенса угла наклона зависимости $\ln E - 1/T$ (рис.6), т.е. с ростом температуры адсорбция возрастает. Это возможно в том случае, если на поверхности протекает химическая реакция. Хемосорбция и образование химических связей с поверхностными группами может затруднить десорбцию катионов металла в раствор при последующих циклах работы модифицированных сорбентов [28, 29].

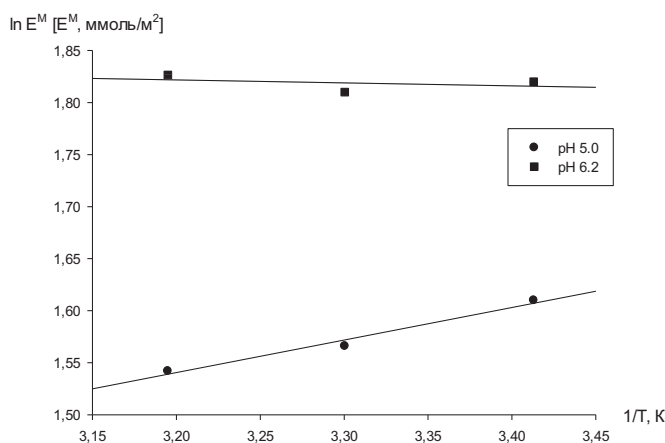


Рис. 6. Влияние температуры на сорбционную емкость МСМ-41+ДБА по отношению к ионам кобальта (II)

Процесс десорбции изучали в системе «МСМ-41+ДБА (пропитка) – медь» при 25⁰С. Предварительную адсорбцию меди осуществляли при рН=8, так как при этом значении рН медь извлекалась максимально полно. Напротив, десорбцию проводили в кислой среде, так как, согласно полученным результатам, в этих условиях она практически не извлекается.

Максимальная степень десорбции катионов меди с поверхности сорбента составила 98 % и наблюдалась при концентрации кислоты 2 М. В 1М серной кислоте медь десорбировалась на

64 %. Для того чтобы снизить концентрацию кислоты и увеличить степень десорбции меди, процесс следует проводить при повышенной температуре.

Заключение

Таким образом, в работе изучено влияние модифицирования поверхности МСМ-41 амидными группами, способа модифицирования поверхности на его структурные и адсорбционные свойства. Определено, что образцы мезопористых кремнезёмов, модифицированных методом пропитки (РМ), обладают лучшей сорбционной способностью по сравнению с образцами МСМ-41, модифицированными в процессе гидротермального синтеза SiO₂.

Проведенное комплексное исследование позволило выбрать оптимальные условия взаимодействия ионов металлов (меди (II), никеля (II), кобальта (II)) с функциональными группами синтезированных хелатообразующих сорбентов. Изучение адсорбции катионов цветных металлов показало, что, в зависимости от рН среды, возможно как совместное извлечение, так и разделение катионов. Мезопористые кремнезёмы с привитыми амидными группами, синтезированные методами HTS синтеза и РМ, извлекают ионы никеля (II), кобальта (II), меди (II) из растворов во всем диапазоне рН. Образцы РМ-ДБА и HTS-ДБА хорошо сорбируют медь (II) ($E^M = 30-35$ ммоль/м²), в отличие от никеля (II) и кобальта (II) при их совместном присутствии.

Работа выполнена по теме государственного задания № АААА-А18-118032790022-7 с использованием оборудования ЦКП «Исследования материалов и вещества» ПФИЦ УрО РАН.

Библиографический список

1. Doyle A. M., Ahmed E., Hodnett B. K. The evolution of phase during the synthesis of the organically modified catalyst support MCM-48 // *Catalysis Today*, 2006. Vol. 116, №. 1. P. 50–55.
2. Tsoncheva T., Areva S., Dimitrov M., et al. MCM-41 silica modified with copper and iron oxides as catalysts for methanol decomposition // *J. Mol. Catal. A: Chem.* 2006. Vol. 246. P. 118.
3. Liou T.-H. A green rout to preparation of MCM-41 silicas with well-ordered mesostructure controlled in acidic and alkaline environments // *Chemical Engineering Journal*. 2010. Vol. 10. P. 1016.
4. Das D. P., Parida K. M. Enhanced Catalytic Activity of Ti, V, Mn-Grafted Silica Spheres Towards Epoxidation Reaction // *Reaction Kinetics and Catalysis Letters*. 2007. Vol. 90. P. 77–84.
5. Lin K., Pescarmona P. P., Houthoofd K., et al. Direct room-temperature synthesis of methyl-functionalized Ti-MCM-41 nanoparticles and their catalytic performance in epoxidation // *Journal of Catalysis*. 2009. Vol. 263. P. 75–82.
6. Elias V. R., Crivello M. E., Herrero E. R., et al. Synthesis of Titanium-Containing Mesoporous Silicas as Catalysts for Cyclohexene Epoxidation // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009. Vol. 48. P. 9076–9082.
7. Eimer G. A., Casuscelli S. G., Ghione G. E., et al. Synthesis Characterization and selective oxidation properties of Ti-containing mesoporous catalysts // *Applied Catalysis A: General*. 2006. Vol. 298. P. 232–242.
8. Save M., Granvorka G., Bernard J., et al. Atom Transfer Radical Polymerization of Styrene and Methyl Methacrylate from Mesoporous Ordered Silica Particles // *Macromolecular Rapid Communication*. 2006. Vol. 27. P. 393–398.
9. Козлова С. А., Парфенов В. А., Тарасова Л. С., Кирика С. Д. Состояние силанольного покрытия мезоструктурированного силикатного материала МСМ-41 в результате постсинтетической активации // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry* 4. 2008. № 1. С. 376–388.
10. Фоменко О.Е., Реснер Ф. Модифицирование силикатных поверхностей путем силилирования их кремнийорганическими соединениями // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2009. Т. 9, вып. 5. С. 633–642.
11. Fryxell G. E., Cao G. Environmental applications of nanomaterials synthesis, sorbents and sensors. Copyright by Imperial College Press. 2007. P. 507
12. Oi H., Peng Y., Gao Q., Zhang Cn. Application of nanomaterials in electrogenerated chemiluminescens biosensors. *Sensors*. 2009. Vol. 9. P. 674–695.
13. Zhong L., Kaiyong C., Beilu Z., et al. Application of Mesoporous Silica Nanoreservoir in Smart Drug Controlled Release Systems. *Progress in Chemistry*. 2011. Vol. 23(11). P. 2326–2338.
14. Лисичкин Г.В., Фадеев А.Ю., Сердан А.А., и др. Химия привитых поверхностных соединений, М: ФИЗМАТЛИТ. 2003. С. 38–56.
15. Rao V. A., Kulkarni M. M., Amalnerkar D. P., Seht T. Surface chemical modification of silica aerogels using various alkyl-alkoxy/chloro silanes // *Appl. Surf. Sci.* 2003. Vol. 203. P. 262–270.

16. Балакаин В.М., Драницина Н.В., Холманская Ю.Б., и др. Новые азотфосфорсодержащие амфолиты на полиакрилатной матрице и исследование сорбции ими меди, цинка и железа из сернокислых растворов // Журн. приклад. химии. 1981. Т. 54, № 4. С. 781–785.
17. Николаев А.В., Фокин А.В., Коломиец А.Ф., и др. Сорбция меди и цветных металлов серу-, азот-, серуазотсодержащими сорбентами: Изв. СО АН СССР. Серия хим. наук. 1977. Т.4, № 9. С. 34–40.
18. Оскотская Э.П., Басаргин Н.Н., Игнатов Д.Е., Розовский Ю.Г. Предварительное групповое концентрирование меди, кобальта и никеля полимерным хелатным сорбентом в анализе природных вод // Зав. лаборатория. Диагностика материалов. 1999. Т.65, № 3. С. 10–14.
19. Zmijewski T., Mioduska M., Pasewska B. Thermogravimetric study of silica with a chemically modified surface // J. Thermal. Anal. 1987. Vol. 32. P.1755–1761.
20. Athens G. L., Shayib R. M., Chmelka B F. Functionalization of mesostructured inorganic-organic and porous inorganic materials // Current Opinion in Colloid & Interface Science. 2009. Vol. 14. P. 281–292.
21. Truel A. Modification of mesoporous silicas by incorporation of heteroelements in framework // Microporous Mesoporous Mater. 1999. Vol. 27. P. 151–169.
22. Macquarrie Duncan J. Direct preparation of organically modified MCM-type materials. Preparation and characterization of aminopropyl-MCM and 2-цианоэтил-MCM // Chem. Commun. 1996. P. 1961–1962.
23. Zeng W., Qian X.-F., Zhang Y.-B., et al. Organic modified mesoporous MCM-41 through solvothermal process as drug delivery system // Materials Research Bulletin. 2005. Vol. 40. P. 766–772.
24. Badiei A.R., Bonneviot L. Modification of Mesoporous Silica by Direct Template Ion Exchange Using Cobalt Complexes // Inorg Chem. 1998. Vol. 37. P.4142–4145.
25. Kondrashova N., Saenko E., Lebedeva I., et al. Effect of organic-silane additives on textural-structural properties of mesoporous silicate materials // Microporous and mesoporous materials. 2012. Vol. 153. P. 275–281.
26. Yu.G., Frolov, Course of colloid chemistry. Superficial phenomena and dispersive systems. Alliance Trade and Publishing House. Moscow, 2004.
27. Тагер А.А. Физико-химия полимеров. М.: Научный мир, 2007. С. 573.
28. Radushev A.V., Batueva T.D., Kataev A.V. Versatic Functional Tert-Carboxylic Acids as Metal Extractive Agents // Separation science and technology. 2015 Vol. 50. Iss. 4. P. 512–519.
29. Катаев А.В., Батыева Т.Д., Радушев А.В. Свойства амидов кислот Versatic и перспективы их использования в процессах концентрирования // Научно-практические проблемы в области химии и химических технологий. Апатиты, 2014. С. 39–40.

References

1. Doyle A. M., Ahmed E., Hodnett B. K. The evolution of phase during the synthesis of the organically modified catalyst support MCM-48 // Catalysis Today, 2006. Vol. 116. N. 1. P. 50–55.

2. *Tsoncheva T., Areva S., Dimitrov M., Paneva D., Mitov I., Linden M., Minchev C.* MCM-41 silica modified with copper and iron oxides as catalysts for methanol decomposition // *J. Mol. Catal. A: Chem.* 2006. Vol. 246. P. 118.
3. *Liou T.-H.* A green route to preparation of MCM-41 silicas with well-ordered mesostructure controlled in acidic and alkaline environments // *Chemical Engineering Journal.* 2010. Vol. 10. P. 1016.
4. *Das D. P., Parida K. M.* Enhanced Catalytic Activity of Ti, V, Mn-Grafted Silica Spheres Towards Epoxidation Reaction // *Reaction Kinetics and Catalysis Letters.* 2007. Vol. 90. P. 77–84.
5. *Lin K., Pescarmona P. P., Houthoofd K., Liang D., Tendeloo G. V., Jacobs P. A.* Direct room-temperature synthesis of methyl-functionalized Ti-MCM-41 nanoparticles and their catalytic performance in epoxidation // *Journal of Catalysis.* 2009. Vol. 263. P. 75–82.
6. *Elias V. R., Crivello M. E., Herrero E. R., Casuscelli S. G., Eimer G. A.* Synthesis of Titanium-Containing Mesoporous Silicas as Catalysts for Cyclohexene Epoxidation // *Ind. Eng. Chem. Res.* 2009. Vol. 48. P. 9076–9082.
7. *Eimer G. A., Casuscelli S. G., Ghione G. E., Crivello M. E., Herrero E. R.* Synthesis Characterization and selective oxidation properties of Ti-containing mesoporous catalysts // *Applied Catalysis A: General.* 2006. Vol. 298. P. 232–242.
8. *Save M., Granvorka G., Bernard J., Charleux B., Boissiere C., Grosso D., Sanchez C.* Atom Transfer Radical Polymerization of Styrene and Methyl Methacrylate from Mesoporous Ordered Silica Particles // *Macromolecular Rapid Communication.* 2006. Vol. 27. P. 393–398.
9. *Kozlova S. A., Parfenov V. A., Tarasova L. S., Kirika S. D.* State of silanol coating of the mesostructured silicate material MCM-41 as a result of postsynthetic activation // *Journal of Siberian Federal University. Chemistry* 4. 2008. № 1. С. 376–388.
10. *Fomenko OE, Rössner F.* Modification of silicate surfaces by silylation of their organosilicon compounds // *Sorption and chromatographic processes.* 2009. V. 9. I. 5, P. 633–642.
11. *Fryxell G. E., Cao G.* Environmental applications of nanomaterials synthesis, sorbents and sensors. Copyright by Imperial College Press. 2007. P. 507
12. *Oi H., Peng Y., Gao Q., Zhang Cn.* Application of nanomaterials in electrogenerated chemiluminescence biosensors. *Sensors.* 2009. Vol. 9. P. 674–695
13. *Zhong L., Kaiyong C., Beilu Z., Lin D., Aiping L., Duan G.* Application of Mesoporous Silica Nanoreservoir in Smart Drug Controlled Release Systems. *Progress in Chemistry.* 2011. Vol. 23(11). P. 2326–2338.
14. *Lisichkin G.V., Fadeev A.Yu., Serdan A.A., Nesterenko P.N., Mingalev P.G., Furman D.B.* Chemistry of grafted surface compounds, M: FIZMATLIT. 2003. P.38–56.
15. *Rao V. A., Kulkarni M. M., Amalnerkar D. P., Seht T.* Surface chemical modification of silica aerogels using various alkyl-alkoxy/chloro silanes. *Appl. Surf. Sci.* 2003. Vol. 203. P. 262–270.
16. *Balakain V.M., Dranitsina N.V., Kholmanskaya Yu.B., Tesler A.T., Morozova A.V.* New nitrogen-phosphorus-containing ampholytes on

- a polyacrylate matrix and the study of their sorption of copper, zinc and iron from sulfate solutions. *Journal of Applied Chemistry*. 1981. T. 54, No. 4. P. 781–785.
17. *Nikolaev A.V., Fokin A.V., Kolomiyets A.F., Gribanova I.N., Yakunina N.P., Anshits N.N., Villevald G.V.* Sorption of copper and non-ferrous metals with sulfur, nitrogen, and sulfur-containing sorbents. *Izv. SB USSR Academy of Sciences. Series chem. sciences*. 1977. V.4. No. 9. S. 34–40.
18. *Oskotskaya E.P., Basargin H.H., Ignatov D.E., Rozovsky Yu.G.* Preliminary group concentration of copper, cobalt and nickel by polymer chelate sorbent in the analysis of natural waters. *Head laboratory. Diagnostics of materials*. 1999. V.65. No. 3. S. 10–14.
19. *Zmijewski T., Mioduska M., Pasewska B.* Thermogravimetric study of silica with a chemically modified surface // *J. Thermal. Anal.* 1987. Vol.32. P.1755–1761.
20. *Athens G. L., Shayib R. M., Chmelka B F.* Functionalization of mesostructured inorganic–organic and porous inorganic materials // *Current Opinion in Colloid & Interface Science*. 2009. Vol. 14. P. 281–292.
21. *Truel A.* Modification of mesoporous silicas by incorporation of heteroelements in framework // *Microporous Mesoporous Mater.* 1999. Vol. 27. P. 151–169.
22. *Macquarrie Duncan J.* Direct preparation of organically modified MCM-type materials. Preparation and characterization of aminopropyl-MCM and 2-cyanoethyl-MCM // *Chem. Commun.* 1996. P. 1961–1962.
23. *Zeng W., Qian X.-F., Zhang Y.-B., Yin J., Zhu Z.-K.* Organic modified mesoporous MCM-41 through solvothermal process for drug delivery system // *Materials Research Bulletin*. 2005. Vol. 40. P. 766–772.
24. *Badiei A.R., Bonneviot L.* Modification of Mesoporous Silica by Direct Template Ion Exchange Using Cobalt Complexes // *Inorg Chem.* 1998. V.37. P.4142–4145.
25. *Kondrashova N., Saenko E., Lebedeva I., Valtsifer V., Strelnikov V.* Effect of organosilane additives on textural-structural properties of mesoporous silicate materials // *Microporous and mesoporous materials*. 2012. Vol. 153. P. 275–281.
26. *Yu.G. Frolov,* Course of colloid chemistry. Superficial phenomena and dispersive systems. Alliance Trade and Publishing House, Moscow. 2004
27. *Tager A.A.* Physical chemistry of polymers. M.: Scientific World, 2007. c. 573
28. *Radushev A.V., Batueva T.D., Kataev A.V.* Versatic Functional Tert-Carboxylic Acids as Metal Extractive Agents // *Separation science and technology*. 2015 Vol. 50. I. 4. P. 512–519.
29. *Kataev A.V., Batueva T. D., Radushev A.V.* Properties of Versatic acid amides and prospects for their use in concentration processes // "Scientific and practical problems in the field of chemical and chemical technologies." Apatity, 2014. S. 39–40

Об авторах

Батуева Татьяна Дмитриевна,
кандидат химических наук, доцент
Филиал Уральского отделения Российской
академии наук «Институт технической химии»,
614013, г. Пермь, ул. Ак. Королева, 3.
tdbatueva@mail.ru

Щербань Марина Григорьевна,
кандидат химических наук, доцент
Пермский государственный национальный ис-
следовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
ma-sher74@mail.ru

Брюханова Мария Вячеславовна,
студент
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
MashytaBruhanova@mail.ru

Кондрашова Наталья Борисовна,
кандидат химических наук
Филиал Уральского отделения Российской
академии наук «Институт технической химии»,
614013, г. Пермь, ул. Ак. Королева, 3.
kondrashova_n_b@mail.ru

About the authors

Batueva Tatyana Dmitrievna,
candidate of chemistry, associate professor
Institute of Technical Chemistry of the
Ural Branch of RAS
3, Koroleva st., Perm, Russia 614013
tdbatueva@mail.ru

Shcherban Marina Grigoryevna,
candidate of chemistry, associate professor
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
ma-sher74@mail.ru

Brukhanova Maria Vyacheslavovna,
student
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
MashytaBruhanova@mail.ru

Kondrashova Natalya Borisovna,
candidate of chemistry
Institute of Technical Chemistry of the
Ural Branch of RAS
3, Koroleva st., Perm, Russia 614013
kondrashova_n_b@mail.ru

Информация для цитирования:

Батуева Т.Д., Щербань М.Г., Брюханова М.В., Кондрашова Н.Б. Сорбенты на основе мезопористых кремнеземов, модифицированных амидными функциональными группами // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 94–107. DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-94-107.

Batueva T.D., Shcherban M.G., Briukhanova M.V., Kondrashova N.B. Sorbenty na osnove mezoporistykh kremnezemov, modifitsirovannykh amidnymi funktsionalnymi gruppami [Sorbents based on mesoporous silica modified by amidic functional groups] // Vestnik Permskogo universiteta. Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 94–107 (in Russ.). DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-94-107.

УДК 579.69 : 632.952

DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-108-117

А.Ю. Максимов^{1,2}, А.В. Шилова², Н.Ю. Лисовенко¹, С.Ю. Баландина¹, В.А. Щетко³

¹Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

²Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального научного центра УрО РАН, Пермь, Россия

³Институт микробиологии НАН Беларуси, Минск, Беларусь

ПРИМЕНЕНИЕ НОВОГО ФУНГИЦИДНОГО ПРЕПАРАТА ИНКАНОН ДЛЯ ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТКИ СЕМЯН ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ РАССАДЫ ТОМАТОВ В ИСКУССТВЕННОМ ГРУНТЕ, ПОЛУЧЕННОМ МЕТОДОМ МИКРОБИОЛОГИЧЕСКОЙ ПЕРЕРАБОТКИ КОРОДРЕВЕСНЫХ ОТХОДОВ

Проведены долговременные эксперименты по биотехнологической переработке материала кородревесных отходов Краснокамского короотвала выделенными микроорганизмами-деструкторами целлюлозных материалов, обладающими целлюлозной и лигнинолитической активностями, а также применению полученных субстанций в качестве питательного грунта для выращивания культурных растений. Показана высокая эффективность переработанного материала кородревесных отходов как питательного грунта для роста экспериментальных растений – томатов. Однако установлено, что без стерилизующей обработки полученный субстрат содержит существенное количество почвенных микромицетов (до 10^{10} колониеобразующих единиц на 1 г субстрата), присутствие которых неблагоприятно отражается на развитии растений. Показана эффективность предпосевной обработки семян томатов, чувствительных к большому количеству микромицетов, новым препаратом инканон из класса замещенных производных бутан-1,3-диона для улучшения всхожести и выживаемости растений. Показано повышение всхожести семян на 14 % в результате такой обработки.

Ключевые слова: биодеструкция; кородревесные отходы; микромицеты; целлюлоза; фунгицид

A.Yu. Maksimov^{1,2}, A.V. Shilova², N.Yu. Lisovenko¹, S.Yu. Balandina¹, V.A. Shchetko³

¹Perm State University, Perm, Russia

²Institute of Ecology and genetics of microorganisms of Ural branch of Russian Academy of Science, Perm, Russia

³Institute of Microbiology of the national Academy of Sciences of Belarus, Minsk, Belarus

APPLICATION OF THE NEW FUNGICIDE INCANON FOR PRE-SOWING SEED TREATMENT WHEN GROWING TOMATO SEEDLINGS IN ARTIFICIAL SOIL OBTAINED BY MICROBIOLOGICAL PROCESSING OF BARK-WOOD WASTE

Long-term experiments were carried out on biotechnological processing of the material of bark-wood waste of the Krasnokamsky korootval by isolated microorganisms-destroyers of cellulose materials with cellulase and ligninolytic activity, as well as the use of the obtained substances as a nutrient soil for growing cultivated plants. The high efficiency of the processed material of bark-wood waste as a nutrient soil for the growth of experimental tomato plants is shown. However, it was found that without sterilizing treatment, the resulting substrate contains a significant number of soil micromycetes (up to 10^{10} colony-forming units per 1 g of substrate), the presence of which adversely affects the development of plants. The effectiveness of pre-sowing treatment of tomato seeds that are sensitive to a large number of micromycetes with the new Incanon drug from the class of substituted butane-1,3-dione derivatives is shown to improve the germination and survival of plants. An increase in seed germination by 14% as a result of this treatment is shown.

Keywords: biodegradation; bark-wood waste; micromycetes; cellulose; fungicide

Введение

Древесные отходы являются ценным биоразлагаемым органическим сырьем, состоящим в значительной степени из полисахаридов (целлюлоза и гемицеллюлоза – до 80 % состава). Однако в Пермском крае и других регионах России накоплены большие массивы данного вида отходов, которые не используются и представляют угрозу окружающей среде и здоровью населения. В частности, это кородревесные отходы (КДО) в короотвалах целлюлозно-бумажных комбинатов, отходы коры, опила, опада и хвои лесозаготовительных и деревообрабатывающих предприятий. Складированные кородревесные отходы являются источником закисления почвенной среды продуктами разложения углеводов, снижения плодородия сельскохозяйственных почв и биоразнообразия естественных биотопов, обогащения органическими веществами водных сред и гибели гидробионтов. Также большую опасность представляет пожароопасность короотвалов, особенно вблизи крупных населенных пунктов [1–4].

В частности, таким проблемным объектом является короотвал ныне не действующего Камского ЦБК, расположенный в черте города Краснокамск Пермского края. Данный объект накопленного экологического ущерба расположен в городской черте на участке, омываемом реками Кама и Малая Ласьва, непосредственно примыкает к промышленным и жилым районам, ранее неоднократно возгорался, задымляя воздушную среду города. Короотвал формировался более 70 лет, в последнее десятилетие не пополняется.

Поскольку короотвалы представляют собой открытые системы, их материал подвергается биодegradации и гумификации за счет естественной микрофлоры, что со временем, после degradation существенной части полидревесных сахаридов и образующихся при их разложении органических кислот, приведет к формированию полноценного плодородного грунта, лишенного всех перечисленных экологических опасностей. Однако известно, что это очень медленный и сезонно протекающий процесс. В частности, КДО верхних горизонтов Краснокамского короотвала представляет собой частично деградированный влагоемкий материал, в связи с чем его теплоотдача при сжигании снижена и использование в качестве топлива нерационально [2, 3]. В то же время степень его биодеструкции очень мала для использования в качестве сельскохозяйственного грунта без существенной переработки. Скорее

он является токсичным для многих растений. Также, как показали ранее проведенные нами исследования, в глубине короотвала, в обводненной среде происходит естественная герметизация нижележащих пластов, что почти полностью подавляет процессы биодegradации и глубинный материал менее подвержен деструкции, чем на поверхности, несмотря на то, что он на несколько десятилетий старше [3, 5, 6].

Известно, что природные процессы биодegradации могут быть значительно ускорены искусственно при применении интенсивных микробных биологических технологий в комбинации с коррекцией состава среды и ее аэрацией. Показано, что в результате может быть организована масштабная промышленная переработка кородревесных отходов в плодородный грунт [3, 7–9]. Также известно, что полисахариды, в частности, полимеры растительного происхождения, из которых в основном и состоят КДО, являются наилучшим субстратом для развития грибов от микромицетов до высших – базидиомицетов и аскомицетов. И сам процесс биодegradации целлюлозосодержащих материалов в естественных условиях в наибольшей степени является результатом деятельности грибов [5].

В то же время для конечного продукта переработки – грунта для сельскохозяйственных растений – достаточно большая часть микромицетов не являются безвредными. Кроме того, среди них могут встретиться и выраженные фитопатогены. Наиболее чувствительным к деструктивному и ингибирующему действию микромицетов, а также к заражению фитопатогенами, растения являются в период прорастания семян и образования всходов. Поэтому важной мерой профилактики является протравливание семян специальными антисептическими и противогрибковыми препаратами [10, 11]. Вследствие этого синтез, поиск и применение новых противогрибковых препаратов для обработки посевного материала является высокоактуальной задачей.

Экспериментальная часть

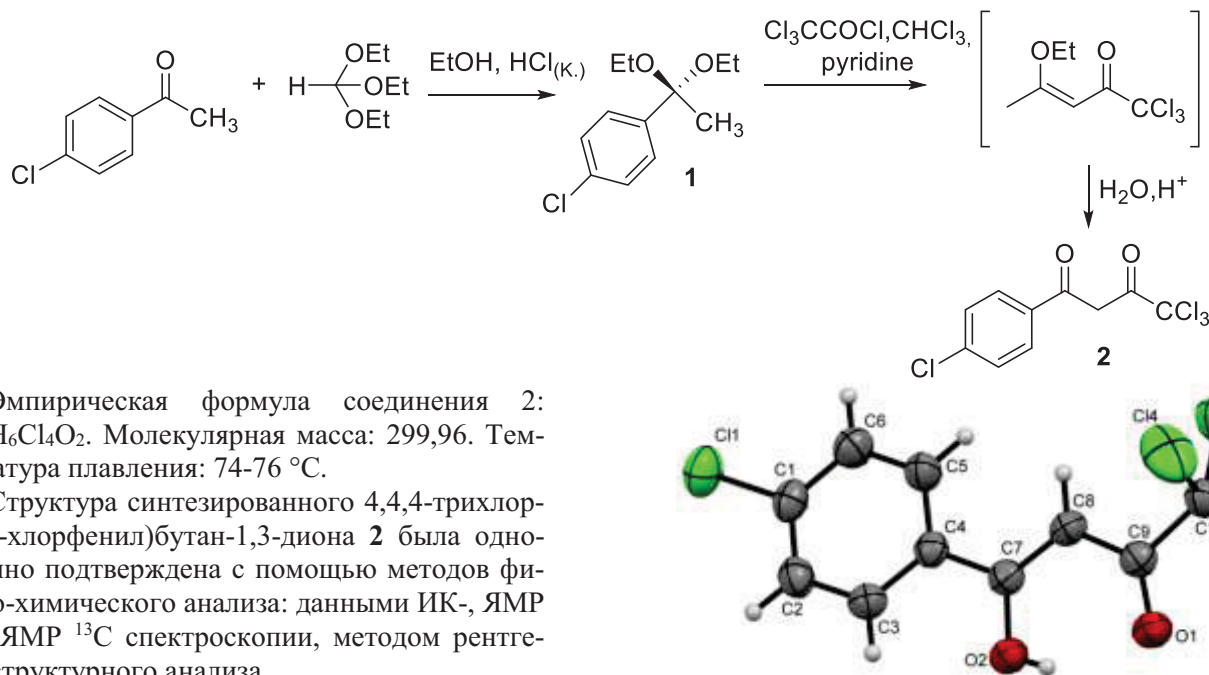
В качестве исходного материала для формирования грунта использовали КДО Краснокамского короотвала, собранный с глубины 0,3–1 м, в наименьшей степени подвергшийся естественной биодegradации среди образцов верхних слоев короотвала. Материал для работы отбирали в нескольких точках путем бурения скважин. Для экспериментов по биоде-

струкции использовали усредненные пробы (рис. 1).



Рис. 1. Краснокамский короотвал: точки бурения скважин и отбора материала КДО

Координаты скважин: 1 – 58.063098, 55.794266; 2 – 58.062399, 55.793302; 3 – 58.064288, 55.793371; 4 – 58.065694, 55.794222; 5 – 58.064338 55.795787; 6 – 58.062481 55.797394



Эмпирическая формула соединения 2: $\text{C}_{10}\text{H}_6\text{Cl}_4\text{O}_2$. Молекулярная масса: 299,96. Температура плавления: 74-76 °С.

Структура синтезированного 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-диона 2 была однозначно подтверждена с помощью методов физико-химического анализа: данными ИК-, ЯМР ^1H , ЯМР ^{13}C спектроскопии, методом рентгено-структурного анализа.

ИК-спектр (ФСМ-1202, вазелиновое масло, ν, cm^{-1}): 1642, 1598, 1562 ($\text{O}=\text{C}-\text{C}=\text{C}$).

ЯМР ^1H спектр (Bruker Avance III HD 400 [рабочая частота 400 МГц] в CDCl_3 , внутренний стандарт – ТМС, δ , м.д.): 6.79 (1H, с, CH), 7.50 (2H, д, HAr, J 8 Гц), 7.89 (2H, д, HAr, J 8 Гц), 14.22 (1H, с, OH).

ЯМР ^{13}C спектр (Bruker Avance III HD 400 [рабочая частота 100 МГц] в CDCl_3 , внутренний стандарт – ТМС, δ , м.д.): 76.4, 89.2, 127.9, 128.7, 130.4, 139.2, 178.8, 185.7.

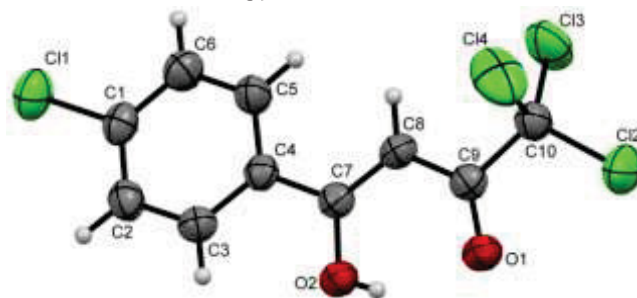


Рис. 2 Молекулярная структура соединения 2.

Для биотехнологической переработки и гумификации использовали усредненную пробу.

В качестве противогрибковых средств использовали известный препарат – хлорокись меди, а также новый фунгицидный препарат 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион (инканон) 2, синтезированный ранее по методике [12,13], реакцией 1-хлор 4-(1,1-диэтоксиэтил)бензола 1 с хлорангидридом трихлоруксусной кислоты и последующим кислотным гидролизом был получен 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-дион 2.

Препарат представляет собой бесцветный кристаллический порошок, практически нерастворим в воде. Хорошо растворим в хлороформе, хлористом метиле, ацетоне, ДМСО, ДМФА, при нагревании в гексане, этаноле.

Ранее определены молекулярные механизмы противогрибкового действия исследуемого соединения: мембранотропное действие, повышение проницаемости клеточной оболочки [14].

Противогрибковые препараты применяли путем аэрозольного распыления. Хлорокись меди готовили как 0,02 %-ную суспензию в

стерильной дистиллированной воде. Концентрированный инканон готовили в виде 5 %-ного исходного раствора в ацетоне. Для применения разводили его водой до 0,02 %. Также исследовали возможность применения для обработки семян водорастворимого препарата, полученного в виде калиевой соли. Водорастворимую форму инканона получали следующим образом: готовили 10 %-ный раствор инканона в этаноле; к 3 мл полученного раствора добавляли 1 мл 10N КОН, перемешивали до гомогенности. Объем раствора доводили до 6 мл добавлением деионизованной воды. Таким образом получали препарат, эквивалентный по количеству действующего вещества 5 %-ному раствору водонерастворимой формы. Для применения разводили препарат до концентрации 0,02 %

Для биодеструкции брали 2 кг материала КДО по сухому весу. Как было определено ранее [3], в материале КДО наблюдается дефицит ряда биогенных элементов (низкие концентрации соединений азота и фосфора, серы, магния, а также ряда микроэлементов), необходимых для активного роста микроорганизмов и интенсификации биодеструкции.

В связи с этим для стимуляции процессов биодеструкции в субстрат добавляли 1 М фосфат аммония в количестве 10 мл/кг, 1 М сульфат магния до концентрации 0,5 мл/кг и раствор микроэлементов. Содержание воды в субстрате доводили до 35 %. Кислотность доводили до 7,5 добавлением 10 %-ного раствора аммония. Процесс биодеструкции проводили в течение трех месяцев. В таких условиях наблюдалось увеличение скорости биодеструкции целлюлозных компонентов на порядок, по сравнению с условиями только увлажнения (табл. 1).

Также для ускорения процесса переработки КДО в среду добавляли культуры ранее выделенных микроорганизмов-биодеструкторов целлюлозы и гемицеллюлозы в количестве 10^9 КОЕ.

Таким образом, варианты содержали увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой.

Результаты и обсуждение

Проведены модельные долговременные эксперименты по биодеструкции материала КДО аборигенной микрофлорой и внесенными ранее выделенными микроорганизмами-целлюлолитами.

В связи с дефицитом в среде КДО источников фосфора, азота и ряда микроэлементов, проводили коррекцию среды с помощью моно- и дифосфата калия и аммиачной воды (являющейся отходом полимерного производства), а также растворов солей 2-валентных металлов. Установлено, что при засевной дозе 10^9 КОЕ/мл, оптимизации элементного состава среды и pH, а также при использовании искусственного сообщества потеря массы КДО по сухому весу в течение 90 суток составляет до 21 %.

Методом лимитирующих разведений определено содержание микромицетов в переработанных в течение 90 дней КДО. Установлено, что без стерилизующей обработки (с аборигенной микрофлорой) полученный субстрат содержит существенное количество микромицетов (до 7×10^{10} колониеобразующих единиц на 1 г субстрата), что естественно для древесных отходов (табл. 1).

Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой после коррекции состава среды, включавшей ее частичное защелачивание, содержал в 5 раз меньшее количество микромицетов. Такой эффект может быть связан с тем, что скорректированная среда по составу и, особенно кислотности (pH 7,5), оптимальна для роста бактерий, в то время как для большинства грибов требуется кислотность ниже нейтральной.

Таблица 1

Влияние коррекции среды культивирования и внесения биомассы микроорганизмов–биодеструкторов полисахаридных полимеров древесины на процесс переработки КДО

Вариант	1. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой	2. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой и коррекцией состава среды	3. Увлажненный стерилизованный материал КДО с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i>	4. Увлажненный стерилизованный материал КДО с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i> и коррекцией состава среды	5. Увлажненный материал КДО с аборигенной микрофлорой, с внесенной биомассой <i>Cellulomonas</i> и коррекцией состава среды
Убыль сухой массы, %	0,012±0,003	1,324±0,088	2,735±0,139	14,769±1,024	21,012±1,131
Общее содержание водозэкстрагируемых фенольных соединений, мг/л	0,473±0,094	3,873±0,425	3,245±0,591	7,087±1,133	9,946±1,657
Общее содержание ацетат-иона, мг/л	1,713±0,621	4,489±1,250	11,573±1,975	68,549±5,342	77,125±5,971
Содержание микромицетов, КОЕ/г грунта	$6,89 \times 10^{10} \pm 0,43 \times 10^{10}$	$1,36 \times 10^{10} \pm 0,11 \times 10^{10}$	0	0	$9,91 \times 10^8 \pm 0,51 \times 10^8$

При добавлении в нестерилизованную среду скорректированного состава активной культуры *Cellulomonas* наблюдалось значительное снижение КОЕ микромицетов – на два порядка. Это может быть результатом природного антагонизма микроорганизмов и вытеснения микромицетов в среде, оптимальной для активного развития бактерий.

Известно, что при биодеструкции растительного материала должны наблюдаться:

- убыль сухой биомассы как результат биодеструкции главным образом целлюлозы, гемицеллюлозы и лигнина;
- увеличение количества растворимых фенольных веществ – за счет биодеструкции лигнина, а также высвобождения связанных и адсорбированных фенольных соединений;
- увеличение содержания ацетата в результате биодеструкции углеводов.

По наличию таких изменений можно судить об активности процесса биодеструкции.

Показано, что стимуляция аборигенной микрофлоры путем оптимизации среды и условий роста гетеротрофных бактерий (вариант 2) дает положительный результат в плане ускорения биодеструкции, однако убыль содержания сухого вещества и другие количественные показатели в этом случае были значительно ниже, чем при применении активной

культуры бактерий-целлюлолитиков. В нашем эксперименте установлено, что наиболее эффективно проходила биодеструкция в случае коррекции состава среды, внесения активной культуры бактерий-целлюлолитиков и сохранения аборигенной микрофлоры (вариант 5). В то же время в случае предварительной стерилизации субстрата также наблюдалась очень высокая активность биологического разложения (вариант 4).

Данная методология, показавшая высокую эффективность в лабораторном варианте, проста в исполнении и может быть масштабирована до промышленных масштабов непосредственно в местах складирования кородревесных отходов.

Таким образом, экспериментально опробована новая стратегия ферментации, ранее не рассматриваемая в отношении материала короотвалов ЦБК. Одним из ключевых моментов новой технологии является создание зоны активной биодеградации КДО непосредственно в объеме складирования КДО, создание среды, оптимизированной для роста биодеструкторов и применение выращенной в лабораторных условиях биомассы активных культур.

В результате рассмотренного выше процесса ускоренной биодеструкции образуется оживленная фаза и твердый ферментирован-

ный остаток, которые предположительно могут быть использованы в качестве удобрения для растений и субстанции, структурирующей почву.

Для определения влияния полученных продуктов биологической переработки КДО на рост модельных растений проводили вегетационный опыт с семенами томата скороспелого сорта «Серебристая ель». Семена предварительно подвергали поверхностной стерилизации в микропробирках путем погружения в 70 %-ный этанол в течение 1 мин, трижды промывали стерильной дистиллированной водой, выдерживали 10 мин в термостате при 30°C. После этого семена помещали в стерильные чашки Петри из расчета 10 штук на одну чашку на фильтры, заливали стерильной дистиллированной водой и оставляли на 3–7 суток при комнатной температуре для проращивания. Затем семена высевали в стерильный (автоклавирование при 1 атм. 45 мин) и нестерилизованный грунт – переработанный КДО на глубину 2 см.

Данные эксперименты показали высокую эффективность переработанного материала КДО как питательного грунта для роста томатов. Ранее нами показано, что в вариантах без стерилизации грунта для многих растений в первые 4 недели после прорастания семян наблюдается замедление роста растений и значительное повышение содержания микромицетов, чего не было в случае прогрева грунта. При этом среди микромицетов отсутствовали виды, вызывающие характерные болезни пасленовых растений. Это может быть связано с ускорением роста микроскопических грибов, закислением среды грибами, выделением метаболитов, вызывающих фитостатический эффект, ферментативным повреждением ризо-

сферы непатогенными видами. Наиболее чувствительны растения на стадии прорастания семян и образования всходов. Также известно, что подобные проблемы возникают и в случае использования любых природных грунтов. Поэтому протравливание семян является необходимой методологией защиты растений.

В связи с этим были проведены эксперименты по обработке семян антифунгальными реагентами.

Для этого семена обрабатывали методом аэрозольного распыления 0,02 %-ных растворов противогрибковых веществ на сите, подсушивали в течение 60 мин. при комнатной температуре на сите, затем помещали в стерильные чашки Петри из расчета 10 штук на одну чашку на фильтры, заливали стерильной дистиллированной водой и оставляли на 3–7 суток при комнатной температуре для проращивания. Затем семена высевали в нестерильный (кроме стерильного контроля) питательный грунт на глубину 2 см. В каждый контейнер высевали 5 семян и проводили эксперимент в трех повторностях для каждого варианта. Полив производили стерильной дистиллированной водой. Культивировали при естественном освещении и температуре 25° С (табл. 2).

Через 72 часа определяли энергию прорастания семян как долю проросших семян от их общего числа в процентах, через 144 часа – всхожесть семян. Через 7 и 20 дней проводили учет морфометрических параметров проростков: длина корней и побегов, свежей и сухой массы корней и побегов. Результаты исследования количественных параметров представлены в виде $M \pm m$ (M – среднее арифметическое значение из выборки, m – стандартное отклонение).

Таблица 2

Влияние предпосевной обработки семян инканом, хлорокисью меди на морфометрические характеристики и всхожесть семян томата сорта «Серебристая ель» КДО

Опытный вариант	Контроль (нестерильный)	Контроль (стерильный)	Инканон, 0,02 %	Инканон-К соль, 0,02 %	Хлорокись меди, 0,02 %
Время прорастания более 50 % семян, сут	5	5	4	5	6
Энергия прорастания, % (72 ч).	35 %	40 %	45 %	45 %	35 %
Всхожесть семян, % (144 ч).	73 %	81 %	87 %	87 %	69 %
Размер проростков на 20-е сут.:					
– длина корня, см;	2,4±0,4	3,2±0,5	3,8±0,9	3,6±0,9	3,4±1,0
– длина ростка, см;	2,7±0,6	3,3±0,7	3,5±0,8	3,1±0,8	2,9±0,7
– общая масса по сухому веществу, г	1,2±0,4	1,6±0,5	2,1±0,7	1,9±0,6	1,7±0,5

Как видно из проведенных экспериментов, обработка семян инканом приводила к увеличению энергии прорастания семян, и повышению их всхожести на 14 %, чего не наблюдалось при обработке препаратом меди. Это свидетельствует об отсутствии токсического действия препарата на семена в использованных в опыте низких концентраций и наличии неспецифического стимулирующего эффекта, вероятно, стрессового характера. На 20-е сутки роста наблюдалось повышение всех исследованных морфометрических параметров проростков томатов, обработанных фунгицидами. При этом наиболее высокие показатели наблюдались при обработке семян водонерастворимой формой инкана. Данный эффект и более высокие показатели для нерастворимой формы, вероятно, связаны с отсутствием существенной миграции соединения в среде и сохранения его действующей концентрации в зоне формирования проростка растения.

Применение данной малорастворимой формы противогрибкового препарата инканом представляется перспективным в растениеводстве также в связи с отсутствием его вымывания из верхнего слоя почвы, из зоны роста корней растения, либо с вегетативных частей при местной обработке растений или почвы. Кроме того, нерастворимый препарат не способен к значимой диффузионной миграции в плодовые органы, используемые в качестве пищевых продуктов.

Заключение

Таким образом, показано, что в результате проведенных ферментационных экспериментов на основе массы КДО в условиях коррекции состава среды и применения культурбиодеструкторов, наблюдается частичное оживление материала КДО, значительное снижение его сухого веса. Установлено, что полученная твердая фаза является эффективным биоудобрением. Жидкая фаза представляет собой препарат, эффективно стимулирующий рост рассады и модельных растений томатов. Как удобрение, стимулятор роста и субстанция, структурирующая почву, хорошо себя показал твердый ферментированный остаток. Полученные результаты превосходят многие ранее описанные [7–9,15].

Также обнаружено, что в богатом органическими полимерами субстрате – КДО в процессе биодеструкции с участием аборигенной микрофлоры активно размножается большое количество микромицетов. Несмотря на то, что специфические фитопатогены в этой среде не

были выявлены, наблюдается некоторое снижение показателей всхожести и скорости роста проростков томатов. Такие явления давно известны и при выращивании растений во всех типах агроземов. В качестве средств защиты, предотвращающих такие явления, могут быть использованы как модификация метода переработки КДО, описанная в данной работе, так и дополнительная предпосевная обработка семян.

Таким образом, получены экспериментальные данные об эффективности предпосевной обработки 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)-бутан-1,3-дионом семян модельных растений томата.

Положительными свойствами исследуемого вещества для предпосевной обработки представляются:

– Высокая противогрибковая активность ранее исследованных участниками проекта веществ этого ряда в отношении широкого круга микромицетов при низкой токсичности в отношении высших эукариот, эффективность в отношении заболеваний теплокровных, вызываемых микромицетами (кандидозы и другие микозы).

– Высокая гидрофобность и очень низкая растворимость в воде, что предотвращает их миграцию в почве и ограничивает – в растении. Это представляется исключительно важным свойством для обработки семенного материала перед хранением или посевом.

– В дальнейшем требуется детальное исследование влияния препарата на прорастание семенного материала сельскохозяйственных растений, рост, заболеваемость и урожайность растений, а также другие виды воздействия.

Данные предпосылки дают возможность получения нового эффективного протравного препарата для защиты растений и разработки технологии его применения.

Работа выполнена в рамках проекта МИГ № С-26/796, финансируемого Министерством образования и науки Пермского края и гранта РФФИ 17-43-590653.

Библиографический список

1. Monte M.C. Waste management from pulp and paper production in the European Union // Waste Management and Research. 2009. Vol. 29. P. 293–308.

2. Курило О.Н., Куликова Ю.В., Ширинкина Е.С., Вайсман Я.И. Анализ технологических аспектов образования отходов на предприятиях целлюлозно-бумажной промышленности // Пермь: Вестн. ПНИПУ. Урбанистика. 2013. № 4 (12). С. 97–108.
3. Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Шилова А.В., и др. Исследование свойств и микробиологического состава кородревесных отходов короотвала г. Краснокамск // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология. 2018. № 4. С. 98–112.
4. Беседина, И.Н., Симкин Ю.Я., Петров В.С. Получение углеродных материалов из отходов сухой окорки лиственницы сибирской. Особенности отходов сухой окорки как сырья для получения углеродных материалов // Химия растительного сырья. 2002. Т. 2. С. 63–66.
5. Томилова Н.С., Баландина С.Ю., Максимов А.Ю. Лигнолитическая способность микромицетов по отношению к кородревесным отходам // Симбиоз-Россия 2019. Матер. XI Всеросс. конгр. 2019. С. 76–78.
6. Максимов А.Ю., Максимова Ю.Г., Шилова А.В., и др. Получение биоудобрения на основе отходов целлюлозно-бумажной промышленности // Микробные биотехнологии: фундаментальные и прикладные аспекты. Минск, 2019. С. 277–287.
7. Рожко А.А. Изготовление почвогрунтовых смесей на основе компоста из древесной щепы и использование их при выращивании саженцев в условиях пригородного леспаркхоза // Вестник МГУЛ. Лесной вестник. 2009. № 4(67). С. 56–59.
8. Федорец Н.Г., Бахмет О.Н. Органические удобрения из отходов деревообрабатывающей и целлюлозно-бумажной промышленности // Экология и промышленность России. 2008. № 4. С. 13–15.
9. Капич А.Н. Перспективы биоремедиации с использованием дереворазрушающих базидиальных грибов // Экологический вестник. Минск. 2013. № 3(25). С.19–24.
10. Торопова Е.Ю., Стецов Г.Я. Предпосевное протравливание семян (методические аспекты) // Защита и карантин растений. 2018. № 2. С. 3–7.
11. Порсев И.Н., Торопова Е.Ю., Малинников А.А. Эффективность протравителей семян в ограничении корневых гнилей яровой пшеницы // Защита и карантин растений. 2016. № 2. С. 24–26.
12. Способ получения 4,4,4-трихлор-1-(4-хлорфенил)бутан-1,3-диона, обладающего противокандидозной активностью: патент 2690009 Российская Федерация / Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю. – № 2015108096/04; заявл. 06.03.2015; опубл. 20.04.2015, Бюл. № 11. – 9 с.
13. Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю. Оценка противомикробной активности 1-(4-галогенфенил)-4,4,-трихлорбутан-1,3-дионов // Вестник Пермского университета. Серия Химия. 2016. Т. 21, № 1. С. 101–105.
14. Баландина С.Ю., Максимов А.Ю., Лисовенко Н.Ю., Шилова А.В. Новое противогрибковое соединение Инканон из класса 1,3-бутандиона в опытах *in vitro* // Биофармацевтический журнал. 2019. Т. 11, № 6. С. 62–66.
15. Волчатова, И.В., Медведева С.А. Применение углеродсодержащих твердых отходов в качестве нетрадиционных удобрений // Химия в интересах устойчивого развития. 2001. Т. 9. С. 533–540.

References

- 1) Monte, M.C. Fuente, E., Blanco, A., Negro, C., (2009), "Waste management from pulp and paper production in the European Union", *Waste Management and Research*. Vol. 29, pp. 293–308.
- 2) Kurilo, O.N., Kulikova, Yu.V, Shirinkina, E.S., Weissman, Y.I., (2013), "Analysis of technological aspects of waste generation at the enterprises of the pulp and paper industry", *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Series. "Urban Studies"*. no. 1 (13). pp. 97–108. (In Rus).
- 3) Maksimov, A.Yu., Maksimova, Yu.G., Shi-lova, A.V., Kolesova, O.V., Simonetti, J., (2018), "Investigation of the properties and microbiological composition of bark and wood waste from the waste dump in Krasno-kamsk", *Bulletin of Perm National Research Polytechnic University. Series. "Chemical technology and biotechnology"*. no. 4. pp. 98–112. (In Rus).
- 4) Besedina, I.N., Simkin, Yu.Ya., Petrov, V.S., (2002), "Obtaining carbon materials from the waste of dry ham of Siberian larch. Features of dry debarking waste as a raw material for obtaining carbon materials", *Chemistry of plant materials*. Vol. 2, pp. 63–66. (In Rus).
- 5) Tomilova, N.S., Balandina, S.Yu., Maksimov, A.Yu., (2019), "Lignolytic ability of micro-

- mycetes in relation to bark and wood waste", *Symbiosis-Russia 2019. Materials of the XI All-Russian Congress*. pp. 76–78. (In Rus).
- 6) Maksimov, A.Yu., Maksimova, Yu.G., Shilova, A.V., Balandina, S.Yu., Schetko, V.A., Demakov, V.A., (2019), "Obtaining biofertilizers based on waste from the pulp and paper industry", *Microbial biotechnologies: fundamental and applied aspects. Minsk*. pp. 277–282. (In Rus).
- 7) Rozhko, A.A., (2009), "Production of soil-soil mixtures based on compost from wood chips and their use in growing seedlings in a suburban forestry farm", *Bulletin of MGUL. Forest Bulletin*. no 4 (67). pp. 56–59. (In Rus).
- 8) Fedorets, N.G., Bahmet, O.N., (2008), "Organic fertilizers from waste from woodworking and pulp and paper industry", *Ecology and Industry of Russia*. no 4. pp. 13–15. (In Rus).
- 9) Kapich, A.N., (2013), "Prospects for bioremediation using wood-destroying basidiomycetes", *Ecological Bulletin. Minsk*. no 4 (25). pp. 19–24. (In Rus).
- 10) Toropova, E.Yu., Stetsov, G.Ya., (2018), "Presowing seed dressing (methodological aspects)", *Protection and quarantine of plants*. no 2. pp. 3–7. (In Rus).
- 11) Porsev, I.N., Toropova, E.Yu., Malinnikov, A.A., (2016), "The effectiveness of seed dressers in limiting root rot of spring wheat", *Protection and quarantine of plants*. no 2. pp. 24–26. (In Rus).
- 12) Lisovenko, N.Yu., Balandina, S.Yu., (2013), Sposob polucheniya 4,4,4-trikhlor-1-(4-khlorfenil)butan-1,3-diona, obladayushchego protivokandidoznoy aktivnost'yu [Method of obtaining 4,4,4-trichloro-1-(4-chlorophenyl) butane-1,3-dione with protivokandidoznoy activity], Russia, RU, Pat. 2690009.
- 13) Lisovenko, N.Yu., Balandina, S.Yu., (2016), "Evaluation of the antimicrobial activity of 1-(4-halogenophenyl)-4,4, trichlorobutane-1,3-dione", *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"*. Vol. 21, no. 1. pp. 101–105. (In Russ.).
- 14) Balandina, S.Yu., Maksimov, A.Yu., Lisovenko, N.Yu., Shilova, A.V., (2019), "A new antifungal compound Inkanon from the class of 1,3-butanedione in vitro experiments", *Biopharmaceutical journal*. Vol. 11, no. 6. pp. 62–66. (In Russ.).
- 15) Volchatova, I.V., Medvedev, S.A., (2001), "The use of carbon-containing solid waste as non-traditional fertilizers", *Chemistry in the interests of sustainable development*. Vol. 9, pp. 533–540. (In Russ.).

Об авторах

Максимов Александр Юрьевич,
кандидат биологических наук, доцент
кафедра микробиологии и иммунологии,
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
almaks1@mail.ru

Шилова Анна Владимировна,
аспирант
Пермский федеральный научный центр Уральского
отделения Российской академии наук
614990, г. Пермь, ул. Ленина, 11.
anechka_shilova@mail.ru

Лисовенко Наталья Юрьевна,
кандидат химических наук, доцент
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
lisovn@mail.ru

About the authors

Maksimov Aleksandr Yurievich,
Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Department of microbiology and immunology,
Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
almaks1@mail.ru

Shilova Anna Vladimirovna,
graduate student
Perm Federal Research Center of the Ural Branch of
the Russian Academy of Sciences
11, Lenin st., Perm, Russia, 614990
anechka_shilova@mail.ru

Lisovenko Natalya Yuryevna,
Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor, Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990.
lisovn@mail.ru

Баландина Светлана Юрьевна,
заведующий лабораторией «Бактерицид»,
кафедра фармакологии и фармации
Пермский государственный национальный иссле-
довательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
bactericid@yandex.ru

Balandina Svetlana Yurievna,
Head of the Laboratory "Bactericide",
Department of pharmacology and pharmacy,
Perm State University
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990
bactericid@yandex.ru

Щетко Виталий Анатольевич,
кандидат биологических наук, доцент,
начальник научно-производственного центра био-
технологий Государственного научного учрежде-
ния «Институт микробиологии НАН Беларуси»
(Республика Беларусь, г. Минск).
220141, Беларусь, Минск, ул. Акад. Купревича 2.
vental@yandex.ru

Shchetko Vitaliy Anatolevich,
Candidate of Biological Sciences, Associate Profes-
sor, Head of the Biotechnology Research and Pro-
duction Center of the State Scientific Institution "In-
stitute of Microbiology of the NAS of Belarus" (Re-
public of Belarus, Minsk.
2, st. Acad. Kuprevich, Minsk, Belarus, 220141
vental@yandex.ru

Информация для цитирования:

Максимов А.Ю., Шилова А.В., Лисовенко Н.Ю., Баландина С.Ю., Щетко В.А. Применение но-
вого фунгицидного препарата инканон для предпосевной обработки семян при выращивании рассады
томатов в искусственном грунте, полученном методом микробиологической переработки кородре-
весных отходов // Вестник Пермского университета. Серия «Химия». 2020. Т. 10, вып. 1. С. 108–117.
DOI: 10.17072/2223-1838-2020-1-108-117.

Maksimov A.Iu., Shilova A.V., Lisovenko N.Iu., Balandina S.Iu., Shchetko V.A. *Primenenie novogo
fungitsidnogo preparata inkanon dlia predposevnoi obrabotki semian pri vyrashchivanii rassady tomatov v
iskusstvennom grunte, poluchennom metodom mikrobiologicheskoi perera-botki korodrevesnykh otkhodov*
[Application of the new fungicide incanon for pre-sowing seed treatment when growing tomato seedlings in
artificial soil obtained by microbiological processing of bark-wood waste] // Vestnik Permskogo universiteta.
Seriya «Khimiya» = Bulletin of Perm University. Chemistry. 2020. Vol. 10. Issue 1. P. 108–117 (in Russ.).
DOI:10.17072/2223-1838-2020-1-108-117.

ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ И ПРЕДОСТАВЛЕНИЯ РУКОПИСЕЙ СТАТЕЙ В ЖУРНАЛ «ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА. СЕРИЯ ХИМИЯ»

В журнале «Вестник Пермского университета. Серия «Химия» печатаются работы сотрудников высших учебных заведений РФ и РАН, а также стран СНГ и других иностранных авторов.

Журнал публикует представленные в редакцию на русском и английском языках актуальные исследовательские работы, выполненные с применением современных методов, отвечающие профилю журнала, обладающие несомненной новизной, имеющие прикладное значение и теоретическое обоснование.

Вопрос об опубликовании статьи, ее отклонении решает редакционная коллегия журнала, и ее решение является окончательным.

Статьи должны представлять сжатое, четкое изложение полученных автором результатов, без повторения одних и тех же данных в тексте статьи, таблицах и рисунках. К статье должны быть приложены: заключение о возможности открытого опубликования, лицензионный договор, подписанный всеми авторами, список трех потенциальных рецензентов (Фамилия, Имя, Отчество, ученая степень, ученое звание, место работы, должность, электронная почта). Образец договора размещен на сайте press.psu.ru в разделе Вестник Пермского университета. Серия Химия – О нас – Отправка статей.

В статье должны сжато и четко излагаться современное состояние вопроса, цель работы, описание методики исследования и обсуждение полученных данных. Заглавие статьи должно полностью отражать ее содержание. Статьи должны быть тщательно отредактированы. Рекомендуется стандартизировать структуру статьи, используя подзаголовки **Введение, Экспериментальная часть, Результаты и обсуждение, Заключение/выводы.**

Статьи и сопроводительные документы представляются в редакцию в электронном виде через сайт журнала press.psu.ru, а также направляются на адрес редакции в печатном виде.

**Статьи, подготовленные без соблюдения указанных требований, редакцией
не рассматриваются и не возвращаются!**

ОФОРМЛЕНИЕ СТАТЬИ

Статья должна быть отпечатана на компьютере в текстовом редакторе MicrosoftWord версии 2007 или ниже. Формулы набираются в редакторе MicrosoftEquation версии 3.0 или ниже.

Размер страницы, используемый для написания статьи, – А4. Поля – 2 см со всех сторон. Расстояние до верхнего и нижнего колонтитулов – 1,25 см. Не допускается заполнения колонтитулов – они должны быть пустыми. Интервал до и после абзаца – 0 пт.

Основной текст статьи набирается шрифтом TimesNewRoman, кегль (размер шрифта) – 11 пт, междустрочный интервал – полуторный. Обязательно нужно поставить автоматическую расстановку переносов.

При оформлении статьи необходимо различать знаки дефис (-) и тире (–), знаки ноль (0) и букву О, английскую букву l (L) и единицу (1). Между числами ставится знак тире без отбивки (пробелов), напр.: 12–15.

В материалах должны использоваться физические единицы и обозначения, принятые в Международной системе единиц СИ (ГОСТ 9867-61), и относительные атомные массы элементов по шкале ^{12}C . В расчетных работах необходимо указывать используемые программы. При названии соединений следует использовать терминологию ИЮПАК. Все сокращения должны быть расшифрованы, за исключением небольшого числа общеупотребительных.

Таблицы и рисунки подлежат нумерации в случае, если их больше 1. Названия таблиц набираются прямым полужирным шрифтом, названия рисунков – прямым светлым шрифтом, на один кегль меньше (10 пт).

В начале статьи слева курсивом набирается УДК, под индексом УДК полужирным шрифтом **И.О. Фамилия** авторов, следующей строкой – название организации (места работы), город, страна.

Заглавие статьи набирается прописными (большими) буквами полужирным шрифтом и форматировается по центру. Под этой информацией помещается аннотация статьи на русском языке, набранная светлым курсивом. После текста аннотации следует указать 4–6 ключевых слов (словосочетаний), характеризующих проблематику статьи (набрав их светлым прямым шрифтом).

Сразу после русского текста титульные данные на английском языке. Далее следует текст статьи.

ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЬИ

УДК 542.8

Е.Н. Аликина, О.Ю. Александрова, П.М. Староверова, Э.С. Заплатина

Пермский государственный национальный исследовательский университет, Пермь, Россия

ИССЛЕДОВАНИЕ КОМПЛЕКСООБРАЗОВАНИЯ В СИСТЕМЕ ЖЕЛЕЗО (III) – САЛИЦИЛОВАЯ КИСЛОТА – ДИФЕНИЛГУАНИДИН В ВОДНО-АЦЕТОНОВЫХ И ВОДНО-ЭТАНОЛЬНЫХ РАСТВОРАХ СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКИМ МЕТОДОМ

Исследовано комплексобразование ионов железа (III) с салициловой кислотой и дифенилгуанидином в водно-органических растворах. Найдены оптимальные условия спектрофотометрического определения железа. Различными методами установлены соотношения компонентов в комплексных соединениях.

Ключевые слова: салициловая кислота; дифенилгуанидин; комплексные соединения железа (III); водно-органические растворы.

E.N. Alikina, O.Yu. Aleksandrova, P.M. Staroverova, E.S. Zaplatina

Perm State University, Perm, Russia

**THE INVESTIGATION OF COMPLEXATION IN THE SYSTEM IRON (III) – SALICYLIC ACID
– DIPHENYLGUANIDINE IN WATER-ACETONE AND WATER-ETHANOL SOLUTIONS
BY SPECTROPHOTOMETRIC METHOD**

The complexation of iron (III) with salicylic acid and diphenylguanidine in an aqueous-organic solutions was investigated. The optimal conditions for the spectrophotometric determination of iron were found. The ratio of components in complex compounds were defined by various methods.

Keywords: salicylic acid; diphenylguanidine; complex compounds of iron (III); aqueous-organic solutions.

ОФОРМЛЕНИЕ БИБЛИОГРАФИЧЕСКОГО СПИСКА

Библиографический список должен быть расположен в порядке цитирования. В тексте статей указание на источник, помещенный в библиографическом списке, осуществляется следующим образом: в квадратных скобках указываются номер источника из библиографического списка. Например: [5], [5, 6], [7–10], [1, 3–5], [1, 3, 4].

Источники в библиографическом списке оформляются в соответствии с ГОСТом Р 7.0.5–2008.

Примеры:

1. *Басоло Ф., Пирсон Р.* Механизмы неорганических реакций. М.: Мир, 1972. С. 52.
2. *Yungnickel I.L., Peter E.D., Polgar A. et al.* Organic Analysis. New York, 1953. Vol. 1. P. 127.
3. *Булах А.Г., Булах К.Г.* Физико-химические свойства минералов и компонентов растворов. Л.: Недра, 1978. 167 с.
4. *Неводные растворители* / под ред. Т. Ваддингтона. М.: Химия, 1971. 369 с.
5. *Стрижов Н.К., Тюрина Л.В.* Экстракция металлов// Журнал органической химии. 1980. Т. 50, вып. 5. С. 1143–1147.

Сразу после библиографического списка размещается переводной пристатейный список литературы (**References**), оформленный в соответствии со стандартом Harvard (образец доступен на сайте ПГНИУ www.psu.ru в разделе Наука – Научные журналы – Методические материалы).

Пример:

References

1. Zabolotnykh, S.A., Denisova, S.A. and Lesnov, A.E. (2015), "Perm Liquid Extraction School: Formation and Development, *Bulletin of Perm Science Centre*, no. 3, pp. 51–60. (In Russ.).

2. *Diantipirilmethan i ego gomologi kak analiticheskie reagenty. Uchenye zapiski Permskogo universiteta* [Diantipyrylmethane and its homologues as analytical reagents. The researchers note. № 324]. (1974) Perm, SU. (In Russ.)
3. Petrov, B.I., Lesnov, A.E. and Denisova S.A. (2015), "Phase and extraction equilibrium in aqueous systems with stratified proteolytic interaction", *Journal of Analytical Chemistry*. Vol. 70, no. 6. pp. 563–576. (In Russ.).
4. Lesnov, A.E. and Denisova, S.A. (2014), "Gel Extraction by surfactants", *Bulletin of Perm University. Series "Chemistry"*. no. 1 (13). pp. 79–93. (In Russ.).

После библиографических списков размещаются сведения об авторах статьи, содержащие следующие данные: Фамилия, Имя, Отчество, ученая степень, ученое звание, должность, место работы, адрес, контактные телефон и(или) адрес электронной почты на русском и английском языках.

Пример:

Об авторах

Аликина Екатерина Николаевна,
кандидат химических наук, доцент
кафедра аналитической химии
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.
alikina-en@yandex.ru

About the authors

Alikina Ekaterina Nikolaevna,
Candidate of Chemistry, Associate Professor of the
Department of Analytical Chemistry
Perm State University. 15, Bukireva st.,
Perm, Russia, 614990.
alikina-en@yandex.ru

Александрова Ольга Юрьевна,
студент
Пермский государственный национальный
исследовательский университет
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15.

Aleksandrova Ol'ga Jur'evna,
Student
Perm State University.
15, Bukireva st., Perm, Russia, 614990.

Научное издание

Вестник Пермского университета. Серия «Химия» =

= Bulletin of Perm University. CHEMISTRY

Том 10 (2020)

Выпуск 1

Редактор *Е.В. Шумилова*

Корректор *В.Е. Пирожкова*

Компьютерная верстка *Д.В. Байбародских*

Онлайн-редакция *Н.С. Кистанова*

Дизайн обложки *И.В. Машевская*

Адрес учредителя и издателя:

614990, Пермский край,
г. Пермь, ул. Букирева, д. 15

Адрес редакции:

614990, Пермский край,
г. Пермь, ул. Букирева, д. 15,
Химический факультет
Тел. +7 (342) 239-65-19;
e-mail: chemvestnik@psu.ru

Подписано в печать 24.03.2020. Выход в свет 15.07.2020
Формат 60x84/8. Усл. печ. л. 14,18. Тираж 500 экз. Заказ 58



Издательский центр

Пермского государственного национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15. Тел. +7(342) 239-66-36

Типография

Пермского государственного национального исследовательского университета
614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15

Подписной индекс журнала в каталоге «Пресса России» 41026

Распространяется бесплатно и по подписке



Фото: Полудницин Анатолий