

# ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ

## THEORY AND RESEARCH METHODS IN THE NATURAL SCIENCES



Пермь 2016

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
ПЕРМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Естественнонаучный институт (ЕНИ ПГНИУ)

# **ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ**

**Сборник научных статей  
по материалам Международной  
научно-практической конференции**

(г. Пермь, 28 ноября 2016 г.)



Пермь 2016

УДК 001.8:5  
ББК 286  
Т33

**Теория** и методы исследований в естественных науках: сб. науч. ст. по материалам Международ. науч.-практ. конф. (г. Пермь, 28 нояб. 2016 г.) / гл. ред. И. С. Копылов; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. – Пермь, 2016. – 260 с.

ISBN 978-5-7944-2827-8

Сборник научных статей по материалам Международной научно-практической конференции «Теория и методы исследований в естественных науках» (ЕНИ ПГНИУ, 28 ноября 2016 г.) посвящен 100-летию Пермского государственного национального исследовательского университета и 95-летию Естественнонаучного института.

Представлены научные достижения ведущих ученых и специалистов по теоретическим и прикладным вопросам естественных наук. Рассматриваются актуальные проблемы и методы исследований различных направлений геологии, экологии, химии, биологии, географии, почвоведения.

Предназначено для специалистов широкого профиля по исследованию недр Земли и окружающей среды, а также для студентов, изучающих естественнонаучные дисциплины.

УДК 001.8:5  
ББК 286

*Печатается по решению ученого совета Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета*

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: д. х. н. **Г. Г. Абашев**, д. б. н. **С. В. Боронникова**, к. г.-м. н. **В. В. Голдырев**, **А. В. Жекин** (ученый секретарь), PhD **О. Н. Ковин**, д. г.-м. н. **И. С. Копылов** (главный редактор), д. х. н. **О. С. Кудряшова**, к. г.-м. н. **Н. Г. Максимович**, д. г.-м. н. **В. А. Наумов** (председатель оргкомитета конференции), д. г.-м. н. **Б. М. Осовецкий**, д. б. н. **М. В. Rogozin**, к. г.-м. н. **В. П. Тихонов**, д. х. н. **Н. Е. Щепина**

ISBN 978-5-7944-2827-8

© ПГНИУ, 2016

THE MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCE  
OF THE RUSSIAN FEDERATION  
PERM STATE UNIVERSITY  
Natural Sciences Institute

**THEORY AND RESEARCH METHODS  
IN THE NATURAL SCIENCES**

Series of scientific article

Materials of International Scientific and Practical Conference  
(Perm, November 28, 2016)



Perm 2016

UDC 001.8:5  
LBC 286  
T33

**Theory** and research methods in the natural sciences: Series of  
T33 scientific article. Materials of International sci.-pract. conf.  
*Ed. I.S. Kopylov, Perm State University, Perm, 2016. 260 p.*

ISBN 978-5-7944-2827-8

An issue of Series of scientific articles on Materials of International scientific and practical conference "Theory and research methods in the natural sciences", held on November 28, 2016 in the Perm State University, is dedicated to the 100<sup>th</sup> anniversary of the Perm State University and the 95<sup>th</sup> anniversary of the Natural Science Institute.

Scientific achievements of leading scientists and specialists in theoretical and applied research in natural Sciences are presented. Current problems and research methods in the various fields of geology, ecology, chemistry, biology, geography, and soil science are considered.

The presented materials would be of interest for professionals and researchers studying the Earth and the environment, as well as for students of Natural Sciences programs.

UDC 001.8:5  
LBC 286

*Published is confirmed by the Scientific Board of the Natural Sciences Institute of Perm State University*

EDITORIAL BOARD: Dr., Prof. **G.G. Abashev**, Dr., Prof. **S.V. Boronnikova**, Cand. **V.V. Goldyrev**, **A.V. Zhekin** (scientific Secretary), PhD **O.N. Kovin**, Dr. **I.S. Kopylov** (editor), Dr., Prof. **O.S. Kudryashova**, Cand. **N.G. Maksimovich**, Dr. **V.A. Naumov** (Chair of the organizing Committee of the Conference), Dr., Prof. **B.M. Osovetsky**, Dr. **M.V. Rogozin**, Cand. **V.P. Tikhonov**, Dr. **N.E. Schepina**

ISBN 978-5-7944-2827-8

© Perm State University, 2016  
© Authors, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
ОТ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ОРГКОМИТЕТА (В.А. Наумов).....	11
<b>НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЗА 95-ЛЕТ (1921-2016 гг.).....</b>	<b>13</b>
<b>В.А. Наумов, А.В. Жекин, <u>Е.Л. Пидэмский</u>, Н.Г. Шерстобитова</b> ИСТОРИЧЕСКИЕ ВЕХИ 95-ЛЕТНЕГО РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	13
<b>В.А. Наумов, А.В. Жекин</b> ДОКТОРА НАУК – СОТРУДНИКИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА (1921-2016 гг.).....	32
<b>Г.Г. Абашев, Е.В. Шкляева</b> ЛАБОРАТОРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ: ИССЛЕДОВАНИЯ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ВРЕМЕНИ.....	47
<b>С.В. Боронникова, Ю.С. Нечаева, Я.В. Пришнивская</b> НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ «МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ» ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА	61
<b>С.А. Двинских, О.В. Ларченко, О.А. Березина</b> НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ.....	65
<b>А.В. Коноплев, И.С. Копылов, П.А. Красильников, И.В. Кустов</b> ЛАБОРАТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ И ПРОГНОЗА (2006-2016 гг.).....	72
<b>И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин</b> НАУЧНАЯ ШКОЛА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА «ГЕОЭКОЛОГИЯ, ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА, ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ».....	90
<b>О.С. Кудряшова</b> ЛАБОРАТОРИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ РАВНОВЕСИЙ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА.....	99

<b>О.Ю. Мещерякова</b> НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВИЧ МАКСИМОВИЧ – ЗАСЛУЖЕННЫЙ ЭКОЛОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ.....	111
<b>В.А. Наумов</b> ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГЕОЛОГИИ ОСАДОЧНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. ЧАСТЬ 1 (1988-1998 гг.).....	116
<b>Б.М. Осовецкий</b> ЛАБОРАТОРИЯ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ (2006-2016 гг.).....	128
<b>М.В. Рогозин</b> ЛАБОРАТОРИЯ ЭКОЛОГИИ ЛЕСА: ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ.....	135
<b>Р.Н. Рогальникова</b> ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ БИБЛИОТЕКИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	144
<b>ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК.....</b>	154
<b>В.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov, T.T. Satekov</b> REGIONAL ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF GEOSYSTEMS OF KAZAKHSTAN.....	154
<b>С.М. Блинов, П.А. Белкин, Л.Р. Золотарёв</b> ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА.....	163
<b>С.А. Бузмаков, Д.Н. Андреев, Ю.В. Хотяновская, Е.А. Дзюба</b> ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОСИСТЕМ.....	170
<b>Е.А. Ворончихина</b> НА СТЫКЕ НАУК: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ В ГЕОЛОГИИ....	179
<b>Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, Е.А. Меньшикова</b> МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ.....	191

<b>И.С. Копылов</b> ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ, ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ, ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ РОЛИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ.....	206
<b>Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова</b> НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМ.....	218
<b>Н.Г. Максимович, Е.А. Хайрулина</b> ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАЙОНАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ.....	228
<b>М.А Осипов, В.П. Тихонов, И.С. Копылов</b> ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА .....	241
<b>Н.Е. Щепина</b> ЯДЕРНО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ НУКЛЕОГЕННЫХ ФЕНИЛ-КАТИОНОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ, БИОХИМИИ И ФАРМАЦЕВТИКЕ.....	249



## CONTENTS

	Page
FROM THE CHAIR OF THE ORGANIZING COMMITTEE ( <b>V.A. Naumov</b> ).....	11
<b>SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS OF NATURAL SCIENCES INSTITUTE PERM STATE UNIVERSITY FOR 95 YEARS (1921-2016)</b>	13
<b>V.A. Naumov, A.V. Zhekin, <u>E.L. Pidemsky</u>, <u>N.G. Sherstobitova</u></b> HISTORICAL MILESTONES IN THE 95-YEAR DEVELOPMENT OF THE NATURAL SCIENCE INSTITUTE PERM STATE UNIVERSITY.....	13
<b>V.A. Naumov, A.V. Zhekin</b> DOCTORS - STAFF OF THE NATURAL SCIENCES INSTITUTE PERM STATE UNIVERSITY (1921-2016).....	32
<b>G.G. Abashev, E.V. Shklyaeva</b> LABORATORY OF ORGANIC SEMICONDUCTORS: RESEARCH TRENDS THROUGH THE PRISM OF TIME.....	47
<b>S.V. Boronnikova, Yu.S. Nechaeva, Ya.V. Prishnivskaya</b> SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS LABORATORIES «MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS» INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES.....	61
<b>S.A. Dvinskikh, O.V. Larchenko, O.A. Berezina</b> THE RESEARCH LABORATORY OF COMPLEX INVESTIGATIONS OF RESERVOIRS.....	65
<b>A.V. Konoplev, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov</b> LABORATORY OF GEOLOGICAL MODELING AND FORECAST (2006 - 2016).....	72
<b>I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin</b> SCIENTIFIC SCHOOL OF THE PERM UNIVERSITY AND THE NATURAL SCIENCES INSTITUTE «GEOECOLOGY, ENGINEERING GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY».....	90
<b>O.S. Kudryashova</b> HETEROGENEOUS PHASE EQUILIBRIUM LABORATORY: THEORY AND PRACTICE.....	99
<b>O.Yu. Meshcheryakova</b> NIKOLAY G. MAKSIMOVICH - HONOURED ECOLOGIST OF RUSSIAN FEDERATION.....	111
<b>V.A. Naumov</b> HISTORY AND DIRECTIONS RESEARCH OF LABORATORY OF GEOLOGY SEDIMENTARY AND TECHNOLOGICAL DEPOSITS. PART 1 (1988-1998 YEARS).....	116

<b>B.M. Osovetsky</b> LABORATORY of MINERALOGICAL and PETROGRAPHICAL RESEARCHES (2006-2016).....	128
<b>M.V. Rogozin</b> LABORATORY OF FOREST ECOLOGY: THE STUDY OF FOREST ECOSYSTEM.....	135
<b>RN Rogalnikova</b> HISTORY AND DEVELOPMENT OF THE LIBRARY NATURAL SCIENCES INSTITUTE OF PERM STATE UNIVERSITY.....	144
<b>THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF NATURAL SCIENCES</b> .....	154
<b>B.N. Bakytzhanova, I.S. Kopylov, T.T. Satekov</b> REGIONAL ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF GEOSYSTEMS OF KAZAKHSTAN.....	154
<b>S.M. Blinov, P.A. Belkin, L.R. Zolotarev</b> EVALUATION OF RADIATION SITUATION AND RESEARCH OF THE LEVELS OF PHYSICAL IMPACTS ON THE PERM STATE UNIVERSITY'S CAMPUS.....	163
<b>S.A. Buzmakov, D.N. Andreev, Y.V. Khotyanovskaya, E.A. Dzyuba</b> ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF ECOSYSTEMS ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION.....	170
<b>E.A. Voronchikhina</b> AT THE JUNCTION OF SCIENCES: BIOLOGICAL INDICATION IN GEOLOGY.....	179
<b>T.I. Karavaeva, V.P. Tichonov, E.A. Menshikova</b> METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENT STATE FOR ESIA.....	191
<b>I.S. Kopylov</b> STUDY MINERAGENOUS, GEO-ECOLOGICAL, HYDROGEOLOGICAL, GEOLOGICAL ENGINEERING ROLE OF GEODYNAMIC ACTIVITY ZON: THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS.....	206
<b>N.G. Maksimovich, O.Yu. Meshcheryakova</b> OIL CONTAMINATING OF GROUNDWATER IN KARST AREAS AND CLEANING METHODS.....	218
<b>N.G. Maksimovich, E.A. Khayrulina</b> GEOCHEMICAL BARRIERS AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN AREAS WITH INTENSIVE TECHNOGENIC INFLUENCE.....	228

<b>M.A. Osipov, V.P. Tikhonov, I.S. Kopylov</b> ENGINEERING GEOLOGICAL STUDY OF NORTHERN KAZAKHSTAN FOR THE MULTIPURPOSE BUILDING.....	241
<b>N.E. Shchepina</b> NUCLEAR-CHEMICAL METHOD OF GENERATION OF NUCLEOGENIC PHENYL CATIONS AND THEIR APPLICATION IN ORGANIC CHEMISTRY, BIO- AND PHARMACEUTICAL CHEMISTRY.....	249

## ОТ ПРЕДСЕДАТЕЛЯ ОРГКОМИТЕТА

*Миссией Института на протяжении своей 95 летней истории является научное обеспечение и научно-методическое сопровождение высшего образования в Пермском крае. История Биологического НИИ, созданного в 1921 году для закрепления статуса научного учреждения за Пермским университетом, неразрывно связана с историей Пермского университета. Знание истории возникновения, развития и реализации научных идей, достижений и разочарований, сопровождавших БиоНИИ и ЕНИ на пути его становления необходимо, прежде всего, настоящим и будущим сотрудникам Института и Университета.*

*Мы, современные сотрудники Естественнонаучного Института (ЕНИ ПГНИУ) – не «Иваны, родства не помнящие». Мы хотим знать и помнить свою историю. Хотим, чтобы наши стремления, идеи, мысли и дела были известны и доступны. Чтобы будущие сотрудники историю жизни ЕНИ узнали от ее непосредственных участников, «из первых уст». К сожалению, многие материалы по работе Института в 40-60-годы утеряны или не известны нам. Поэтому важно показать, какими делами и какими достижениями гордится современный ЕНИ.*

*Институт всегда выступал надежной «опорой» Университета, сохранял и реализовывал передовые решения научных и производственных задач в регионе и России. Особенностью его научной деятельности были всесторонний комплексный подход к выполнению исследований с позиций знаний и достижений разных научных школ и направлений; систематические работы по решению практических задач на основе глубокого знания теоретического состояния и положительного опыта; подготовка кадрового научного персонала.*

*Сотрудники института стремятся сохранять традиции, всегда открыты новациям и находят нестандартные решения возникающих проблем. Преемственность традиций и активное восприятие нового – жизненное кредо сотрудников института. Надеемся, что эти качества сотрудников позволят институту сохранить свою самобытность и встретить 100-летие новыми успехами.*

*Исторические вехи развития Института, его научно-исследовательских лабораторий, результаты современных научных исследований отражены в материалах настоящего издания. Биологический НИИ в 20-е годы прошлого века гордился своим научным изданием «Известиями БиоНИИ». Считаю, что эти «Материалы ...» послужат прообразом планируемого к восстановлению сборника научных статей по решению проблем региона с традиционным названием «Известия ЕНИ».*

Директор ЕНИ ПГНИУ

доктор геолого-минералогических наук



В.А. Наумов

## FROM THE CHAIR OF THE ORGANIZING COMMITTEE

*The mission of the Institute throughout its 95-year history is a scientific support and scientific methodological assistance for higher education in the Perm region. History of the Biological Research Institute (BRI), established in 1921 to consolidate the status of a scientific institution of the University of Perm, is continuously linked with the history of the Perm University. Knowledge of the history of the origin, development and implementation of scientific ideas, achievements and disappointments that accompanied BRI and Natural Sciences Institute (NSI) in the way of its formation is necessary, first of all, for present and future employees of the Institute and the University.*


*We, moderns employees Natural Sciences Institute (NSI PSNRU), are not "Ivan not remembering his kinship". We want to know and remember their history. We want our aspirations, ideas, thoughts and deeds were known and available. We want the future employees know the life story of NSI from its direct participants, "word of mouth". Unfortunately, many of the materials for the work of the Institute in the 40-60-years are lost or are not known to us. Therefore, it is important to show what works and what achievements boasts modern NSI.*

*The Institute has always advocated a reliable "support" of the University, maintained and implemented innovative solutions scientific and industrial problems in the region and Russia. The peculiarity of his scientific work was a comprehensive and integrated approach to the implementation of research knowledge positions and achievements of different schools of thought; systematic work on solving practical problems based on a thorough knowledge of the theoretical status and good practices; training the scientific personnel.*

*The employees tend to preserve the tradition, always open to innovations and find creative solutions of problems. Continuity of traditions and active perception of new are the credo staff of the Institute. We hope that these qualities will enable the institution employees to preserve their identity and meet the 100th anniversary of new successes.*

*Historical milestones in the development of the Institute and its research laboratories, the results of modern scientific research are reflected in the materials of this publication. Biological Research Institute in the 20s of the last century was proud of his scientific publication "Proceedings of BioNII." We believe that these "Proceedings ..." will serve as a prototype for planned restoration of the Series of scientific articles to address the region's problems with the traditional title "IZVESTIYA NSI".*

*Director of NSI PSNRU*

*Doctor of geological-mineralogical Sciences*  *V.A. Naumov*

# НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА ЗА 95-ЛЕТ (1921-2016 гг.)

---

УДК 55:550.34.01

**В.А. Наумов, А.В. Жекин, Е.Л. Пидэмский, Н.Г. Шерстобитова**  
Естественнаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## ИСТОРИЧЕСКИЕ ВЕХИ 95-ЛЕТНЕГО РАЗВИТИЯ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

*Рассмотрена история развития науки 95-летнего периода Естественнаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета. Приведены итоги многолетней научной деятельности института по фундаментальным и прикладным исследованиям в биологии, химии, экологии, геологии и в других естественных науках.*

*Ключевые слова: геология, экология, биология, химия, фундаментальные и прикладные исследования, научно-исследовательские лаборатории, Естественнаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет.*

**V.A. Naumov, A.V. Zhekin, E.L. Pidemsky, N.G. Sherstobitova**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## HISTORICAL MILESTONES IN THE 95-YEAR DEVELOPMENT OF THE NATURAL SCIENCE INSTITUTE PERM STATE UNIVERSITY

*Here is presented the history of a 95 year period of the science development in the Natural Sciences Institute of Perm State University. It describes the results of a long-term activity of the Institute in the sphere of basic and applied research in biology, chemistry, ecology, geology and in other branches of knowledge.*

*Keywords: geology, ecology, biology, chemistry basic and applied research, scientific research laboratories, Natural Sciences Institute, Perm State University.*

Идея создания сельскохозяйственного института в Перми возникла в начале XX века. Согласно речи А.А. Дубенского (председателя соединенной университетской комиссии), произнесенной в день официального открытия Пермского отделения Петроградского университета, «в 1913 году местными общественными деятелями был выдвинут вопрос о сельскохозяйственном институте с отделениями при нем: лесным и горным. Из этой идеи родился Екатеринбургский горный институт. Уступив Екатеринбургу горное отделение, Пермь продолжала неустанно просить о высшей сельскохозяйственной школе» (Дубенской, 1916). А 1 октября 1916 года в Перми торжественно открыто Пермское отделение Петроградского университета.

Вероятно, благодаря этому обстоятельству **28 ноября 1921 года** Постановлением Государственного Ученого Совета (ГУС) Народного Комиссариата просвещения РСФСР **создан первый** на Урале Биологический научно-исследовательский институт (БНИИ), ныне Естественнонаучный институт (ЕНИ). Другой причиной для организации Биологического научно-исследовательского института стала реформа университетов в 1920-21 году и передача их из ведения Главного Управления Научными Учреждениями (Главнаука) в Главное Управление Профессионального Образования (Главпрофобр). Стремление сохранить за Пермским университетом значение научного учреждения побудило группу сотрудников физико-математического факультета ходатайствовать перед Главнаукой об учреждении при университете нескольких исследовательских институтов (астрофизического, биологического и экспериментальной медицины), из которых в 1921 году утвержден лишь один – Биологический.

К тому времени университет располагал как высоким научным потенциалом для создания НИИ, так и четко определившимися научными направлениями во главе с выдающимися учеными, профессорами: А.Г. Генкелем, А.А. Рихтером, В.К. Шмидтом, А.А. Заварзиным, Б.Д. Вериго, В.М. Здравосмысловым, Д.В. Алексеевым, Д.М. Федотовым, И.Ф. Беклемишевым, А.И. Луньяком.

В состав БНИИ вошли восемь секций: **ботаники, зоологии, физиологии, бактериологии, гистологии, фармакогнозии и фармации, физиологической химии, нормальной анатомии**. Первым директором института назначен профессор кафедры гистологии и эмбриологии университета Алексей Алексеевич Заварзин, проработавший на этом посту менее года.

Согласно Положению о научно-исследовательских институтах, утвержденному Наркомпросом, научные работники подразделялись на действительных членов и научных сотрудников (штатные и сверхштатные). 15 мая 1922 года, состоялось утверждение первых 8 действительных членов института, а на заседании ГУС 6 октября 1922 года утвердили еще 2-х человек и одновременно закрыли секцию фармакогнозии и фармации. Осенью того же года к БНИИ присоединили **Биологическую станцию**, существовавшую до этого в Обществе Естествоиспытателей. Это была первая лабораторная база института для проведения естественнонаучных исследований.

С момента создания институт, самостоятельный в своей внутренней структуре и организации научной работы, тесно связан с университетом общим оборудованием и сотрудниками, одновременно занимавшими должности в университете и институте. За исключением Биостанции, помещающейся в арендованном здании в Нижней Курье, секции работали в принадлежавших университету кабинетах и лабораториях на Заимке, тут же располагались библиотека и гидрохимическая лаборатория Биостанции. Через Бюро заграничных заказов при Наркомпросе институт начал закупать специальное научное оборудование, разместив его большей частью на Биостанции.

Одной из основных задач в эти годы было создание печатного органа, в котором в первую очередь сотрудники института имели бы возможность опубликовать результаты своих исследований. На одном из первых заседаний Ученого совета института создана редакционная комиссия под председательством профессора В.К. Шмидта и учрежден сборник научных работ под названием *«Известия Биологического научно-исследовательского института и Биологической станции»* (1923 г.). Благодаря собственным средствам института, материальной поддержке пермских организаций и облисполкома, находившегося в то время в Свердловске, «Известия» прочно встали на ноги и уже через 5 лет, БНИИ издает в год 10 выпусков и 3-4 приложения.

Примечательно, что при приеме рукописей статей, редакция обращалась с просьбой: «представлять статьи, писанные на пишущей машинке на одной стороне и резюме на французском, немецком и английском языке». Знание одного, а зачастую нескольких иностранных языков, способствовало широкому общению ученых России с зарубежными коллегами. Научные командировки и стажировки позволяли устанавливать личные контакты с ведущими европейскими учеными, обмениваться передовыми достижениями мировой науки. В этом отношении университет и институт служили наглядным примером.

В 1923 году директором института избран профессор Виктор Карлович Шмидт. На долю Виктора Карловича выпала основная работа по созданию материальной базы института, он занимался переводом Биологической станции в г. Оханск (1928 г.), организацией заповедника «Троицкий», их обустройством, как научно-учебно-опытных хозяйств. Будучи талантливым организатором и ученым с мировой известностью В.К. Шмидт воспитал плеяду видных ученых и создал школу отечественных анатомов и гистологов. Он был признанным авторитетом, как ученый и общественный деятель.

Период с 1925 по 1930 гг. характеризуется развитием экспедиционных работ. Институт выходит за пределы лабораторий и окрестностей Перми, развивает свою деятельность на территории Урала и за его пределами. Из экспедиций этого периода следует отметить:

- изучение флоры и фауны Карского моря и прилегающей к нему тундры (по заданию Камсеверпути, 1924-1926 гг.);



- изучение поймы Камы в почвенно-ботаническом, гидробиологическом и гидрохимическом отношениях (1925-1926 гг.);
- комплексное изучение степных районов Троицкого округа. В результате этой экспедиции в 1927 году по инициативе профессора В.В. Никитина и поддержке А.Г. Генкеля и А.А. Рихтера на целинных почвах создан Троицкий лесостепной заповедник, научно-производственное подразделение института;
- Тагильская экспедиция по изучению лесопроизрастания и лесовозобновления (1927 г.);
- Курганская комплексная научная экспедиция по изучению почв, растительности, болот и озер района (1927-1929 гг.);
- совместно с АН СССР Алтайская экспедиция для создания большого государственного заповедника (1928-1929 гг.);
- Камская рыбохозяйственная экспедиция (1929-1930 гг.);
- Верхнекамская экспедиция по освоению земель и легких массивов Северного Урала, прилегающих к бассейнам рек Пильвы и Южной Кельты (по заданию Уральской опытной станции, 1927 г.).

Стабильное государственное финансирование позволило обеспечить весьма плодотворную научную деятельность института в этот период. Из исследований этого времени следует отметить работы по минеральному питанию растений и почвенной микробиологии (профессор Д.А. Сабинин); изучение фитопланктона Карского моря (профессор А.Г. Генкель); изучение почв ряда крупнейших районов Уральской области (профессор В.В. Никитин); геоботанические работы (профессора В.И. Баранов, П.Н. Красовский и Л.А. Трефилова); изучение животного населения Камской поймы и работы по методике количественного учета наземной фауны (профессор В.Н. Беклемишев); изучение курортов (профессор Д.В. Алексеев); исследование двойных жидких систем (профессор Н.А. Трифонов).

В секциях института только за 1924 год выполнено 91 оригинальное исследование, результаты опубликованы в собственном журнале. Уже к концу 1929 года БНИИ издал 57 выпусков (6 томов) «*Известий*», в них опубликовано 214 научных работ. Это позволило институту обмениваться изданиями со 191 научным учреждением в СССР и 275 за рубежом. Институт отправлял свои журналы в адрес 184 научных учреждений Европы, 68 – Америки, 10 – Азии, 6 – Африки, 7 – Австралии. Благодаря этому институт имел богатейшую библиотеку.

На базе Биологической станции организованы первые самостоятельные лаборатории института, в частности старейшая *лаборатория ихтиологии и гидробиологии*. В этот же период, в конце 1922 года, организована *ботаническая лаборатория* (сейчас *научно-исследовательская лаборатория ботаники и экологии почв*).

Очередной этап реорганизации ВУЗов страны пришелся на 30-е годы прошлого века. 8 апреля 1930 г. комиссия СНК РСФСР приняла решение о выделении из Пермского университета химико-технологического института в

Березниках, сельскохозяйственного – в Перми, ветеринарного – в Троицке. Осенью этого же года в самостоятельные институты преобразованы медицинский и педагогический факультеты. Дав жизнь четырем высшим учебным заведениям, университет передал вместе с ними значительную часть зданий, оборудования, научных кадров. В этих условиях основной базой для дальнейшего научного развития стал БНИИ. Он сохранил научные кадры, библиотеку, оборудование и издательский центр. Как и университет, институт пережил значительные изменения, связанные с переориентацией научных исследований для решения задач народного хозяйства.

В 1930-31 годах вопрос о работе БНИИ заслушан на расширенном заседании Президиума государственного межведомственного комитета по охране и развитию природных богатств. Согласно полученным директивам проведена реорганизация института. Институт полностью переключается на разработку научных проблем, имеющих непосредственное отношение к нуждам социалистического строительства и строительства Урало-Кузнецкого комбината. Однако решение этих практических задач институт проводит на основе их углубленного всестороннего теоретического изучения.

Институт реорганизует свою работу, положив в основу всех исследований комплексный принцип. В связи с этим вместо существующих до этого секций организуются по производственному принципу следующие комплексы:

- изучение естественноисторических предпосылок по организации сельского хозяйства;
- изучение применения минеральных удобрений;
- изучение рыбного и пушного хозяйства;
- изучение природных и бытовых факторов здоровья;
- комплекс курортологии;
- химический комплекс.

С постановкой перед институтом новых задач штат сотрудников и его финансовая база расширены. В этот период времени начинала развиваться такая форма связи науки с производством как выполнение исследований по хозяйственным договорам. В 1935 году средства, полученные от выполнения договоров, в бюджете института составляют более 40 %. Приведем лишь некоторые работы, проведенные в рамках этих комплексов.

В Магнитогорском районе проведено изучение рыбных, пушных богатств и рассмотрены вопросы санитарии, эпидемиологии и маляриологии. Для Магнитостроя разработаны методы очистки воды для источников водоснабжения и составлен проект нового водопровода. Источники водоснабжения и реки Урала изучены в гидробиологическом, гидрохимическом и маляриологическом отношениях.

Проведена работа по изучению Уральского грязевого курорта «Озеро Горькое», обслуживающего преимущественно магнитогорских рабочих. Изучены климатические условия, физико-химические свойства воды, химический и газовый состав рапы, состав и биология планктона озера.

Комплексно оценено влияние одиночных грязевых и рапных горячих ванн на больных артритом и влияние курортных факторов на течение ревматических процессов. Выработаны показания и противопоказания к лечению на курорте и классификация ревматических заболеваний.

Под руководством профессора В.И. Баранова с 1930 г. проведены работы по изучению естественноисторических предпосылок для развития сельского хозяйства Урала. Составлены геоботанические карты ряда районов Уральской области, главным образом Восточного склона Среднего и Южного Урала. Исследованиями охвачено около 2 млн. га в 22 районах. В результате работ составлены почвенные карты, карты по нормам внесения извести и хозяйственной годности земель. В.И. Баранов предложил свою систему условных обозначений геоботанической карты, опубликованную в «Известиях института» в 1933 году и получившую одобрение Московского Центрального Биологического исследовательского института. Профессор В.И. Баранов принял участие в Монгольской экспедиции Академии наук.

Засоленность почв лесостепной зоны Урала приводила к низкой продуктивности зерновых культур и естественных сенокосных угодий. Требовалась разработка научно-обоснованных агротехнических мероприятий. С 1932 года под руководством профессора П.А. Генкеля ботаники, физиологи растений, почвоведы и микробиологи проводили геоботанические исследования по соле- и засухоустойчивости растений. Эта работа имела большое практическое значение для колхозов и совхозов регионов страны с неустойчивым земледелием. Одновременно с этим решались задачи по мелиорации солонцовых почв и поиску наиболее продуктивных кормовых растений для этой зоны. С организацией Троицкого заповедника экспедиционные работы сменили стационарные исследования.

Четвертый завершающий год пятилетки потребовал еще большего напряжения и укрепления комплексного метода в работе института и большей специализации в разработке биологических проблем. Поэтому в 1932 г. институт передает часть своих комплексов вновь созданным после реорганизации Пермского государственного университета институтам – медицинскому, сельскохозяйственному и химико-технологическому. Передача части материальной и научно-технической базы не привела к сокращению объема работ, наоборот институт расширил работы в области ихтиологии, геоботанических и почвенных изысканий, также активизировалась работа Камской биологической станции и Троицкого лесостепного заповедника.

В 1931-1933 гг. организованы экспедиции по выявлению рыбных запасов в верховьях рек Камы, Тобола и Иртыша и их притоков. Работы проводились под руководством профессора В.Н. Беклемишева. Получены гидробиологические, гидрохимические, ихтиологические и статэкономические данные по районам, где до этого исследования не проводили.

В 1935 году по заданию Средволгостроя профессор Валерий Августович Крюгер возглавил исследования по комплексному почвенно-ботаническому изучению долины реки Камы в зонах будущего затопления и подтопления в

связи со строительством Камской ГЭС. Цель этих работ – выявить и оценить сельскохозяйственные и лесные угодья, дать прогноз ожидаемых биологических изменений флоры, фауны и почв в этих районах. В работе принимали участие М.М. Данилова, В.Н. Шухардин, А.А. Лютин, А.И. Оборин и др. В 1937-1938 гг. под руководством А.Н. Пономарева проведена экспедиция по изучению флоры на известняках и торфяниках Северного Урала.

К сороковым годам прошлого столетия библиотека института представляла собой собрание свыше 27 000 томов, из которых 60% единиц хранения приходилось на иностранную литературу. Ежегодный прирост литературы в среднем составлял 3 000-5 000 книжных единиц. По количеству специализированной биологической литературы библиотечный фонд института стоял на одном из первых мест в Советском Союзе. Благодаря этому, научные сотрудники получали возможность знакомиться с текущей мировой литературой в Перми.

Материально-техническое состояние института улучшалось. В 1934 г. приобретены такие ценные приборы, как бинокулярный микроскоп, рефрактометр Цейсса, микроаналитические весы, приборы для почвенных исследований и многие другие. Более полную информацию о научных исследованиях этого периода можно найти в книге «Университеты и научные учреждения», изданную в 1935 году Наркомпросом РСФСР. В числе авторов статьи о БНИИ – профессора А.И. Алексеев, П.А. Генкель, Е.С. Данини.

Мы упомянули только некоторые имена из почти двух сотен учёных, которые в первой половине XX века составляли научный корпус города Перми. Они были основателями научных направлений, школ и обществ, существовавших в 20-х годах при университете (БНИИ, физико-математическое общество, педагогическое общество, общество естествоиспытателей, общество врачей, экономическое общество, общество философских, исторических и социальных наук, аграрный кружок), издателями сборников научных трудов.

Ученые, которых мы считаем «своими», были также организаторами научных школ медицинского, сельскохозяйственного, педагогического, Березниковского химико-технологического и Троицкого зооветеринарного институтов. Огромную роль в развитии научных направлений в области медицины сыграли профессора А.А. Заварзин и Б.В. Вериго. Профессор С.А. Стойчев одновременно был ректором Пермского педагогического института, университета и БНИО (конец 20-х начало 30-х годов прошлого столетия). Таких примеров можно привести много.

За предвоенный период институт сформировал достаточно серьезную материально-техническую базу, провел систематические научные исследования на многих объектах социалистического строительства. Сотрудники института стали занимать ведущие позиции в области биологических исследований, как в Уральском регионе, так в мире. Воспитана плеяда авторитетных ученых с мировым именем.

О том, какое место среди научных организаций того периода занимал БНИИ можно судить по докладу одного из членов комиссии Уралобкома, которая проверяла деятельность университета в конце 1931 года. Эльвов Н.Н. сказал: «Пермь, несомненно, является одним из крупных, одним из значительных центров научных и культурных сил Урала, отдельные звенья которого имеют не только областное и всесоюзное значение, но и мировое, как например Био-институт».

В период Великой отечественной войны институт, как и многие другие научные учреждения, прекратил свою деятельность (приказ Народного Комиссариата Просвещения от 27.09.1941 № 694). Многие сотрудники ушли на фронт, часть трудилась в тылу. Практически через месяц после разгрома фашистской Германии и за два месяца до окончания второй Мировой войны восстановление разрушенного хозяйства, страна начала в том числе и с восстановления научной деятельности институтов. В 1945 г. приказом Народного Комиссариата Просвещения РСФСР от 16 июня № 423 Биологический научно-исследовательский институт восстановлен и переименован в Естественнонаучный институт при Молотовском государственном университете им. А.М. Горького. Тематика научных исследований не претерпела существенных изменений, как и прежде преобладали исследования в области биологических наук. В дальнейшем, по мере возникновения первоочередных задач по восстановлению народного хозяйства страны в послевоенный период в ЕНИ получили развитие и другие научные направления.

Как предписывалось в приказе № 423, было разработано Положение о ЕНИ (утверждено в сентябре 1946 г.), в котором указывается цель создания института – «изучение природы Приуралья, Урала и Зауралья и разработка теоретических и прикладных естественнонаучных проблем для нужд народного хозяйства». Институт приобретает статус юридического лица (с 1946 по 1966 годы) с правом заключения договоров и трудовых соглашений, приобретения движимого и недвижимого имущества и возведения построек. Этим же Положением утверждается структура института. Существующие до этого секции и научно-производственные комплексы названы **отделами: ботаники; зоологии и энтомологии; гистологии и физиологии животных; гидробиологии и ихтиологии; географии, геоморфологии и почвоведения; геологии; петрографии и минералогии; химии и физики**. На периферии институт имеет следующие учреждения: Кунгурский заповедник «Предуралье» с биологической и карстово-спелеологической станциями; Троицкий лесостепной заповедник; Камская биологическая станция. Директор, заместитель директора по научной части, руководители периферийными учреждениями и отделами утверждаются на уровне Народного Комиссариата Просвещения РСФСР. В Положении говорится, что «научные работы сотрудников института публикуются в его изданиях – «Известиях», «Трудах», «Спелеологическом Бюллетене».

Первым директором института в послевоенный период стал профессор Дмитрий Евстратьевич Харитонов (1945-1948 гг.), который до начала войны был директором БНИИ. Большого труда стоило ему восстановление материально-технической базы и штата научных сотрудников, организации и возобновления научных работ в лабораториях, Камской биостанции, Заповедниках «Троицкое» и «Предуралье», пришедших в упадок за время войны.

В конце 1942 г. Молотовским Облисполкомом принято решение № 847 «Об организации государственного геолого-геоботанического заповедника «Предуралье» на р. Сылве», а в январе 1943 г. о передаче его в ведение Молотовского (Пермского) университета и Естественнонаучного института. В 1946 г. институтом на базе заповедника «Предуралье» создана *карстово-спелеологическая станция* (функционировала в 1946-1952 гг.), развернувшая широкие исследования карста на прилежащих территориях. Результаты работы опубликованы в Спелеологическом бюллетене, первый номер которого вышел в 1947 году. Это был единственный в то время специализированный печатный орган по пещероведению в СССР. Его продолжением стал периодический сборник «Пещеры» (инициатор издания в 1961 г. профессор Г.А.Максимович), который издается и сейчас на протяжении 65 лет. Последний 38 выпуск сборника 2015 г. посвящен 100-летию юбилею Пермского классического университета, в котором зародилась и развивается известная во всем мире уральская школа карстоведения.

Создание химического отдела в составе института связано с именем кандидата химических наук Александра Максимовича Кузнецова, именно он стал первым заведующий химической лабораторией и первым ее научным руководителем. В период с 1945 по 1954 гг. под руководством А.М.Кузнецова сотрудники лаборатории А.И.Соснина, Г.А.Старкова, М.Г.Оборина и другие выполнили большой цикл исследований химического состава вод, приобретаемого путем выщелачивания ангидрита, гипса, доломита и мергеля. Одновременно развернуты широкие исследования по получению цементов новых марок, имеющих различное целевое назначение. О новом цементе, получаемом безобжиговым способом из металлургического шлака и природного ангидрита, А.М.Кузнецов рассказал в статье «Новый цемент – на службу строительству», опубликованной в пермской газете «Звезда» № 173 25.07.57. Отмечалось, что новый цемент не только дешев, может быть произведен в любом количестве, и полностью удовлетворить потребность области, но его производство решает также проблему рационального использования металлургических шлаков.

С 1948 по 1950 г. Естественнонаучным институтом при Пермском университете руководил профессор В.Ф. Усть-Качкинцев, который, будучи доцентом кафедры физической химии университета с 1936 года, не прекращал работы в ЕНИ по изучению взаимной растворимости жидкостей в трехкомпонентных системах. После него директорами института были профессора Антон Иванович Оборин (1950-1957 гг.), Виктор Васильевич

Кузнецов (1957-1962 гг.), Виктор Эдуардович Колла (1962-1967 гг.). Каждый из них много сделал для укрепления материально-технической базы и развития научных направлений ЕНИ, создания новых лабораторий.

В эти годы у руководителей университета появилась тенденция усиливать свои научные направления, путем создания новых научных подразделений на базе ЕНИ. В частности, в 1956 году по инициативе профессора И.Г. Шапошникова организована *лаборатория радиоспектроскопии*; в 1958 – *электрохимии и коррозии* (профессор В.В. Кузнецов); в 1961 году *лаборатории радиохимии и биологически активных веществ*; в 1962 – *лаборатория элементоорганических соединений*, организатором которой стал заведующий кафедрой органической химии университета профессор И.И. Лапкин.

В 1963 году ректором университета Ф.С. Горовым утверждена структура института с отделом физики в составе 4 лабораторий: *радиофизики, физической гидродинамики, ультразвука, физики металлов и прибороналадочная группа*. До этого времени в истории института лабораторий физического профиля не было. В 1965 году лаборатория радиофизики приказом ректора преобразована в *«Проблемную лабораторию радиоспектроскопии»*. Таким образом, в университете существовали две *лаборатории радиоспектроскопии*, из которых одна – в ЕНИ, но обе работали по единому плану НИР.

Совместные исследования лабораторий института и университета расширяли возможности взаимного развития. В плане НИР института на 1970 год есть *лаборатория гидродинамики*, работающая совместно с кафедрами общей и теоретической физики Пермского университета и кафедрой теоретической физики Пермского пединститута. Перечень проблем (так в то время назывались темы), решением которых занимались сотрудники этой лаборатории (В.А. Брискман, Г.Ф. Шайдуров, И.Г. Шапошников, Ю.К. Братухин, Г.З. Гершуни, Е.Л. Тарунин, Р.Н. Рудаков и др.): «Электрогидродинамика и гидродинамика магнетиков и сегнетоэлектриков», «Конвективная устойчивость равновесия жидкости в полостях», «Исследование конвективных движений и их устойчивость» и др., всего 7 тем.

В 1973 году открыта госбюджетная *лаборатория органических реагентов*. Её инициатором и первым научным руководителем был будущий ректор университета д.х.н., профессор В.П. Живописцев. Темой научных исследований было применение производных пиразолона в аналитической химии. Органические соединения этого класса впервые были предложены в практику анализа В.П. Живописцевым. Сложившееся научное направление охватывает перспективную и важную область аналитической химии – применение органических реагентов для анализа неорганических веществ. Значительных успехов лаборатория достигла в 1974 и 1976 гг., когда была признана победителем в соцсоревновании между подразделениями института. В 1974 г. сотрудники лаборатории принимали активное участие в организации и проведении Всесоюзной конференции "Пиразолоны в аналитической химии".

Особенностью деятельности Института было то, что перечень научной тематики всегда был связан с актуальными проблемами региона и страны. В приказе № 87с Минвуза РСФСР от 24.02.75 года утверждены основные научные направления деятельности ЕНИ на период середины 70-х:

- синтез и исследование элементоорганических соединений бериллия, германия, олова, цинка, кремния, серы, селеноорганических соединений;
- изучение биологической активности новых продуктов органического синтеза, в частности арилгидрозидов;
- синтез и изучение свойств новых органических реагентов для аналитической химии и технологии при получении высокочистых веществ;
- исследование механизма возникновения водородной хрупкости металлов и сплавов;
- разработка мероприятий по предупреждению наводораживания;
- комплексное использование, охрана водохранилищ и лесов Западного Урала.

В этот период институт испытывал острую нужду в лабораторных помещениях. За малым исключением, как и прежде, некоторые лаборатории размещались в помещениях ПГУ. Часть лабораторий переехала (предположительно в 1970 году) в здание по ул. Генкеля,4, построенном еще до 1917 года.

В 1969 году по инициативе Н.В. Богословского и Е.Л. Пидэмского (заместитель директора по научной работе) создана *группа лесоведения в составе лаборатории ботаники* (с 1972 года – *лаборатория лесоведения*) под руководством д.с.-х.н. М.Н. Прокопьева (с 1995 г. – Заслуженный лесовод России).

В 1977 г. на должность директора ЕНИ назначен выпускник химического факультета Пермского университета кандидат химических наук, доцент С.Ф. Кудряшов. На основании рекомендаций комиссии Министерства, которая проверяла институт, в 1977 году в очередной раз усовершенствована структура института и созданы 3 отдела, объединяющие 10 лабораторий: *отдел охраны природы* (зав. Л.В. Кузина, научный руководитель проф. Ю.М. Матарзин); *отдел химии* (зав. М.И. Дегтев, научный руководитель И.И. Лапкин); *отдел биологии* (зав. Н.А. Изможеров, научный руководитель И.С. Бердинский).

Новая глава в планировании научных работ начинается для ЕНИ с 1 января 1980 года. В Минвузе РСФСР в порядке эксперимента создано Хозрасчетное научное объединение (ХНО) для отработки новых форм и методов организации НИОКР в высшей школе. Институт перешел на программно-целевой метод планирования и организации научной работы, с этого года уже финансировался не институт как организация, а темы, объемы финансирования которых, определялись исходя из рекомендаций Головных Советов Минвуза РСФСР. Забегая вперед, скажем, что этот принцип финансирования науки высшей школы сохранился до настоящего времени и принес немало проблем для института.



В этот же период по инициативе и на базе ЕНИ впервые в университете разработаны три комплексные целевые научно-технические программы Минвуза РСФСР: «Чистота» – разработка физико-химических и биологических создания товаров бытовой химии; «Кама» – разработка научных основ многолетней динамики процессов и явлений в водоемах и водотоках, взаимодействие с окружающей средой, экологическими последствиями территориального перераспределения стока; «Лес и земля Западно-Уральского Нечерноземья» – разработка теоретических и методических основ охраны и рационального использования лесных и земельных ресурсов.

НТП «Чистота» выполнялась сотрудниками отдела химии и биологии ЕНИ и химического факультета университета совместно с предприятиями бытовой химии, ВНИИХИМПроект и Башкирским государственным университетом. Руководители – ректор университета профессор В.П.Живописцев и директор ЕНИ доцент С.Ф. Кудряшов. Для координации работ в рамках программы в 1978 г. в составе ЕНИ организована *хоздоговорная группа «Чистота»*.

«Кама» – региональная часть программы «Человек и окружающая среда. Проблемы охраны природы». Научные исследования по программе выполнялись отделом охраны природы института, географическим, геологическим, химическим факультетами университета совместно с некоторыми ВУЗами, отраслевыми НИИ и проектными институтами страны. Руководитель – профессор Ю.М. Матарзин.

Программа «Лес и земля Западно-Уральского Нечерноземья» входила в программу «Урал-Биосфера» и выполнялась отделом охраны природы института совместно учреждениями Пермского края и НИИ страны. Руководитель от ЕНИ – д.с-х.н. М.Н. Прокопьев.

В 1981 году Приказом № 375 Минвуза РСФСР в структуре института особой строкой выделена дирекция в составе: директор, заместитель директора по НИР, ученый секретарь, заместитель директора по общим вопросам и подразделения аппарата управления (канцелярия и хозяйственный отдел). Внесена корректировка в названия основных научных направлений. В том году институт отмечал свое 60-летие. Директором института С.Ф. Кудряшовым подведены итоги научной деятельности института за прошедший период и XI пятилетку. Поставлены задачи на XII пятилетку и на следующие годы в свете решений майского Пленума ЦК КПСС по продовольственной программе СССР.

Приведем некоторые показатели из доклада директора. За 60 лет работы института сотрудниками опубликована 2001 научная работа, изданы 10 монографий, защищены 17 докторских и более 40 кандидатских диссертаций. На базе ЕНИ студентами университета выполнено и защищено более 800 дипломных работ. По итогам изобретательской деятельности за X пятилетку получено 116 авторских свидетельств на изобретения. Лучшей признана лаборатория биологически активных веществ (зав. Е.Л. Пидэмский), которая заняла 1 место и в университетском смотре патентно-лицензионной и

изобретательской работы; 2 и 3 место заняли лаборатории органических реагентов (зав. М.И. Дегтев) и элементоорганических соединений (зав. А.Н. Недугов)». Лучшими изобретателями института названы: Е.Л. Пидэмский (71 АС), А.Ф. Голенева (42 АС), оба награждены нагрудным знаком «Изобретатель СССР», М.А. Хорькова, В.В. Двинских и Т.Н. Поварницына (по 7 АС).

В те годы большое внимание уделялось внедрению результатов научных исследований в народное хозяйство. Комиссия, проверяющая в 1983 году по приказу ХНО работу ЕНИ, отметила, что фактический экономический эффект, подтвержденный документально, в этот год составил 615 тыс. руб. (общий объем финансирования ЕНИ 886,7 тыс. руб.). Наиболее крупными выполненными и внедренными работами стали: «Разработка физико-химических и биологических основ создания товаров бытовой химии», руководитель к.х.н, доцент С.Ф. Кудряшов; «Разработка синтеза органических соединений тяжелых элементов, используемых в производстве сцинтилляторов», руководитель к.х.н. В.Е. Журавлев; «Оценка изменения агрессивности камской воды на металлических и железобетонных конструкциях гидросооружений Камского каскада», руководитель к.х.н. Л.В. Вержбицкая.

Остановимся еще на нескольких фактах деятельности ЕНИ в 1983 году:

- штатная численность 210 сотрудников, из них работающих по бюджету 154;
- представлено к защите 2 докторских и 7 кандидатских диссертаций;
- опубликовано 260 статей и тезисов докладов;
- получено 33 авторских свидетельств на изобретения;
- учебным процессом институт связан с 5 факультетами университета (химическим, биологическим, геологическим, географическим, физическим);
- на базе института проведено 7 научных конференций и школ Всесоюзного и регионального масштаба;
- имеются базы для проведения полевых исследований: учебно-опытное лесное хозяйство «Предуралье», пл. 2290 га; Троицкий заказник, пл. 1300 га; Камская биостанция с опытным участком пл. 2500 га.

Согласно «Генеральной схеме научно-экспериментальной базы Минвуза РСФСР» в 1984 году в институте открыты две зональные межвузовские лаборатории: физико-химических методов исследования; изыскания и изучения механизма действия биологически активных веществ.

Приведем выдержку из доклада директора ЕНИ доцента С.Ф. Кудряшова: «Первые итоги ускорения развития ЕНИ выявили и механизм торможения, который связан с рядом внутренних и внешних факторов:

1. Стало очевидным, что финансовая несамостоятельность институтов при ВУЗах тормозит развитие научно-экспериментальной базы, что, в свою очередь, приводит к уменьшению научного потенциала института и как следствие – к ослаблению влияния НИИ на улучшение качества подготовки специалистов.

2. Острая нужда в производственных площадях, особенно в отделах биологии и охраны природы. Слабая материально-техническая база.

Устранение тормозящих факторов развития проходило путем разработки новых уставов НИИ. В соответствии с приказами Минвуза СССР и Минвуза РСФСР разработан и утвержден новый Устав ЕНИ (4 апреля 1985 г.). Согласно уставу институт стал юридическим лицом. Следует отметить, что выделение ЕНИ на самостоятельный баланс, первоначально, привело к сложностям в работе. Выделение сопровождалось сокращением численности и фонда заработной платы». В очередной раз проведена оптимизация структуры института, исключена межвузовская зональная лаборатория ФХМИ и большой потерей для института стала утрата учебно-опытных хозяйств (заказников) «Троицкое» и «Предуралье», Камской биостанции. В конце 1985 года ректор Пермского университета профессор В.П. Живописцев подписал разделительный баланс ЕНИ ПГУ. Приказом Минвуза РСФСР № 50-1 от 27.01.1986 г. открыты счета Естественнонаучного института при Пермском университете в учреждениях Госбанка и Стройбанка СССР.

В начале 1986 года в институте организованы новые административные подразделения: *бухгалтерия, плановый отдел и отдел кадров* – которым в 2016 году исполняется 30 лет. Сотрудники администрации приложили много усилий для создания, организации и бесперебойной работы коллектива института.

Таким образом, первый фактор торможения развития института, с переводом его на самостоятельный баланс, был снят.

Второй проблемой, увеличением производственных площадей, Станислав Федорович занимался постоянно с 1978 года, прорабатывая различные пути строительства нового корпуса. Приведем выдержку из справки «О строительстве корпуса ЕНИ», подготовленной директором института С.Ф. Кудряшовым в 1991 году: «Ректором В.П. Живописцевым было принято решение о проектировании и строительстве корпуса для нужд двух подразделений ПГУ: ЕНИ и ОКБ «Маяк». На стадии завершения проектирования ОКБ отказался от долевого участия в строительстве и директором института был проведен поиск новых дольщиков. В результате дольщиками были выбраны: близкое по деятельности подразделение Пермского научного центра УрО АН СССР – лаборатория ванадия с перспективой создания лаборатории двойного подчинения и мощная с позиции материально-технического обеспечения строительства – Пермская дирекция строящихся газопроводов. Этот вариант, в котором заказчиком строительства корпуса выступает ЕНИ и два дольщика, был согласован с Минвузом РСФСР и принят Главпалуралстроем (ГЗУС)».

В 1986 году для обеспечения своей части в финансировании строительства ЕНИ заключил договор с ГЗУС о долгосрочном научно-техническом сотрудничестве, по которому институт взял на себя обязательства выполнять НИОКР для нужд строительства. Договор (1986-2000 гг.) выполнялся на компенсационной основе, т.е. за счет интенсификации труда

сотрудников. В течение всего срока строительства организовывались субботники, сотрудники выполняли обязанности подсобных и низкоквалифицированных работников. Так благодаря коллективному труду институт построил корпус. Строительство корпуса ЕНИ, начатое в конце 1988 года завершилось в 1991 году, 29 апреля утвержден Акт государственной приемочной комиссии о приеме в эксплуатацию построенного объекта общей площадью 9275 кв.м. Началась приятная работа по «обживанию» нового корпуса, переезду лабораторий и административных отделов в новые помещения.

Еще во время строительства корпуса открыты новые подразделения институт – в 1988 году отдел межвузовской кооперации и производства наукоемкой продукции в составе лаборатории БАВ (зав. Г.А. Александрова), лаборатории инженерно-геологических исследований (зав. Г.Б. Болотов), лаборатории наукоемкой, малотоннажной и мелкосерийной продукции (зав. Т.М. Рау). В 1989 году организована **лаборатория геологии техногенных процессов**. Инициатором создания и заведующим лабораторией на протяжении всей ее истории до сегодняшнего дня является Н.Г. Максимович.

В 1992 г. С.Ф. Кудряшов по состоянию здоровья переходит работать в лабораторию гетерогенных равновесий ЕНИ ведущим научным сотрудником. На должность директора ЕНИ из института технической химии Уральского филиала АН СССР приглашен профессор, д.х.н. В.П. Бегишев. Его назначение совпало с трудным периодом перестройки в стране. Потребовалось много сил, чтобы удержать институт на плаву: обеспечить финансирование, задержать массовый уход молодых научных сотрудников; нацелить тематику НИР на самофинансирование путем выполнения и внедрения научных работ в практику на основе хозяйственных договоров. Благодаря авторитету в научных кругах, Валерию Павловичу Бегишеву удалось наладить связи и проводить совместные научно-исследовательские работы с рядом научных учреждений и промышленных предприятий. Много труда он приложил для получения институтом статуса самостоятельного академического учреждения. К сожалению, проделанная им работа по преобразованию ЕНИ в академический институт, не увенчалась успехом.

Перевод института в 1980 году на программно-целевой метод планирования, особенно остро проявился при составлении тематического плана на 2004 год, когда Минобразование России запретило включать научные темы организаций, не входящих в структуру университета, в тематический план ВУЗа. Таким образом, на 2004 г. институт остался без бюджетного финансирования. Чтобы сохранить кадры института и не сокращать большую часть научных сотрудников, директором В.П. Бегишевым принято решение о выдаче заработной платы за счет арендных средств и параллельно проводить работу о переходе ЕНИ из Агентства по образованию в Агентство по науке и инновациям, которые образованы в апреле 2004 г. 31 декабря 2004 года Распоряжением Правительства РФ № 1749-р институт переведен в Роснауку как федеральное государственное научное учреждение «Естественнонаучный

институт». Подготовлен и утвержден новый Устав ЕНИ, план НИР и в июне 2005 г. на финансирование штатного расписания института поступили бюджетные ассигнования. Таким образом, сохранены все прежние научные структурные подразделения института и организованы новые: в 2006 г. – **отдел геологии** в составе 3 лабораторий: **лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений** (зав. В.А. Наумов), **лаборатория геологического моделирования и прогноза** (зав. А.В. Коноплев), **лаборатория минералого-петрографических исследований** (Б.М. Осовецкий).

Обоснование целесообразности создания **отдела геологии** подготовил заведующий лабораторией геологии осадочных и техногенных месторождений В.А. Наумов, объясняя это тем, что в ЕНИ создана материально-техническая база и научное обеспечение исследований по различным направлениям развития минерально-сырьевых ресурсов региона. В этот период реализована идея объединения научно-методического потенциала пермских геологов, работающих по твердым полезным ископаемым, в единый научный центр. Отдел геологии проводил систематические заседания семинара, где решали многие вопросы научно-методического обеспечения проведения геологоразведочных работ на территории Пермского края.

В очередной раз в Роснауке прошла волна реорганизаций подведомственных учреждений, институт попал в «черный» список, и 11 апреля 2006 году вышло Распоряжение Правительства РФ № 509-р о реорганизации федерального государственного научного учреждения «Естественнонаучный институт» в форме присоединения института к Пермскому государственному университету в качестве структурного подразделения.

В 2007 году начался очередной виток жизни института в новом статусе обособленного структурного подразделения университета. Новым директором назначен кандидат геолого-минералогических наук Владимир Александрович Наумов, работавший в то время заведующим отделом геологии (приказ ректора № 216 от 28.02.2007 г.). Этот год выдался тяжелым для института, проделана большая организационная работа по налаживанию нормального функционирования института в новых условиях. Первые четыре месяца ушли на юридические формальности и только к маю институт вошел в обычный режим работы.

С этого времени стало активно развиваться геологическое направление института, в 2008 г. в геологическом отделе появилась новая **лаборатория экологической геологии** (зав. С.М. Блинов). Лаборатории геологического отдела и **лаборатория геологии техногенных процессов** (зав. Н.Г. Максимович) стали основными финансовыми «донорами», их вклад во внебюджетное финансирование института достигло почти 90%. На протяжении последних лет, начиная с 2007 года, идет неуклонный рост объемов договорных работ и в 2015 г. он достиг 94 млн. руб. и общий бюджет Института впервые перевалил за 100 млн. рублей.

За последние 5 лет (2011-2015 гг.) в институте защищены 4 докторские диссертации по разным научным направлениям (В.А. Наумов, Н.Е. Щепина, М.В. Рогозин, И.С. Копылов) и 20 кандидатских диссертаций, опубликовано более 1 340 работ разной направленности, из них 43 монографии, 53 учебных пособия, 311 статей в изданиях ВАК, 117 статей в зарубежных изданиях (WoS и Scopus).

В то же время нельзя не отметить и отрицательные тенденции, произошедшие в организации и выполнении научных исследований. В период с начала перестройки, после перехода российской экономики на рыночные отношения, в 90-е годы закрыты или прекратили свою деятельность более семи тысяч НИИ, занимавшихся решением прикладных задач. В этих условиях, когда гарантированное бюджетом финансирование сократилось до 5-10%, институт находит новые формы и направления развития. С 2004 по 2014 гг. институт стал инициатором и идеологом выполнения геолого-разведочных работ для нужд Пермского края. В результате на государственный учет на территории Коми-Пермяцкого округа поставлены ресурсы россыпного золота категории Р1 – 5 т, платины 0,25 т; несколько десятков тонн рудного золота черносланцевых толщ на территории Горнозаводского района; проведена геолого-экономическая оценка ряда территорий Пермского края; разработаны подходы к концепции геологической безопасности города Перми.

Так, начиная с мая 2010 г., по инициативе и при финансовом обеспечении института университет получил допуск к работам по выполнению инженерных изысканий, вступил в саморегулируемую организацию «Ассоциация инженерных изысканий в строительстве» (СРО «АИИС»). Это позволило институту и университету выполнять значительные объемы хоздоговорных работ. В институте проводились работы и поддерживались лицензию на осуществление деятельности, связанной с использованием возбудителей инфекционных заболеваний; на право использования радиоактивных веществ, при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.

В рамках проектов «Образование» и «Национальный исследовательский университет» университетом приобретено новейшее оборудование мирового уровня. ЕНИ активно участвовал в разработке, продвижении и реализации проектов. При участии сотрудников и финансовой поддержке проектов ЕНИ ПГНИУ проведена аккредитация лабораторий и метрологическое обеспечение сектора наноминералогии, лаборатории гидрохимического анализа.

Большой объем научных исследований выполнен сотрудниками ЕНИ по федеральной целевой программе Министерства образования и науки РФ (ФЦП МОН РФ) – руководители: Н.Г. Максимович, Е.А. Меньшикова, В.А. Наумов, С.В. Боронникова; по грантам РФФИ (С.М. Блинов, Е.А. Хайрулина, В.А. Наумов), международным грантам (Н.Е. Щепина).

Безусловной заслугой коллектива научных сотрудников ЕНИ является заключение долговременных контрактов на выполнение работ по мониторингу состояния окружающей среды для строящихся на севере края предприятий по добыче калийных солей: ПАО «Уралкалий», ОАО «Верхнекамская калийная

компания», Усольский филиал ОАО «Еврохим». Проведение исследований, связанных с хозяйственной деятельностью крупных компаний в нашем регионе, – следующий приоритет ЕНИ. Сегодня сотрудники института плодотворно работают с компаниями-лидерами: «ЛУКОЙЛ», «Галургия», ОАО "ЕВРАЗ Качканарский горнообогатительный комбинат". Проведены переговоры и достигнуты договоренности по выполнению совместных работ с компаниями «Полиметалл. Уральский филиал», артель старателей «Нейва» и другими лидерами в различных отраслях промышленности.

В качестве перспектив своего развития в год 90-летия институт выбрал направление тесного сотрудничества с горно-геологической отраслью экономики, как наиболее финансово стабильной системой современного хозяйствования. Ряд лабораторий расширили направления своей деятельности. Это позволило отделу химии, например, выполнить крупные договора с ГК «Западно-Уральский машиностроительный концерн» в Узбекистане, с АК «Алросса»

В то же время нельзя не отметить и отрицательные тенденции в деятельности института. Практически каждый год институт «лихорадит» от разного рода новаций, поступающие как от учредителя – Правительства РФ, Министерства образования и науки РФ, так и от университета. В 2010 г. сотрудники института переведены на срочные трудовые договора, которые расторгаются или перезаключаются каждый год в зависимости от финансирования (бюджетного или хоздоговорного). Начиная с 2014 года, Министерство образования и науки РФ в очередной раз изменило правила выделения бюджетного финансирования с его уменьшением. Это привело к сокращению сотрудников до 96 человек в настоящее время, из них только 52 человека являются штатными. В 2016 году бюджетное финансирование сократилось до 5,0 млн. руб. в год, т.е. практически институт остался без государственной поддержки.

По причине нестабильного бюджетного финансирования и непонятных финансовых перспектив в 2014 году приказом ректора ПГНИУ из института в университет «переведены» пять лабораторий химико-биологического направления с закрепленными за ними финансированием и научно-производственными помещениями. Вместо совместного выполнения работ подразделениями ЕНИ и университета выбран вариант проведения исследований только в рамках химического факультета. Этот факт негативно отразился на работе института, положив начало переводу традиционно работающих в ЕНИ подразделений на факультеты университета.

Под флагом «оптимизации» деятельности ЕНИ и геологического факультета предложено объединить эти подразделения и создать единую общую структуру. Однако это предложение не нашло позитивного отклика в коллективах института и геологического факультета. Позиция создания кооперации для решения общих и частных задач рассматривается нами как более жизнестойкая и продуктивная, проверенная историей и временем.

Но, несмотря на все трудности, институт пытается найти новые пути развития в это непростое время. И до настоящего времени у него получается не только финансово «стоять на ногах», но и осуществлять научную деятельность. В настоящее время в институте функционирует четыре научно-исследовательских отдела: химии, радиобиологии, геологии и охраны природы, включающих 13 научно-исследовательских лабораторий, с научной тематикой которых можно ознакомиться на сайте института: <http://nsi.psu.ru>.

На протяжении своей 95 летней истории институт выполняет миссию научного обеспечения и научно-методического сопровождения высшего образования в Пермском крае плечом к плечу с Пермским университетом. Недаром бывший ректор университета профессор В.П.Живописцев в своей книге назвал ЕНИ «Кораблем науки». Институт всегда выступал в качестве надежного «тыла» университета и выращивал научные и научно-педагогические кадры, отличаясь:

- высоким уровнем научных исследований;
- направленностью на решение практических задач региона;
- многоплановостью и комплексностью подхода к выполнению исследований и получению достоверных новых знаний.

Сотрудники института стремятся сохранять традиции, всегда открыты новациям и находят нестандартные решения возникающих проблем. Преемственность традиций и активное восприятие нового – жизненное кредо сотрудников института. Надеемся, что эти качества сотрудников позволят институту сохранить свою самобытность и встретить 100-летие новыми успехами.

### **Библиографический список**

1. *Естественнонаучный институт Пермского университета: история и современность* / под. общ. ред. Е.Л. Пидэцкого. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 158 с.
2. Живописцев В.П. *День открытых дверей*. Пермь, 1986. 133 с.
3. *Университеты и научные учреждения. Объединенное Научно-Техническое Издательство, Москва-Ленинград, 1935. 31 с.*
4. *Профессора Пермского государственного университета*. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2001. 432 с.
5. *Пермский государственный университет: история в лицах [Электронный ресурс]: / авт.-сост. А.В. Пустовалов. Пермь. Изд-во «Маматов». 2015.*
6. Заварзин А.А. *К истории возникновения Пермского Биологического Научно-Исследовательского Института // Известия БНИИ и Биологической станции при ПГУ. Вып. 1-2. Пермь, 1922. С.2-10.*
7. *Пермский государственный университет им. А.М. Горького: исторический очерк* / под. общ. ред. Профессора Ф.С. Горового. Перм. кн. изд-во, 1966. 294 с.
8. *Пермский округ Уральской области: Отчет Окружного исполнительного Комитета II Созыва и обзор округа*. Пермь, 1927. С.246-247.
9. *Отчет о деятельности Пермского государственного университета за 1923-1924 гг.* Пермь, 1924. 12 с.
10. *Стабровский А. С. Пермский университет в воспоминаниях современников. Вып. I.* Пермь: Изд-во ТГУ Перм. отд-ние, 1991. 92 с.
11. *Кертман Л.Е., Васильева Н.Е., Шустов С.Г. Первый на Урале*. Пермь: Кн. изд-во, 1987. 234 с.



**В.А. Наумов, А.В. Жекин**  
Естественнаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**ДОКТОРА НАУК – СОТРУДНИКИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО  
ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО  
НАЦИОНАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО УНИВЕРСИТЕТА  
(1921-2016 гг.)**

*Представлен перечень сотрудников Естественнаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета – докторов наук за 95-летний период своего развития с 1921 по 2016 гг. и дана краткая характеристика их научной деятельности.*

*Ключевые слова: биология, химия, экология, геология, фундаментальные и прикладные исследования, научно-исследовательские лаборатории, Естественнаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет.*

**V.A. Naumov, A.V. Zhekin**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

**DOCTORS - STAFF OF THE NATURAL SCIENCES INSTITUTE PERM  
STATE UNIVERSITY (1921-2016)**

*For the first time presents a list and brief description of scientific activity of scientists – doctors of Natural Science Institute of Perm State University for the 95-year period of its development from 1921 to 2016.*

*Keywords: biology, chemistry, ecology, geology, basic and applied research, scientific research laboratories, Natural Sciences Institute, Perm State University.*

В Пермском университете с начала его основания исторически сложилось так, что происходит постоянное переплетение научной и образовательной деятельности сотрудников. При этом, если основным и постоянным местом работы профессорского состава Университета являются кафедры, то научную работу они часто выполняют как на кафедрах, так и в рамках организационной структуры Естественнаучного института. С момента его образования 95 лет назад, ученые естественнаучного профиля старались создать на базе Биологического НИИ, а затем Естественнаучного института свои научные подразделения.

В советские годы, когда финансирование научной деятельности в ВУЗах осуществлялось за счет государственного бюджета руководство университета, факультетов и кафедр стремилось создавать на базе ЕНИ свои подразделения.

Научное руководство исследований ведущие ученые Университета сохраняли за собой. Такой формат взаимодействия позволял им развивать и продвигать свои научные идеи через созданные научные подразделения, растить молодые научные кадры, развивать материально-техническую базу своих направлений. Особенно в этом преуспели биологи, химики, географы. Особый интерес в этом альянсе проявили физики и математики. Созданные ими научные коллективы и лаборатории представляли «свет» естественнонаучных направлений.

В периоды реформ и преобразований Высшего образования 30-х, 40-х, 70-х годов наличие базового Института в структуре Пермского университета позволило с достоинством и с минимальными потерями сохранить и развивать Пермский университет. Это касалось как библиотечного фонда, лабораторного оборудования, возможности работать научным подразделениям.

На протяжении всей истории развития Университета, Естественнонаучный институт всегда выступал в качестве устойчивой площадки для воспитания научных и педагогических кадров Университета. Многие ректора и проректора, деканы и заведующие кафедрами Университета совмещали свои должности с руководящими должностями в Институте. Многие сотрудники Института впоследствии стали руководителями подразделений в Университете.

Поскольку основной деятельностью Института является научная деятельность, мы посчитали важным отразить эту сторону в лицах докторов наук, бывших сотрудниками Биологического НИИ, а затем Естественнонаучного института в разные годы и работающих в настоящее время в ЕНИ ПГНИУ. Многие из них во время работы в Институте еще не были докторами наук. Двенадцать докторов наук защитили докторские диссертации в качестве сотрудников ЕНИ. Значительная часть профессоров, докторов наук никогда не была оформлена в Институте в качестве сотрудников. Они осуществляли научное руководство деятельностью научных подразделений. Перечень ученых оказался достаточно обширным и далеко неполным. Доктора наук представлены в алфавитном порядке с краткой аннотацией их деятельности в Институте [1-3].

**АБАШЕВ** Георгий Георгиевич (род. 23.03.1948). Доктор химических наук (1998). Окончил химический факультет ПГУ по специальности химик-органик. В ЕНИ работает с 1974 года. С 1993 года по настоящее время – заведующий лабораторией органических полупроводников. С 2003 года совмещает эту должность с работой ведущего научного сотрудника в Институте технической химии УрО РАН.

**АБУСЕВ** Ракип Ахметович (14.01.1939-17.01.2005). Доктор физико-математических наук (1993). В 1967 году с отличием окончил механико-математический факультет Пермского университета. С 1996 по 2005 годы заведующий кафедрой теории вероятностей и математической статистик. Совмещая с работой на кафедре с 1991 года руководил филиалом кафедры в Естественнонаучном институте.

**АЛЕКСЕЕВ** Артемий Иванович (1892-?) – профессор, физиолог и биохимик. С 1928 по 1936 годы заведовал кафедрой биологической химии. С 1932 по 1935 был директором Биологического НИИ.

**БАРАНОВ** Владимир Исаакович (21.02.1889-03.08.1967). В 1913 году окончил естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета по специальности «Ботаника». В 1929 году был избран профессором и заведующим кафедрой ботаники Пермского университета, а также действительным членом Биологического НИИ, где проработал до января 1933 года, после чего переехал в Казанский университет.

**БЕКЛЕМИШЕВ** Владимир Николаевич (22.09.1890-04.09.1962). Окончил Императорский Санкт-Петербургский университет в 1913 году. Директор биологической станции ЕНИ, действительный член секции зоологии Биологического НИИ, зав. кафедрой зоологии беспозвоночных Пермского университета. Действительный член АМН СССР (1945) и Польской АН (1949), заслуженный деятель науки РСФСР (1947), дважды лауреат Сталинской премии (1944, 1952).

**БЕГИШЕВ** Валерий Павлович (11.09.1942-28.08.2013). Доктор химических наук (1986). Окончил химико-технологический факультет Уральского политехнического института по специальности «Технология пластмасс». Директор ЕНИ с 28 декабря 1992 года по 29 марта 2007 года. Затем перешел на работу в ПГУ профессором кафедры и по совместительству заведовал в ЕНИ лабораторией физикохимии полимеров. Заслуженный деятель науки и техники РФ. Награжден Почетной грамотой Федерального агентства по науке и инновациям.

**БЕРДИНСКИЙ** Иван Сергеевич (16.06.1918-19.05.1997). Доктор химических наук (1969). В 1941 году окончил химический факультет Пермского университета. Доцент и профессор кафедры органической химии (1959-1972), заведующий кафедрой химии природных и биологически активных соединений (1973-1987). Являлся научным руководителем лаборатории биологически активных веществ и отдела биологии Естественного института.

**БОРОННИКОВА** Светлана Витальевна (род. 02.12.1960). Доктор биологических наук (2009). В 1983 году закончила биологический факультет Пермского университета (специальность «Биология»). В 1980-1983 годах прошла специализацию по цитологии и генетике в Новосибирском университете. В 2010 году создает на базе Естественного института лабораторию молекулярной биологии и генетики и возглавляет ее по настоящее время. С 2012 года – заведующая кафедрой ботаники и генетики растений ПГНИУ.

**БРАТУХИН** Юрий Клавдиевич (22.03.1936-26.08.2015). Доктор физико-математических наук (1996). В 1958 году окончил физический факультет Пермского университета. С 1963 года работал на кафедре общей физики. В 1960-70-е годы работал в лаборатории гидродинамики ЕНИ.

**БУЗМАКОВ** Сергей Алексеевич (род. 26.09.1961). Доктор географических наук (2005). В 1987 году окончил географический факультет Пермского университета, после его окончания остался на кафедре биогеоценологии и охраны природы в различных должностях. С 2008 года – заведующий кафедрой. С 2011 года является научным руководителем группы экодиагностики Естественнонаучного института.

**БУТИН** Александр Валерианович (18.05.1962-01.05.2015). Доктор химических наук (2002). В 1984 году окончил Краснодарский политехнический институт. С 2011 года профессор кафедры природных и биологически активных веществ. С 2012 по 2013 работал ведущим научным сотрудником лаборатории биологически активных веществ Естественнонаучного института по совместительству.

**БЫНОВ** Федор Андрианович (23.12.1896-15.10.1976). Доктор сельскохозяйственных наук (1956). В 1927 году окончил Пермский университет по специальности «агроном-растениевод» и был оставлен преподавателем. В 1929 году – декан агрономического факультета. В 1930-1931 годах – с преобразованием факультета в сельскохозяйственный институт становится его первым ректором. С 1956 по 1958 годы – проректор по научной работе Пермского университета. В 1950-60-годы был одним из научных руководителей лаборатории ботаники Естественнонаучного института.

**ВЕРИГО** Бронислав Фортунатович (14.02.1860-13.06.1925). В 1877–1882 годах учился на естественном отделении физико-математического факультета Петербургского университета, в 1883-1886 – в Военно-медицинской академии. В 1914 году за революционные настроения был уволен из Новороссийского университета. В 1917 году был восстановлен в правах профессора и был командирован в Пермский университет, где руководил кафедрами физиологии, физиологической химии, фармакологии, общей и экспериментальной патологии, был директором Биологического НИИ в 1922-1923 годах.

**ВЕРЖБИЦКИЙ** Фаддей Романович (13.05.1930-13.06.2012). Доктор химических наук (1997). Окончил химический факультет ПГУ и был оставлен лаборантом на кафедре физической химии. В ЕНИ пришел с должности декана химического факультета и работал ведущим научным сотрудником с 1988 по 2010 годы в лаборатории гетерогенных равновесий. Докторскую диссертацию «Высокочастотно-термический анализ» защитил, являясь сотрудником ЕНИ (1997).

**ГЕНКЕЛЬ** Александр Германович (20.07.1872-09.04.1927). В 1896 году окончил курс на естественном отделении физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. В 1916-1927 годах А.Г. Генкель возглавлял кафедру морфологии и систематики растений Пермского университета. Основал Ботанический сад при университете. В 1921-1922 – декан агрономического факультета Пермского университета. С 1922 года избран действительным членом секции ботаники Биологического НИИ.

**ГЕНКЕЛЬ** Павел Александрович (26.01.1903-09.09.1985). Окончил Пермский университет, в котором прошел путь от ассистента до профессора,

заведующего кафедрой физиологии растений (1931–1939), декана биологического факультета (1933) Пермского университета, директора Биологического института при ПГУ (1935–1939). Член-корреспондент АПН СССР.

**ГЛУШКОВ** Владимир Александрович (род. 12.08.1955). Доктор химических наук (2003). В 1977 году окончил с отличием химический факультет Пермского университета. С 1976 по 1982 работал на кафедре химии природных и биологически активных соединений, с 1982 по 1985 – в лаборатории физико-химических методов исследований Естественнонаучного института, после защиты в 1985 году кандидатской диссертации работал в различных институтах химической направленности.

**ДАНИНИ** Евгений Сильвиевич (07.07.1894-26.12.1954). В 1917 году закончил естественное отделение физико-математического факультета Санкт-Петербургского университета. С 1918 года – преподаватель кафедры нормальной гистологии Пермского университета, ассистент профессора А.А. Заварзина (до 1922 года). В 1927-1928 – зам. декана педагогического факультета Пермского университета. С 1931 года – сначала завотделением, затем, с 1933 года – первый декан биологического факультета Пермского университета. В этой должности (с небольшими перерывами) работал до 1941 года. Одновременно с 1931 года являлся профессором и заведующим гистологической лабораторией Биологического научно-исследовательского института. В 1930-е годы – ученый секретарь и член коллегии БНИИ, а в 1935 году – исполняющий обязанности директора.

**ДЕВЯТКОВА** Тамара Павловна (род. 27.02.1938). Доктор географических наук (1998). В 1961 г. закончила Пермский государственный университет по специальности «Географ-гидролог». После окончания университета работала в лаборатории водохозяйственных проблем (позднее преобразована в лабораторию комплексных исследований водохранилищ ЕНИ ПГУ). С 1969 по 2013 годы работала на кафедре гидрологии суши на разных должностях. Помимо работы на кафедре с 2000 по 2010 годы являлась научным руководителем лаборатории комплексных исследований водохранилищ ЕНИ.

**ДЕГТЕВ** Михаил Иванович (08.08.1946). Доктор химических наук (1994). В 1968 году окончил химический факультет Пермского университета. Поступил в аспирантуру кафедры аналитической химии, которую успешно закончил, защитив в 1974 году кандидатскую диссертацию. С 1974 по 1982 годы заведующий лабораторией органических реагентов Естественнонаучного института, выполняя там также обязанности заведующего отдела химии (1974-1981). С 1982 года старший преподаватель кафедры аналитической химии, а с 1990 года руководит данной кафедрой. При этом был связан узами с Естественнонаучным институтом до 2013 года, руководя лабораторией органических реагентов по совместительству.

**ДВИНСКИХ** Светлана Александровна (род. 17.01.1948). Доктор географических наук (1997). В 1971 году с отличием закончила географический факультет Пермского университета. С 1980 по 1997 годы являлась старшим

научным сотрудником лаборатории комплексных исследований водохранилищ ЕНИ. С 1997 года по настоящее время является заведующей кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов. С 2008 года совмещает научное руководство в лаборатории комплексных исследований водохранилищ ЕНИ, являясь ведущим научным сотрудником. Лидер научного направления «Изучение гидрологии водохранилищ и охрана водных ресурсов».

**ЕРЕМЧЕНКО** Ольга Зиновьевна (род. 05.08.1956). Доктор биологических наук (1999). В 1978 году окончила биологический факультет Пермского университета. С этого времени работала на разных должностях на биологическом и географическом факультетах. С 2003 года – заведующий кафедрой физиологии растений и микроорганизмов. В 1980-1990-е годы научная деятельность была связана с Троицким заповедником. С 2010 года совмещала работу с научным руководством в лаборатории ботаники и экологии почв ЕНИ.

**ЖИВОПИСЦЕВ** Виктор Петрович (22.09.1915-22.10.2006). Доктор химических наук (1965). Окончил в 1938 году химический факультет Пермского университета. С 1967 по 1989 – заведующий кафедрой аналитической химии Пермского государственного университета. С 1970 по 1987 годы был ректором ПГУ. В 1973 году в Естественнонаучном институте была открыта лаборатория органических реагентов. В.П. Живописцев был ее инициатором и научным руководителем.

**ЗАВАРЗИН** Алексей Алексеевич (25.03.1886-25.07.1945). В 1901 году окончил реальное училище и поступил в Санкт-Петербургский университет на естественное отделение физико-математического факультета, на третьем курсе увлекся гистологией. С 1914 года приват-доцент Санкт-Петербургского университета. В 1916 году профессор Пермского университета, где возглавил кафедру гистологии медицинского и физико-математического факультетов. В 1918-1922 годах – заведующий Биологической станцией при Пермском университете, а в 1921-1922 годах – первый директор Биологического научно-исследовательского института при университете и его фактический организатор. Академик АН СССР (1943) и АМН СССР (1944), генерал-майор медицинской службы (1944). Основатель эволюционной гистологии.

**ЗЫРЯНОВ** Александр Иванович (род. 23.07.1955). Доктор географических наук (2007). В 1977 году окончил географический факультет Пермского университета. С 1980 года работает на географическом факультете, где в 1993 году стал деканом. В 1980-х годах, совмещая работу на факультете, являлся сотрудником лаборатории «Регион» Естественнонаучного института.

**ИЗМОЖЕРОВ** Николай Александрович (род. 10.09.1928). Доктор биологических наук. В 1957 г. окончил агрономический факультет Свердловского сельскохозяйственного института. В 1961 г. сразу после окончания аспирантуры в Институте экологии УФАН СССР (г. Свердловск) под руководством одного из основоположников биофизики, радиационной генетики и бионкоценологии – Н.В.Тимофеева-Ресовского создал и возглавил лабораторию радиобиологии Естественнонаучного института при ПГУ,

которой руководил до 1989 года. Совмещал работу в лаборатории с заведованием отделом биологии ЕНИ (1977-1989). Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

**КАСИМОВ** Апдулбар Касимович (род. 10.12.1940). Доктор сельскохозяйственных наук (1999). Окончил лесохозяйственный факультет Уральского лесотехнического института (г. Свердловск) по специальности «лесное хозяйство», 4 курса (заочно) картографического факультета Московского института инженерной геодезии и картографии. С 1975 по 1982 годы работал в лаборатории лесоведения ЕНИ. В 1993 году вернулся в ЕНИ на должность заведующего лабораторией лесоведения, где работал до 2000 года.

**КАТАЕВ** Валерий Николаевич (род. 17.04.1956). Доктор геолого-минералогических наук (2000). В 1979 г. окончил геологический факультет Пермского университета. С 1979 по 1982 годы – инженер, младший научный сотрудник лаборатории комплексных исследований водохранилищ ЕНИ. С 1982 по 1988 годы работает на кафедре инженерной геологии, с 1988 – на кафедре динамической геологии и гидрогеологии. С 1998 по 2012 – начальник научно-исследовательской части, с 2012 по 2015 – проректор по научной работе Пермского университета. Все эти годы совмещал руководство кафедрой динамической геологии и гидрогеологии.

**КОЛЛА** Виктор Эдуардович (род. 25.09.1925). Доктор биологических наук (1971). В 1950 г. окончил с отличием Пермский фармацевтический институт, а затем – аспирантуру при Пермском медицинском институте. С 1961 года работает в Пермском университете в должности зам. директора, а с 1962 по 1967 директором Естественнонаучного института. Ему принадлежит заслуга в создании лаборатории по изучению биологической активности новых органических соединений. С 1966 по 1971 годы – проректор по учебной работе Пермского университета, одновременно продолжал руководить исследованиями сотрудников лаборатории биологически активных веществ.

**КОМЛЕВ** Аркадий Михайлович (14.01.1926-13.01.2014). Доктор географических наук (1972). В 1950 г. окончил геолого-географический факультет Пермского университета. С 1975 по 1979 годы работал заместителем директора ЕНИ ПГУ по научной работе, с 1979 по 2011 годы – на кафедре гидрологии суши Пермского университета.

**КОНДЮРИН** Алексей Викторович (род. 09.10.1962). Окончил Пермский университет по специальности «Физика». Работал на кафедре общей физики Пермского университета, в Институте технической химии, в лаборатории физики химии полимеров ЕНИ при ПГУ (1996-2006), за рубежом. С 2014 года профессор кафедры механики сплошных сред и вычислительных технологий Пермского университета.

**КОПЫЛОВ** Игорь Сергеевич (род. 29.03.1954). Доктор геолого-минералогических наук (2014). В 1976 г. окончил геологический факультет Пермского университета по специальности «Гидрогеология и инженерная геология». С 2010 г. работает ведущим научным сотрудником в лаборатории

геологического моделирования и прогноза ЕНИ ПГНИУ. Профессор кафедры инженерной геологии и охраны недр и кафедры поисков и разведки полезных ископаемых. Член-корр. Российской Академии Естествознания (РАЕ).

**КРЮГЕР** Валерий Августович (02.01.1890-25.03.1958). В 1913 г. окончил естественное отделение физико-математического факультета Казанского университета. С 1934 по 1957 годы – заведующий кафедрой морфологии и систематики растений Пермского университета, являлся действительным членом Биологического НИИ (1935-1937).

**КУДРЯШОВА** Ольга Станиславовна (род. 23.07.1955). Доктор химических наук (1998). Окончила Пермский политехнический институт по специальности химик-технолог. В 1981 году пришла работать в ПГУ инженером, с 1992 года старший научный сотрудник группы «Чистота», затем заведующая лабораторией гетерогенных равновесий. С 2006 г. по настоящее время работает в должности заведующего отделом химии ЕНИ. Имеет ученое звание профессора.

**КУЗНЕЦОВ** Виктор Васильевич (31.12.1912-30.11.1986). Доктор химических наук (1968). В 1937 году окончил химический факультет Пермского университета с отличием, остался работать на кафедре физической химии химфака ассистентом, старшим преподавателем, доцентом. В 1939 году работал заместителем декана химического факультета ПГУ. С 1957 по 1962 годы – директор Естественнонаучного института при ПГУ. В 1958 году становится создателем и заведующим лабораторией электрохимии ЕНИ. В этот же период инициирует создание лаборатории радиохимии ЕНИ. С 1972 по 1975 годы – проректор по учебной работе ПГУ. С 1975 по 1986 годы возглавлял кафедру физической химии химического факультета ПГУ.

**ЛАПКИН** Иван Иванович (18.01.1903-16.11.1993). Доктор химических наук (1948). В 1928 году окончил химическое отделение по кафедре органической химии Казанского университета. Начиная с 1930 года, его жизнь была посвящена работе в Пермском университете. В 1961 на кафедре органической химии была создана лаборатория элементоорганических соединений, которую в 1967 году перевели в состав Естественнонаучного института. И.И. Лапкин был ее организатором и бессменным научным руководителем, также с 1977 года являлся научным руководителем отдела химии ЕНИ.

**ЛУНЬЯК** Андрей Иванович (05.12.1881-15.10.1957). Доктор химических наук (1947). В 1904 году с отличием окончил Военно-медицинскую академию. В июле 1917 года назначен ординарным профессором Пермского университета по кафедре физиологической химии, а с 1921 г. – на физико-математическом факультете. Первый декан агрономического факультета (1918-1919), декан физико-математического факультета (1920-1921), декан медицинского факультета (1921-1922), заведующий научно-учебной частью ПГУ (1922-1924), заведующий кафедрой органической химии (1922-1924), действительный член секции биохимии Биологического НИИ (1922-1924).



**МАСЛИВЕЦ** Андрей Николаевич (род. 25.10.1957). Доктор химических наук (1996). В 1979 году с отличием окончил химический факультет Пермского университета. С 1983 года работает на кафедре органической химии. В 2010 г. создал лабораторию поликарбонильных соединений в Естественнонаучном институте, заведовал ею до 2014 г.

**МАРДАНОВА** Людмила Геннадьевна (род. 09.02.1947). Доктор биологических наук (2003). Окончила в 1971 году с отличием биологический факультет Пермского университета. С 1971 по 1984 годы работала в лаборатории биологически активных веществ ЕНИ. С 1990 года работает на кафедре зоологии позвоночных и экологии Пермского университета, совмещала работу старшим научным сотрудником лаборатории биологически активных веществ ЕНИ с 2005 по 2013 годы

**МАТАРЗИН** Юрий Михайлович (04.05.1924-12.04.2004). Доктор географических наук (1971). В 1951 г. окончил геолого-географический факультет Пермского университета. С 1955 года работал на разных должностях географического факультета. В 1961 году при университете была организована лаборатория водохозяйственных проблем, которую и возглавил Ю.М. Матарзин. В 1974 году лаборатория вошла в состав ЕНИ, а в декабре 1977 года произошло ее объединение с лабораторией ихтиологии и гидробиологии под новым названием лаборатория комплексных исследований водохранилищ. Ю.М. Матарзин являлся одним из ее научных руководителей. С 1977 по 1989 годы являлся научным руководителем отдела охраны природы ЕНИ. Сформировал научную школу изучения водохранилищ.

**МАШЕВСКАЯ** Ирина Владимировна (род. 31.03.1965). Доктор химических наук (2006). В 1987 году окончила химический факультет Пермского университета. С 2007 года профессор кафедры органической химии, с 2013 года – декан химического факультета. С 2010 по 2012 годы работала по совместительству ведущим научным сотрудником лаборатории поликарбонил Естественнонаучного института.

**МЯГКОВ** Владимир Фаддеевич (10.08.1929-05.07.2013). Доктор геолого-минералогических наук (1977). В 1954 г. с отличием окончил технический факультет Пермского университета (горный инженер-геолог). Более 30 лет (1954-1979, 1994-2009) проработал в Пермском университете на кафедрах поисков и разведки полезных ископаемых и инженерной геологии и охраны недр. В период с 2005 по 2009 гг. работал в лаборатории геологического моделирования и прогноза ЕНИ.

**НАУМОВ** Владимир Александрович (род. 19.07.1962). Доктор геолого-минералогических наук (2011). Окончил геологический факультет ПГУ по специальности инженер-геолог и очную аспирантуру на кафедре минералогии и петрографии. В ЕНИ работает с 1988 года. Начиная научным сотрудником в лаборатории комплексных исследований водохранилищ. В 1989 году перешел в лабораторию геологии техногенных процессов. В 2002 году организует лабораторию геологии осадочных и техногенных месторождений и возглавляет ее. В 2006 году по его инициативе был организован отдел геологии и

В.А. Наумов назначается заведующим отделом. С 27 марта 2007 года по настоящее время – директор Естественнонаучного института.

**НАУМОВА** Оксана Борисовна (род. 06.01.1962). Доктор геолого-минералогических наук (2002). В 1984 году окончила геологический факультет Пермского университета. С 1984 года работает на кафедре поисков и разведки полезных ископаемых, с 2006 года является ее заведующей, с 1994 года совмещает работу в Естественнонаучном институте.

**ОБНОРСКИЙ** Сергей Петрович (26.06.1888-13.11.1962). В 1917 году после открытия Пермского университета работал на кафедре славянской филологии историко-филологического факультета в должности профессора. С января 1919 по июль 1919 года – декан историко-филологического факультета Пермского университета. В марте 1920 года – выполнял обязанности ректора ПГУ, руководил реэвакуацией ПГУ из Томского университета. С декабря 1920 по сентябрь 1921 года – декан факультета общественных наук (ФОНа) Пермского университета. В 1921 году .и.о. зав библиотекой Биологического НИИ. Академик АН СССР (1939).

**ОБОРИН** Антон Иванович (02.11.1903-18.05.1977). Доктор биологических наук (1963). В 1927 году окончил Пермский университет. В 1927-1930 годах принимал участие в Троицкой и Курганской экспедициях, которые проводили почвенно-геоботаническое обследование Зауральского региона. В 1933 году окончил заочную аспирантуру и защитил кандидатскую диссертацию по проблеме химической мелиорации солонцов. С 1933 года доцент, а затем профессор (1965) биологического факультета, заведующий кафедрой почвоведения, декан геологического, геолого-географического, биологического факультетов. Большую часть экспериментальных научных работ проводил на базе Троицкого заповедника. Директор ЕНИ (1950-1957). Внес заметный вклад в развитие советского мелиоративного почвоведения.

**ОВЕСНОВ** Александр Михайлович (21.02.1913-15.12.1972). Доктор биологических наук (1965). В 1931 г. поступил в Пермский университет. В 1936 г. – ассистент кафедры морфологии и систематики растений. С 1945 по 1964 год работал старшим научным сотрудником и заведующим лабораторией ботаники ЕНИ. С 1964 доцент и профессор (1966) кафедры морфологии и систематики растений. Занимался вопросами луговедения.

**ОРЛОВ** Юрий Александрович (31.05.1893-02.10.1966). В 1917 году окончил Петроградский университет по отделению естественных наук. С 1916 по 1924 год он преподавал на медицинском факультете Пермского университета, являлся одним из первых сотрудников Пермского университета и преподавателей кафедры гистологии. С 1922 по 1924 годы являлся научным сотрудником секции гистологии Биологического НИИ. Академик АН СССР (1960).

**ОСОВЕЦКИЙ** Борис Михайлович (род. 05.01.1939). Доктор геолого-минералогических наук (1985), профессор. Окончил геологический факультет ПГУ по специальности «инженер-геолог-разведчик». Декан геологического факультета (1984–1987), проректор по научной работе (1987–1997) Пермского

университета. Первый период работы в ЕНИ – заместитель директора по научной работе в 1993-1994 годах. Второй период начинается с 2002 года (главный научный сотрудник лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений). В 2007 году организовал лабораторию минералого-петрографических исследований и возглавил ее (по настоящее время).

**ПЕЧЕРКИН** Игорь Александрович (19.04.1928-12.12.1991). Доктор геолого-минералогических наук (1968), профессор. В 1950 году окончил геолого-географический факультет Пермского университета. С 1953 года работал на кафедре динамической геологии и гидрогеологии Пермского университета. Декан геологического факультета (1969-1970), проректор по научной работе ПГУ (1970-1983), председатель Комиссии по карсту и спелеологии АН СССР (1970-1991), организатор и заведующий кафедрой инженерной геологии ПГУ (1977-1991), директор Всесоюзного института карстоведения и спелеологии, член Международной ассоциации по инженерной геологии (1978-1991). Являлся одним из организаторов и научных руководителей лаборатории комплексных исследований водохранилищ ЕНИ. Основатель научной школы инженерного карстоведения.

**ПОНОМАРЕВ** Анатолий Николаевич (22.12.1906-17.02.1978). Доктор биологических наук (1960). В 1929 г. окончил естественное отделение педагогического факультета Пермского университета. С 1936 г. и до конца жизни работал в Пермском университете. С 1957 по 1978 г. – заведующий кафедрой морфологии и систематики растений. 30 лет жизни отдал Троицкому заповеднику. Именно здесь были выполнены его, ставшие классическими, исследования по экологии цветения и опыления растений. Ученый чрезвычайно большой эрудиции, широкого научного кругозора, он во многом способствовал становлению заповедника, как научного учреждения. Создал целую школу со своим особым направлением в ботанической науке.

**ПРОКОПЬЕВ** Михаил Николаевич (21.11.1926-19.06.1997). Доктор сельскохозяйственных наук (1984). Окончил факультет лесного хозяйства и аспирантуру при кафедре лесоводства Ленинградской лесотехнической академии. В ЕНИ работал с 1969 года старшим научным сотрудником в лаборатории ботаники, где организовал группу лесоведения, в последствии - лабораторию лесоведения. С 1973 по 1993 - заведующий лабораторией и заместитель директора по научной работе (1985-1988). С 1993 по 1997 годы - главный научный сотрудник лаборатории лесоведения и рекультивации. Член-корр. международной академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности. Заслуженный лесовод РСФСР.

**РОГОЗИН** Михаил Владимирович (род. 22.10. 1950). Доктор биологических наук (2013). Окончил лесохозяйственный факультет Уральского лесотехнического института (Свердловск) по специальности инженер лесного хозяйства. Работает в ЕНИ с 1976 года в лаборатории лесоведения (экологии леса). Младший, а затем старший научный сотрудник, с 2001 года – заведующий.

**САБИНИН** Дмитрий Анатольевич (30.11.1889-22.04.1951). В 1913 году окончил Петербургский университет. В 1918 году приглашен в Пермский университет старшим ассистентом на кафедру физиологии растений. Участвовал в создании физиологической лаборатории, в работе Камской биологической станции и Биологического научно-исследовательского института при Пермском университете. В 1923 году получил звание профессора и через год был назначен заведующим кафедрой физиологии растений.

**СТОЙЧЕВ** Степан Антонович (17.05.1891-1938). Доктор филологических наук (1932). С 1912 по 1916 годы – учёба на историко-филологическом факультете Московского государственного университета. В мае 1927 года избран ректором Пермского университета. В 1930-1931 годах Совнарком РСФСР принял решения об организации на базе факультетов ПГУ самостоятельных институтов. 17 мая 1930 окружком ВКП(б) вынес решение организовать ликвидационную комиссию. 22 мая 1939 ликвидационная комиссия под председательством ректора университета А.С. Стойчева решала вопросы о передаче помещений, оборудования и библиотеки вновь создаваемым институтам. До самого отъезда из Перми С.А.Стойчев одновременно руководил ещё Пермским педагогическим институтом и Биологическим НИИ при ПГУ. Именно С.А.Стойчев, руководивший ликвидацией Пермского университета, принял меры и к его восстановлению.

**СОЙФЕР** Геннадий Борисович (род. 06.10.1932). Доктор физико-математических наук (1998). В 1955 году окончил с отличием физико-математический факультет Пермского университета. В 1959 г. в Естественнонаучном институте была создана лаборатория радиоспектроскопического профиля. Непосредственное участие в создании лаборатории принимал сотрудник кафедры общей физики ПГУ Г.Б. Сойфер, который был заведующим этим подразделением ЕНИ с 1959 до 1973 годы. С 1973 по 1996 годы был старшим и ведущим научным сотрудником лаборатории радиоспектроскопии ЕНИ.

**СЮЗЕВ** Павел Васильевич (30.10.1867-12.06.1928). С 1917 г. работал в Пермском университете младшим ассистентом на кафедре зоологии беспозвоночных, позже – младшим ассистентом и преподавателем кафедры ботаники. После эвакуации университета в Томск во время Гражданской войны, преподавал с 1919 года в Томском университете, одновременно являясь старшим ассистентом Института исследования Сибири. Возвратившись в Пермь в 1921 году, продолжил работу в Пермском университете (доцент с 1922 года, профессор с 1924 года). Был помощником ректора по хозяйственной части до апреля 1922 года. С 1922 года являлся научным сотрудником секции ботаники Биологического НИИ. В 1925 году вышел на пенсию.

**ТАРУНИН** Евгений Леонидович (род. 27.03.1937). Доктор физико-математических наук (1983). В 1960 г. окончил Пермский университет по специальности "Физика". В 1969 г. – старший научный сотрудник лаборатории гидродинамики ЕНИ, а в 1970 г. – старший преподаватель кафедры теории

функций ПГУ. В 1984-1999 – зав. кафедрой прикладной математики ПГУ, с 1999 г. – профессор кафедры прикладной математики и информатики.

**ТАУСОН** Анастасия Оттовна (06.10.1889-04.11.1953). Доктор биологических наук (1935). В 1918 г. была приглашена работать в Пермский университет ассистентом кафедры зоологии беспозвоночных животных. В 1922 г. была избрана научным сотрудником Биологического НИИ. В 1925 г. стала доцентом кафедры зоологии беспозвоночных. Была заведующий кафедрой гидробиологии, проректор по научной работе (1935–1938) ПГУ. Основатель уральской школы гидробиологии. Первая женщина-профессор Пермского университета, одна из первых женщин – докторов наук СССР.

**ТЕСТОВ** Борис Викторович (28.11.1938). Доктор биологических наук (1993). Окончил физико-математический факультет Коми государственного педагогического университета и аспирантуру по специальности радиобиология при Коми филиале АН СССР. В ЕНИ – с 1991 года. Старший научный сотрудник лаборатории радиобиологии – заведующий отделом биологии (затем отдел радиэкологии). С 1997 года по 2012 годы работал на кафедре экологии и безопасности жизнедеятельности биологического факультета ПГУ, совмещая с заведованием отделом и лабораторией. Участник ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС.

**ФЕДОТОВ** Дмитрий Михайлович (30.10.1888-25.09.1972). В 1910 году окончил естественный разряд физико-математический факультет Петербургского университета. В 1916 году ему предложено занять должность заведующего кафедрой зоологии и сравнительной анатомии физико-математического факультета – первой биологической кафедры Пермского университета. В 1918 году при Обществе Естествоиспытателей была создана пресноводная Биологическая станция. В создании Биостанции и лаборатории ихтиологии и гидробиологии ведущую роль сыграл талантливый ученый и организатор, зав. кафедрой зоологии позвоночных и сравнительной анатомии ПГУ Д.М. Федотов, который и стал первым директором Биостанции. После организации Биологического НИИ он с группой профессоров был введен в штат института в качестве научного руководителя секции зоологии и лаборатории ихтиологии и гидробиологии. В 1920-1921 году - декан физико-математического факультета ПГУ. С 30 июня 1921 года по 1 августа 1921 года Д.М. Федотов выполняет обязанности ректора ПГУ. Основатель музея зоологии и беспозвоночных ПГУ.

**ХАЛДЕЕВ** Геннадий Владимирович (13.07.1943-17.07.1998). Доктор химических наук (1986). В 1966 г. окончил химический факультет Пермского госуниверситета, остался на кафедре физической химии, с 1986 по 1998 был ее заведующим. Совмещал работу в лаборатории электрохимии и коррозии ЕНИ с 1986 года был ее научным руководителем.

**УСТЬ-КАЧКИНЦЕВ** Виктор Федорович (24.01.1905-29.01.1976). С 1924 по 1929 годы – учёба на химико-фармацевтическом отделении медицинского факультета Пермского университета. С 1928 года (ещё до окончания университета) работал в Биологическом институте при ПГУ в качестве

гидрохимика. С 1938 по 1948 годы – декан химического факультета ПГУ. С 1948 по 1950 годы – директор ЕНИ при ПГУ. С 1950 по 1956 годы – проректор по научной работе ПГУ. С августа 1951 по 1975 годы руководил кафедрой физической химии.

**ХАРИТОНОВ** Дмитрий Евстратьевич (09.02.1896-09.08.1970). В 1916 г. поступил на естественное отделение физико-математического факультета Пермского университета и остался до конца жизни верен науке и университету. С 1929 по 1932 годы работал заведующим, затем директором Камской биологической станции. С 1935 по 1938 – проректор по научно-учебной работе Пермского университета. Директор института в 1939-1941; 1945-1948 годах. С 1945 по 1956 – зав. кафедрой зоологии беспозвоночных (до выхода на пенсию) Ученый-зоолог, признанный знаток русской фауны пауков, изучению которой посвятил более 50 лет своей жизни. Внес неоценимый вклад в отечественную арахнологию и получил широкую известность в нашей стране и за рубежом.

**ШАПОШНИКОВ** Иван Григорьевич (25.07.1911-13.10.2000). Доктор физико-математических наук (1999). В 1934 году окончил Дальневосточный университет во Владивостоке. В 1948 г. начал работать в Пермском университете. В 1949 году им была создана кафедра теоретической физики, которой он заведовал до 1989 г. Был последним деканом физико-математического факультета (1956-1960), создателем и первым деканом физического факультета (1960-1961). В 1959 году по инициативе И.Г. Шапошникова была создана научно-исследовательская лаборатория радиоспектроскопии, долгие годы в которой был ее научным руководителем.

**ШАРЫГИН** Михаил Дмитриевич (род. 08.11.1938). Доктор географических наук (1980). В 1964 году окончил естественно-географический факультет Кировского педагогического института, на отделение географии и биологии. В 1971 году М.Д. Шарыгин был избран заведующим кафедрой экономической географии (сейчас социально-экономической географии) Пермского университета и остается ее руководителем до настоящего времени. В 1970 году при кафедре экономической географии была создана лаборатория «Регион». Заведующим лабораторией стал М.Д. Шарыгин. В 80-е годы лаборатория «Регион» вошла в состав ЕНИ. С 1998 по 2012 годы совмещая работу на кафедре являлся ведущим научным сотрудником и научным руководителем лаборатории «Регион».

**ШЕИН** Анатолий Борисович (род. 14.05.1956). Доктор химических наук (1996). Окончил химический факультет ПГУ. В ЕНИ работает в лаборатории электрохимии и коррозии с 1979 по 2013 годы (младший научный сотрудник – старший научный сотрудник – заведующий лабораторией), совмещая с 1996 г. с работой на кафедре физической химии и декана химического факультета (2003-2013).

**ШМИДТ** Виктор Карлович (02.04.1865-07.05.1932). Окончил гимназию в Юрьеве и медицинский факультет Императорского Юрьевского университета (1890). В 1916 года командирован в Пермский университет для чтения лекций и ведения практических занятий по анатомии. В 1916 по 1923 годам – создатель и

руководитель кафедры нормальной анатомии и эмбриологии Пермского университета. 28 ноября 1921 года при непосредственном участии В.К.Шмидта при Пермском университете был создан Биологический научно-исследовательский институт. С 1923 по 1924 годы – ректор Пермского университета. В 1923 году В.К.Шмидт стал директором Биологического научно-исследовательского института (оставаясь ещё ректором ПГУ). При его руководстве Биологический институт устанавливает широкие научные связи с научными обществами России, старейшими научными организациями Западной Европы, Северной и Южной Америки.

**ЩЕПИНА** Надежда Евгеньевна (род. 31.07.1950). Доктор химических наук (2014). В 1972 году окончила химический факультет ПГУ и по распределению, как молодой специалист, была направлена в ЕНИ в лабораторию радиохимии младшим научным сотрудником. С 1981 года – старший научный сотрудник. С 2002 года и по настоящее время – заведующая лабораторией радиохимии.

Надеемся, что этот перечень докторов наук, работавших в Институте, будет пополняться новыми именами. Свидетельством тому служит факт, что за последние пять лет в Институте защищено четыре докторских диссертации. Сегодня ряд научных сотрудников Института готовят докторские диссертации. Ряд тем уже утвержден на Ученом совете Естественнонаучного института. Надеемся, что к 100-летию со дня образования первого на Урале научного Института естественнонаучного профиля список докторов наук, прошедших школу ЕНИ существенно пополнится.

### ***Библиографический список***

- 1. Естественнонаучный институт Пермского университета: история и современность / под. общ. ред. Е.Л. Пидэмского. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 158 с.*
- 2. Профессора Пермского государственного университета. Изд-во Перм. ун-та. Пермь, 2001. 280 с.*
- 3. Профессора Пермского государственного университета. 1916-2016. Гл. ред. В.И. Костицын. Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2016. 336 с.*

## ЛАБОРАТОРИЯ ОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛУПРОВОДНИКОВ: ИССЛЕДОВАНИЯ СКВОЗЬ ПРИЗМУ ВРЕМЕНИ

*Представлены основные направления исследований, выполненных и выполняемых в лаборатории органических полупроводников с момента ее основания*

*Ключевые слова: проводящие соли тиурония и селеноурония, тетрацианохинодиметан, комплексы с переносом заряда, ион-радикальные соли, стопки, тетратиафульвален, гетероцикл, органические сопряженные соединения*

G.G. Abashev<sup>1,2</sup>, E.V. Shklyueva<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Natural Sciences Institute, Perm State University

<sup>2</sup>Institute of Technical Chemistry Russian Academy of Science Ural Branch, Perm

## LABORATORY OF ORGANIC SEMICONDUCTORS: RESEARCH TRENDS THROUGH THE PRISM OF TIME

*Here are presented the main directions of research which have been carried out previously and which are being performed nowadays in the Laboratory of Organic Semiconductors of the Natural Sciences Institute of Perm State University*

*Keywords: conducting thiouronium and selenourinium salts, tetracyanoquinodimethane, charge-transfer complexes, ion-radical salts, stacks, tetrathiafulvalene, heterocycles, organic conjugated compounds*

### ***I. Получение и исследование солей тиурония и селеноурония***

В 1966 году в Черноголовке под руководством проф. И.Ф. Щеголева была создана исследовательская группа, объединившая физиков, химиков и кристаллографов, задачей, которой стало создание органических сверхпроводников. Толчком к этому явились работы американского физика В. Литтла (W.A. Little), который в 1964 г. сформулировал идею о возможности существования высокотемпературной сверхпроводимости в системах с пониженной размерностью [1]. Одним из веществ-кандидатов для этого могло бы быть, с точки зрения В. Литтла, органическое соединение, состоящее из длинных или плоских фрагментов, упорядоченных определённым образом. В модели Литтла такая макромолекула представляла собой проводящую линейную полиеновую цепь, содержащую легко поляризуемые заместители. Предполагалось, что электронные колебания в таких фрагментах будут



вызывать эффективное притяжение между электронами, что должно привести к проявлению эффекта сверхпроводимости при некоторой критической температуре. Хотя аргументы, выдвинутые Литтлом, не были очень строгими и доказательными, эти работы привлекли огромное внимание. В 1972 г. И.Ф. Щеголевым был опубликован обзор, касающийся электрических и магнитных свойств сопряженных систем [2]. Проблемы проводящей органики в СССР, кроме Института химической физики в Черноголовке, занимались в таких ведущих научных учреждениях как Научно-исследовательский институт физических проблем им. Ф.В. Лукина (Зеленоград), Физико-технический институт им. Иоффе (Ленинград), Харьковский государственный университет, Физико-химический институт (ФХИ) им. Л.Я. Карпова, в институте элементоорганических соединений им. А.Н. Несмеянова, в институте нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева, в Латвийском институте органического синтеза и в ряде других академических учреждений.

Лаборатория органических полупроводников (ОПП) Естественнонаучного института при Пермском государственном университете была организована в 1974 г. спустя десять лет после появления публикации В. Литтла. Инициаторами ее создания стали физик-теоретик д.ф.-м.н. профессор И.Г. Шапошников и химик-органик д.х.н. профессор И.И. Лапкин. Первым научным руководителем лаборатории стал И.Г. Шапошников, а ее первым заведующим - В.И. Лунегов, остававшийся им вплоть до 1988 г. Первыми штатными сотрудниками ОПП, кроме В.И. Лунегова, были Л. Юнников и Г.Г. Абашев. Практически сразу после создания с лабораторией стал активно сотрудничать М.А. Марценюк, который, по сути дела, исполнял обязанности ее научного руководителя. Вскоре сотрудником лаборатории становится к.х.н. В.С. Русских. В разные годы в лаборатории работали И.М. Батяев, К.В. Вяткин, И.Г. Гуляев, Е. Гуляева, В.М. Жарков, М. Котельников, Н.М. Марценюк, О. Миков, В.С. Павлов, Т.В. Потапова, С.Н. Попов, К.А. Просвирнин, Ю. Пшенников, С.Г. Федосин, Е.В. Шкляева, Л.А. Юнников.

Первоначально работы лаборатории носили закрытый характер, как и многие другие исследования, выполняемые в этой области по всей стране, да и не только в нашей стране. Основное направление работ состояло в разработке методов синтеза и последующих исследованиях комплексов с переносом заряда и ион-радикальных солей тетрацианохинодиметана (TCNQ) и его алкильных производных (метил, изо-пропил, бутил) с различными тиурониевыми и селеноурониевыми катионами, а также с различными двухзарядными асимметричными катионами. Сотрудники лаборатории принимали активное участие во всех межвузовских научных семинарах по органическим полупроводникам, публиковались в межвузовских сборниках научных трудов «Органические полупроводниковые материалы». Описание кристаллических структур некоторых из полученных соединений было опубликовано в таких ведущих журналах как *Acta Crystallographica*, *Material Sciences*, *Physica Status Solidi*, *Физика твердого тела* [3-6]. Одним из результатов этой работы стало

создание ЭПР-спектрометрического анализатора кислорода «ОППАК-8101» на основе солей TCNQ – совместная разработка лаборатории радиоспектроскопии и ОКБ «Маяк» (разработчики Г.Г. Абашев, И.М. Батяев, М.К. Запольнов, К.А. Просвирнин М.А. Марценюк, 1980) [7]. Кроме того, на основе солей TCNQ был создан тензодатчик для измерения внутрисполостного давления, внедренный в использование медсанчастью № 9 г. Перми (разработчики - Г.Г. Абашев, В.С. Русских, В.И. Лунегов, В.С. Павлов, В. Дворянский, В.Н. Репин, 1980) (рис. 1) (Костылев, Лунегов, Русских, Абашев, Дворянских) [8-9]. Пример структуры одного из синтезированных в этот период работ соединений – соли бис(7,7',8,8'-тетрацианохинодимеридина) N-(β-иодэтил) пиридиния (1) показан на Рис. 2. Кристаллическая структура этой соли образована, главным образом, за счет фиксирующего взаимодействия атомов йода, обладающих легко поляризуемой электронной оболочкой, с электроноакцепторной цианогруппой (-I---CN) [10]. Одним из важных достижений этого периода работы явилась разработка методов синтеза замещенных TCNQ, пример синтеза одного из монозамещенных тетрацианохинодимериданов показан на схеме 1 [11].

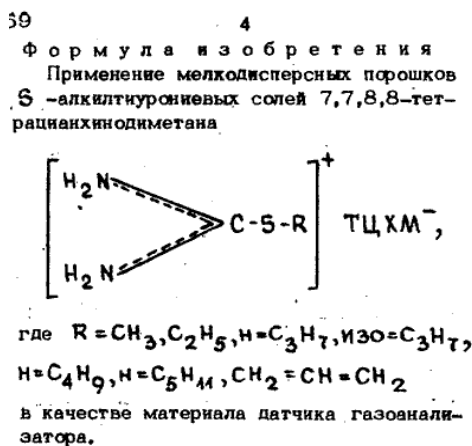


Рис. 1. Формула изобретения – материал датчика-газоанализатора (заявка 27.11.1978, патент 802859)

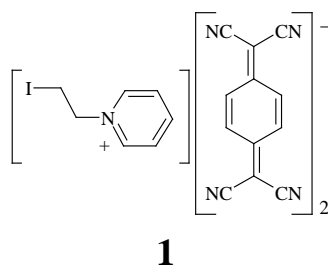


Рис. 2. Проекция кристаллической структуры соли бис(7,7',8,8'-тетрацианохинодимеридина) N-(β-иодэтил)пиридиния (1) на плоскость ac

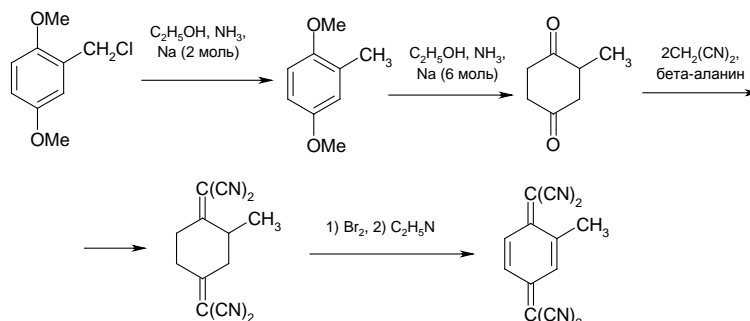


Схема 1. Схема получения 2-метил-7,7',8,8'-тетрацианохинодимеридана

## II. Синтез и исследование ион-радикальных солей и комплексов с переносом заряда на основе замещенных тетрацианофульваленов

Постепенно накопившийся опыт и анализ мировых достижений в этой области показал необходимость изменения объектов изучения, основным направлением которого становится синтез и исследование замещенных серасодержащих гетероциклических соединений - тетратиафульваленов (ТТФ) и солей с простыми и комплексными анионами, а также комплексов с переносом заряда. Изыскания в области этих гетероциклических соединений начали активно развиваться, начиная с 1970, когда проф. Вудлом (F. Wudl) был синтезирован и описан незамещенный ТТФ **2** (рис. 3) [12]. Стоит отметить, что впервые тетратиафульваленовая структура (дибензотетратиафульвален, DB-ТТФ) была получена еще в 1926 г [13]. В 1969 г. была опубликована работа «Двухступенчатые обратимые редокс-системы с устойчивыми катион-радикалами [14]», в которой были описаны среди прочих гетероциклических систем свойства DB-ТТФ, определены его первый и второй потенциалы окисления, а также исследованы спектры поглощения. Исходный нейтральный ТТФ - неароматическая система, содержащая 14  $\pi$ -электронов (рис. 3). Его окисление протекает последовательно и обратимо при низких потенциалах с первоначальным образованием катион-радикала, а затем – дикатиона ( $E_{1/2}^1 = 0.34$ ,  $E_{1/2}^2 = 0.78$  В; RE - Ag/AgCl; р-ль - ацетонитрил).

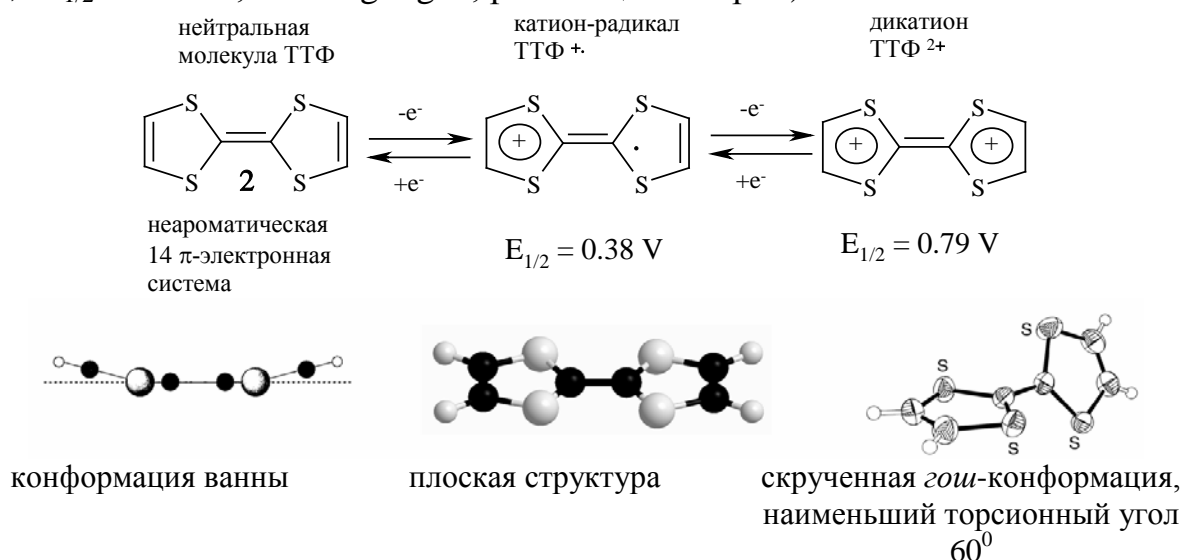


Рис. 3. Схема электрохимического окисления молекулы тетратиафульвалена и строение ТТФ, образующихся при окислении катион-радикала и дикатиона

В противоположность нейтральному тетратиафульвалену его катион-радикал и дикатион являются ароматическими структурами. Выигрыш энергии, появляющийся как результат возникновения таких ароматических систем, объясняют легкость окисления тетратиафульвалена, его способность отдавать электроны, то есть хорошие донорные свойства.

Молекула нейтрального ТТФ - гибкая структура, которая может принимать форму ванны (рис. 3) [15]. Катион-радикал обладает практически плоской структурой. Дикатион вновь демонстрирует гибкость и может находиться в скрученной, твист, конформации (торсионный угол – около  $60^\circ$ ), но

может принимать и плоскую форму из-за невалентных взаимодействий в упаковке [16]. Основными мотивами, определяющими стратегию синтеза новых ТТФ, являются введение в их состав различных заместителей и гетероатомов, увеличивающих межцепочечные и внутрицепочечные взаимодействия в полученных на их основе катион-радикальных солях и комплексах с переносом заряда, а значит и размерность системы, размеры (объем молекулы), длину системы сопряжения, легкость образования катион-радикалов, возможность создания проводящих слоев и введение макроциклов для создания, например, электроактивных комплексов типа «гость-хозяин». Варьируя заместители можно влиять на упаковку молекул в кристалле. Для синтеза симметричных и несимметричных ТТФ структур были использованы разные синтетические подходы, которые можно условно объединить в две большие группы: сочетание / кросс-сочетание 1,3-дителиол-2-халькогенонов и 1,3-дителиолиевых солей разного строения. В процессе работы разработаны методы синтеза разнообразно замещенных исходных соединений - замещенных 1,3-дителиол-2-тионов (-онов, -селенонов), а также 1,3-дителиолевых солей - важнейших синтонов, используемых в этой области органического синтеза. Эти методы позволяют внедрять в структуру будущего тетратиафульвалена разнообразные функциональные группы (гидрокси-, алкокси-, алкилкарбоксо-, карбоксо-, амино-, карбонил-, нитрило-, гидразино-, оксим-) и заместители (алкил-, арил-, гетерил). Нами впервые синтезированы ТТФ, конденсированные с 7-членным циклом, содержащим в своем составе атомы S, O и карбонильную группу, исследована их кристаллическая структура [17-24]. Получены и исследованы соли замещенных ТТФ с такими сложными анионами как тетранитробифенилдиолаты (TNBP<sup>2-</sup>), пикраты (Pic<sup>-</sup>) и стифнаты (TNR<sup>2-</sup>) (рис. 4), изучена их кристаллическая структура (рис. 5-7) и показан полупроводниковый характер этих солей. Эти работы были выполнены совместно с коллегами из Японии - К. Nishimura, G. Saito (Division of Chemistry, Graduate School of Science, Kyoto University), из Испании – E. Candell (Institut de Ciencia de Materials de Barcelona) и из России – О.Н. Кажевой, О.А. Дьяченко, Г.В. Шиловым, В.В. Гриценко (Институт проблем химической физики РАН, г. Черноголовка).

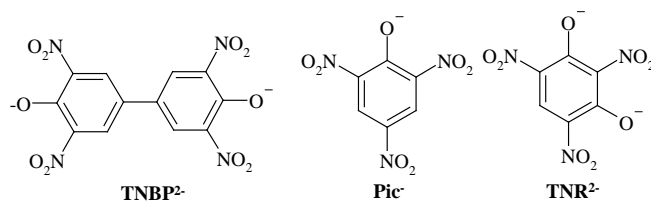


Рис. 6 Структура анионов тетранитробифенилдитиолата (TNBP<sup>2-</sup>), пикрата (Pic<sup>-</sup>), стифната (TNR<sup>2-</sup>) [25]

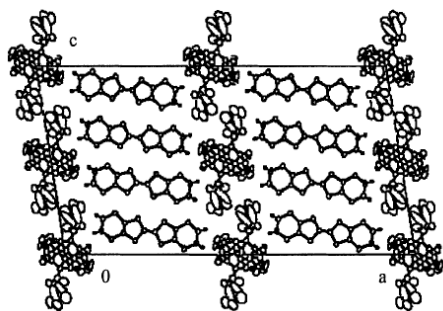


Рис. 7. Проекция на ось  $b$  кристаллической структуры соли  $(ET_2)(Pic)(THF)$ , проводимость носит полупроводниковый характер:  $\sigma_{RT} = 0.3 \text{ Scm}^{-1}$  ( $E_a=57\text{meV}$ ),  $\sigma_{RT} = 0.1 \text{ Scm}^{-1}$  ( $E_a=93 \text{ meV}$ ) [25]

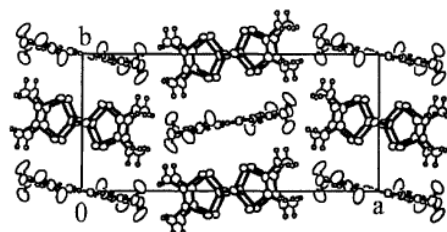


Рис. 8. Проекция на ось  $c$  соли тетраметилтетраселенафульвалена  $(TMTSF)_2(TNBP)$ , проводимость носит полупроводниковый характер:  $\sigma_{RT} = 3 \cdot 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$  ( $E_a=170 \text{ meV}$ ) [25]

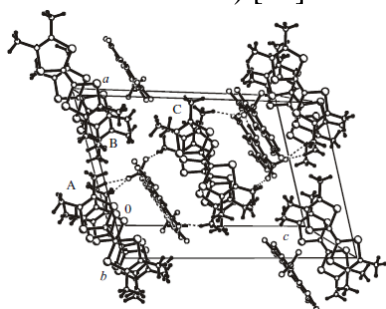
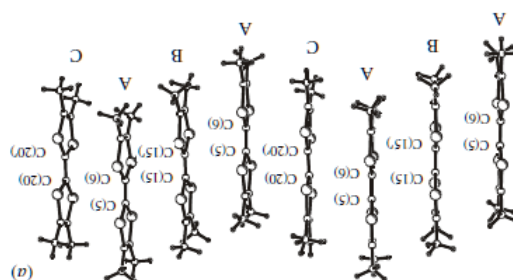


Рис. 9. Кристаллическая структура соли  $(TMTTF)_2(C_6H_2N_3O_8)$  и ее кристаллическая упаковка, проводимость  $-\sigma_{300} = 2.1 \cdot 10^{-3} \text{ Scm}^{-1}$  [26-27.]



Синтезированы и исследованы тетратифульвалены, включающие в свой состав разной степени фторированные заместители, изучена их кристаллическая структура и характер проводимости [28-30]. Пример одного из синтезированных соединений показан на рис. 4

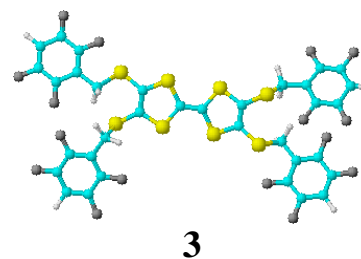
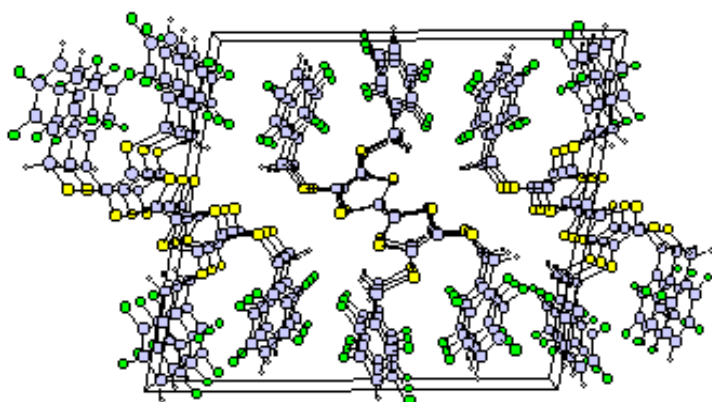


Рис. 10. Кристаллическая упаковка 2,3,5,6-тетрафторбензилТТФ (3) и его структура [29]

### III. Синтез и исследование органических сопряженных мономеров, олигомеров и полимеров

Исследование и синтез электро- и фотопроводящих сопряженных олигомеров и полимеров стало одной из приоритетных задач химии материалов. Начиная с конца 90-х годов во всем мире выполняются интенсивные исследования с целью создания материалов для органических

светодиодов, светящихся, например, белым светом (так как различные фрагменты цепи разного строения излучают цвета в разной области спектра и в результате дают в смеси белый цвет), для создания устройств памяти, а также для создания органических полевых транзисторов. Во всех этих случаях требуются материалы, имеющие различный комплекс как физических, оптических, так и электрофизических свойств. Для стабильно работающих устройств зачастую нужны материалы, обладающие аморфными свойствами с высокой температурой стеклования, которые не претерпевают кристаллизации в процессе работы устройства, которая приводит к потере работоспособности. Синтезированные нами олигомеры во многом обладают такими свойствами и находятся на уровне ранее синтезированных олигомеров других классов и даже превосходят их по многим параметрам.

В связи с большой актуальностью получения новых электроактивных сопряжённых олигомеров, полимеров и малых молекул для целей молекулярной электроники (материалы для светодиодов, полевых транзисторов, и др.) в лаборатории, начиная с 2007 г. выполняются работы в этой области. Развитию этого направления способствует вновь налаженное сотрудничество с физическим факультетом ПГНИУ. Совместно с к.ф.-м.н. И.В. Лунеговым (кафедра радиоэлектроники и защиты информации) выполняются инструментальные исследования полученных материалов (поверхностей пленок синтезированных полимеров, их электропроводящих и оптических свойств). Начаты работы по созданию моделей органических светоизлучающих устройств (OLED) и органических полевых транзисторов (OFET) на основе соединений, дизайн и синтез которых разработан в лаборатории. Исследования выполняются на оборудовании, приобретенном физическим факультетом на средства Федеральной программы Национальных исследовательских университетов.

В качестве исходных соединений синтезированы замещенные тиофены, этилендиокситиофены, ферроцены, флуорены, карбазолы, халконы, оксадиазолы, 2,5-ди (2-тиенил)пирролы и другие гетероциклы; на их основе получены структуры, содержащие центральное электроноакцепторное или электронодонорное ядро. Полимеризация таких фрагментов возможна либо за счет электрохимического или химического окисления по незамещенным положениям с наивысшей электронной плотностью (2С и 5С – у тиофена, этилендиокситиофена и пиррола, 3С и 6С – у карбазола, фенотиазина, флуорена). Так на схеме 2 показан один из способов получения замещенных 2,5-ди (2-тиенил)пирролов (7); на рис. 11 приведена циклическая вольтамперограмма, ярко демонстрирующая процесс его полимеризации, завершающийся образованием зеленой пленки на поверхности электрода, покрытого прозрачным слоем индий-олово оксида; на рис. 12 показана молекулярная структура пиримидина 7 [31].

Схема 2. Способ получения 4,6-ди(2-тиенил)-2-[(2,5-ди(2-тиенил)-пиррол-1-ил]пиримидина **7**

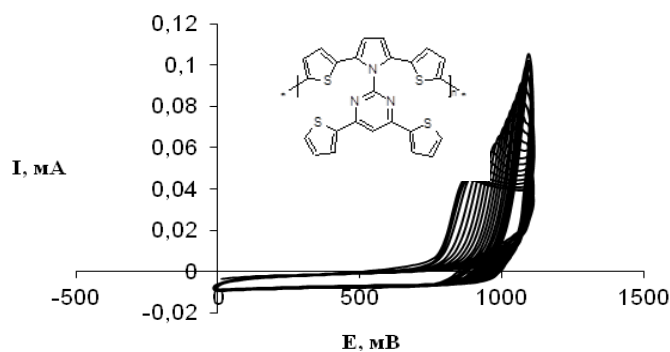


Рис. 11. Образование плёнки полимера **поли(7)**. Растворитель –  $\text{CH}_3\text{CN}$ , фоновый электролит –  $\text{Et}_4\text{NClO}_4$  ( $C = 0.1$  моль/л), **5** ( $C = 10^{-3}$  моль/л),  $V_{\text{scan}} = 100$  мВ/с, 20 циклов, рабочий электрод – ИТО.

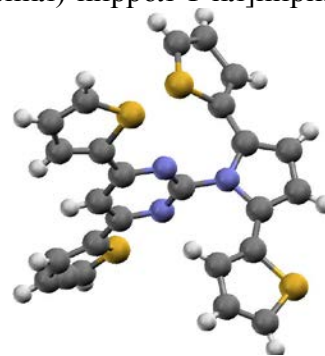


Рис. 12. Молекулярная структура пиридина **7**

Развивая направление, связанное с получением проводящих олигомерных и полимерных соединений, нами одновременно выполняются работы, в которых потенциально полимеризуемые фрагменты включаются в состав тетраиафульваленов; пример ТТФ, включающих полимеризуемы фрагменты, показан на рис. 13, а на рис. 14 отражен процесс электрохимического образования пленки этого полимера [32]

В работе [33] описан синтез близких по структуре соединений (рис.15), включающих также хорошо полимеризуемые 2,5-ди(2-тиенил) пиррольные фрагменты.

В результате электрохимического окисления была получена серия полимерных плёнок тёмно-зелёного цвета (рис. 16а), которые могут быть отделены от рабочего электрода и перенесены на другую поверхность, например, керамическую подложку (рис 16б).

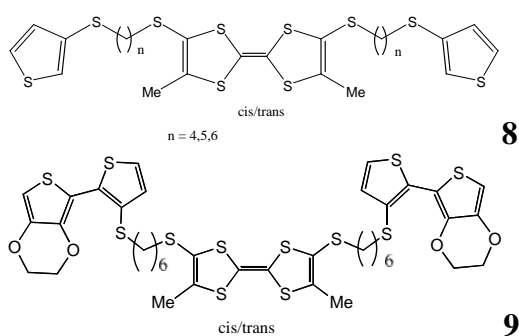


Рис. 13. ТТФ, включающие полимеризуемые фрагменты

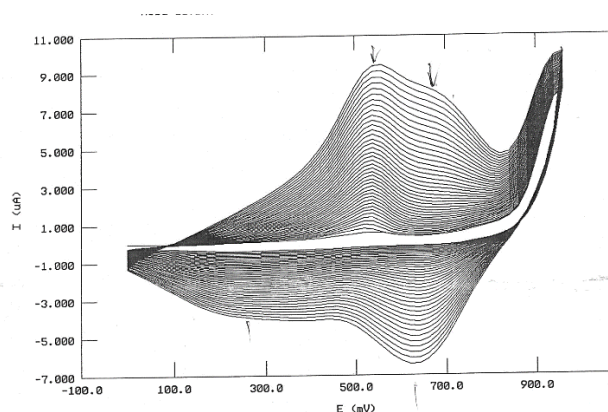


Рис. 14. Процесс электрохимического окисления соединения **9** ( $E_{\text{ox}}^1 = 0.5\text{V}$ ,  $E_{\text{ox}}^2 = 0.77\text{V}$ ,  $E_{\text{ox}}^{\text{polym}} = 0.96\text{V}$ ,  $0.1\text{ M Bu}_4\text{PF}_6$ ,  $\text{MeCN/DCM (4:1)}$ , WE-Pt, RE - Ag/AgCl, CE - Pt)



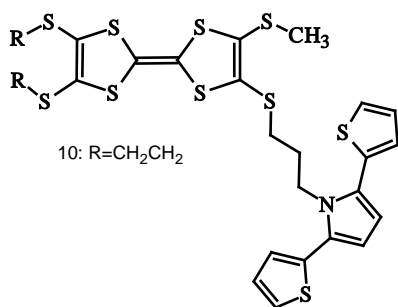


Рис. 15

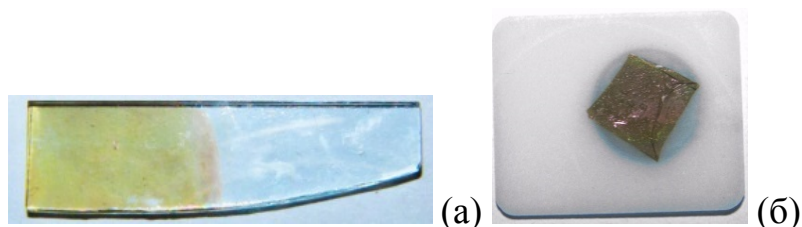


Рис. 16 (а,б) Внешний вид плёнки **поли-(10)** на поверхности ИТО (а) и керамической подложки (б).

С помощью атомно-силового и сканирующего электронного микроскопа изучены пленки полученных соединений в разной степени окисления (Рис. 17).

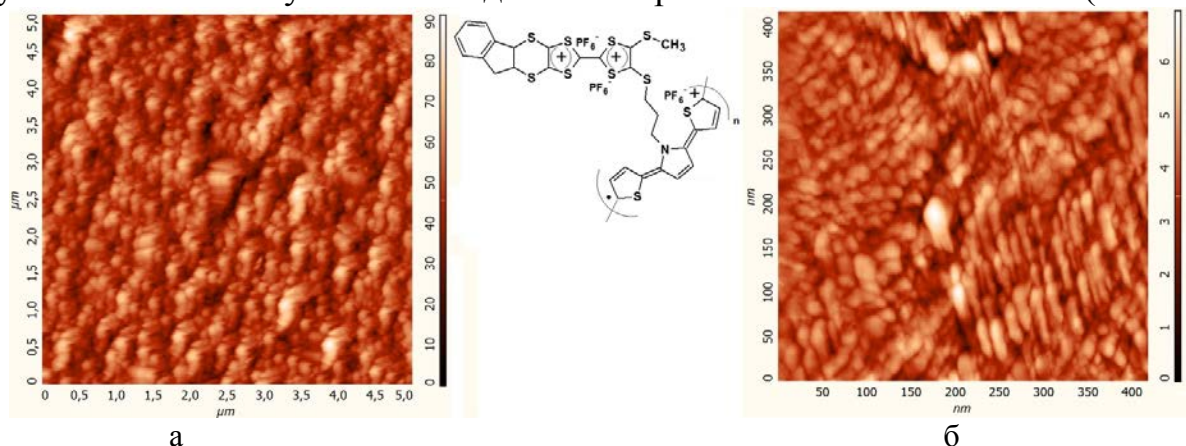


Рис. 17. АСМ изображение плёнки **поли-(11<sup>3+</sup>)** на поверхности ИТО (а), СТМ изображение плёнки **поли-(11<sup>3+</sup>)** на поверхности ИТО

В настоящее время в лаборатории уделяется большое внимание синтеза так называемых биполярных структур, то есть соединений, содержащих в своей структуре одновременно донорные и акцепторные группы. При этом структура молекулы может представлять собой электроноакцепторное ядро, окруженное электроноизбыточными гетероциклами (рис. 18) [34-36], либо она построена как чередование таких фрагментов.

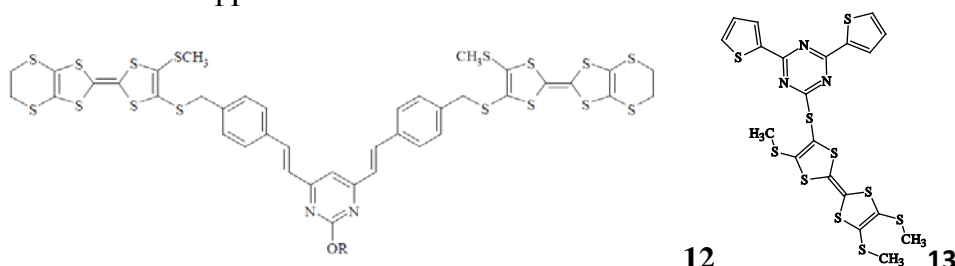


Рис.18 (а, б)

Методом Гилча получены полимеры, содержащие центральное карбазольное или пиримидиновое ядро (Рис. 19) [37]. Исследованы их оптические, электрохимические свойства, а также термическая устойчивость. Разными методами в условиях инертной атмосферы получены тонкие пленки, исследованы свойства пленок (оптические, электрохимические, проводящие), а также структура их поверхности.



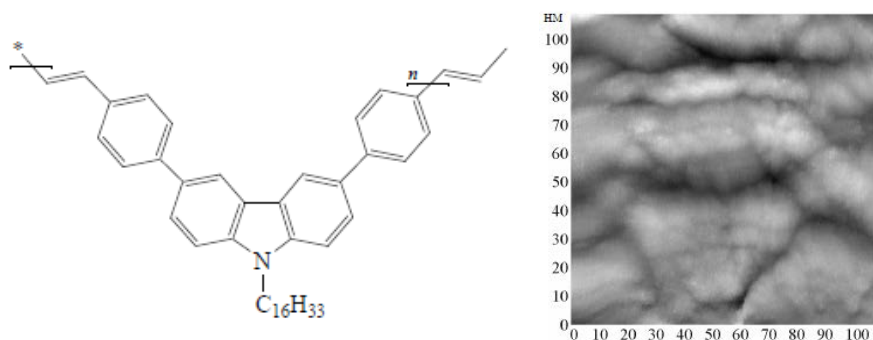


Рис. 19. Структура полимерной пленки (**поли14**), полученной методом Гилча, и двумерное изображение этой пленки, полученное на сканирующем туннельном микроскопе

В настоящее время уровень исследований, проводимых в лаборатории перешел на качественно иной уровень. Для всех синтезируемых в ходе работ соединений (исходных, промежуточных и конечных продуктов реакций) получены электронные спектры поглощения и флуоресценции, с помощью электрохимических исследований определяется донорный/акцепторный характер соединения в целом, определяется возможность их электрохимической полимеризации. На основе полученных данных вычислена энергия фронтальных орбиталей и ширины запрещенной зоны. Для некоторых соединений эти значения сравнены со значениями, полученными в результате квантово-химических расчетов, что стало возможным благодаря сотрудничеству с д.х.н. Шуровым С.Н. (кафедрой органической химии ПГНИУ) и к.х.н. Васяниным А.Н. (кафедра аналитической химии ПГНИУ). Структуры получаемых соединений подтверждаются спектрами ЯМР ( $^1\text{H}$ ,  $^{13}\text{C}$ ) (О.А. Майорова – ИТХ УрО РАН, к.х.н. И.Г. Мокрушин, А. Галеев - ПГНИУ), масс-спектрами (к.х.н. Горбунов А.А., ИТХ УрО РАН), элементным анализом (к.х.н. Е.В. Бойгачева, ИТХ УрО РАН), рентгеноструктурным анализом (к.х.н. П.А. Слепухин, к.х.н. М.В. Дмитриев). Совместно с кафедрой физической химии ПГНИУ начато изучение поведения синтезированных полимеров в растворах (к.х.н. Н.А. Медведева). Термическая устойчивость синтезированных соединений изучается методами термогравиметрии (к.х.н. И.Г. Мокрушин).

#### ***IV. Синтез и исследование органических сопряженных малых молекул, проявляющих хромофорные свойства***

Достаточно новым направлением в работе лаборатории стал синтез и исследование соединений, потенциально пригодных для использования в электрохромных устройствах, в частности в органических фотоэлектрических ячейках, которые в настоящее время рассматриваются как альтернатива традиционным кремниевым солнечным батареям привлекают все большее внимание, что связано с возможностью использования недорогих способов создания многослойных структур большой площади на гибких подложках. Известно, что наибольшей эффективности для солнечных батарей с объемным гетеропереходом удалось достичь на узкозонных полимерах. Несмотря на значительный прогресс, достигнутый в области оптимизации характеристик солнечных батарей с объемным гетеропереходом, использование полимерных

материалов в этой области пока ограничено, что связано с трудностями очистки, сложностью контроля упорядоченности структуры, с широким молекулярно-массовым распределением. Эти факторы снижают общую производительность и стабильность устройств. Альтернативой солнечным батареям на основе полимеров в настоящее время становятся солнечные батареи на основе малых молекул. С одной стороны, они обладают свойствами, характерными для полимеров: гибкостью, технологичностью, способностью формировать изделия из растворов. С другой стороны, эти малые молекулы обладают постоянной молекулярной массой, их структура строго установлена за счет того, что для этих соединений можно достичь высокой степени очистки. Для достижения высокой эффективности фотоэлектрических ячеек с объемным гетеропереходом принципиально важно разрабатывать новые типы  $\pi$ -сопряженных малых молекул с узкой шириной запрещенной зоны, что важно для эффективного поглощения солнечного света, и с высокой подвижностью носителей, транспортирующих фото- генерируемые заряды на электроды. В настоящее время много внимания уделяется синтезу и изучению органических молекул структуры D- $\pi$ -A, что связано с возможностью настройки оптических и электронных свойств этих систем с помощью варьирования входящих в их структуру электронодонорных и электроно- акцепторных фрагментов, а также с помощью введения  $\pi$ -линкеров различной природы, что, в свою очередь, позволяет расширять спектр поглощения за счет внутримолекулярного переноса заряда от донора к акцептору. Неоднократно показано, что появление в структуре полупроводника таких фрагментов, как карбазол, трифениламин и тиофен, способствует уменьшению ширины его запрещенной зоны, приводит к улучшению транспортных и фотоэлектрических свойств за счет эффективного внутримолекулярного переноса заряда.

В качестве примера этого направления исследований приводим работу [38], в которой описан синтез новых карбазол- и трифениламинсодержащих алкилиденмалонитрилов, включающих тиофеновый и битиенильный фрагменты как  $\pi$ -спейсеры (рис. 20-21). Выполнены квантово-химические расчеты энергий граничных молекулярных орбиталей методом B3LYP/6-31G(d) с учетом влияния растворителя. Для всех полученных соединений записаны электронные спектры поглощения, спектры флуоресценции, а также исследованы электрохимические свойства. На основе полученных данных определены экспериментальные значения энергий граничных орбиталей (Рис. 23). Методом центрифугирования (spin-coating) получены тонкие пленки, морфология поверхности которых исследована с помощью сканирующего туннельного микроскопа NTEGRA Prima.

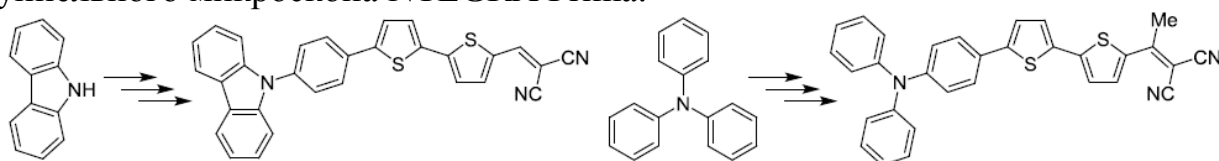


Рис. 21

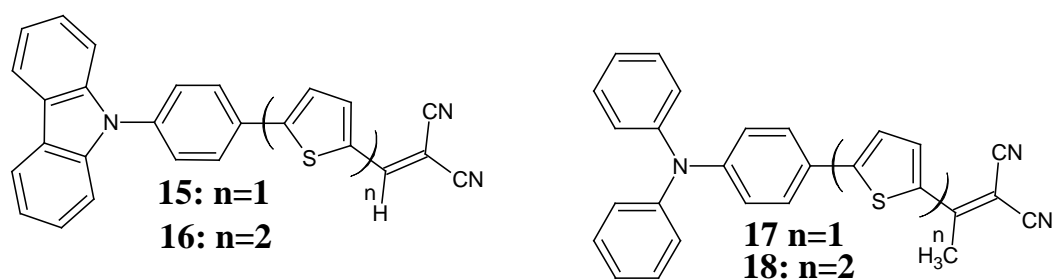


Рис. 22. Структура соединений 12-13

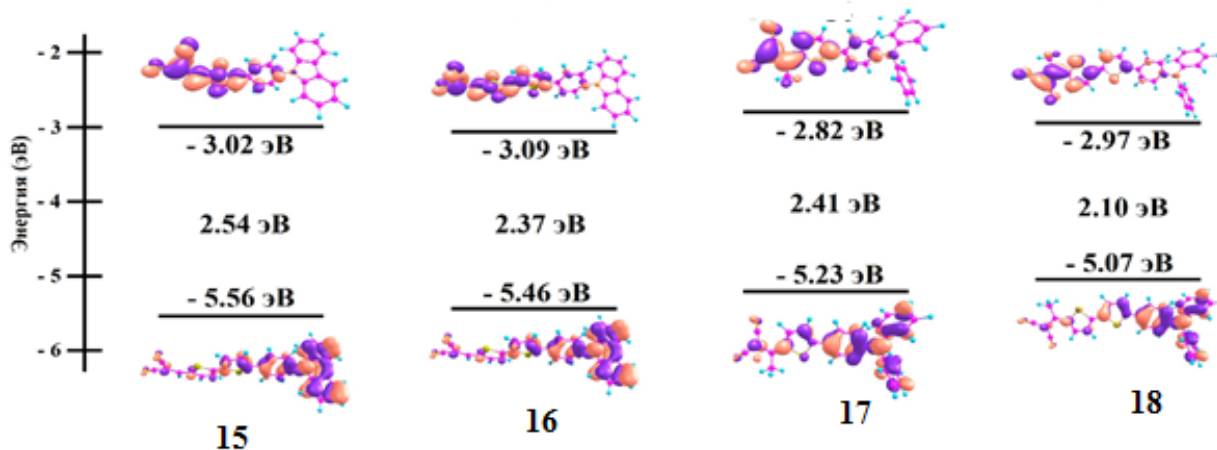


Рис. 23. Энергии уровней НОМО и LUMO соединений **15–18** и их визуализация после оптимизации в программе FireFly методом B3LYP/6-31G(d)

Выражаем огромную благодарность и признательность всем нашим коллегам из разных исследовательских групп нашей страны и других государств, замечательным аспирантам, выполнившим и выполняющим диссертационные работы под руководством проф. Г.Г. Абашева – Лебедеву К.Ю, Сюткину Р.В., Бушуевой А.Ю., Соснину Е.В., Игнатенко Е.А., Антуфьевой А.Д., Селивановой Д.Г., Бакиеву А.Н., Комиссаровой Е.А. Благодарим за преданность и увлеченность студентов химического факультета, выполнявших и выполняющих свои исследовательские курсовые и дипломные работы в лаборатории органических полупроводников ЕНИ ПГНИУ.

Благодарим за финансовую поддержку Российский фонд фундаментальных исследований (гранты 95-03-08287-а, 99-03-32872-а, 02-03-32665-а, 02-03-96419-р2002урал\_а, 04-03-96035-р2004урал\_а, 05-03-32849-а, 05-03-32849-а, 07-03-96023-р\_урал\_а, 10-03-96038-р\_урал\_а, 14-03-96003 р\_урал\_а, 14-03-00341 А), Министерство образования РФ, а также руководство ЕНИ ПГНИУ – за интерес к исследованиям и поддержку.

### **Библиографический список**

1. Little W. A. Possibility of Synthesizing an Organic Superconductor // *Phys. Rev.*, 1964. 134. P.A1416-A1424.
2. Shchegolev I. F. Electric and magnetic properties of linear conducting chains // *Phys. Stat. Sol. (a)*, 1972. 12. P.9-45.

3. Vlasova R.M., Kartenko N.F., Kuzmin F.V., Rozhdestvenskaya I.V., Semkin V. N., Usov O. A., Russkikh V. S., Abashev G. G. Structures of New Salts: S-methylthiuronium-TCNQ(I) and S-methylselenouronium-TCNQ(II) // *Acta Cryst.*, 1987. C43. P.1108-1112.
4. Semkin V.N., Priev S.Y., Vlasova R.M., Yartsev V.M., Abashev G.G., Russkikh V. S. Optical properties of a new quasi one-dimensional semiconductor (S-methylthiuronium)<sub>2</sub>\*TCNQ\*2H<sub>2</sub>O // *Mater. Sci.*, 1988. XIV(4). P.71-76.
5. Семкин В. Н., Власова Р. М., Картенко Н. Ф., Приев С.Я., Усов О.А., Ярцев В.М., Агроскин Л.С., Петров В.К., Абашев Г.Г., Русских В.С. Электронно-колебательные и электрон-электронные взаимодействия в квазиодномерном органическом полупроводнике MT<sub>2</sub>\*(TCNQ)<sub>3</sub>\*2H<sub>2</sub>O // *ФТТ*. 1989. Т. 31. С. 89-100.
6. Usov O.A., Burstein O.A., Kartenko N.F., Rozhdestvenskaya I.V., Vlasova R.M., Semkin V.N., Abashev G.G., Russkikh V.S. Structure of di(S-methyl-thiuronium)-7.7.8.8-tetracyano-p-quinodimethane)Dihydrate. (MT)<sub>2</sub>\*(TCNQ)<sub>3</sub>\*2H<sub>2</sub>O // *Acta Cryst.*, 1991.- C47. - P.1851 – 1854.
7. Орг. полупровод. матер., Пермь, 1983. Вып. 3. № 2. С. 217-229.
8. Абашев Г.Г., Лунегов В.И., Русских В. С., Попов С.Н. Датчик для измерения давления в желудочно-кишечном тракте // патент 1713149 АС СССР. № 985719.
9. Абашев Г.Г., Лунегов В.И., Павлов В.С., Русских В.С., Марценюк М.А. Полупроводниковый датчик давления // патент АС СССР. № 985719.
10. Дьяченко О.А., Гриценко В.В., Абашев Г.Г., Шкляева Е. В., Русских В.С. Кристаллическая и молекулярная структура комплексов ион-радикальных солей N-(β-иодэтил)пиридинбис(7,7',8,8'-тетрацианохинодиметан), (C<sub>7</sub>H<sub>9</sub>IN)<sup>+</sup> • (TCNQ) •• (TCNQ) // *Изв. РАН. Сер. Хим.* 1997. Вып. 9. С. 1632-1636.
11. Русских В.С., Абашев Г.Г. Замещенные 7,7',8,8'-тетрацианохинодиметаны. I. Пути синтеза замещенных 7,7',8,8'-тетрацианохинодиметанов // *ЖОРХ*. 1983. Вып. XIX. № 4. С. 837-841.
12. Wudl F., Smith G. M., Hufnagel E. J. Bis- 1,3=dithiolium Chloride: an Unusually Stable Organic Radical Cation // *J. Chem. Soc. D*, 1970. P.1453-1454.
13. Hurlley W. R. H., Smiles S. CCXCIX.-2 : 2'-Bis-1 : 3-benzdithiolene // *J. Chem. Soc.*, 1926. P.2263-2270.
14. Hunig S., Schlaf H., Kiesslick G., Schentzow D. Zweistufige Reversibile Redoxsystem mit Stabilem Radikalkation // *Tetrahedron Lett.*, 1969. 27. P.2271-2274.
15. Pou-Amérigo R., Ortí E., Merchán M., Rubio M., Viruela P. M. Electronic Transitions in Tetrathiafulvalene and Its Radical Cation: A Theoretical Contribution // *J. Phys Chem. A*, 2002. 106. P.631-640.
16. Ashton P. R., Balzani V., Becher J., Credi A., Fyfe M. C. T., Mattersteig G., Menzer S., Nielsen M. B., Raymo F. M., Stoddart J. F., Venturi M., Williams D. A Three-Pole Supramolecular Switch // *J. Am. Chem. Soc.*, 1999. 121. P.3951-3957.
17. Русских В. С., Абашев Г. Г. Синтез новых электронодонорных соединений: бис(2-тиа-1,3-пропилендитио)тетратиафульвалена и бис(2-оксо-1,3-ропилендитио)-тетратиафульвалена // *ХГС*. 1990. №4. С. 471-474.
18. Абашев Г.Г., Русских В.С., Шкляева Е.В. Реакции бис(тетраэтиламмоний)-бис(1,3-дитиол-2-тион-4,5-дитиолата)цинката с галогеналкилами и ω-галогензамещенными пиколинами // *ЖОРХ*. 1991. Вып. 27. № 10. С. 2083-2085.
19. Абашев Г. Г., Русских В. С., Шкляева Е. В. Синтез новых π-доноров класса тетратиафульвалена, содержащих карбонильную группу. Бис(4-оксо-3,5-диметил-2,6,8,10-тетратиабицикло [5.3.0]дец-1(7)ен-9-илиден) и бис(4-оксо-3,5-диметил-2,6,8,10-тетратиа-бицикло [5.3.0]дец-1(7)ен-9-илиден) // *ЖОРХ*. 1994. Вып. 30. № 4. С. 621-623.
20. Абашев Г. Г., Русских В. С., Владыкин В. И., Шкляева Е. В. Получение новых 2-гидро-1,3-дитиол-2-тионов и 2-онов – интермедиатов в синтезе тетратиафульваленов и дитиолатов металлов // *ЖОРХ*. 1995. Вып. 32. № 11. С. 1705-1710.
21. Abashev G., Nedugov A., Popov S, Shklyayeva E. New tetrathiafulvalenes thienyl and other aromatic substituents, including with fluorinated ones // *J. Phys. IV, France*, 2004. 114. P.493-495.

22. Abashev G. G., Russkikh V. S., Krol S., Shklyayeva E.V. *Tetrathiafulvalene with two Ceclododecane Rings: Synthesis of a Novel C<sub>60</sub> Complex* // *Mendeleev Commun.*, 1997. 4. P.157.
23. Abashev G. G., Russkikh V. S., Krol S., Shklyayeva E.V. *Some Novel Tetrathiafulvalenes: Alkylation of Sodium Salts of 4-sulfanyl-5-alkylcarboxymethylthio-1,3-dithiol-2-thione* // *Mendeleev Commun.*, 1997. 4. P.155-156.
24. Абашев Г. Г., Шкляева Е. В. *Синтез и свойства 1,3-дителиол-2-тионов и тетраэтиафульваленов с использованием олиго(1,3-дителиол-2,4,5-триптиона) (обзор)* // *ХГС*. 2006. № 4. С. 483-502.
25. Nishimura K., Saito G., Abashev G.G., Tenishev A.G. *Preparation of conductive charge transfer complexes containing polynitrophenolates (TNBP, picrate, trinitroresorcinolate* // *Synth. Met.*, 2001. P.911- 912.
26. Abashev G.G., Kazheva O. N., Dyachenko O.A., Gritsenko V.V., Tenishev A.G., Nishimura K., Saito G. *Synthesis and crystal structure of new organic conductors* // *Mendeleev Commun.*, 2001. P.125-126.
27. Abashev G. G., Gritsenko V. V., Kazheva O.N., Tenishev A.G., Candell E., Dyachenko O.A. *Synthesis, electronic and crystal structure of new organic semiconductor* // *Z. Kristallogr.*, 2001. 216. P.623-628.
28. Абашев Г. Г., Шкляева Е. В., Тенишев А. Г., Кореков Д. Н. *Новые фторсодержащие тетраэтиафульвалены для получения пленок Ленгмюра-Блоджетт* // *ХГС*. 2003. №6. С. 888-894.
29. Abashev G. G., Shklyayeva E. V., Tenishev A. G., Kazheva O. N., Shilov G. V., Dyachenko O. A. *New tetrathiafulvalenes with fluorine-substituted thiobenzyl moieties for LB-films construction. Crystal structure of tetrakis(2,3,5,6-tetrathiafluorinebenzylthio)tetrathiafulvalene*// *Synth. Metals*, 2003. 133-134. P.329 -331.
30. Абашев Г. Г., Шкляева Е. В., Лебедев К. Ю. *Новые фторсодержащие и функционально замещенные тетраэтиафульвалены* // в кн.: *Кислород- и серусодержащие гетероциклы; под ред. Карцева В.Г. М. : IBS PRESS, 2003. т. 1. 157 с. (англ. версия Oxygen- and sulfur-containing heterocycles. Kartsev V.G. Ed. Moscow: IBS PRESS. 2003. 1, P. 153).*
31. Bushueva A. Yu., Shklyayeva E. V., Abashev G. G. *New pyrimidines incorporating thiophene and pyrrole moieties: synthesis and electrochemical polymerization.* // *Mendeleev Commun.*, 2009. 19. P.329-331.
32. Абашев Г. Г., Шкляева Е. В, Blanchard Ph., Roncali J. *Синтез и электрохимическая полимеризация новых тиофенов, содержащих тетраэтиафульваленовые фрагменты* // *материалы XVII менделеевского съезда по общей и прикладной химии, Казань, сент. 2003, Материалы и нанотехнологии, 24.*
33. Игнатенко Е.А., Шкляева Е.В., Абашев Г.Г. *Новые тетраэтиафульвалены, содержащие 2,5-ди(2-тиенил)пиррольный фрагмент: синтез, оптические свойства и электрохимическое поведение* *ЖОрХ*. 2013. Вып. 49. № 9. С. 1394-1400.
34. Комиссарова Е. А., Лунегов И. В., Майорова О. А, Шкляева Е. В., Абашев Г.Г. *Синтез 2-алкокси-4,6-ди(2-фенилвинил) пиримидинов, содержащих терминальные ТТФ-фрагменты,* *Бутлеровские сообщения*, 2015. Т. 42. № 4. С. 55-60.
35. Игнатенко Е. А., Горбунов А.А., Шкляева Е. В., Абашев Г. Г. *Новые тетраэтиафульвалены, содержащие фрагменты карбазола и 1,3,5-триазина: синтез, электрохимические и оптические свойства* // *ХГС*. 2014. С. 752-760.
36. Ignatenko E. A., Slepukhin P. A., Shklyayeva E. V., Abashev G. G. *Synthesis and electrochemical study of 4,4',5-tris(methylthio)-5'-{2-[4,6-di(thiophene-2-yl)-1,3,5-triazin-2-yloxy]ethylthio}tetrathiafulvalene* // *Mendeleev Commun.*, 2012. 22(3). P.145-147.
37. Бакиев А. Н., Шкляева Е. В., Лунегов И. В., Мокрушин И. Г., Абашев Г. Г. *Получение и исследование поли[9-гексадецио-3-фенил-6-(4-винилфенил)-9Н-карбазола]* // *ЖОХ*. 2014. Вып. 84. № 2. С. 1117-1123.
38. Бакиев А. Н., Селиванова Д. Г., Лунегов И. В., Васянин А. Н., Майорова О.А., Горбунов А.А., Шкляева Е. В., Абашев Г.Г. *Новые тиофенсодержащие push-pull хромофоры, включающие карбазольный и трифениламиноновый фрагменты. Исследование оптических и электрохимических свойств* // *ХГС*. 2016. Вып. 52. № 6. С. 379-387.

**С.В. Боронникова<sup>1</sup>, Ю.С. Нечаева<sup>1,2</sup>, Я.В. Пришнивская<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **НАУЧНЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ ЛАБОРАТОРИИ «МОЛЕКУЛЯРНОЙ БИОЛОГИИ И ГЕНЕТИКИ» ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА**

*Лабораторией «Молекулярной биологии и генетики» Естественнонаучного института разработана методика молекулярно-генетической идентификации древесных видов растений, клонированы и секвенированы последовательности ДНК пяти видов растений Пермского края, проведен молекулярно-генетический анализ основных сельскохозяйственных видов растений.*

*Ключевые слова: геномика, популяции, генофонд, древесные виды растений, молекулярно-генетическая идентификация, сельскохозяйственные виды растений*

**S.V. Boronnikova<sup>1</sup>, Yu.S. Nechaeva<sup>1,2</sup>, Ya.V. Prishnivskaya<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> Perm Perm State University

<sup>2</sup> Natural Sciences Institute, Perm State University

## **SCIENTIFIC ACHIEVEMENTS LABORATORIES «MOLECULAR BIOLOGY AND GENETICS» INSTITUTE OF NATURAL SCIENCES**

*Laboratory «Molecular Biology and Genetics» of the Institute of Natural Sciences developed a method of molecular-genetic identification of woody plant species, cloned and sequenced the DNA sequence of the five species of plants of the Perm region, conducted the molecular genetic analysis of major agricultural species of plants.*

*Keywords: genomics, population, gene pool, wood species, molecular-genetic identification, agricultural plant species.*

Лаборатория «Молекулярной биологии и генетики» Естественнонаучного института (ЕНИ ПГНИУ) признана ведущей по идентификации популяций ресурсных видов растений. Оценена эффективность IRAP- и ISSR-методов анализа полиморфизма ДНК в исследованиях генофондов пяти видов ресурсных растений, основанных на использовании в полимеразной цепной реакции (ПЦР) в качестве праймеров терминальных последовательностей ретротранспозонов и микросателлитных мотивов [1, 2]. С целью анализа

геномов были клонированы и секвенированы последовательности ДНК пяти видов растений Пермского края. Нуклеотидные последовательности LTR-ретротранспозонов были включены в мировую базу генетических данных «GenBank» NCBI (KT364889-KT365131). Результаты исследований представлены в статьях, опубликованных в том числе и в журналах, цитируемых в «Web of Science» [3].

За период с 2010 года проведена оценка состояния разных по сложности популяционных систем более чем 25 видов растений Среднего Урала, разработаны принципы молекулярно-генетического маркирования геномов и концепция идентификации и оценки состояния генофондов ресурсных видов растений [4]. С использованием разработанной методики проведена молекулярно-генетическая идентификация, составлены молекулярно-генетические формулы, штрихкоды и генетические паспорта для 96 популяций 26 видов растений Пермского края. Разработана шкала и дана оценка состояния 20 популяционных генофондов 4-х ресурсных видов растений. Определены популяции с типичными и специфическими особенностями генофондов. Даны научно обоснованные рекомендации по сохранению генетических ресурсов изученных объектов с учетом уровней внутри- и межпопуляционного генетического разнообразия и разработана модельная система оптимизации сохранения генетического разнообразия ресурсных видов растений [5,6]. Проведено комплексное изучение генофондов популяций тополя дрожащего или осины (*Populus tremula* L.) и изучена их генетическая дифференциация в Пермском крае; установлены генетические расстояния, определены коэффициенты генетической оригинальности популяций. Впервые на основании данных молекулярно-генетического анализа и дана оценка состояния семи популяций *P. tremula* в Пермском крае [7]. Предложен подход ДНК-маркирования основных лесообразующих пород деревьев на популяционном уровне, создана концепция и разработана технология молекулярно-генетической идентификации и оценки состояния генофондов ресурсных видов растений, которая в дальнейшем позволит разработать способ идентификации древесины [4, 8]. Участниками коллектива разработан метод выделения ДНК из хвои и гербария хвойных видов растений [9].

При молекулярно-генетическом анализе сортового разнообразия пшеницы мягкой, возделываемой на Среднем и Южном Урале, получены новые данные о генетическом разнообразии 40 сортов *Triticum aestivum* L., допущенных к использованию, находящихся на испытании и снятых с сортоиспытания; полученные результаты способствуют более углубленному пониманию процесса молекулярно-генетической детерминации синтеза амилозы в эндосперме зерновки сортов пшеницы мягкой; выявлены генетические маркеры, позволяющие надежно идентифицировать изученные сорта этого вида; установлены коэффициенты генетической оригинальности 40 сортов пшеницы мягкой, используемого в Пермском крае и в Республике Башкортостан; даны практические рекомендации для использования Министерством сельского хозяйства РФ, научными учреждениями,

селекционными станциями, высшими учебными заведениями при разработке программ селекции и при генетической идентификации сортов пшеницы мягкой в целях защиты авторских прав селекционеров, включая сертификацию и регистрацию сортов; информация о степени генетического сходства сортов позволит проводить подбор родительских пар при гибридизации с целью получения максимального спектра изменчивости в гибридном потомстве, избегая при этом скрещивания генетически близких сортов, что повысит эффективность селекционного процесса [10, 11, 12]

В 2011 году ПГНИУ заключил договор о сотрудничестве с Университетом Эври вал де Эссон (Франция), в рамках которого сотрудники лаборатории прошли стажировки в Лаборатории растительной геномики (URGV- Unite de Recherche en Genomique Vegetale, INRA) по исследованию геномов видов рода *Populus*. В соответствии с договором проведено изучение генов биосинтеза лигнина и анализ нуклеотидных полиморфизмов трех видов рода *Populus*. Впервые определены нуклеотидные последовательности пяти генов тополя дрожащего и разработан оригинальный подход детекции и выявлены SNP (Single Nucleotide Polymorphisms) в последовательностях изученных генов, определены их позиции в генах и их частота. Проведен сравнительный анализ частот SNPs *P. tremula* с частотами SNPs двух других видов рода *Populus*. Установлено, что у пермских популяций видов рода *Populus* уровень нуклеотидного полиморфизма выше, чем в изученных популяциях этих видов в Европе. Для идентификации на популяционном уровне впервые показана необходимость использования как минимум двух типов молекулярных маркеров, что является оригинальным для исследований древесных видов растений, а именно рекомендованы ISSR- и SNP-маркеры [13,14]. В 2014 году в Государственном реестре изобретений РФ был зарегистрирован патент на изобретение РФ № 2505956 «Способ молекулярно-генетической идентификации популяций древесных видов растений».

Сотрудниками лаборатории «Молекулярной биологии и генетики» проведена огромная работа по изучению древесных и сельскохозяйственных видов растений с использованием различных молекулярно-генетических методов. Проведена молекулярно-генетическая идентификация основных лесообразующих видов растений.

### **Библиографический список**

1. Boronnikova S.V., Tichomirova N.N., Dribnokhodova O.P., Kokayeva Z.G., Gostimsky S.A. Analysis of DNA-polymorphism of the relict species of Ural large-flowered foxglove (*Digitalis grandiflora* Mill.) inferred from RAPD- and ISSR-markers // *Russian Journal of Genetics*. 2007. Vol.43, №5. P.530-535.
2. Boronnikova S.V. Genetic Variation in Ural Populations of the Rare Plant Species *Adenophora lilifolia* (L.) DC. inferred from ISSR-markers // *Russian Journal of Genetics*. 2009. Vol. 45, №5. P. 573-576.
3. Boronnikova S.V., Kalendar R.N. Using IRAP-markers for Analysis of Genetic Variability in Populations of Resource and Rare Species of Plants // *Russian Journal of Genetics*. 2010. Vol. 46, №1. P. 36-42.



4. Боронникова С.В. Молекулярно-генетическая идентификация и паспортизация редких и находящихся под угрозой уничтожения видов растений. Перм. ун-т. Пермь, 2008. 120 с.
5. Боронникова С.В. Молекулярное маркирование и генетическая паспортизация ресурсных и редких видов растений с целью оптимизации со-хранения их генофондов // *Аграрный вестник Урала*. 2009. №2 (56). С. 57-59.
6. Боронникова С.В. Технология идентификации и оценки состояния генофондов растений // *Аграрный вестник Урала*. 2009. №8 (62). С. 71-74.
7. Svetlakova T.N., Boboshina I.V., Boronnikova S.V., Nechaeva Yu.S. Ecological and genetic analysis of population structure *Populus tremula* L. in Perm region // *Russian Journal of Genetics: applied researches*, 2013, Vol. 3, № 5, pp. 382–387.
8. Боронникова С.В. Молекулярно-генетический анализ и оценка состояния генофондов ресурсных видов растений Пермского края: монография. Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 239 с.
9. Нечаева Ю. С., Бельтюкова Н. Н., Пришивская Я. В., Тайман К. Е. Оптимизация методик выделения ДНК некоторых хвойных видов растений Пермского края // *Материалы международной научной конференции «Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование»*. Пермь, 2011. С. 278-282.
10. Бобошина И.В., Боронникова С.В. Аллельные варианты *Waxy*-генов сортов пшеницы мягкой, возделываемых в Пермском крае и в Республике Башкортостан // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. 2013. Т. 17, № 3. С. 535-540.
11. Бобошина И.В., Боронникова С.В. Изучение генетического полиморфизма некоторых сортов *Triticum aestivum* L. с использованием ISSR-маркеров // *Аграрный вестник Урала*. 2012. № 5 (97). С. 19-20.
12. Бобошина И.В., Боронникова С.В. Идентификация перспективных для Урала сортов пшеницы мягкой с использованием межмикросателлитного анализа полиморфизма ДНК // *Фундаментальные исследования*. 2013. № 6 (ч. 1). С. 92-97.
13. Светлакова Т.Н., Боронникова С.В. Бобошина И.В. Детекция однонуклеотидных замен (SNP) в геноме *Populus tremula* L. в Пермском крае // *Вестник биотехнологии и физико-химической биологии имени Ю.А. Овчинникова*. 2012. Т.8. №2. С. 42-46.
14. Светлакова Т.Н., Бобошина И.В., Боронникова С.В., Нечаева Ю.С. Эколого-генетический анализ популяционной структуры *Populus tremula* L. в Пермском крае // *Экологическая генетика*. 2012. Вып.3. С.22-27.

**С.А. Двинских<sup>1</sup>, О.В. Ларченко<sup>1</sup>, О.А. Березина<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет

## **НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ ЛАБОРАТОРИЯ КОМПЛЕКСНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОДОХРАНИЛИЩ**

*Приведена краткая история развития научно-исследовательской лаборатории комплексных исследований водохранилищ и её настоящее.*

*Ключевые слова: водохранилище, экологическое состояние, водные ресурсы, русловые процессы, изыскания, гидротехнические сооружения, гидробиология*

**S.A. Dvinskikh<sup>1</sup>, O.V. Larchenko<sup>1</sup>, O.A. Berezina<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm State University

<sup>2</sup>Natural Sciences Institute, Perm State University

## **THE RESEARCH LABORATORY OF COMPLEX INVESTIGATIONS OF RESERVOIRS**

*Gives a brief history of the development the research laboratory of complex investigations of reservoirs and its present.*

*Keywords: reservoir, ecological condition water resources, river bed processes, investigations, waterworks, hydrobiology*

По решению Пермского Совнархоза при Пермском государственном университете на базе кафедры физической географии в 1961 г. была организована хоздоговорная лаборатория водохозяйственных проблем.

Организаторами лаборатории были Юрий Михайлович Матарзин, Игорь Александрович Печеркин и Александр Сергеевич Шкляев. Возглавил новое подразделение молодой кандидат географических наук Ю.М. Матарзин.

Лаборатория была создана для решения водохозяйственных проблем возникших в то время на бурно развивающихся предприятиях Пермско-Краснокамского и Соликамско-Березниковского промышленных узлах. Работы носили природоохранный характер, главная задача заключалась в том что бы уберечь р.Каму и её притоки от загрязнения сточными водами предприятий. Приемником стоков часто становилось Камское водохранилище – зарегулированный с 1954 г. участок р.Камы от г.Перми до устья р.Вишеры, отличавшийся искусственно замедленным водообменом. В связи с этим более активно стало изучаться водохранилище - внутриводоёмные процессы в нём,

химический состав воды, а так же механизм разбавления промышленных стоков. В исследованиях водохранилищ выделилось три основных направления – гидрологическое, гидрохимическое и гидрогеологическое.

В 1974 г. лаборатория водохозяйственных проблем вошла в состав Естественнонаучного института, а в декабре 1977 г. произошло объединение её со старейшей Лабораторией ихтиологии и гидробиологии. Обновлённая лаборатория стала называться Лабораторией комплексных исследований водохранилищ (КИВ). Научное руководство осуществляли профессора кафедр университета Ю.М. Матарзин, И.А. Печеркин, Е.А. Зиновьев, М.С. Алексеевна.

Главной задачей объединения было расширение комплекса научных исследований водохранилищ и усиление координации в работе.

С годами положение лаборатории укрепилось в научном мире, она стала одной из ведущих в России по изучению искусственных водоёмов. Пермская школа гидрологов получила признание и за рубежом.

Более чем за полвека был собран огромный фактический материал по становлению, развитию и функционированию мало изученных на тот момент искусственных водоёмов. Многие сотрудники защитили кандидатские и докторские диссертации, используя эти материалы.

Наиболее значимые прикладные разработки лаборатории: разработка Схем рационального использования Камского и Воткинского водохранилищ (совместно с «Гидропроектом» им. С.Я. Жука, г. Москва), составление прогноза качества воды Нижнекамского водохранилища (совместно с филиалом «Гидропроект» им. С.Я. Жука, г. Самара), изучение последствий планируемой переброски стока северных рек (р. Печора через Каму, Волгу) в Каспийское море (Совместно с институтом «Союзгидроводхоз» г.Москва).

Шли годы, сменилось ни одно поколение сотрудников лаборатории. Но и в новом XXI веке лаборатория КИВ существует и продолжает исследовать, изучать и находить связи и зависимости в природных явлениях, в частности в искусственно созданных водоёмах и окружающей их среде.

Основными научными направлениями в настоящее время являются:

- Комплексные исследования водохранилищ и оценка их влияния на природу прилегающих территорий;
- Возникновение рисков на водных объектах.

За последние десятилетие были проведены **фундаментальные исследования** по различным тематикам:

- Теоретические основы оценки устойчивости речных русел, берегов и ложа водохранилищ;
- Системообразующая роль гидрологического режима в функционировании и развитии геодинамических процессов на водохранилище;
- Системный подход к развитию и функционированию морфологически обособленных участков крупных водохранилищ;

- Разработка основных положений концепции возникновения экологического риска на водных объектах и его влияния на жизнедеятельность населения.

В период с 2000 по 2010 д.г.н., профессором А.М. Комлевым разработана методика оценки параметров стока неизученных рек по связи расходов воды и площади водосборов. Суть её заключатся в том что, при определении характеристик стока не изученных рек, которых в нашей стране большинство, применяются локальные эмпирические зависимости с использованием информации по исследуемым рекам-аналогам. Вместо рекомендуемых официальными нормативами связей модулей стока рек (л/с км<sup>2</sup>) с площадью их водосборов предложена связь расхода воды (м<sup>3</sup>/с) – площадь. Применение этого вида связей позволило показать физическую необоснованность метода оценки готового стока рек аридной зоны неправомерность многократного завышения площадей водосборов, годовой и минимальный сток с которых нормативами рекомендуется считать азональным и что самое главное, доказать несостоятельность теории редукации модулей максимального стока по площади. Последнее позволило впервые применить картографирование этих модулей в пределах равнины и использовать их связи со средней высотой водосбора в горах. Анализ этих связей выявил и новые закономерности пространственного распределения максимального стока. Всё это позволяет, в конечном итоге проще и надёжнее как средний годовой сток, так и его экстремальные значения. Теоретическое обоснование методики, и результаты её применения для равнинных рек (Тюменская область) приведены в монографии, опубликованной на средства РФФИ. В последующих публикациях изложены результаты проверки методики по данным о стоке горных рек северо-западного Кавказа (р.Кубань и Черноморское побережье). Методика адресована проектным институтам для инженерно-геологического обоснования проектов сооружений на берегах рек, а также переходов через реки различных коммуникаций. Сведения о практическом применении методики, как альтернативной, имеются пока только по Тюменской области. Оценка экономической эффективности методики требует дополнительного времени

Не менее важной составляющей для лаборатории всегда являлись **прикладные исследования**. Можно выделить несколько направлений и привести примеры некоторых работ по каждому из них.

### **1. Направление – Водные ресурсы, водопотребление и водоотведение.**

***Научная оценка экологического состояния водных ресурсов для целей водопользования (на примере Пермской области)***

На основе анализа состояния поверхностных и подземных вод по количественным и качественным показателям дана оценка экологического состояния водных ресурсов для целей водопользования. Оценка выполнена на примере Пермской области. Разработаны научно обоснованные рекомендации по оптимизации системы водообеспеченности населения и по организации и ведению экологического мониторинга водных ресурсов.

Рекомендации носят универсальный характер и применимы на любых других территориях Российской Федерации.

### ***Создание реестра водных объектов (прудов и обводненных карьеров) г. Перми***

Проведен сбор и анализ фондовых материалов по водным объектам г. Перми. Обследованы водные объекты на местности с определением их местоположения, в том числе координат. Составлен реестр прудов и обводненных карьеров на территории г. Перми.

### **2. Направление – Русловые процессы и оценка воздействия на окружающую среду**

#### ***Дно углубление р.Нердва в Карагайском районе и р. Пизь Пермского района Пермского края***

Даны исходные гидрологические характеристики водного объекта. Определены уровень воды и расходы при прохождении паводковых вод 3% обеспеченности, а также скорости потока в русле и на пойме. Расчет вертикальных и горизонтальных деформаций

#### ***Оценка последствий руслорегулирующих мероприятий на р.Сылва в районе д. Дейково и влияния их на уровенный режим реки***

Определены координаты продольного профиля водной поверхности р.Сылва при расширении русла на правобережной пойме в районе д.Дейково. Дана оценка воздействия расширения русла в районе д.Дейково на русловой процесс р.Сылва.

#### ***Научно-техническое обоснование руслорегулирующих работ***

Проведено обследование участков водных объектов в Бардымском, Большесосновском и Пермском районах: рр.Барда, Сосновка, Юг и Кунгурка с фотофиксацией и составлением актов обследования. Проведены расчеты гидрологических и гидравлических характеристик: фактическая и расчетная пропускная способность русел водотоков; максимальные расходы весеннего половодья и дождевых паводков высокой обеспеченности для створа каждого населенного пункта. Оценена необходимость и экономическая целесообразность выполнения руслорегулирующих работ на исследуемых участках водных объектов. Проведено ранжирование участков по очередности проведения руслорегулирующих работ.

#### ***Оценка влияния добычи песчано-гравийной смеси на изменение гидрологического режима нижнего бьефа Воткинской ГЭС (на участке плотина – Банный пережат)»***

Разработка месторождений нерудных строительных материалов ведется на участке р. Камы в нижнем бьефе Воткинской ГЭС на расстоянии 7-8 км от плотины, что может создать угрозу безопасности плотины, изменить режим сброса воды, усилить деформации русла на нижележащих участках. Для объективной оценки степени влияния разработок ПГС в прошлом, настоящем и будущем определены: 1) особенности РП на участке за годы работы ГЭС и добычи ПГС; 2) пространственно-временной характер ведения добычи ПГС; 3) влияние на русловые деформации самой плотины.

### **3. Направление – Гидрологическое обоснование изысканий под строительство**

#### ***Гидрологические исследования р.Данилиха в микрорайоне Данилиха-1 Дзержинского района г.Перми***

Выполнено изучение гидрологического режима р.Данилиха и дан прогноз возможных деформаций русла. Определены уровни 1% и 10% обеспеченности и оптимальные параметры русла р.Данилиха для проектирования мероприятий по благоустройству долины реки.

#### ***Научное обоснование создания инженерных сооружений в акватории Камского водохранилища» по объекту «Строительство и обустройство поисково-разведочных скважин Зырянской структуры»***

Цель работы - научное обоснование создания технологической площадки на акватории Камского водохранилища, проведения поисково-разведочных работ на Зырянской структуре и дамбы с мостовым переходом, соединяющей ее с берегом водоема. Рассмотрен современный гидрологический (уровенный режим, расходы воды и водообмен, скоростной, ветроволновой и ледотермический режимы) и химический состав воды исследуемого участка водохранилища; вопросы ихтиологии и гидробиологии. Дана оценка аккумуляции наносов. Проанализированы вопросы устройства технологической площадки, ее конфигурации и геометрических размеров; устройства соединительной дамбы с мостовым переходом, ее конфигурации и геометрических размеров. Рассмотрены вопросы защиты технологической площадки и соединительной дамбы от действия волн и течений, в частности – определение типа и способа возведения берегозащитных сооружений.

### **4. Направление – Гидротехнические сооружения**

#### ***Обследование эксплуатационного состояния и уровня безопасности гидротехнических сооружений***

Проведено обследование эксплуатационного состояния гидротехнических сооружений (ГТС) 20 прудов Пермской области на предмет готовности их к пропуску половодья весной 2005 г. По результатам обследования дано краткое описание в виде пояснительной записки для всех прудов, где отражены следующие данные: состав, компоновка сооружений напорного фронта; выявленные дефекты и повреждения; мероприятия по пропуску половодья. Выполнено обследование технического состояния 11 гидротехнических сооружений - прудов Чернушинского района. Разработаны мероприятия, направленные на обеспечение их безопасности.

#### ***Гидрологическое обоснование восстановления Чермозского пруда в Ильинском районе Пермской области***

Выполнено гидрологическое обоснование восстановления Чермозского пруда с отметкой гребня водосбросного устройства 107,5 м. Рассчитан водообмен пруда в различные по водности годы с учетом подпора пруда водами Камского водохранилища (при отметках выше 107,5 м). Дана современная оценка и прогноз качества воды и состояния биоты.

## **5. Направление - Гидробиология.**

***Ретроспективный анализ результатов существующего мониторинга в бассейнах р. Белая, р. Вятка (за исключением территории Кировской области), р. Ик и р. Кама на территории республики Татарстан по гидробиологическим и абиотическим показателям***

Анализ результатов существующего мониторинга в бассейнах р. Белая, р. Вятка (за исключением территории Кировской области), р. Ик и р. Кама на территории Республики Татарстан по гидробиологическим и абиотическим показателям. Разработка раздела «Характеристика гидробиологического режима водных объектов на рассматриваемых расчетных участках» проекта НДВ по бассейну р. Белая, р. Вятка (за исключением территории Кировской области), р. Ик и р. Кама на территории Республики Татарстан.

***Проведение научных исследований за состоянием водных сообществ в зонах выпусков неочищенных сточных вод ЗАО «Объединенная кабельная компания» (выпуск № 1 – ручей Южный Гремячий Лог, выпуск № 2 – ручей без названия) и определение по их результатам ущерба, наносимого водным биологическим ресурсам***

***Определить эффективность рыбозащитных устройств технического водозабора «Буй» ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» расположенного на р. Буй***

Так же сотрудники лаборатории занимаются общественной деятельностью. Принимают участие в заседаниях научно-технического совета Камского Бассейнового водного управления, в проведении конференций по гидрологии, работают в жюри различных конкурсов: Краевого конкурса школьников «Чистая вода»; в Конкурсе научно-исследовательских работ школьников Пермского района; в Краевых соревнованиях школьников «Юный геолог» и т.д.

Основными партнерами лаборатории являются:

- Пермский Центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды;
- Министерство природных ресурсов по Пермскому краю;
- Камское бассейновое водное управление;
- ЗАО «Проектный институт реконструкции и строительства»;
- Управление по экологии и природопользованию Администрации г. Перми;
- ООО НИПППД «Недра»;
- ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ» ;
- ЗАО «Объединенная кабельная компания»;
- ООО «Уральский Проектный Научно-исследовательский Институт экологии коммунального и водного хозяйства».

За последние 5 лет сотрудниками Лаборатории КИВ совместно с кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов опубликованы более 100 работ, в том числе в рецензируемых журналах, журналах из списка ВАК, сборниках конференций, иностранных изданиях. Опубликовано 4 монографии.

За последние 5 лет сотрудниками Лаборатории КИВ совместно с кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов опубликованы более 100 работ, в том числе в рецензируемых журналах, журналах из списка ВАК [1, 4, 6, 7, 8, 10], сборниках конференций, иностранных изданиях из, в изданиях из списка Scopus [11]. Опубликовано монографии [2, 3, 5].

### **Библиографический список**

1. Двинских С.А., Березина О.А., Зеленина Е.С. Комплексное использование и оценка влияния техногенных нагрузок на качество воды Воткинского водохранилища // Ползуновский вестник, Изд-во Алтайского государственного технического университета им. И.И. Ползунова, Барнаул. 2011. С. 219-223.
2. Двинских С.А., Девяткова Т.П., Девятков А.В., Китаев А.Б., Морозова Г.В. Русловые процессы в условиях техногенной нагрузки (на примере рек Пермского края). Пермь: Перм.гос.нац.иссл.ун-т, 2012. 135 с. с.
3. Двинских С.А., Журани В.В., Зеленина Е.С., Зуева Т.В. Особенности регионального подхода к оценке экологической ситуации и ее влияние на природные комплексы и здоровье населения (на примере Пермского края). Пермь: Перм. гос. нац. иссл.ун-т. 2013. 166 с.
4. Оборин М.С., Девяткова Т.П. Районирование курортно-рекреационных территорий по степени преобразованности природных комплексов на примере участков Пермского края // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. 2013. №3(146). Вып.22. Белгород, 2013. С. 170-175.
5. Dvinskich S.A., Kitaev A.B., Larchenko O.V. Formation of Ecological Risk on Plain Reservoirs. Handbook of Engineering Hydrology. Environmental Hydrology and Water Management. London, Taylor&Francis, 2014. 590 с.
6. Двинских С.А., Максимович Н.Г., Шайдулина А.А., Березина О.А. Применение системной методологии к оценке экологического состояния особо охраняемых природных территорий (на примере ООПТ «Черняевский лес» г. Перми) // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия Естественные науки. №23(194). Вып.29. Белгород, 2014. С. 163-171
7. Двинских С.А., Китаев А.Б. Особенности функционирования водохранилища как природно-техногенного объекта // Географический вестник № 2(29). Пермь, 2014 г. С. 34-41.
8. Двинских С.А., Китаев А.Б. Некоторые аспекты водопользования в Пермском крае // Географический вестник. 2014. № 3(30). С. 54-59.
9. Двинских С.А., Девяткова Т.П., Ларченко О.В. Опыт использования системного подхода в гидрологических исследованиях // Географический вестник. 2015. №1(32). С. 44-51.
10. Вострокнутова Ю.О., Двинских С.А., Китаев А.Б. Роль техногенного железа в формировании его содержания в воде Камского и Воткинского водохранилищ // Географический вестник. 2015. №4(35). С. 18-25.
11. Krebs P., Tränckner J., Березина О.А., Двинских С.А., Тереханова Т.А. Integrated Water Resources Management for mesoscale ungauged river basins in Russia // Water science and technology: water supply. 2015. №14.1. С. 173-180.



**А.В. Коноплев, И.С. Копылов, П.А. Красильников, И.В. Кустов**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**ЛАБОРАТОРИЯ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ  
И ПРОГНОЗА (2006 - 2016 гг.)**

*В статье представлены данные о научной и научно-образовательной деятельности сотрудников лаборатории геологического моделирования и прогноза ЕНИ ПГНИУ (2006-2016 гг.). Отмечена актуальность фундаментальных и прикладных исследований лаборатории в области гидрогеологического моделирования, геоэкологического картографирования, геологической безопасности городов и объектов недропользования.*

*Ключевые слова: лаборатория геологического моделирования и прогноза, геоэкология, геодинамика, гидрогеология, геоинформационные технологии, аэрокосмогеологические методы.*

**A.V. Konoplev, I.S. Kopylov, P.A. Krasilnikov, I.V. Kustov**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

**LABORATORY OF GEOLOGICAL MODELING  
And FORECAST (2006 - 2016)**

*The article presents information about scientific and scientific-educational activities of the staff of the Laboratory of the geological modeling and forecasting, NSI, Perm state University (2006-2016). The importance of fundamental and applied researches of Laboratory on the topics of hydro-geological modeling, geological and ecological mapping, geological safety of the cities and subsurface use objects is marked.*

*Keywords: laboratory of geological modeling and forecasting, geoecology, geodynamicals, hydrogeology, GIS technology, remote sensing methods.*

Научно-исследовательская лаборатория геологического моделирования и прогноза (НИЛ ГМП) создана 1 мая 2006 года. Заведующим лабораторией со дня ее основания является кандидат техн. наук Коноплев Александр Владимирович. В лаборатории со дня основания также работают: с.н.с., к.г.н. П.А. Красильников, н.с. И.В. Кустов, инженер-исследователь С.А. Красильникова, с 2010 г. – в.н.с., д.г.-м.н. И.С. Копылов. При сохранении основного состава лаборатории в ее работе в различные годы принимали участие известные ученые доктора геол.-мин.наук, профессора В.Ф. Мягков, В.Н. Дублянский, Г.Н. Дублянская, В.В. Середин, доктор техн. наук, профессор В.П. Колесников, кандидаты наук В.В. Хронусов, А.М. Пригара, А.В. Татаркин,

Н.Е. Молоштанова, М.А. Бакланов, Е.А. Ворончихина, О.Н. Ковин и др. Большой вклад внесли прекрасные программисты М.Г. Барский и С.Ю. Девятков.

Сотрудники НИЛ ГМП работают по многим направлениям геоэкологии, инженерной геологии, гидрогеологии, региональной и поисковой геологии. Основные научные направления и методы исследований включают в себя гидрогеологическое и геоинформационное моделирование, 3D визуализация и обработка геологических данных средствами геостатистики и геоинформационных систем, аэрокосмогеологические исследования, изучение геодинамических активных зон и др. При проведении этих и других исследований решаются задачи по различным видам геологического картографирования, поискам полезных ископаемых, геоэкологической и инженерно-геологической оценке и прогнозу территорий, геологической безопасности городов и объектов недропользования.

Лаборатория тесно сотрудничает с ведущими предприятиями и институтами горно-геологического профиля России: институты УрО РАН, ОАО «Уралкалий», ЗАО «Верхнекамская калийная компания», ОАО «Пермгеолнеруд», ООО ПермНИПИнефть, ОАО «Геокарта-Пермь», ОАО «Галургия», ЗУМК и др.

За 10 лет существования коллективом лаборатории в сотрудничестве со специалистами различных кафедр университета выполнен большой объем фундаментальных и прикладных работ. В первую половину этого периода накапливался фактический и экспериментальный материал, публикационная активность была невысокая – было опубликовано только 3 статьи в журналах ВАК. Наиболее продуктивно в научном плане лаборатория работала в последние 5 лет (с 2011 г.) – в этот период были сделаны десятки докладов на международных, всероссийских и региональных конференциях, опубликовано, более 150 статей в научных журналах в т.ч. – 63 статьи в рецензируемых журналах из списка ВАК [10-76], вышло 7 монографий [1-7], защищены одна кандидатская и одна докторская диссертации [8, 9].

#### **Основные фундаментальные работы**

• *«Разработка концепции и технико-экономических соображений комплексного освоения природно-ресурсного потенциала промышленно-экономических районов Пермского края» (2006-2008 гг.)*». Основание для выполнения - областная целевая программа «Развитие и использование минерально-сырьевой базы Пермской обл. на 2003-2005 и на перспективу до 2010 г.», заказчик – Министерство промышленности и природных ресурсов Пермского края. Ответственный исполнитель П.А. Красильников.

Проведенные исследования позволили оценить природно-ресурсный потенциал нераспределенного фонда природных ресурсов края на основе информационно-аналитических систем (рис. 1) и дать рекомендации по его комплексному освоению. Приведена характеристика природно-ресурсного потенциала в разрезе муниципальных образований. Дана оценка выделенным природно-ресурсным узлам и проведено их ранжирование.

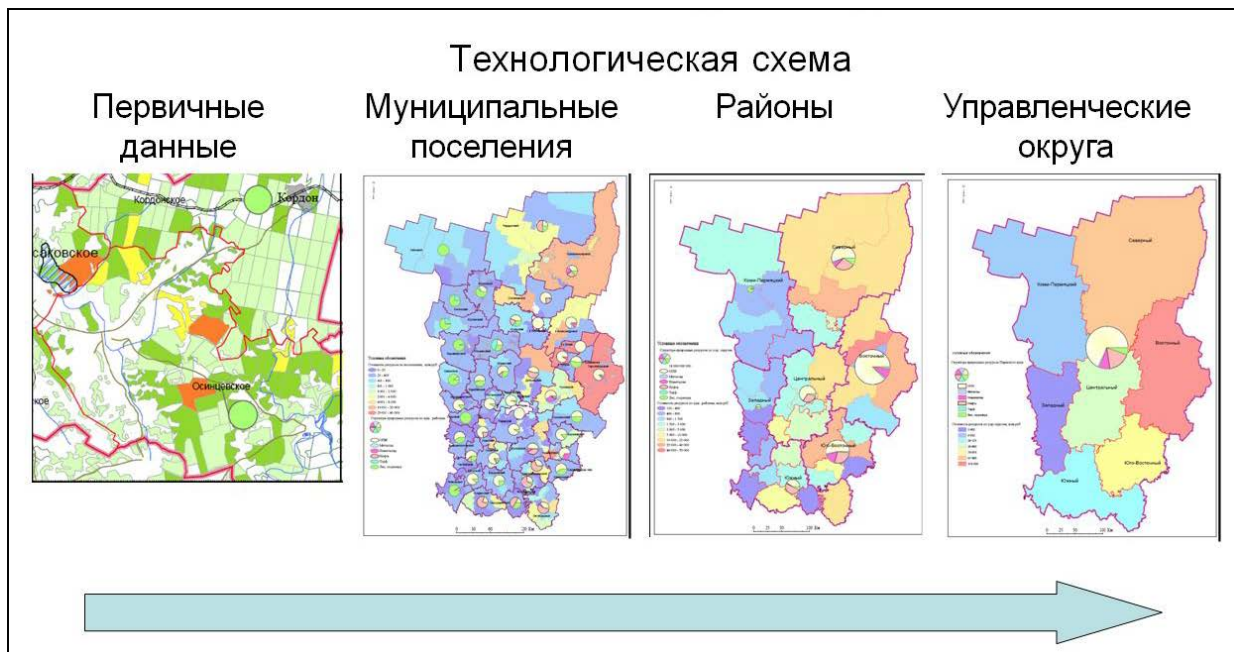


Рис. 1. Геостатистический многофакторный анализ пространственно распределенных природных ресурсов

По результатам работ П.А. Красильниковым защищена диссертация «Информационно-картографическая модель комплексной оценки природных ресурсов Пермского края» на соискание ученой степени кандидата географических наук по специальности 25.00.33 – Картография [9]. Научный руководитель А.В. Коноплев.

- **«Концепция геологической безопасности города Перми»** (2010 г.), контракт на НИР с департаментом планирования и развития территории администрации г. Перми.

В ходе выполнения работы разработана Концепция геологической безопасности города Перми, в которой показаны геологические проблемы города и пути их преодоления, обозначены приоритеты в реализации Концепции. Разработана Программа геологического изучения и картографирования территории города на 2011-2020 годы и дальнейшую перспективу с системой программных мероприятий - теоретических, методических, геоинформационных, картографических и организационных основ системы геологической безопасности г. Перми (рис. 2). Составлен комплект базовых карт на территорию г. Перми масштаба 1:100 000: карта фактического материала, геологическая карта с основными тектоническими элементами, карта четвертичных отложений, орографическая карта с элементами геоморфологии, карта экзогенных геологических процессов, карта тектонической трещиноватости и геодинамических активных зон.

- **«Разработка теории, методов и технологий выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы»** (2012-2014 гг.) – по заданию Минобрнауки России. Руководитель темы – И.С. Копылов.



Рис. 2. Система программных мероприятий по управлению геологическими рисками

В процессе работы были выполнены: сбор, анализ материалов и знаний о геодинамических активных зонах (ГАЗ), инженерно-геологических и геоэкологических процессах; проведено картографическое моделирование ГАЗ в разных инженерно-геологических регионах и условиях, выполнена предварительная оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы; составлены карты ГАЗ природных и урбанизированных территорий на основе комплексного инженерно-геологического и геоэкологического анализа с использованием материалов космических съемок и современных компьютерных технологий (рис. 3).

Данная работа была пролонгирована в следующую фундаментальную НИР:

- **«Закономерности формирования и прогнозирования природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования»** (2014-2016 гг.) - по заданию Минобрнауки России. Руководитель темы – В.А. Наумов, отв. исполнитель И.С. Копылов. Особенностью этой НИР было то, что она выполнялась многими лабораториями ЕНИ по разным направлениям естественных наук.

В ходе работ, выполняемых НИЛ ГМП, были разработаны теоретические положения нового научно-прикладного геологического направления «Учение о геодинамических активных зонах Земли»; изучена минерагеническая, геоэкологическая, инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон; разработаны методические основы обеспечения геологической безопасности территорий и городов.



**Геоинформационно-картографические модели геологического строения, условий и ресурсов недр Пермского края**

Проект реализуется на платформе ESRI Arc GIS 9.\*

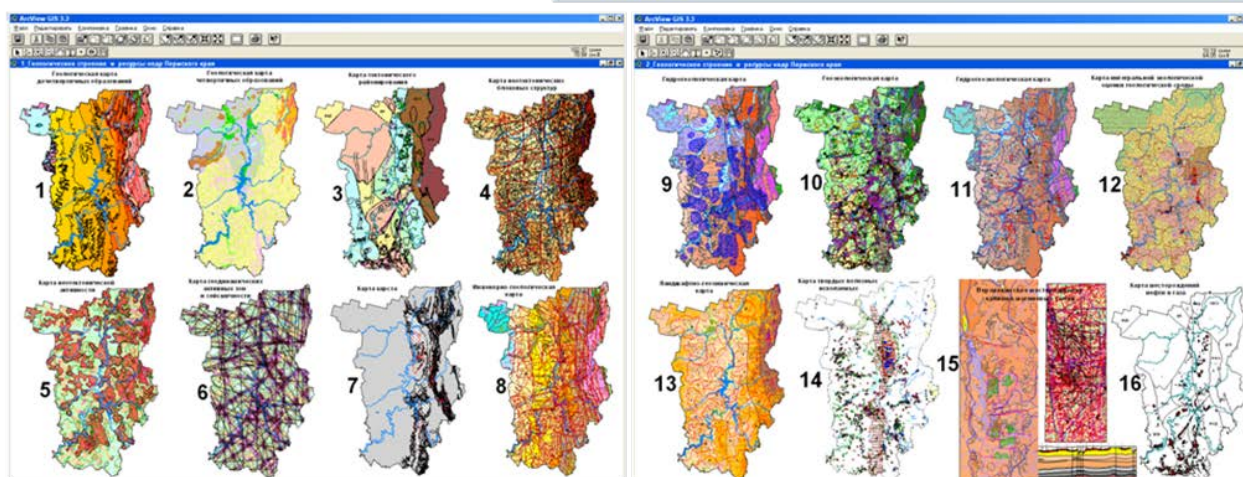
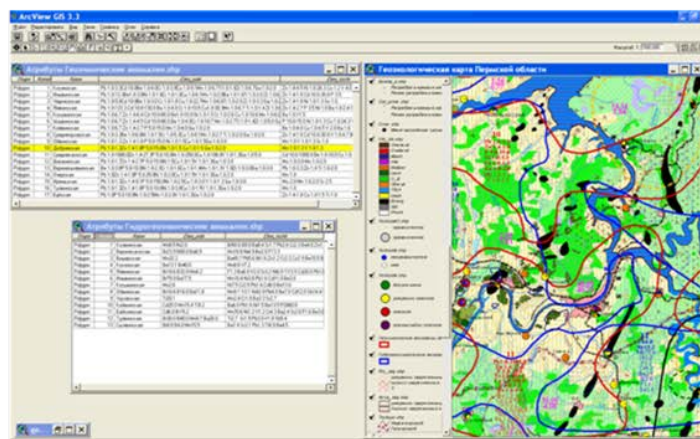


Рис. 3. Картографическое моделирование природно-геологических условий Пермского края

По материалам этих работ в 2014 г. ведущим научным сотрудником лаборатории И.С Копыловым была защищена докторская диссертация в Уральском государственном горном университете: «Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов» [8].

**Основные прикладные работы НИЛ ГМП**

- **«Диагностика состояния земляных плотин методами неразрушающего контроля (МНК)», (2008-2010 гг).**

Разработана методика диагностики земляных плотин методами неразрушающего контроля и апробирована на гидротехнических сооружениях с известными особенностями строения. Проведены полевые исследования на десяти объектах (противопаводковые дамбы в г. Кунгуре, плотины в городах Очер, Павловский, Чермоз) с выдачей рекомендаций по их эксплуатации. Задачей геофизических изысканий на участках плотин являлась оценка состояния грунтов основания и уточнение геологического строения методами неразрушающего контроля (рис. 4). В том числе - выявление возможных зон

ослабления физико-механических свойств грунтов, возможных участков повышенной влажности грунтов и подземных водотоков как условий, оказывающих влияние на целостность сооружения.

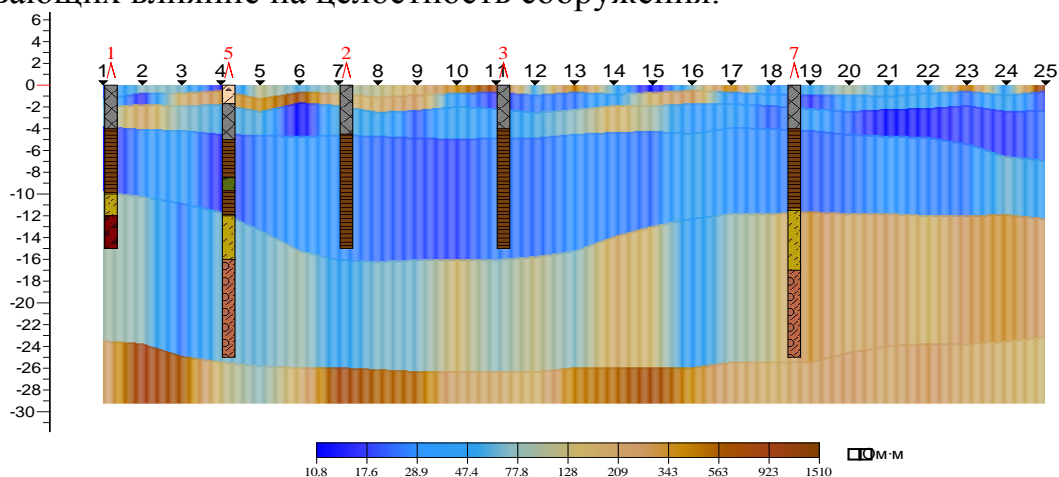


Рис. 4. Результаты количественной интерпретации электрических зондирований

В результате участкам плотин определены физико-механические и структурные характеристики слагающих её грунтов с привязкой по глубине и площади и дана характеристика состояния слагающих грунтов на наличие негативных процессов в теле плотины (суффозии, фильтрации).

• **Анализ фонового состояния (2009 г.) и мониторинг окружающей природной среды Талицкого участка Верхнекамского месторождения солей (2010-2016 гг.).**

Работы проведены на территории Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей. Описаны факторы техногенного воздействия на окружающую среду. Изучено современное состояние основных компонентов окружающей природной среды (воздух, поверхностные и подземные воды, геологическая среда, почвы, растительный и животный мир) (рис. 5). Результаты анализа и оценки фонового состояния окружающей природной среды Талицкого участка Верхнекамского месторождения солей могут использоваться при принятии решений о выборе мест размещения намечаемой хозяйственной деятельности, а также при разработке систем природоохранного управления на предприятиях и последующей оценки их эффективности.

В ходе выполнения работ по ведению мониторинга изучается состояние основных компонентов окружающей природной среды (воздух, поверхностные и подземные воды (рис. 6), геологическая среда, почвы, растительный и животный мир) в весенний, летний, осенний и зимний периоды. Результаты мониторинга состояния окружающей природной среды Талицкого участка Верхнекамского месторождения солей могут использоваться при разработке систем природоохранного управления на предприятиях и последующей оценки их эффективности и создания базовой информационной системы для ведения экологического мониторинга.





Рис. 5. Изучение растительности при оценке фонового состояния



Рис. 6. Отбор проб при проведении полевых работ

• ***«Геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов с целью обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС» (2011 г.).***

Работы выполнялись по договору с ОАО «Галургия». Проведено уточнение геологического и тектонического строения территории Талицкого участка ВКМКС и геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения.

Крупномасштабным дешифрированием цифровых космических снимков выделено более семисот прямолинейных линеаментов восьми систем

простираются пять таксономических рангов, отождествляемых с линейными зонами тектонической трещиноватости. Проведено неотектоническое районирование на структурно-блоковой основе, выделены в пределах площади 4 локальных блока II порядка, 17 – блоков III порядка, 55 – блоков IV порядка. Выделены одиннадцать геодинамических активных зон (рис. 7).

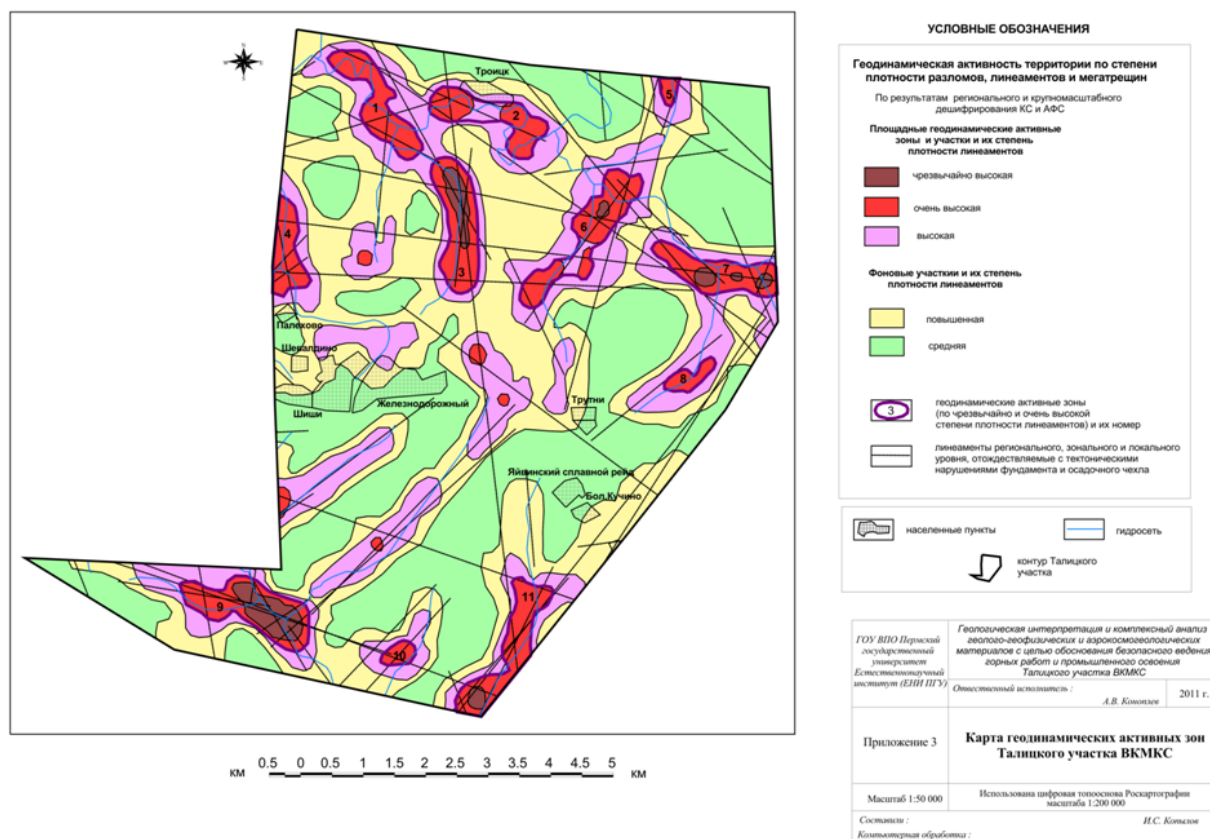


Рис. 7. Геодинамические активные зоны Талицкого участка

Выделены аномальные участки по комплексу геодинамических критериев. Составлены карты в масштабе 1:50 000: результатов аэрокосмогеологических исследований, неотектонических блоковых структур, геодинамических активных зон, комплексной интерпретация и анализа геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов для обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС.

• **«Подготовка исходных геологических данных для разработки ТЭО строительства горно-обогатительного комбината на базе Жилинского месторождения калийных солей»** (2012 г.).

Работы выполнялись по договору с ООО «ЗУМК-Инжиниринг» с целью разработать геологические исходные данные, необходимые для разработки ТЭО строительства горного комплекса (рудника) на базе Жилинского месторождения калийных солей. Дана общая геологическая характеристика месторождения (стратиграфия и литология, тектоника, гидрогеология и карст) (рис. 8).



На основе аэрокосмогеологических исследований выполнена оценка геодинамической и неотектонической активности. Сделан анализ горно-геологических условий, определяющих способы и технологию вскрытия балансовых запасов, добычи калийных руд, а также безопасность эксплуатации рудника, в том числе: условия залегания промышленных калийных пластов; минеральный и химический составы сильвинитовой и полигалитовой руд; технологические свойства полезных ископаемых; физико-механические свойства сильвинитовых и полигалитовых руд и вмещающих их пород, а также пород надсолевой толщи; горно-технические условия отработки месторождения; гидрогеологические условия; другие особенности геологического строения (аномалии), обуславливающие потенциальную опасность для ведения подземных горных работ.

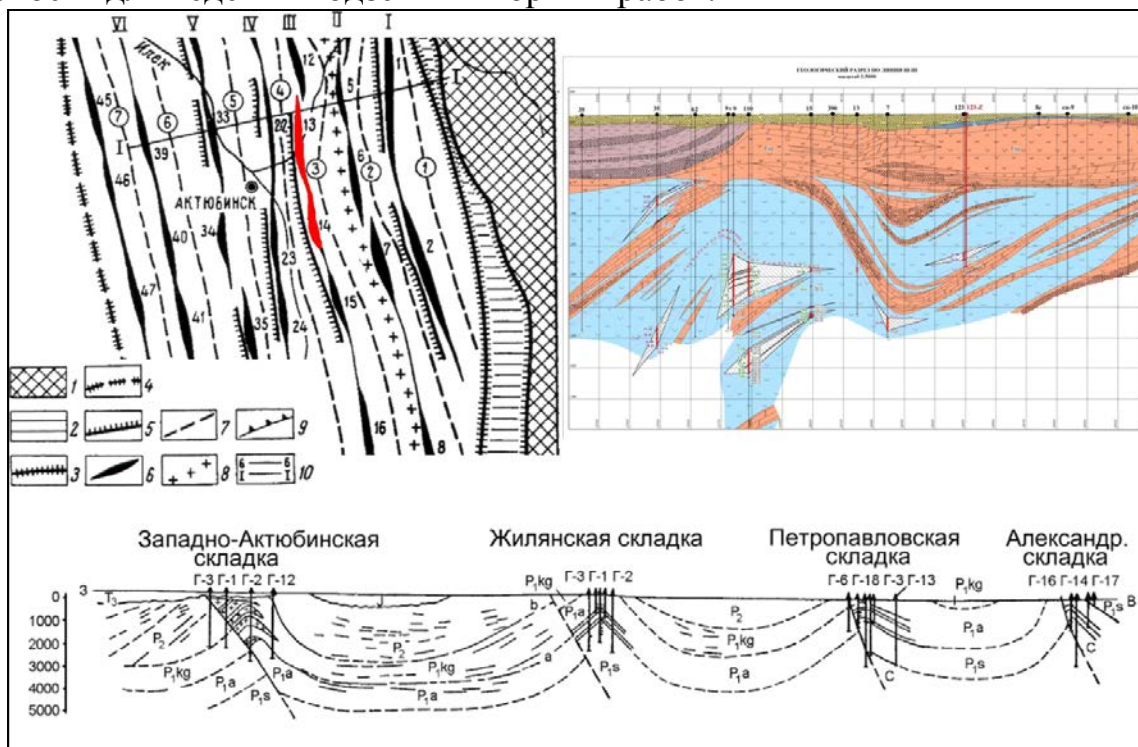


Рис. 8. Геолого-сейсмический профиль через складки Актюбинского Предуралья

• *«Изучение геологического строения центральной части шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан) и выявление закономерностей изменчивости содержания полезных и вредных компонентов по шахтному полю (на основе экспериментального опробования промышленных пластов), в т.ч. продуктивного пласта III» (2013 г.).*

Проведены исследования калийных солей из продуктивных пластов нШа и нШб с целью определения изменчивости их минерального состава и технологических свойств в разрезе и по простиранию на изучаемой площади Тюбегатанского месторождения. Впервые на месторождении проведена разбивка продуктивных пластов на слои под руководством участковых геологов.

Из образцов, отобранных из каждого слоя продуктивных пластов, изготавливались шлифы из цветовых разностей сильвинитов, отличающихся не

только по окраске, но и по структурно-текстурным признакам, а также по содержанию микровключений

С целью изучения технологических свойств калийных солей, послонные бороздовые пробы продуктивных пластов подвергались дроблению до трёх миллиметров, рассеивались на ситах на пять фракций. В каждой фракции определялось содержание основных компонентов (зёрен свободного сильвина, сростков, содержание сильвина, связанного со сростками, галита и галопелитов) и вычислялась степень раскрытия полезного компонента сильвинитовой руды. Затем для каждой пробы определялись средневзвешенные содержания полезного компонента и степень его раскрытия.

Измельчение сильвинитов в процессе рудоподготовки до размеров 1,0 мм и мельче перед флотацией приводит к высвобождению микропримесей карбонатов, ангидрита и глинистого материала из межзернового пространства. Эти микропримеси, попадая в пульпу флотационной машины, постепенно в ней накапливаются, осаждаются на поверхности сильвиновых зёрен и снижают их флотационную способность.

Результаты исследования показали, что продуктивные пласты: нПа и нПб центральной части шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан) являются оптимальными для отработки пластов и их обогащения флотационным способом при дроблении до 1,5 – 2,0 мм.

• ***«Анализ имеющегося геологического материала и данных дистанционного зондирования с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле рудника ДЗКУ (Узбекистан)»*** (2013 г.).

Целью работы являлось уточнение геологического и тектонического строения территории шахтного поля рудника ДЗКУ, геологическая интерпретация и комплексный анализ геологических и аэрокосмогеологических материалов с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле. Работы проводились с полевыми работами (рис. 9).

Выполнена общая геологическая характеристика месторождения (стратиграфия и литология, тектоника, гидрогеология, карст). Проведены аэрокосмогеологические исследования по 8 уровням изучения – от обзорного в пределах Южного Узбекистана, до крупномасштабного на площади Тюбегатанского месторождения и детального – на участке шахтных полей с анализом новейшей тектоники и современной геодинамики.

По результатам дешифрирования региональных космоснимков масштабов 1:1 000 000 – 1:100 000 выявлены крупные линейные зоны предполагаемых тектонических нарушений фундамента и осадочного чехла (рис. 10).



Рис. 9. Отбор проб рассолов в месте водопритока на шахте ДЗКУ

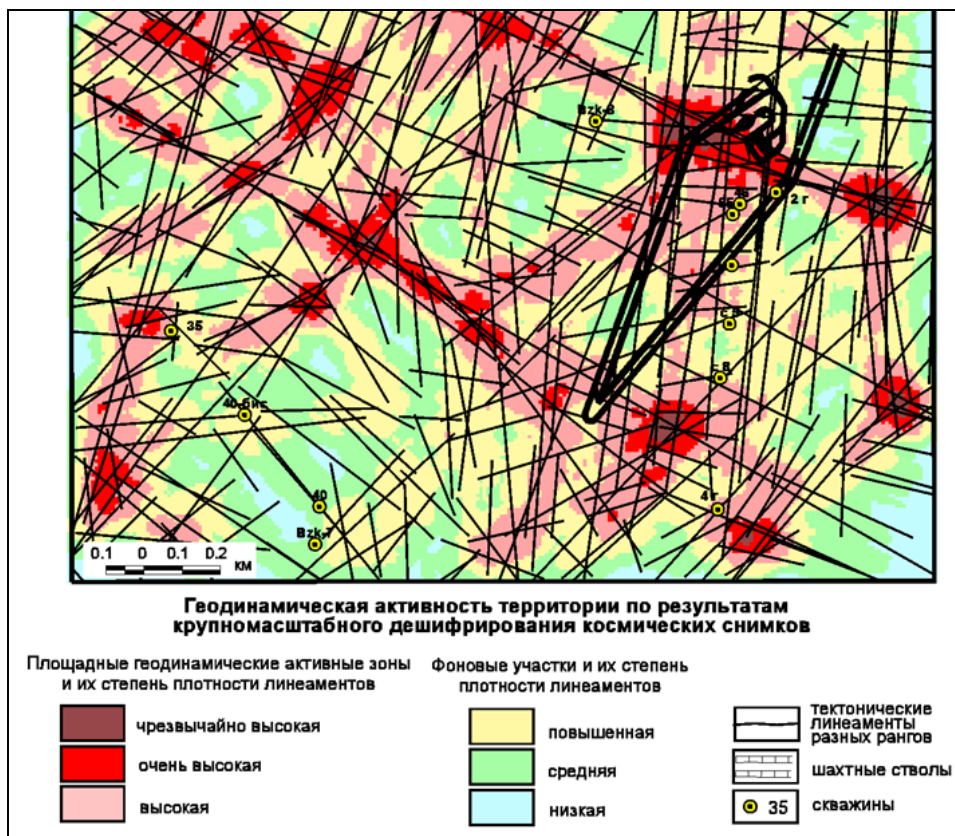


Рис. 10. Карта геодинамических активных зон шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан)

По крупномасштабному дешифрированию космоснимков масштаб 1:50 000-1:10 000 в районе месторождения и прилегающей территории выделено более двух тысяч прямолинейных тектонических линеаментов различных рангов с преобладающим северо-восточным и северо-западным направлением, а также дугообразные линеаменты и кольцевые структуры.

Дешифрирование цифровых космоснимков, обработка данных, геоинформационное картографическое моделирование проводились с применением ГИС-технологий.

Выполнено неотектоническое районирование на основе линеаментно-блокового анализа с выделением неотектонических блоковых структур, при этом, в центральной части месторождения выделены 2 мезоблока, 6 локальных блоков первого порядка и 22 локальных блоков второго порядка, характеризующиеся различной степенью неотектонической активности.

Проведен линеаментно-геодинамический анализ и геодинамическое районирование на уровне детальности масштабов 1:50 000, 1:25 000 и 1:10 000. В районе месторождения выделены 10 геодинамических активных зон. Крупнейшая из них – Тулешская геодинамическая активная зона в северной части центрального участка месторождения, изометричной формы площадью 4,3 км<sup>2</sup>; при детализации дифференцируется на 11 зон с площадями 0,01-0,06 км<sup>2</sup>. Эти участки имеют наибольшую плотность тектонической трещиноватости и представляют наибольшую опасность для ведения горных работ и промышленного освоения месторождения.

С учетом имеющегося геологического материала на территории шахтного поля рудника ДЗКУ выполнен комплексный анализ геологических и аэрокосмогеологических материалов с построением карты комплексного анализа и сделаны методические рекомендации по проведению геолого-геофизических исследований в целях безопасного ведения горных работ и промышленного освоения.

Составлены карты масштабов 1:10 000-1:50 000: результатов аэрокосмогеологических исследований; неотектонических блоковых структур; геодинамических активных зон; комплексной интерпретация и анализа геологических и аэрокосмогеологических материалов с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле рудника ДЗКУ.

Работы по Тюбегатанскому месторождению вызвали большой интерес с узбекской стороны, и основные исполнители работ И.С. Копылов, А.В. Коноплев и Н.Е. Молоштанова были приглашены на технический совета в Узхимпроме и министерстве геологии Узбекистана (26-31 мая 2013 г.). После совета состоялась поездка в Дехканабад на совещание в присутствии Министра геологии Узбекистана и проведение работ по изучению гидрогеологической обстановки (рис. 11).

Впоследствии этих работ сотрудники лаборатории неоднократно приглашались в качестве экспертов на различные совещания, проводимых ЗУМКом, связанных с разработкой калийных месторождений и их геологической безопасностью. В конце 2015 г. под руководством зав. отдела геологии ЕНИ к.г.-м.н. В.В. Голдырева и д.г.-м.н. И.С. Копылова была проведена экспертиза на геологическую, гидрогеологическую и горно-геологическую характеристику проектной документации горно-обогатительного комбината на базе Гарлыкского месторождения калийных



солей в Лебапском велаяте Туркменистана. По результатам работы экспертов в проектную документацию были внесены коррективы.



Рис. 11. Совещание на Дехканабадском заводе калийных удобрений.  
Докладчик И.С. Копылов

Кроме этих работ проводились многие другие прикладные исследования в разных регионах РФ:

- «Инженерно-экологические и инженерно-гидрометеорологические изыскания...».

- Региональные геоэкологические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические исследования и картографирование» в.ч. – «Составление Атласа Пермского края «Геологическое строение и ресурсы недр» (2012 г.).

- Проведение аэрокосмогеологических нефтегазопромысловых исследований на площадях комплексного геолого-геофизического изучения: Григорьевской площади (2011 г.); Пономаревской площади (2011 г.); Керчевской площади (2013 г.); Вишерской площади (2013 г.); Юго-Камской площади (2013 г.).

- Проведение аэрокосмогеологических исследований на поиски золота на объектах: «Проведение исследований по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда, Енисейский край» (2012 г.); «Поисковые работы на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных породах Промысловской площади Горнозаводского района Пермского края»(2012-2014 гг.).

- Проведение аэрокосмогеологических исследований, дистанционного зондирования и геодинамического районирования: на Качканарском ГОК(2013 г.); для оценки карстовой опасности Пермского края и Нижегородской области (2009-2015 гг.); для оценки геодинамической опасности на магистральных

нефтегазопроводах Приуралья и Западной Сибири (2009-2015 гг.), на территории Горного Алтая для выбора оптимального варианта трассы газопроводной системы «Алтай» (2014-2015 гг.).

### **Научно-образовательная деятельность**

Сотрудники лаборатории постоянно повышают свой научный потенциал, периодически проходят курсы повышения квалификации и стажировки в т.ч. – зарубежом (А.В. Коноплев, П.А. Красильников – Политехнический университет г. Турина, Институт вулканологии г. Палермо и др.).

Свой опыт сотрудники лаборатории передают молодым ученым и студентам, активно занимаются профессорско-преподавательской, научно-образовательной деятельностью. Результаты исследований НИЛ ГМП использовались при чтении лекций и практических занятиях на геологическом факультете ПГНИУ по курсам: «Геоинформационные технологии», «Гидрогеологическое моделирование», «Аэрокосмические методы в геологии», «Методы инженерно-геологического районирования», «Основы геологической безопасности городов», «Научно-исследовательский семинар по геологии», разработке дипломных и курсовых работ, магистерских и кандидатских диссертаций. За последний год (2015 г.) студентами геологического факультета под руководством сотрудников НИЛ ГМП были подготовлены и опубликованы десятки научных статей.

### **Библиографический список**

1. Атлас Пермского края / Коллектив авторов. Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Екатеринбург: ОАО ИПП «Уральский рабочий». 2012. 124 с.: ил. / Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр. С. 14-27
2. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография / М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2012. 91 с.
3. Золото-алмазная колыбель России / И.С. Копылов, В.А. Наумов, О.Б. Наумова, Т.В. Харитонов. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 131 с.
4. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с.
5. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография / LAP Lambert Academic Publishing. Saarbrücken. Germany. 2012. 152 с.
6. Методологические подходы к управлению социально-экономическим развитием территории: показатели, методы моделирования / под ред. Г.В. Кутергиной Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2016. 368 с.
7. Структуры земной коры по данным гравиметрии и магнитометрии / М.С. Чадаев, В.И. Костицын, Р.Г. Ибламинов, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, А.В. Коноплев. Пермь, 2014. 95 с.
8. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Уральский государственный горный университет. Пермь, 2014. 48 с.
9. Красильников П.А. Информационно-картографическая модель комплексной оценки природных ресурсов Пермского края / Автореферат дисс. ... кандидата географических наук / Институт географии им. В.Б. Сочавы Сибирского отделения Российской академии наук. Иркутск, 2011. 20 с.
10. Алванян А.К., Ибламинов Р.Г., Коноплев А.В. Физико-механические свойства гипсового камня и инженерно-геологические условия Богомоловского месторождения //

*Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 83. С. 168-177.*

11. Барский М.Г., Коноплев А.В., Хронусов В.В., Кривошеков С.Н. Новый инструмент пространственного анализа геолого-геофизической информации - *Template Analyst* // *Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. 2008. № 8. С. 17-21.*

12. Белкин В.В., Коноплев А.В., Ковин О.Н., Наумова О.Б. Мониторинг и оценка состояния геологической среды Верхнекамского соленосного бассейна // *Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

13. Галкин В.И., Середин В.В., Лейбович Л.О., Пушкарева М.В., Копылов И.С., Чиркова А.А. Оценка эффективности технологий очистки нефтезагрязненных грунтов // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 6. С. 4-7.*

14. Каня Е.В., Димухаметов Д.М., Коноплев А.В., Спасский Б.А., Лунев Б.С. Трехмерная визуализация и анализ результатов инженерно-геологических и геоэкологических исследований // *Фундаментальные исследования. 2014. № 9-12. С. 2708-2712.*

15. Колесников В.П., Коноплев А.В., Пригара А.М., Татаркин А.В. Технология комплексных инженерно-геофизических изысканий для диагностики состояния гидротехнических сооружений // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*

16. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жиланского калийного месторождения (Казахстан) // *Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

17. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // *Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.*

18. Коноплев А.В., Красильников П.А. Районирование территории Пермского края по величине природно-ресурсного потенциала на основе ГИС-технологий // *Вопросы современной науки и практики. Университет им. В.И.Вернадского. 2009. № 3 (17). С. 150-156.*

19. Коноплев А.В., Красильников П.А. Методика картографирования территориальных сочетаний природных ресурсов и их комплексная оценка с использованием ГИС (на примере Пермского края) // *География и природные ресурсы. 2012. Том 33. № 1. С. 129-132.*

20. Коноплев А.В., Красильников П.А., Красильникова С.А., Клёцкина О.В. Картогеоинформационная модель как основа для создания гидродинамической модели // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. № 84. С. 247-256.*

21. Копп М.Л., Вержбицкий В.Е., Колесниченко А.А., Копылов И.С. Новейшая динамика и вероятное происхождение Тулвинской возвышенности (Пермское Приуралье) // *Геотектоника. 2008. № 6. С. 46-69.*

22. Копылов И.С. Особенности геохимических полей и литогеохимические аномальные зоны Западного Урала и Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 1. С. 26-37.*

23. Копылов И.С. Линеаментно-блоковое строение и геодинамические активные зоны Среднего Урала // *Вестник Пермского университета. Геология. 2011. № 3. С. 18-32.*

24. Копылов И.С. Теоретические и прикладные аспекты учения о геодинамических активных зонах // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4.*

25. Копылов И.С. Концепция и методология геоэкологических исследований и картографирования платформенных регионов // *Перспективы науки. 2011. № 8 (23). С. 126-129.*

26. Копылов И.С. Геодинамические активные зоны Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей и их влияние на инженерно-геологические условия // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 5.*

27. Копылов И.С. Принципы и критерии интегральной оценки геоэкологического состояния природных и урбанизированных территорий // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6.*

28. Копылов И.С. Литогеохимические закономерности пространственного распределения микроэлементов на Западном Урале и Приуралье // *Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 16-34.*

29. Копылов И.С. Влияние геодинамики и техногенеза на геоэкологические и инженерно-геологические процессы в районах нефтегазовых месторождений Восточной Сибири // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 3.
30. Копылов И.С. Неотектонические и геодинамические особенности строения Тимано-Печорской плиты по данным аэрокосмогеологических исследований // *Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело»*. 2012. №6. С. 341-351.
31. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ Пермского Урала и Приуралья // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 6.
32. Копылов И.С. Эколого-геохимические закономерности и аномалии содержания микроэлементов в почвах и снежном покрове Приуралья и города Перми // *Вестник Пермского университета. Геология*. Пермь. 2012. №. 4 (17). С.39-46.
33. Копылов И.С. Аномалии тяжелых металлов в почвах и снежном покрове города Перми, как проявления факторов геодинамики и техногенеза // *Фундаментальные исследования*. 2013. №1-2. С. 335-339.
34. Копылов И.С. Закономерности формирования почвенных ландшафтов Приуралья, их геохимические особенности и аномалии // *Современные проблемы науки и образования*. 2013. №. 4.
35. Копылов И.С. Поиски и картирование водообильных зон при проведении гидрогеологических работ с применением линеаментно-геодинамического анализа // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2013. №93.С. 468-484.
36. Копылов И.С. Формирование микроэлементного состава подземных вод и гидрогеохимических аномальных зон Камского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. №3(24). 30-47.
37. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопроисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2015. №4 (29). 70-81.
38. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2.
39. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2-2.
40. Копылов И.С., Козлов С.В. Неотектоническая модель нефтидогенеза и минерогеническая роль геодинамических активных зон // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2014. № 1 (22). С. 78-88.
41. Копылов И.С., Карасева Т.В., Гершанок В.А. Комплексная геоэкологическая оценка горно-промышленных районов Северного Урала // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2012. №84. С. 113-122.
42. Копылов И.С., Коноплев А.В. Оценка геодинамического состояния Талицкого участка Верхнекамского месторождения калийных солей на основе ГИС-технологий и ДДЗ // *Геоинформатика*. 2013. № 2. С. 20-23.
43. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр в атласе Пермского края // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2013. № 3 (20). С. 5-30.
44. Копылов И.С., Коноплев А.В. Методология оценки и районирования территорий по опасностям и рискам возникновения чрезвычайных ситуаций как основного результата действия геодинамических и техногенных процессов // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 1.
45. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // *Фундаментальные исследования*. 2014. № 9-2. С. 355-359.
46. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // *Современные проблемы науки и образования*. 2014. № 5.
47. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края //



*Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №84. С. 102-112.*

48. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическое изучение, картографирование, районирование территории Пермского края // *Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2190-2195.*

49. Копылов И.С., Ликутов Е.Ю. Структурно-геоморфологический, гидрогеологический и геохимический анализ для изучения и оценки геодинамической активности // *Фундаментальные исследования. 2012. № 9-3. С. 602-606.*

50. Копылов И.С., Лунев Б.С., Наумова О.Б., Маклашин А.В. Геоморфологические ландшафты, как основа геоэкологического районирования // *Фундаментальные исследования. 2014. № 11-10. С. 2196-2201.*

51. Копылов И.С., Наумов В.А., Спасский Б.А., Маклашин А.В. Геоэкологическая оценка горно-промышленных и нефтегазоносных закарстованных районов Среднего Урала // *Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

52. Копылов И.С., Осовецкий Б.М. Об улучшении свойств грунтов как строительных материалов в связи с инженерно-геологическими проблемами в строительстве // *Современные проблемы науки и образования. 2011. № 3.*

53. Красильников П.А., Коноплев А.В., Хронусов В.В., Барский М.Г. Геоинформационное обеспечение экономической оценки природно-ресурсного потенциала территорий Пермского края // *Экономика региона. 2009. № 1 (17). С. 143-151.*

54. Красильников П.А., Коноплев А.В., Кустов И.В., Красильникова С.А. Геоинформационное обеспечение инженерно-экологических изысканий // *Фундаментальные исследования. 2013. № 10-14. С. 3161-3165.*

55. Красильникова С.А., Красильников П.А., Коноплев А.В. Геоинформационное обеспечение гидродинамического моделирования оценки эффективности проектируемой дренажной системы микрорайона усольский г. Березники Пермского края // *Геоэкология, инженерная геология, гидрогеология, геокриология. 2014. № 1. С. 80-85.*

56. Красильников П.А., Кустов И.В. Представление результатов геоинформационно-картографического моделирования природно-ресурсного потенциала в интернет-среде // *Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.*

57. Красильников П.А., Наумов В.А., Иларионов С.А., Лунев Б.С., Красильникова С.А. Инженерно-геоэкологические условия площадки Талицкого горнообогатительного комбината // *Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.*

58. Красильников П.А., Середин В.В., Леонович М.Ф. Исследование распределения углеводородов по разрезу грунтового массива // *Фундаментальные исследования. 2015. № 2-14. С. 3100-3104.*

59. Красильников П.А., Ширяева Н.А. Геоинформационный подход к оценке защищенности подземных вод Талицкого участка // *Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.*

60. Лейбович Л.О., Середин В.В., Пушкарева М.В., Чиркова А.А., Копылов И.С. Экологическая оценка территорий месторождений углеводородного сырья для определения возможности размещения объектов нефтедобычи // *Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2012. № 12. С. 13-16.*

61. Ликутов Е.Ю., Копылов И.С. Комплексирование методов изучения и оценки геодинамической активности // *Вестник Тюменского государственного университета. Экология и природопользование. 2013. №4. С. 125-133.*

62. Лунев Б.С., Красильников П.А., Иларионов С.А., Спасский Б.А., Наумов В.А. Картирование территории при проведении геоэкологического мониторинга средствами ГИС // *Фундаментальные исследования. 2014. № 11-1. С. 89-93.*

63. Осовецкий Б.М., Копылов И.С. О влиянии структуры аллювиальных крупнообломочных грунтов на их инженерно-геологические свойства // *Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6.*

64. Пригара А.М., Татаркин А.В., Пенский О.Г., Осовецкий Б.М., Коноплев А.В. Определение физико-механических свойств грунтов при оценке состояния гидротехнических

- сооружений методами неразрушающего контроля // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №84. С. 360-372.
65. Пригара А.М., Царев Р.И., Коноплев А.В., Пенский О.Г., Осовецкий Б.М. Инженерно-геологическая оценка гидротехнических сооружений методами неразрушающего контроля // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 348-352.
66. Пушкарева М.В., Лейбович Л.О., Чиркова А.А., Коноплев А.В. Оценка многосредового риска для здоровья населения, проживающего на территориях интенсивной нефтедобычи // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2015. № 1. С. 27-30.
67. Пьянков С.В., Осовецкий Б.М., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Систематизация материалов инженерно-геологических изысканий на основе ГИС-технологий // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-2. С. 353-356.
68. Середин В.В., Красильников П.А., Медведева Н.А., Паршина Т.Ю., Пешкова Т.А. Закономерности изменения структурных связей (электрокинетического потенциала) глинистых частиц в водном растворе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2-2.
69. Середин В.В., Красильников П.А., Чиждова В.А. Влияние вязкости поровой жидкости (углеводородов) на модуль деформации глины // Инженерная геология. 2015. № 4. С. 26-29.
70. Середин В.В., Леонович М.Ф., Красильников П.А. Прогноз фильтрации углеводородов в дисперсных грунтах при разработке нефтяных месторождений // Нефтяное хозяйство. 2015. № 5. С. 106-109.
71. Середин В.В., Язвинская М.Р., Красильников П.А. Прогноз прочностных свойств песков, загрязненных углеводородами // Инженерная геология. 2014. № 6. С. 50-55.
72. Спасский Б.А., Коноплев А.В., Красильников П.А., Наумов В.А. Геоэкологическая оценка вариантов размещения поверхностного комплекса и объектов хвостового хозяйства Талицкого ГОКа // Фундаментальные исследования. 2014. № 11-1. С. 94-98.
73. Тихонов А.И., Копылов И.С. Явление поступления глубинных вод из земных недр и их роль в развитии Земли // Вестник Пермского университета. Геология. 2014. №4(25). 43-55.
74. Чемус А.А., Красильников П.А., Пенский О.Г., Гершанок В.А., Карасева Т.В. Инженерно-геологические и геоэкологические условия прибрежной зоны Камского водохранилища, осваиваемой для строительства объектов нефтедобычи // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
75. Evolution of fracture surface morphology in rocks // V.V. Seredin, I.S. Kopylov, A.S. Khrulev, L.O. Leibovich, M.V. Pushkareva. Journal of Mining Science. 2013. T. 49 № 3. P. 409-412.
76. Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // I.S. Kopylov, O.N. Kovin, A.V. Konoplev. 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM 2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.

**И.С. Копылов, В.В. Голдырев, О.Н. Ковин**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**НАУЧНАЯ ШКОЛА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА И  
ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА «ГЕОЭКОЛОГИЯ,  
ИНЖЕНЕРНАЯ ГЕОДИНАМИКА И ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ  
БЕЗОПАСНОСТЬ»**

*Рассматривается становление научной школы Пермского государственного национального исследовательского университета и Естественнонаучного института «Геоэкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность», ее научная и научно-образовательная деятельность. Основными научными направлениями школы являются: Фундаментальные и прикладные исследования в области геоэкологии, инженерной, региональной и поисковой геологии; закономерности формирования и прогнозирования природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования; геологическая и экологическая безопасность городов и объектов инфраструктуры недропользования.*

*Ключевые слова: наука, научная школа Университета, науки о Земле, геоэкология, геодинамика, научная и образовательная деятельность.*

**I.S. Kopylov, V.V. Goldyrev, O.N. Kovin**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

**SCIENTIFIC SCHOOL OF THE PERM UNIVERSITY AND THE NATURAL  
SCIENCES INSTITUTE «GEOECOLOGY, ENGINEERING  
GEODYNAMICS AND GEOLOGICAL SAFETY»**

*The formation of scientific school at Perm State University and Natural Sciences Institute «Geoecology, engineering geodynamics and geological safety», scientific and scientific-educational activities are considered. The main scientific directions of the school are: basic and applied research in the field of Geoecology, engineering, and search of the regional Geology; the regularities of formation and forecasting of natural and technogenic geological systems in the process of subsoil use; geological and ecological safety of cities and infrastructure mining.*

*Keywords: science, scientific school of the University, geosciences, geoecology, geodynamics, scientific and educational activities.*

В сфере научной и образовательной деятельности в России и во всем мире научные школы всегда имели важное значение для последовательного развития науки в целом, получения новых знаний внутри научных дисциплин и на их стыке, формируя междисциплинарные знания, а также для сохранения

научных традиций. В настоящее время сформировано большое количество различных научных школ, преимущественно – по региональному принципу или принадлежности к определенной научной организации. Существует множество понятий термина «научная школа». Наиболее общее понятие: «научная школа – оформленная система научных взглядов, а также научное сообщество, придерживающееся этих взглядов». Анализ показывает (Г.М.Добров, С.Р. Микулинский, Н.И. Родный, М.Г. Ярошевский, С.А. Кугель, П.Б. Шелищ, В.К. Криворученко, Н.А. Куперштох и др.), что используются, в основном, три категории понятий «научная школа»: формальное объединение, научно-образовательная организация различного статуса (университет, кафедра, факультет, научно-исследовательский институт, лаборатория); исследовательский (творческий) коллектив, не обязательно имеющий формальную принадлежность к какому-либо структурному подразделению университета или научно-исследовательского института; направление в науке, объединившее интересы группы исследователей.

С 1995 г. в России действует программа поддержки ведущих научных школ. Выделение грантов Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ Российской Федерации осуществляется в соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации от 27 апреля 2005 года № 260 «О мерах по государственной поддержке молодых российских ученых – кандидатов наук и докторов наук и ведущих научных школ Российской Федерации». Ведущей научной школой Российской Федерации считается сложившийся коллектив исследователей различных возрастных групп и научной квалификации, связанных проведением исследований по общему научному направлению и объединенных совместной научной деятельностью. Указанный коллектив должен осуществлять подготовку научных кадров, иметь в своем составе руководителя, а также молодых исследователей (до 35 лет).

В ноябре 2015 г. в Пермском государственном национальном исследовательском университете и Естественнонаучном институте на базе научно-исследовательской лаборатории геологического моделирования и прогноза и кафедры инженерной геологии и охраны недр при содействии других кафедр геологического факультета была создана (зарегистрирована) **научная школа «Геозкология, инженерная геодинамика и геологическая безопасность» (НШ «ГИГГБ»).**

**Целью деятельности НШ «ГИГГБ»** является создание нового научного знания, актуального для теории и практики путем проведения фундаментальных и прикладных научных исследований; развитие научного потенциала ЕНИ ПГНИУ и Университета, обеспечение преемственности поколений в научном сообществе Университета по организации научно-исследовательской работы; развитие интеграции науки и образования, высококачественная подготовка молодых специалистов и специалистов высшей квалификации в областях естественных наук на основе интеграции научных исследований и образовательного процесса.

## Основные научные и научно-образовательные направления школы

Направление научных исследований в рамках научной школы: Фундаментальные и прикладные исследования в области геоэкологии, инженерной, региональной и поисковой геологии; закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования; геологическая и экологическая безопасность городов и объектов инфраструктуры недропользования.

Направление подготовки магистров: Инженерная геология.

Направление подготовки аспирантов: 25.00.36 – Геоэкология (науки о Земле).

**Исторические предпосылки школы.** Школа поддерживает традиции, заложенные ее основоположником – И.С. Печеркиным. **Печеркин Игорь Александрович** (1928-1991), доктор геол.-мин. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники России, основатель кафедры инженерной геологии Пермского государственного университета, автор 361 печатных работ, в том числе 9 монографий. Руководитель 22 кандидатских диссертаций. Его научные взгляды по инженерной геодинамике и другим направлениям являются фундаментальными основами школы. Значительный вклад в развитие научных представлений школы внесли: **Шимановский Леонид Андреевич** (1930-1993), доктор геол.-мин. наук, профессор (региональные гидрогеологические и неотектонические исследования; автор 300 печатных работ, в том числе 6 монографий); **Дублянский Виктор Николаевич** (1930-2012), доктор геол.-мин. наук, профессор, заслуженный деятель науки и техники Украины (геология и гидрогеология карста, изучение парагенезисов геологических процессов; автор 570 печатных работ, в том числе 30 монографий); **Быков Владимир Никифорович** (1933-2015), доктор геол.-мин. наук, профессор, заслуженный эколог России (исследования в области недропользования, геоэкологии города, нефтегазовой геологии и карстоведения; автор более 200 печатных работ, в том числе 10 монографий) (рис. 1).



*И.А.Печеркин*



*Л.А.Шимановский*



*В.Н.Дублянский*



*В.Н.Быков*

Рис. 1. Выдающиеся ученые-геологи Пермского университета, внесшие значительный вклад в развитие научных представлений НШ «ГИГБ»

Руководитель научной школы: Копылов Игорь Сергеевич, доктор геол.-мин. наук, доцент по специальности «Геоэкология», профессор кафедры инженерной геологии и охраны недр и кафедры поисков и разведки полезных ископаемых, ведущий научный сотрудник НИЛ геологического моделирования и прогноза ЕНИ ПГНИУ, член-корреспондент Российской Академии Естествознания.

Состав коллектива: 17 исследователей: 3 доктора наук, 8 кандидатов наук, 6 специалистов. Ведущие ученые школы: **Голдырев В.В.**, к.г.-м.н., зав. отдела геологии ЕНИ, доцент каф. поисков и разведки полезных ископаемых; **Караваева Т.И.**, к.г.-м.н., с.н.с., доцент каф. инженерной геологии и охраны недр; **Ковин О.Н.**, доктор философии (PhD), доцент каф. геофизики и каф. инженерной геологии и охраны недр; **Коноплев А.В.**, к.т.н., доцент, зав. НИЛ геологического моделирования и прогноза; **Костарев С.М.**, к.г.-м.н., нач. отдела мониторинга и проектирования экологической безопасности ООО "Лукойл-Инжиниринг"; **Красильников П.А.**, к.г.н., с.н.с., доцент каф. инженерной геологии и охраны недр; **Попов А.Г.**, к.г.-м.н., доцент каф. поисков и разведки полезных ископаемых; **Рогозин М.В.**, д.б.н., зав. НИЛ экологии леса ЕНИ, проф. каф. биогеоценологии и охраны природы, доцент каф. ботаники и генетики растений; **Тихонов В.П.**, к.г.-м.н., зав. отдела охраны природы ЕНИ, доцент каф. инженерной геологии и охраны недр; **Фетисов В.В.**, к.г.-м.н., зав. лаборатории гидрогеодинамического моделирования, доцент каф. динамической геологии и гидрогеологии. Специалисты: **Даль Л.И.**, эколог; **Жекин А.В.**, с.н.с. НИЛ экологии леса, Ученый секретарь ЕНИ; **Козлов С.В.**, ведущий инженер ООО "Лукойл-Инжиниринг"; **Красильникова С.А.**, инженер-исследователь; **Кустов И.В.**, н.с.; **Харитонов Т.В.**, с.н.с.

#### **Основные фундаментальные работы:**

- *Разработка концепции геологической безопасности города Перми – по контракту на НИР с департаментом планирования и развития территории администрации г. Перми (2010 г.)*
- *Разработка теории, методов и технологий выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы – по заданию Минобрнауки России (2012-2013 гг.)*
- *Закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования – по заданию Минобрнауки России (2014-2016 гг.)*

#### **Основные прикладные работы:**

- *Региональные геоэкологические, геохимические, гидрогеологические, инженерно-геологические исследования и картографирование: региональные геоэкологические и геохимические исследования территории Коми-Пермяцкого автономного округа (1998-1999 гг.); составление геоэкологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 (1998-2001 гг.); составление гидрогеологической карты Пермской области масштаба 1:500 000 на основе*

создания базы данных «Региональная гидрогеология» (2001-2002 гг.); районирование территории Пермской области по степени риска возникновения чрезвычайных ситуаций природного и природно-техногенного характера с экологическими последствиями (2002-2003 гг.); составление (обновление) серийных легенд государственных гидрогеологических карт масштаба 1:200 000 (Пермская серия) (2000-2003 гг.); создание автоматизированного рабочего места (АРМ) гидрогеолога – съемщика (2000-2003 гг.); составление карты неотектонической активности Пермской области масштаба 1:500 000 (1999-2004 гг.); составление ландшафтно-геохимической карты Пермской области масштаба 1:500 000 (1999-2004 гг.); гидрогеологическое доизучение с геоэкологическим картированием масштаба 1:200 000 листа О-40-ХV (1996-2004 гг.); инженерно-геологическое ранжирование территории Пермской области для постановки работ по геологическому изучению недр на общераспространенные полезные ископаемые (2005 г.); экологические условия промышленно-экономических районов Пермского края (2006-2007 гг.); Составление Атласа Пермского края «Геологическое строение и ресурсы недр» (2012 г.).

- *Изучение Верхнекамского месторождения калийных солей на объектах:* «Анализ фонового состояния и мониторинг окружающей природной среды Талицкого участка ВКМКС (2009-2015 гг.)»; «Геологическая интерпретация и комплексный анализ геолого-геофизических и аэрокосмогеологических материалов с целью обоснования безопасного ведения горных работ и промышленного освоения Талицкого участка ВКМКС (2011 г.)».

- *Изучение месторождений калийных солей в международных проектах:* «Подготовка исходных геологических данных для разработки ТЭО строительства горно-обогатительного комбината на базе Жилинского месторождения солей, Казахстан (2012 г.)»; «Изучение геологического строения центральной части шахтного поля рудника ДЗКУ (Узбекистан) и выявление закономерностей изменчивости содержания полезных и вредных компонентов по шахтному полю (2012 г.)»; «Анализ имеющегося геологического материала и данных дистанционного зондирования с целью выявления разрывных нарушений на шахтном поле рудника ДЗКУ, Узбекистан» (2012 г.).

- *Проведение аэрокосмогеологических нефтегазопроисковых исследований на площадях комплексного геолого-геофизического изучения:* Григорьевской площади (2011 г.); Пономаревской площади (2011 г.); Керчевской площади (2013 г.); Вишерской площади (2013 г.); Юго-Камской площади (2013 г.).

- *Проведение аэрокосмогеологических исследований на поиски золота на объектах:* «Проведение исследований по совершенствованию технологии обогащения благородных металлов на действующем производстве участка Куклянда, Енисейский край» (2012 г.); «Поисковые работы на выявление месторождений рудного золота в углеродистых терригенно-карбонатных

породах Промысловской площади Горнозаводского района Пермского края»(2012-2014 гг.).

- *Проведение аэрокосмогеологических исследований, дистанционного зондирования и геодинамического районирования в различных регионах РФ:* на Качканарском ГОК(2013 г.); для оценки карстовой опасности Пермского края и Нижегородской области (2009-2015 гг.); для оценки геодинамической опасности на магистральных нефтегазопроводах Приуралья и Западной Сибири (2009-2015 гг.), на территории Горного Алтая для выбора оптимального варианта трассы газопроводной системы «Алтай» (2014-2015 гг.).

**Общественное признание коллектива или его отдельных представителей** (премии, награды, дипломы, сертификаты): **Голдырев В.В.** – награжден Благодарственным письмом губернатора Пермского края за заслуги в педагогической и научной деятельности, подготовку высококвалифицированных специалистов и в связи со 100-летием университета; **Жекин А.В.** – награжден медалью ФНПР "100 лет профсоюзам России", почетными грамотами Пермской КТО профсоюза работников народного образования и науки РФ; **Каравалева Т.И.** – награждена дипломом лауреата конкурса университета в области геологии на лучшую научно-исследовательскую работу в 2011 г. среди молодых ученых; **Козлов С.В.** – награжден Почетной грамотой и благодарностью Министерства промышленности и энергетики Российской Федерации; почетными грамотами и благодарностями "Пермнефть", ООО "Лукойл-Пермь", присвоено звание "Ветеран труда ООО "Лукойл-Пермь"; **Коноплев А.В.** – награжден Почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации; **Копылов И.С.** – награжден дипломом лауреата конкурса университета в области геологии за лучшую научно-исследовательскую работу в 2014 г. среди ведущих ученых; грамотами подразделений Министерства Геологии СССР, Министерства природных ресурсов Российской Федерации; **Костарев С.М.** – награжден почетными грамотами и благодарностями "Пермнефть", ООО "Лукойл-Пермь", присвоено звание "Ветеран труда ООО "Лукойл-Пермь"; **Попов А.Г.** – награжден Почетной грамотой Министерства природных ресурсов Российской Федерации; **Рогозин М.В.** – награжден дипломом лауреата конкурса университета в области биологии за лучшую научно-исследовательскую работу в 2015 г. среди ведущих ученых, Почетной грамотой Министерства образования и науки Российской Федерации; **Тихонов В.П.** – награжден Почетной грамотой Министерства образования и науки Российской Федерации, грамотами Департамента АПК и продовольствия Пермского края, Администрации г. Перми; **Харитонов Т.В.** – награжден Почетной грамотой Министерства природных ресурсов Российской Федерации.

#### **Основные научные результаты последних лет:**

Научные и научно-методические публикации коллектива: более 200 в т.ч.: монографии – 16 [1-18], методические и учебные издания – 7 [17-23], статьи в рецензируемых изданиях – 80, зарубежные статьи – 10, патенты и изобретения – 6 [23-29].



Подготовка кадров высшей квалификации за последние 5 лет: 2 защиты докторских и 2 защиты кандидатских диссертаций.

За текущий год организованы и проведены международная конференция и несколько научных семинаров.

17-18 ноября 2015 г. состоялась первая международная научно-практическая конференция «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность». На конференции были обсуждены современные проблемы геологии и геоэкологии: региональной и поисковой геологии; инженерной геологии и геодинамики; экологической геологии и охраны недр, гидрогеологии, геологической безопасности городов и объектов недропользования, а также общие и вопросы по организации международных проектов. Было представлено более 50 докладов из различных регионов России - Перми, Нижнего Новгорода, Уфы, Казани, Тюмени, Сургута, Красноярска, а также Казахстана. На конференции работала секция «Студенческая наука» в рамках постоянно-действующего научно-исследовательского семинара по геологии, в которой приняли участие студенты, магистранты и аспиранты. Участникам были вручены сертификаты (рис. 2).



Доклад В.П. Тихонова



Доклад В.А. Наумова



Дипломанты конференции



Участники научно-исследовательского семинара по геофизике

Рис. 2. На первой международной научно-практической конференции «Геоэкология, инженерная геодинамика, геологическая безопасность»

В дальнейшем планируется проведение регулярных конференций с изданием сборника трудов и научного журнала.

Коллектив НШ «ГИГГБ» готов принять в свои ряды ученых и специалистов, разделяющих их научные взгляды и традиции, а также молодых исследователей и студентов, имеющих желание и стремление заниматься научно-исследовательской деятельностью.

Информация о школе размещена на официальных сайтах [30-32].

### **Библиографический список**

1. Бузмаков С.А., Костарев С.М. Техногенные изменения компонентов природной среды в нефтедобывающих районах Пермской области. Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2003. ISBN: 5-8241-0311-9.

2. Гравиметрия, магнитометрия, геоморфология и их параметрические связи: монография / М.С. Чадаев, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, И.С. Копылов, А.В. Коноплев. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2012. 91 с. ISBN 978-5-7944-1823-1.

3. Золото Верхнекамской впадины / В.А. Наумов, И.Я. Илалтдинов, Б.М. Осовецкий, В.В. Голдырев, А.Б. Макеев. Кудымкар-Пермь, 2003. 218 с. ISBN: 5-87901-080-5.

4. Караваяева Т.И., Тихонов В.П. Природно-техногенные системы: экологические перспективы использования. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 152 с. ISBN: 978-5-7944-2623-6.

5. Козлов С.В., Хряк С.Д. Добыча природного газа на территории Пермского края в вопросах и ответах. Пермь: Изд. Ай Кью Пресс. 2012. 295 с.: ил. ISBN 978-5-9903524-1-4.

6. Козлов С.В. Глубинная парадигма - альтернативная реальность генезиса углеводородов. Цикл статей к абиогенному портрету нефти. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2014. 73 с. ISBN 978-3-659-63197-9.

7. Kovin Oleg. Ground Penetrating Radar Investigations in Upper Kama Potash Mine: Mining Problems and Solutions. LAP LAMBERT Academic Publishing. 2010, pp 124.

8. Копылов И.С. Региональный ландшафтно-литогеохимический и геодинамический анализ: монография. Saarbrücken, Germany: LAP LAMBERT Academic Publishing. 2012. 152 с. ISBN 978-3-659-18421-5.

9. Копылов И.С., Коноплев А.В. Геологическое строение и ресурсы недр. С. 14-27. В книге: «Атлас Пермского края» / Коллектив авторов. Под общей редакцией А.М. Тартаковского. Пермь-Екатеринбург. 2012. 124 с.: ил. ISBN 978-5-7944-2015-9.

10. Копылов И.С. Геоэкология нефтегазоносных районов юго-запада Сибирской платформы: монография. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2013. 166 с. ISBN: 978-5-7944-2194-1.

11. Копылов И.С., Наумов В.А., Наумова О.Б., Харитонов Т.В. Золото-алмазная колыбель России. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. 131 с. ISBN: 978-5-7944-2573-4.

12. Rogozin M.V., Razin G.S. Лесные культуры Теплоуховых в имени Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели / под ред. М.В.Рогозина. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2012. 209 с. ISBN: 978-5-7944-2018-0.

13. Rogozin M.V. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания. Пермь, 2013. 200 с. ISBN: 978-5-7944-2148-4.

14. Rogozin M.V., Razin G.S. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы. Пермь, 2015. 277 с. ISBN: 978-5-7944-2534-5.

15. Rogozin M.V. Лесные экосистемы и геобиологические сети. Монография. Пермь, 2016. 171 с. ISBN: 978-5-7944-2717-2.

16. Структуры земной коры по данным гравиметрии и магнитометрии / М.С. Чадаев, В.И. Костицын, Р.Г. Ибламинов, В.А. Гершанок, Л.А. Гершанок, А.В. Коноплев. Пермь, 2014. 95 с. ISBN: 978-5-7944-2304-4.
17. Копылов И.С. Методика комплексной геохимической и мерзлотно-гидрогеологической съемки масштаба 1:200 000 применительно к условиям западной части Сибирской платформы, для районов Байкитской антеклизы и ее обрамлений. Требования и кондиции к производству полевых работ. СТП 9.03-05-009-87 «КС УКГР». Красноярск: Изд-во ПГО «Енисейнефтегазгеология», 1988. 39 с.
18. Харитонов Т.В. Алмазоносность Урала. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
19. Харитонов Т.В. Пермская медь. Обзор литературы. Аннотированный библиографический указатель. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
20. Харитонов Т.В. Медистые песчаники Пермского края. Сборник статей 1831-1928 гг. Электронное издание. Пермь, ЕНИ ПГНИУ, 2016.
21. Введение в экологический мониторинг: учебное пособие / сост.: С.А. Бузмаков, С.М. Костарев. Пермь: Перм. ун-т. 2009. 178 с. ISBN: 978-5-7944-1317-5.
22. Геоинформационные системы в геологии: учеб. метод. пособие для студентов спец. 011100 «Геология» и 011500 «Гидрогеология и инженерная геология» / сост.: А.В. Коноплев, И.В. Кустов, П.А. Красильников. Пермь: Перм. ун-т. 2007. 100 с.
23. Инженерная геодинамика: курс лекций для студ. геол. ф-та направления «Геология» / сост.: Т.И. Караваева. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2012. 183 с. ISBN: 978-5-7944-1976-4.
24. Способ биоремедиации почв и грунтов, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Ивицина И.Б., Костарев С.М., Куюкина М.С., Закишевская Л.В. Патент на изобретение RUS 2193464 14.11.2001.
25. Способ ликвидации техногенных залежей углеводородных газов в приповерхностных массивах горных пород на месторождениях углеводородов / Костарев С.М., Мерсон М.Э. Патент на изобретение RUS 2256078 24.02.2004.
26. Способ получения N-нитрометильных азолов / Степанов Р.С., Ерашов А.А., Пехотин К.В., Голубцова О.А., Круглякова Л.А., Rogozin M.B. Патент на изобретение RUS 2428418 09.03.2010.
27. Источник поперечных сейсмических колебаний / Девяткин В.А., Вахрушев А.Ф., Киселев С.Л., Растегаев А.В., Ковин О.Н. Авторское свидетельство 1276105 СССР, G 01 V 1/104.
28. Способ выделения современных геодинамически активных зон на калийном руднике / Копылов И.С., Ковин О.Н., Белкин В.В. ФГБУ Федеральная служба интеллектуальной собственности, ФИПС. Заявка на изобретение от 09.10.2015.
29. Способ выявления быстрорастущих семей ели финской (*Picea × fennica* (Regel) Kott.) на основе определения химических показателей хвои» / Rogozin M.B., Жекин А.В., Жекина Н.В., Комаров С.С. ФГБУ Федеральная служба интеллектуальной собственности, ФИПС. Заявка на изобретение от 18.02.2015.
30. Сайт научной школы: <http://georif.nethouse.ru>.
31. Сайт ПГНИУ: <http://www.psu.ru/nauka/nauchnye-shkoly/geoekologiya-inzhenernaya-geodinamika-i-geologicheskaya-bezopasnost>,
32. Сайт Российской Академии Естествознания: <http://www.famous-scientists.ru/15262>.

**О.С.Кудряшова**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ЛАБОРАТОРИЯ ГЕТЕРОГЕННЫХ РАВНОВЕСИЙ: ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА**

*В статье освещены основные научные направления и результаты исследований, выполненных сотрудниками лаборатории гетерогенных равновесий Естественнонаучного института.*

*Ключевые слова: физико-химический анализ, поликомпонентные водно-солевые и водно-органические системы, гетерогенные равновесия*

**O.S. Kudryashova**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **HETEROGENEOUS PHASE EQUILIBRIUM LABORATORY: THEORY AND PRACTICE**

*The main scientific areas and results carried out by researchers of the Heterogeneous Phase Equilibrium Laboratory of Natural Science Institute at Perm University briefly highlighted in the article.*

*Keywords: physicochemical analysis, polycomponent water-salt and water-organic system, heterogeneous phase equilibrium*



Сотрудники лаборатории гетерогенных равновесий.  
Слева направо: О.С. Кудряшова, Л.П. Филиппова,  
К.Р. Матвеева, Л.П. Чурина, С.Ф. Кудряшов (2006 г.)

Хоздоговорная группа «Чистота» создана в составе Естественнонаучного института в 1978 г. в рамках целевой научно-технической программы Минвуза РСФСР (приказ Минвуза РСФСР № 205 от 14.04.80 г.). С 1995 г. это подразделение называется «Лаборатория гетерогенных равновесий». Заведующими лабораторией в разные периоды были: С.Ф. Кудряшов, Л.П. Филиппова,

О.С. Кудряшова, К.Р. Матвеева, Н.С. Кистанова. Исследования ведутся в рамках Пермской научной школы физико-химического анализа поликомпонентных систем и научного направления «Изучение фазовых равновесий в водно-солевых, органических и смешанных водно-органических

системах при различных условиях. Теоретические основы процессов разделения веществ в энерго-, ресурсосберегающих и экологически мягких химических технологиях».

### **Конверсионные способы получения водорастворимых солей**

Из всех промышленных способов получения водорастворимых солей наиболее экологически безопасным и простым является конверсионный способ. Возможность проводить процесс конверсии солей в изогидрических условиях многократно повышает целесообразность его использования в промышленности.

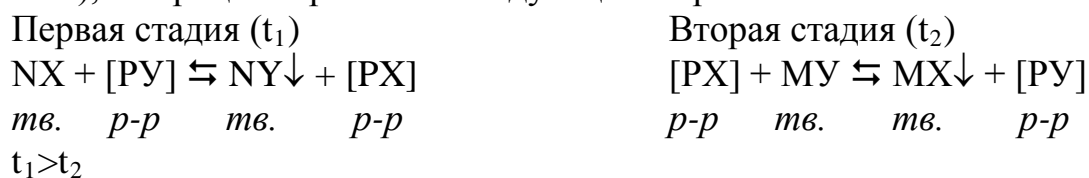
### **Изогидрические круговые процессы с участием добавочных солей [1, 2]**

Разработаны физико-химические основы круговых изогидрических процессов с участием добавочных солей применительно к системам  $M^+, N^+, P^+/X^-, Y^- - H_2O$  (I) и  $M^+, N^+/X^-, Y^-, Z^- - H_2O$  (II) с целью получения солей калия. Установлены следующие этапы разработки изогидрических циклов:

1. Изучение растворимости в трехкомпонентных системах, содержащих получаемые и перерабатываемые соли. Наличие высаливающего эффекта на изотермах растворимости указывает на возможность раздельного получения солей в изогидрических условиях.

2. Подбор добавочных солей, введение которых в процесс, позволяет осуществлять реакцию обменного разложения  $MU + NX = MX + NU$  изогидрически в две стадии. Добавочные соли должны иметь общий ион с получаемыми солям; не образовывать с ними твердых растворов и двойных соединений; обладать достаточно высокой растворимостью в воде и водно-солевых растворах при температурах процесса.

Если добавочные соли имеют с выделяемыми солями общий анион (система I), то процесс протекает следующим образом:



Если добавочные соли имеют с выделяемыми солями общий катион (система II), то протекают следующие реакции:



3. Выбор и изучение четырехкомпонентных взаимных систем в определенном температурном интервале. Компонентами систем являются: целевой продукт, одна из перерабатываемых и добавочные соли. Температурно-концентрационные параметры процесса устанавливаются путем совмещения на диаграмме растворимости различных пар изотерм с нанесенной сеткой изогидр. Образование цикла возможно в том случае, когда изоконцентраты добавочных солей пересекутся с однозначными изогидрами разных изотерм.

4. Для определения оптимальных составов оборотных растворов циклов и количеств перерабатываемых солей изучают разрезы пятикомпонентных взаимных систем I и II, проходящих через изоконцентраты добавочных солей.

5. Изучение кинетических закономерностей изогидрических циклов и оптимизации параметров процесса кристаллизации солей (время протекания, скорость охлаждения, размер кристаллов и режим дозировки солей).

Возможность получения дихромата и нитрата калия в изогидрических условиях доказана экспериментально для систем:  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+/Cl^-$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  -  $H_2O$  [3, 4];  $K^+$ ,  $Na^+/Cl^-$ ,  $CrO_4^{2-}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+/NO_3^-$ ,  $Cl^-$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $Na^+/NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$ ,  $Cl^-$  -  $H_2O$  [1];  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+/Cl^-$ ,  $CrO_4^{2-}$  -  $H_2O$  [5];  $K^+$ ,  $Na^+$ ,  $NH_4^+/Cr_2O_7^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$  -  $H_2O$ . При разработке изогидрических способов получения дихромата, хромата и нитрата калия изучена растворимость в системах:  $K^+$ ,  $NH_4^+/Cl^-$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $Na^+/CrO_4^{2-}$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $NH_4^+/NO_3^-$ ,  $Cl^-$  -  $H_2O$  [6];  $K^+$ ,  $Na^+/NO_3^-$ ,  $CO_3^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $NH_4^+/Cl^-$ ,  $CrO_4^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $K^+$ ,  $NH_4^+/Cr_2O_7^{2-}$ ,  $SO_4^{2-}$  -  $H_2O$ ;  $Na^+$ ,  $NH_4^+/Cl^-$ ,  $Cr_2O_7^{2-}$  -  $H_2O$  [7],  $NaCl - NH_4Cl - KCl - H_2O$  [8, 9];  $Na_2Cr_2O_7 - (NH_4)_2Cr_2O_7 - K_2Cr_2O_7 - H_2O$  [10];  $NaNO_3 - NH_4NO_3 - KNO_3 - H_2O$  [11] в интервале температур 5-75°C.

Экологических и экономических преимуществ изогидрических циклов в сравнении с известными способами получения водорастворимых солей приводят к экономии энергоресурсов и воды для промышленных нужд:

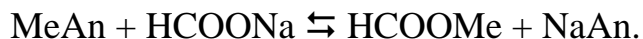
- исключается стадия упаривания солевых растворов;
- максимальная температура циклов не превышает 75°C;
- условия осуществления цикла близки к изотермическим;
- повышается степень переработки сырья и выход целевого продукта.

Сравнительный анализ параметров изогидрических циклов с показателями производственных процессов доказывает целесообразность их использования в промышленности. Новый способ прошел апробацию в заводских условиях.

#### ***Получение нитратов и формиатов калия и кальция***

Разработаны конверсионные способы получения нитратов калия или кальция и хлорида магния из хлоридов калия или кальция и нитрата магния [12-16]. Температурно-концентрационные параметры процессов установлены на основании диаграмм растворимости систем  $CaCl_2 + Mg(NO_3)_2 \rightleftharpoons Ca(NO_3)_2 + MgCl_2 - H_2O$ ,  $2KCl + Mg(NO_3)_2 \rightleftharpoons 2KNO_3 + MgCl_2 - H_2O$  и  $2KCl + Ca(NO_3)_2 \rightleftharpoons 2KNO_3 + CaCl_2 - H_2O$ , изученных при 15, 25 и 50°C. Проведенный укрупненный лабораторный эксперимент показал возможность получения нитрата калия не только из чистых солей, но из галургического и флотационного хлорида калия, а также из отходов магниевоего производства, содержащих хлориды калия, натрия, кальция и магния.

Развиваются перспективные исследования процессов конверсии солей в системах, содержащих формиат натрия, с целью получения формиатов щелочных и щелочноземельных металлов по реакции обменного разложения:





В качестве второго сырьевого компонента использованы водорастворимые соли калия или кальция. Впервые изучена растворимость в четырехкомпонентных системах  $K_2CO_3 + HCOONa \rightleftharpoons HCOOK + Na_2CO_3 - H_2O$ ,  $KHCO_3 + HCOONa \rightleftharpoons HCOOK + NaHCO_3 - H_2O$ ,  $K_2SO_4 + HCOONa \rightleftharpoons HCOOK + Na_2SO_4 - H_2O$  и  $2HCOONa + CaCl_2 \rightleftharpoons (HCOO)_2Ca + 2NaCl - H_2O$  при 25°C [17, 18]. Полученные экспериментальные данные позволили сделать вывод о принципиальной возможности получения формиатов калия и кальция.

### *Разработка жидких средств различного назначения*



С.Ф.Кудряшов

В 1978 году директор Естественнонаучного института к.х.н., доцент С.Ф.Кудряшов впервые предложил использовать фазовые диаграммы поликомпонентных систем для разработки и оптимизации составов жидких средств различного назначения [19, 20]. Систематизация отечественных и зарубежных жидких очищающих композиций позволила выявить общие закономерности и принципы их разработки. Исходя из этого, предложены модельные условно четырехкомпонентные системы: ПАВ<sub>1</sub> – ПАВ<sub>2</sub> – смешанный растворитель – активная добавка (бытовые средства) и ОР<sub>1</sub> – ОР<sub>2</sub> – ПАВ – вода

(технические средства, ОР – органический растворитель). Изучение растворимости, физико-химических и функциональных свойств в таких системах позволяет находить оптимальные жидкие композиции по заранее заданным параметрам.

Разработан и апробирован новый метод создания жидких средств различного назначения, включающий следующие этапы:

1. Изучение растворимости в поликомпонентных водно-органических системах, содержащих вещества, перечень которых зависит от назначения средства.
2. Исследование физико-химических и функциональных свойств смесей в гомогенной области систем. Методология эксперимента впервые реализована на базе разработанной компьютерной программы Optimum [21].
3. Анализ уравнений, описывающих зависимость состав – свойство и графических отображений изолиний свойств.
4. Выбор композиции с оптимальными или заранее заданными физико-химическими и функциональными свойствами.

Практическое использование метода показано на примере разработки технического очищающего средства (разрез четырехкомпонентной системы ПАВ «Прогресс» – (40% скипидар + 60% изопропиловый спирт) – вода) и дезинфицирующего средства (система Perlastan AL-30 – «Вилагин» – вода) [22, 23]. В программе Optimum математическая модель системы строится на

основании симплекс-решетчатых планов Шеффе. Они наиболее просто реализуются при исследовании свойств внутри треугольника, поэтому для упрощения исследования из гомогенной области вырезается локальный треугольник (рис. 1).

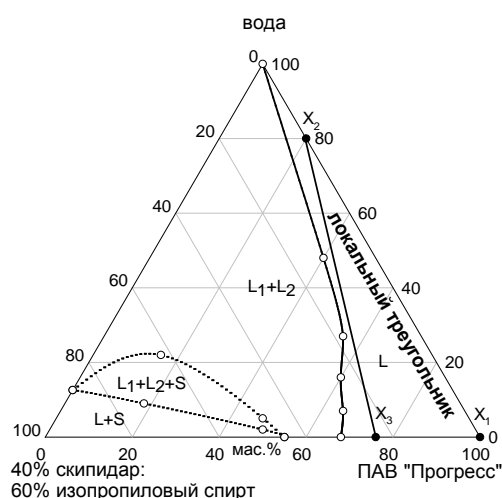


Рис. 1. Разрез ПАВ «Прогресс» – (40% скипидар + 60% изопропиловый спирт) – вода

Вершины локального треугольника имеют координаты (% «Прогресс»; % вода; % смесь органических растворителей):  $X_1$  (100; 0; 0);  $X_2$  (20; 80; 0);  $X_3$  (76; 0; 24). Для проверки адекватности математических моделей реальным условиям исследованы отклики в контрольных точках (табл. 1, 2).

Таблица 1

Контрольные точки для моющей способности. ( $t_{0,05;4}=2,78^*$ )

№	1	2	3	4
$X_1$	0,2	0,5	0,4	0,3
$X_2$	0,2	0,125	0,15	0,175
$X_3$	0,6	0,375	0,45	0,525
МС <sub>практич</sub>	92,14	84,37	85,66	87,19
МС <sub>теор</sub>	89,03	88,62	91,26	90,27
$\Delta$ МС	3,11	4,25	5,60	3,08
$t^{**}$	0,38	0,52	0,68	0,38

Таблица 2

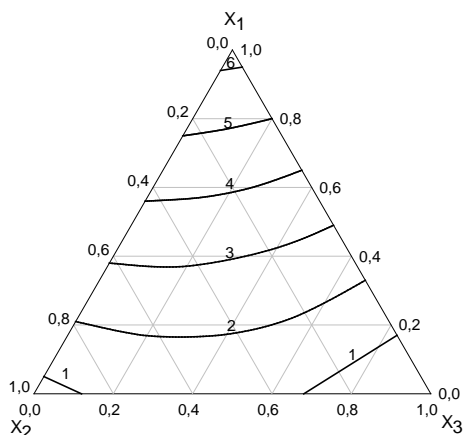
Контрольные точки для плотности, вязкости и температуры вспышки в закрытом тигле. ( $t_{0,05;7}=2,37^*$ )

№	1	2	3	4	5	6	7
$X_1$	0,33	0,66	0,66	0,33	0	0	0,33
$X_2$	0	0	0,33	0,66	0,66	0,33	0,33
$X_3$	0,66	0,33	0	0	0,33	0,66	0,33
$\rho_{\text{практич}}$	1,0378	1,0594	1,0618	1,0409	1,0217	1,0168	1,0388
$\rho_{\text{теор}}$	1,0329	1,0572	1,0627	1,0412	1,0246	1,0218	1,0416
$\Delta\rho$	0,0049	0,0022	0,0009	0,0003	0,0029	0,0050	0,0028
$t^{**}$	0,05	0,02	0,01	0,003	0,03	0,05	0,03
$\eta_{\text{практич}}$	7,5012	9,0864	4,7150	1,7127	3,0188	5,1235	5,1138
$\eta_{\text{теор}}$	7,5537	9,2762	4,3475	1,1136	3,4016	4,9130	4,6546
$\Delta\eta$	0,0525	0,1898	0,3675	0,5991	0,3828	0,2105	0,4592
$t^{**}$	0,08	0,3	0,56	0,91	0,58	0,32	0,70
$t_{\text{всп (практ)}}$	37	40	74	87	62	31	46
$t_{\text{всп (теор)}}$	40	26	80	91	52	27	49
$\Delta t_{\text{всп}}$	3	14	6	4	10	4	3
$t^{**}$	0,46	2,15	0,92	0,61	1,53	0,61	0,46

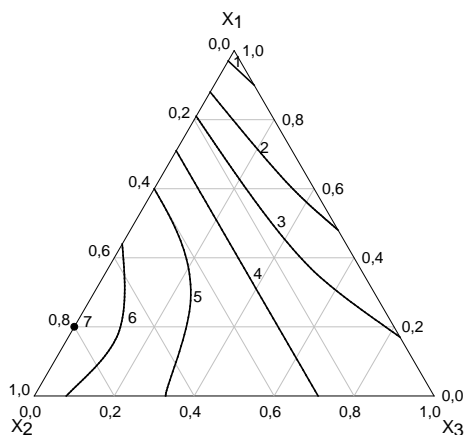
\*-критическое значение критерия Стьюдента; \*\*-вычисленное значение критерия Стьюдента



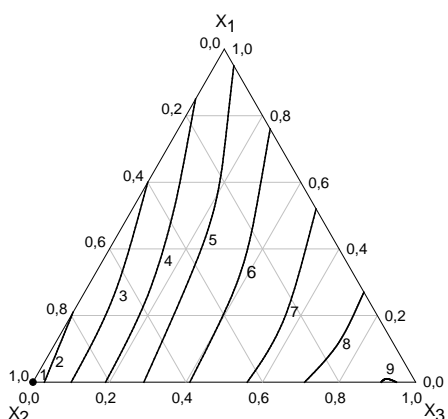
На рис. 2 представлено графическое изображение локальных треугольников с изолиниями параметров, построенное в программе Optimum. Определена концентрационная область (%): ПАВ «Прогресс» – 20,0 - 78,2; смесь ОР – 0-6,3; вода – 19,7 - 80,0; в которой температура вспышки смесей выше 60°C (категория пожароопасности помещений В) и моющая способности выше 90%. Разработанные композиции прошли апробацию в промышленных условиях.



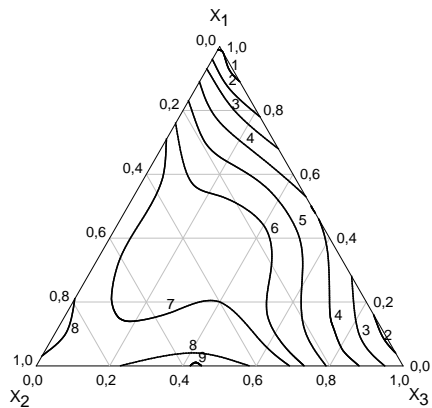
**а**



**б**



**в**



**г**

**а** – плотность, г/см<sup>3</sup>: 1 – 1,0215, 2 – 1,0330, 3 – 1,0445, 4 – 1,0560, 5 – 1,0676, 6 – 1,0791; **б** – вязкость, мПа·с: 1 – 10,9500, 2 – 8,2693, 3 – 6,6609, 4 – 5,0525, 5 – 3,4441, 6 – 1,8356, 7 – 0,7634; **в** – температура вспышки в закрытом тигле, °С: 1 – 98, 2 – 94, 3 – 82, 4 – 69, 5 – 57, 6 – 45, 7 – 33, 8 – 25, 9 – 21; **г** – моющая способность, %: 1 – 68,00, 2 – 72,74, 3 – 77,48, 4 – 82,22, 5 – 86,96, 6 – 90,12, 7 – 91,70, 8 – 94,87, 9 – 96,45.

Рис. 2. Локальный треугольник разреза ПАВ «Прогресс» – (40% скипидар + 60% изопропиловый спирт) – вода с изолиниями свойств

С целью получения водных растворов, содержащих «Вилагин» и пригодных для обеззараживания поверхностей, впервые изучена растворимость в условно трехкомпонентных системах ПАВ – «Вилагин» – вода. Вершины локального треугольника системы Perlastan AL-30 – «Вилагин» – вода (рис. 3) имеют координаты (% ПАВ; % вода; % «Вилагин»):  $X_1$  (75; 0; 25),  $X_2$  (28,5; 66,5; 5),  $X_3$  (95; 0; 5). В качестве функционального свойства изучена бактерицидная способность составов (количество колоний *E. coli*, 1257,

оставшихся после обеззараживания). Проверка полученных математических моделей в контрольных точках подтвердили их адекватность (табл. 3).

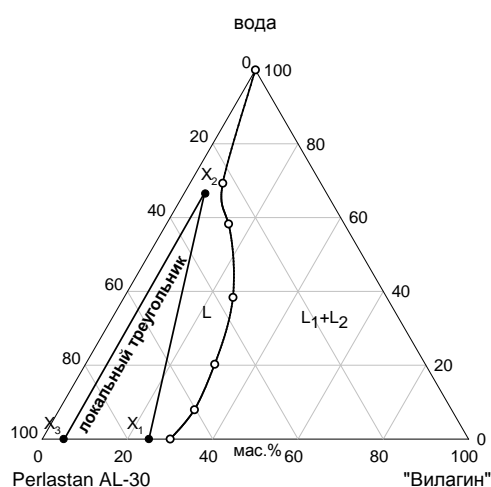
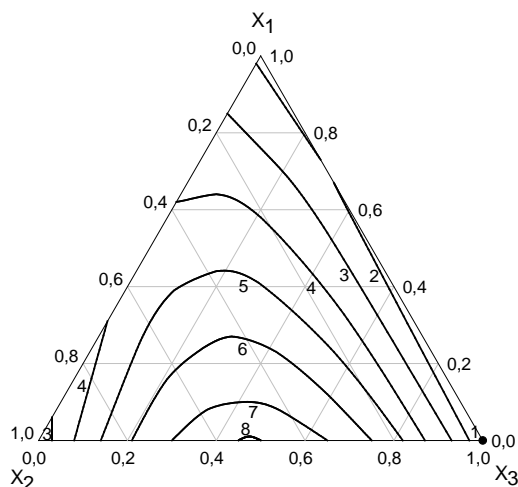


Рис. 3. Изотерма растворимости системы Perlastan AL-30 – «Вилагин» – вода при 25°С



КОЕ: 1 – 1, 2 – 12, 3 – 30, 4 – 47, 5 – 64, 6 – 81, 7 – 99, 8 – 110;

Рис. 4. Локальный треугольник системы Perlastan AL-30– «Вилагин» – вода

Таблица 3

Контрольные точки. ( $t_{0,05;7}=2,37^*$ )

№	1	2	3	4	5	6	7
$X_1$	0,33	0,66	0,66	0,33	0	0	0,33
$X_2$	0	0	0,33	0,66	0,66	0,33	0,33
$X_3$	0,66	0,33	0	0	0,33	0,66	0,33
КОЕ <sub>практич</sub>	10	15	50	55	110	90	80
КОЕ <sub>теор</sub>	8	11	44	47	100	94	71
$\Delta$ КОЕ*	2	4	6	8	10	4	9
$t^{**}$	1,96	1,28	0,64	0,85	0,56	0,24	0,52

Полученная зависимость бактерицидной способности от соотношения компонентов (рис. 4.) позволила выбрать смеси, обладающие максимальной активностью (степень обеззараживания 99,99%): Perlastan AL-30 – 89,1–95,0%; «Вилагин» - 5-10,9%; вода – 0-1,6%.

Многолетние исследования убедительно доказали, что разработанный метод позволяет создавать жидкие композиции с оптимальными или заранее заданными функциональными и физико-химическими свойствами и эффективно использовать сырье. Появляется возможность взаимозамены компонентов с сохранением свойств средства. Всего исследовано более 150 условно тройных и 20 условно четырехкомпонентных систем. Метод апробирован при разработке моющих, дезинфицирующих и дезактивирующих средств, тяжелых жидкостей для нефтяной промышленности.

#### **Экстракционные системы**

С начала 2000-х годов по инициативе д.х.н. А.Е.Леснова начались исследования экстракционных систем ПАВ – высаливатель – вода.

Установлено, что жидкофазные гетерогенные смеси образуются в водной среде при сочетании компонентов, указанных в табл. 4. К настоящему времени подробно изучены фазовые и экстракционные равновесия в системах с синтамидом-5, синтанолами (неионогенные ПАВ), оксифосом Б (анионогенный ПАВ) и катамином АБ (катионогенный ПАВ) [24-29].

Таблица 4

Компоненты расслаивающихся систем ПАВ – высаливатель – вода

ПАВ	Высаливатель
Синтанол ДС-10	KSCN, NaNO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> F, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , KHCO <sub>3</sub>
Синтанол АЛМ-10	KSCN, NaNO <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> F, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub>
Оксифос Б	NaCl, AlCl <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> F, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , LiBr*, MgSO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , и кислотами HClO <sub>4</sub> , HCl, H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HNO <sub>3</sub>
Триэтаноламиновые соли алкилсульфатов	NH <sub>4</sub> F, NaNO <sub>3</sub> , LiBr*
ПАВ «Прогресс»	LiCl*, LiBr*, NaNO <sub>3</sub> *, NH <sub>4</sub> F*, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> *, NH <sub>4</sub> Cl*
Алкилсульфонат	LiCl*, LiBr*, KSCN*, KHCO <sub>3</sub> *, NH <sub>4</sub> F*, NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> *, NH <sub>4</sub> Cl*
Синтамид-5	(NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , KHSO <sub>4</sub> , ZnSO <sub>4</sub> , MgSO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , LiCl*, NH <sub>4</sub> Cl, NaCl, AlCl <sub>3</sub> , CaCl <sub>2</sub> , KCl, LiBr*, NaBr*, KBr, NH <sub>4</sub> F*, NaF, LiNO <sub>3</sub> , KNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , KHCO <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , CH <sub>3</sub> COONa, CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> *, KSCN, NH <sub>4</sub> SCN
Катамин АБ	NH <sub>4</sub> Cl, KCl, LiCl, NaCl, CaCl <sub>2</sub> , AlCl <sub>3</sub> , LiNO <sub>3</sub> , KNO <sub>3</sub> , NaNO <sub>3</sub> , NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> , Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> , Al(NO <sub>3</sub> ) <sub>3</sub> , (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Al <sub>2</sub> (SO <sub>4</sub> ) <sub>3</sub> , Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , K <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> , KHCO <sub>3</sub> , NaBr, (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub> , NH <sub>4</sub> F

\*- в системе образуется стабильная эмульсия в верхнем или нижнем слое.

В качестве примера приведены результаты исследования систем оксифос Б – неорганический высаливатель – вода. Практически все диаграммы растворимости имеют схожую топологию (рис. 5). Граница области расслаивания находится достаточно близко к водной вершине треугольника, что позволяет проводить экстракцию в разбавленных растворах. По величине площади области расслаивания, оценена высаливающая способность солей, которая снижается в ряду: AlCl<sub>3</sub> ≥ Al(NO<sub>3</sub>)<sub>3</sub> ≥ Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> > NH<sub>4</sub>F > (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > Li<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> > MgSO<sub>4</sub> > NaCl.

Изучено влияние неорганических кислот (HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), растворов аммиака и гидроксида натрия на процесс расслаивания. В системы с солями одновалентных металлов расслаивание сохраняется в более широком интервале кислотности: от 4 моль/л HCl (6 моль/л H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) до >3 моль/л NH<sub>3</sub>. В системах вода – оксифос Б – соль алюминия расслаивание существует в интервале кислотности от 7 моль/л концентрации хлороводородной кислоты до нейтральной.

Сформулированы основные требования к составу, который может быть использован для экстракции:

- соотношения компонентов должны обеспечивать высокую степень концентрирования при минимальном содержании ПАВ и высаливателя;

- быстрое установление равновесия;
- сохранение расслаивания в кислых и щелочных средах;
- прозрачность фаз (для фотометрических методов анализа).

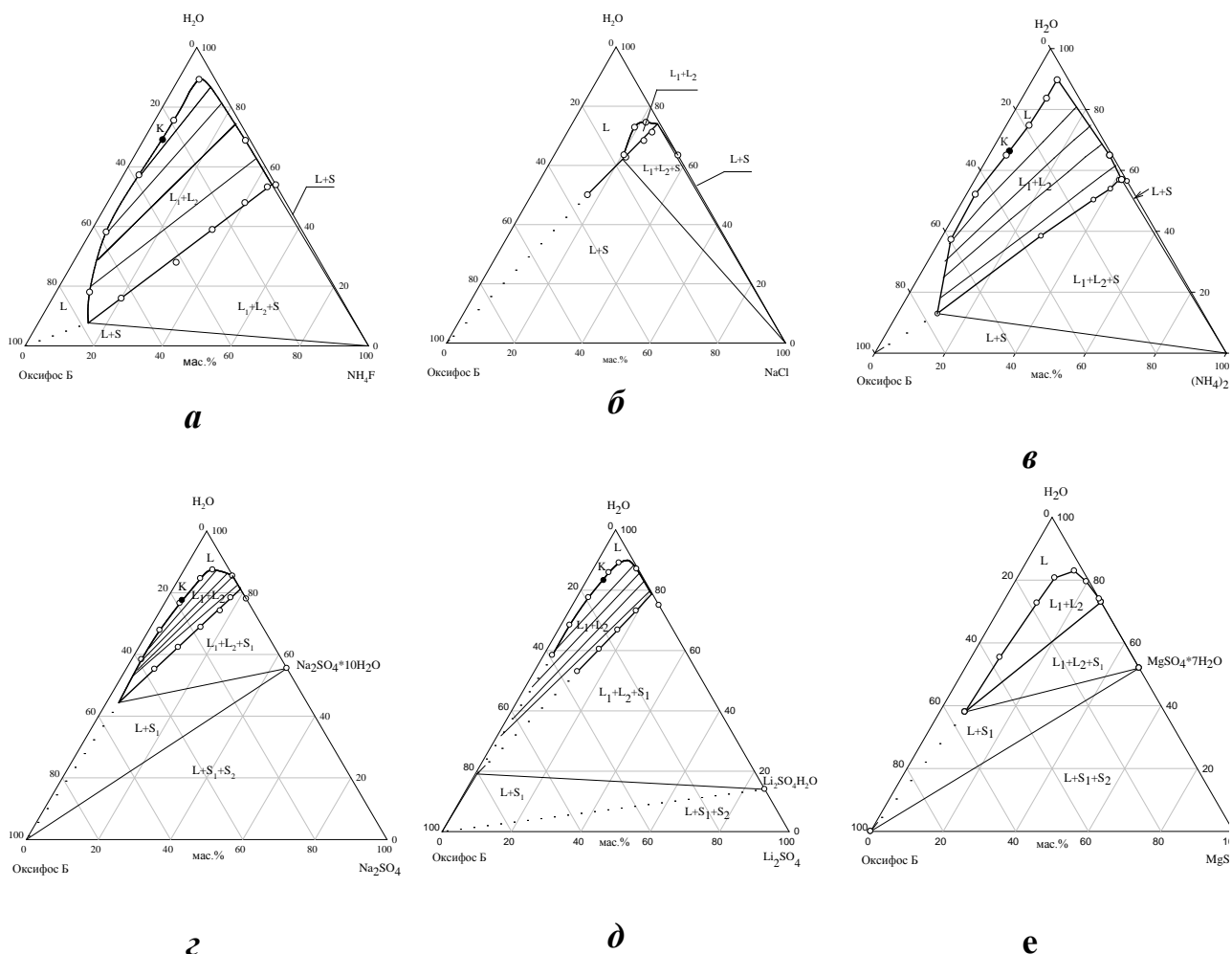


Рис. 5. Изотермы растворимости систем оксифос Б – неорганическая соль – вода при 25°C

Экспериментально доказано, что системы с ПАВ можно использовать для экстракции ионов металлов и органических веществ (фотометрические реагенты, фенолы). Многообразие промышленно выпускаемых ПАВ и неорганических высаливателей значительно расширяет круг эффективных экстракционных систем, не содержащих токсичных или пожароопасных компонентов.

### *Кристаллизации многоатомных спиртов из водно-органических смесей*

Многоатомные спирты – пентаэритрит (ПЭ), дипентаэритрит (ДПЭ) и неопентилгликоль (НПГ) широко используются в производстве синтетических масел, алкидных и эпоксидных смол, лаков, ПАВ, фармацевтических препаратов, пластификаторов. Основной проблемой технологии органических многоатомных спиртов является выделение целевого продукта из реакционной смеси. С целью создания физико-химических основ процессов кристаллизации спиртов из водно-органических смесей изучена растворимость в системах

спирт (ПЭ, ДПЭ, НПП) – формиат натрия (ФН) – технологические примеси (ТП) – вода в широком интервале температур [30-35]. Установлены оптимальные температурно-концентрационные параметры процессов извлечения многоатомных спиртов. Апробация разработанных способов в полупромышленных условиях показала их эффективность. В качестве примера приведены результаты исследования процессов выделения ДПЭ и НПП.

Изучены четырехкомпонентные системы: ПЭ – ДПЭ – ФН – вода при 75, 90 и 100°C; ПЭ – ДПЭ – ФН – водно-органическая смесь M<sub>1</sub> при 75 и 90°C; ПЭ – ДПЭ – ФН – водно-органическая смесь M<sub>5</sub> при 25, 50 и 75°C. M представляют собой водно-органические смеси (технологические растворы производства пентаэритрита) различного состава. Предложены и апробированы способы выделения ДПЭ: изотермическое упаривание насыщенных ДПЭ растворов и высаливание ФН.

При разработке физико-химических основ способов выделения НПП рассматривались процессы экстракции и кристаллизации. Кристаллизация является наиболее предпочтительным способом извлечения НПП из продуктов синтеза, так как она предполагает более простое аппаратное оформление и исключает использование токсичных экстрагентов. Изучение систем НПП – ФН – вода (реакционная смесь) показало принципиальную возможность осуществления процесса кристаллизации НПП (рис. 6).

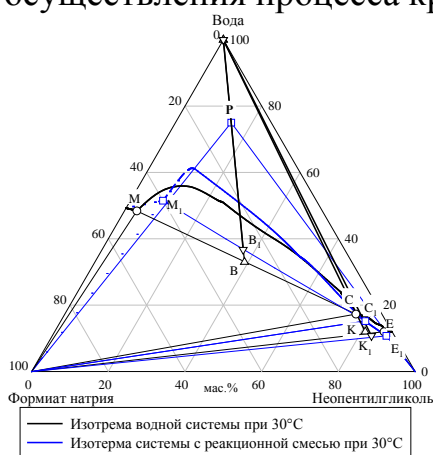


Рис. 6. Проекция разреза НПП – ФН – реакция смесь на грань тетраэдра НПП – ФН – вода при 30°C

Однако физико-химические свойства этих систем таковы, что получаемый продукт содержит более 1 мас.% ФН, что сужает область его дальнейшего использования. Один из путей усовершенствования процесса: введение в систему высаливателя ФН – метанола.

На основании данных по растворимости в четырехкомпонентных системах НПП – ФН – метанол – вода (реакционная смесь) проведена оптимизация процесса кристаллизации НПП. Теоретический выход целевого продукта в водной системе составил 86,8% и 69,3% в системе с реакционной смесью. Анализ

экспериментальных данных подтвердил целесообразность использования метанола в качестве высаливателя для ФН. Минимальная концентрация метанола для максимального высаливания ФН в системе с реакционной смесью составляет 2-4 мас.% при этом содержание ФН менее 0,5 мас.%. На основании выполненных исследований предложена принципиальная схема получения НПП и ФН путем кристаллизации продуктов.

### **Библиографический список**

1. Кудряшова О.С. Изогидрические процессы в водно-солевых системах. Дис. ... докт. хим. н. Пермь, 1998.

2. Кудряшова О.С. Круговые изогидрические процессы получения водорастворимых солей калия. Пермь: Перм. ун-т. 2013. 120 с.
3. Кудряшов С.Ф. Растворимость в четырехкомпонентной взаимной системе хлорид калия – бихромат аммония – вода. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 1965.
4. Васянин А.Н. Моделирование фазовых равновесий в системе  $M, N, P // X, Y - H_2O$ . Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2002.
5. Фролова С.И. Исследование реакций обменного разложения в системе  $K^+, Na^+, NH_4^+ / CrO_4^{2-}, Cl^- - H_2O$  с учетом промежуточных солей. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 1974.
6. Kudryashova O.S., Filippova L.P., Kudryashov S.F. at all. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 1996. Vol. 41. № 9. pp. 1474-1488.
7. Vasyanin A.N., Kudryashova O.S., Kudryashov S.F. at all. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2006. Vol. 51, № 1. pp. 131-142.
8. Kudryashova O.S., Kudryashov S.F., Malinina L.N. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2009. Vol. 54, № 10. pp. 1664-1668.
9. Kudryashova O.S., Kistanova N.S. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*, 2015, Vol. 60, № 4. pp. 449-453.
10. Kudryashov S.F., Kudryashova O.S., Filippova L.P. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2010. Vol. 55, № 4. pp. 594-601.
11. Kudryashova O.S., Kataev A.V., Malinina L.N. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2015. Vol. 60, № 3. pp. 355-361.
12. Матвеева К.Р. Фазовые равновесия и конверсия солей в системах, содержащих нитраты и хлориды калия, кальция и магния. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2010.
13. Matveeva K.R., Kudryashova O.S. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2009. Vol. 54, № 12. pp. 1998-2001.
14. Matveeva K.R., Kudryashova O.S. // *Russian Journal of Inorganic Chemistry*. 2009. Vol. 54, № 7. pp. 1139-1143.
15. Кудряшова О.С., Матвеева К.Р., Иваницкий А.И. и др. (2010), Способ получения нитрата калия и хлорида магния из хлорида калия и нитрата магния, РФ, Пат. 2393117.
16. Кудряшова О.С., Матвеева К.Р., Иваницкий А.И. и др. (2010), Способ получения хлорида магния и нитрата кальция в замкнутом цикле, РФ, Пат. 2393118.
17. Кудряшова О.С., Матвеева К.Р., Бабченко Н.А. // *Современные проблемы науки и образования*. 2012. № 5; URL: <http://www.science-education.ru/105-7301> (дата обращения: 08.07.2013).
18. Кудряшова О.С., Матвеева К.Р. и др. // *Башкирский химический журнал*. 2012. № 3. С. 29-31.
19. Разработка физико-химических и биологических основ создания товаров бытовой химии: Отчет о НИР, Естественнонаучный институт при Пермском государственном университете; руководитель С. Ф. Кудряшов. №ГР 79054893; Инв. №Б779379. Пермь; 1978. 273 с.; Инв. №Б861519. Пермь; 1980. 236 с.; Инв. №02825053506. Пермь; 1981. 260 с.; Инв. №02840083690. Пермь; 1983. 310 с.; Инв. №02850082453. Пермь; 1984. 160 с.; Инв. №02860039553. Пермь; 1985. 219 с.
20. Разработка и исследование водно-органических композиций для обезжиривания и поверхностной обработки металлических и углесодержащих материалов: Отчет о НИР, Естественнонаучный институт при Пермском государственном университете; руководитель Л. П. Филиппова. №ГР 01860079158; Инв. №02870014419. Пермь; 1998, 28 с.; Инв. №02900020991. Пермь; 1989. 37 с.; Инв. №02910009542. Пермь; 1990. 28 с.
21. Крутихин Е.В., Кудряшова О.С., Белозерова Т.С. Компьютерная программа. Расчет математических моделей поверхностных свойств для 3-х и 4-х компонентных систем Optimit. Св-во об отраслевой регистрации № 8421 от 30.05.07 г., Св-во о гос. регистрации № 50200701160 от 01.06.07 г.
22. Krutikhin E.V., Kudryashova O.S. // *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2009. Vol. 43, № 5. pp. 758-763.

23. Крутихин Е.В. Физико-химические основы создания жидких очищающих средств. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2009.
24. Головкина А.В. Фазовые и экстракционные равновесия в системах синтамид-5 – высаливатель – вода. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2011.
25. Останина Н.Н. Фазовые и экстракционные равновесия в системах вода – оксифос Б – высаливатель. Дис. ... канд. хим. н. Саратов, 2013.
26. Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Денисова С.А. и др., (2008), Экстрагент для выделения ионов металлов из водных растворов, РФ, Пат. № 2333028.
27. Кудряшова О.С., Денисова С.А., Леснов А.Е. и др., (2008), Способ экстракционного выделения ионов кобальта из водных растворов, РФ, Пат. № 2336113.
28. Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Денисова С.А. и др., (2009), Экстракционная система для выделения ионов циркония их водных растворов, РФ, Пат. № 2350671.
29. Леснов А.Е., Кудряшова О.С., Денисова С.А. и др., (2011), Экстракционная система для извлечения ионов таллия (III) из водных растворов, РФ, Пат. № 2413563.
30. Самохвалов И.И. Физико-химические основы процесса извлечения дипентаэритрита из водно-органических смесей. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2011.
31. Самохвалов И.И., Авраменко Э.В., Бибакова Т.А. и др. (2010) Способ переработки технического пентаэритрито-формиатного маточного раствора, РФ, Пат. № 2440168.
32. Kotelnikova M.V., Kudryashova O.S. // Russian Journal of Physical Chemistry A. 2006. Vol. 80, № 11. pp. 1780-1785.
33. Котельникова М.В. Физико-химические основы процессов извлечения неопентилгликоля из водно-органических смесей. Дис. ... канд. хим. н. Пермь, 2010.
34. Котельникова М.В., Кудряшова О.С., Кудрявцев П.Г., (2007), Способ разделения многоатомных спиртов, например, неопентилгликоля и формиата натрия, РФ, Пат. № 2340590.
35. O.S. Kudryashova, P.G. Kudryavtsev, M.V. Kotelnikova // Journal «Scientific Israel - Technological Advantages». 2015. Vol.17, № 2. pp. 85-121.

**О.Ю. Мещерякова**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**НИКОЛАЙ ГЕОРГИЕВИЧ МАКСИМОВИЧ – ЗАСЛУЖЕННЫЙ  
ЭКОЛОГ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

*В статье представлены краткие биографические данные, основные направления деятельности и перечень наиболее значимых публикаций Николая Георгиевича Максимовича, заместителя директора Естественнонаучного института Пермского государственного национального исследовательского университета.*

*Ключевые слова: Н.Г. Максимович, геология, экология, охрана окружающей среды, ЕНИ ПГНИУ*

**O.Yu. Meshcheryakova**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

**NIKOLAY G. MAKSIMOVICH - HONOURED ECOLOGIST OF RUSSIAN  
FEDERATION**

*The article presents a brief biography, the main activities and a list of the most significant publications of Nikolay G. Maksimovich, deputy director of the Institute of Natural Sciences of Perm State National Research University.*

*Keywords: N.G. Maksimovich, geology, ecology, environmental protection, ENI PSNRU*

Почти 40 лет трудовой деятельности связывают Николая Георгиевича Максимовича, заместителя директора по научной работе, с Естественнонаучным институтом ПГНИУ. Имея базовое геологическое образование (в 1978 г. окончил геологический факультет МГУ) и занимаясь проблемами инженерной геологии, гидрогеологии и карстоведения, он большое внимание уделяет экологическим аспектам решаемых задач.

При его непосредственном участии в Институте создана эффективная система организации работ по актуальным комплексным экологическим проблемам, рациональному природопользованию Пермского края и стран СНГ.

Под его руководством и при непосредственном участии за последние годы особо активизировались работы по обеспечению экологической безопасности окружающей среды при уничтожении химического оружия, испытании и утилизации ракетных двигателей, добычи и переработки нефти, разработке месторождений угля, калийных солей, золота и алмазов, особо охраняемых природных территорий. Расширилась и география работ института: кроме Пермского края, проекты реализованы на территории 9 субъектов РФ, а



также Беларуси, Казахстана, Таджикистана и Туркменистана, и выполнены более чем для 100 предприятий.

Одно из приоритетных направлений деятельности Максимовича Н. Г. – обеспечение работ по ликвидации природных и техногенных катастроф. В течение последних 10 лет под его руководством ведутся работы по снижению загрязнения нефтепродуктами подземных вод на Полазненском месторождении нефти и в Осенцовском промышленном узле Пермского края на основе разработанной и запатентованной инновационной технологии с применением микробиологической обработки подземных вод и методов откачки без извлечения загрязненных вод на поверхность.

В 2006 г. под его руководством проведены расчеты зоны катастрофического затопления в случае гидродинамической аварии на Камской ГЭС, результаты которых стали обязательными для разработки градостроительной документации в Пермском крае. В результате уточненных расчетов зона затопления сократилась почти в 2 раза, что позволило построить в Камской долине г. Перми социально значимые объекты. В настоящее время в связи с проблемами обеспечения безопасности крупной земляной плотины под руководством Н. Г. Максимовича проводится разработка методов подавления негативных микробиологических процессов, снижающих ее устойчивость.

При непосредственном его участии в 2006-2009 годах в районе Сангтудинской ГЭС (Республика Таджикистан) проведены работы, позволившие предотвратить риск развития карстовых процессов и обеспечить безаварийную работу плотины, построенной на растворимых породах, а также проведена оценка карстоопасности при выборе площадок для строительства атомных электростанции Республики Беларусь.

С 2005 г. Максимовичем Н. Г. ведутся работы по снижению экологической нагрузки при добыче калийных солей, результаты которых внедрены на действующих и строящихся предприятиях ОАО «Уралкалий», МХК «Еврохим» и ЗАО «Верхнекамская компания»: проведена корректировка проектной документации строящихся объектов, разработаны Программы мониторинга состояния окружающей среды для данных предприятий, утвержденные Управлением Федерального агентства РФ по недропользованию по Пермскому краю, что позволяет государственным органам осуществлять контроль при разработке месторождений, принимать своевременные меры при ухудшении экологической обстановки.

С 2005 г. им осуществляются работы по снижению экологических рисков при функционировании сложных производственных комплексов химической, нефтехимической и оборонной промышленности Пермского и Хабаровского краев, Ханты-Мансийского автономного округа. В результате анализа данных о состоянии окружающей среды проведена корректировка проектной документации, что позволило существенно снизить экологические риски.

В связи с затоплением одного из рудников ОАО «Уралкалий» по заказу Правительства Пермского края под руководством Максимовича Н. Г. с 2007 г. ведутся работы по ликвидации экологических последствий снижения уровня

воды Нижнезырянского водохранилища, разработке проекта его очистки в рамках мероприятий по организации жизнедеятельности г. Березники и сохранения биологических ресурсов. Подготовленный им проект включен в федеральную целевую программу «Развитие водохозяйственного комплекса Российской Федерации на 2012-2020 годы». По результатам опубликована монография «Малые водохранилища: экология и безопасность» [13].

Под руководством Максимовича Н. Г. проводятся работы, позволяющие обеспечить экологическую безопасность объектов по уничтожению химического оружия (г. Щучье, Курганская обл., п. Кизнер, г. Камбарка. Республика Удмуртия). В настоящее время после применения предложенных им методов полностью уничтожены запасы отравляющих веществ в г. Щучье. Органами государственного экологического мониторинга не зафиксировано отрицательного влияния на окружающую среду процесса.

В 2008-2014 годах в целях сохранения и приумножения городских лесов в г. Перми Максимовичем Н. Г. выполнен в качестве ответственного исполнителя комплекс работ «Оценка экологической ситуации в особо охраняемой природной территории местного значения «Черняевский лесопарк». На основании исследований разработано Положение, реализация которого обеспечила сохранность центральной части охраняемой территории и возможность естественного возобновления природных комплексов на периферии. Для сохранения Ординской пещеры (Пермский край), крупнейшей в мире подводной полости в гипсах, им предложено и выполнено обоснование придания ей статуса особо охраняемой природной территории регионального значения, что было юридически оформлено постановлением Правительства Пермского края.

Под его руководством в 2016 г. подготовлено экспертное заключение по экологической части проектной документации на строительство Гарлыкского горно-обогатительного комбината в Туркменистане. По решению председателя Правительства Пермского края в июне 2016 г. Николай Георгиевич утвержден руководителем рабочей группы по разработке технических решений по предотвращению и снижению негативного воздействия кислых шахтных вод Кизеловского угольного бассейна на окружающую среду Пермского края.

Также в 2016 г. Николай Георгиевич, являясь руководителем научной группы, принял участие в комплексной экспедиции по изучению уникального карстового объекта – Голубого озера в Кабардино-Балкарии, организованной Центром подводных исследований Русского географического общества.

Николай Георгиевич – автор более 480 научных работ, 14 монографий и 3 учебных пособия [2-18], 20 статей в журналах, входящих в международные базы цитирования Scopus и Web of Science. Он – составитель 1 атласа [1], обладатель 9 патентов РФ. Имеет достаточно высокий индекс Хирша – 11. Под его руководством подготовлены 3 кандидатские диссертации. Он является победителем 26 конкурсов в области экологии и рационального природопользования Министерства образования и науки РФ, Министерства

природных ресурсов РФ, РФФИ, программ сотрудничества с Федеральной службой специального строительства РФ.

Награжден медалью ордена «За заслуги перед Отечеством» II-ой степени (2004), почетной грамотой Министерства образования Российской Федерации (2003), почетным дипломом Академии наук СССР за цикл научных работ (1985), почетной грамотой Федерального агентства по науке и инновациям (2006), дважды лауреат Пермского университета (1984 и 1991), присужден нагрудный знак «Почетный работник высшего профессионального образования Российской Федерации» (2009). С 2016 г. включен в список экспертов РАН.

За вклад в охрану окружающей среды и природных ресурсов указом Президента РФ № 572 от 26 октября 2016 г. Николаю Георгиевичу Максимовичу присвоено почетное звание «Заслуженный эколог Российской Федерации». Коллектив Естественнонаучного института поздравляет первого в своих рядах обладателя этого высокого звания и желает дальнейших научных и профессиональных достижений.

### **Библиографический список**

1. Бузмаков С. А., Воронов Г. А., Ефимик В. Е., Зайцева Н. В., Зиновьев Е. А., Максимович Н. Г. и др. Атлас Пермского края // Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т. 2012. 124 с.: ил.
2. Быков В. Н., Максимович Н. Г., Казакевич С. В., Блинов С. М. Природные ресурсы и охрана окружающей среды: учеб. пособие / Пермь: Перм. ун-т, 2001. 108 с.
3. Ворончихина Е. А., Двинских С. А., Демидюк В. В., Зиновьев Е. А., Каменщикова В. И., Максимович Н. Г., Ощепкова А. З., Столбов В. А., Шенфельд Б. Е., Шепель А. И., Шкляева Л. С., Шкляев В. А. Экологическая ситуация в Щучанском районе Курганской области. Экологическое нормирование качества среды обитания.- М.; Курган: Изд-во Курган. Информ.-аналит. Центра по работе с населением по пробл. уничтожения химического оружия, 1999. 60 с.
4. Геолог – карствед К. А. Горбунова / Е. Г. Максимович, Н. Г. Максимович. – Пермь: Изд-во «Курсив», 2002. 240 с.
5. Георгий Алексеевич Максимович / Е. Г. Максимович, Н. Г. Максимович, В. Н. Катаев. Пермь: Изд-во «Курсив», 2004. 512 с.
6. Горбунова К. А., Максимович Н. Г. В мире карста и пещер. Пермь: Изд-во ТГУ, 1991.-120с.
7. Горбунова К. А., Андрейчук В. Н., Костарев В. П., Максимович Н. Г. Карст и Пещеры Пермской области.- Пермь, 1992. 200 с.
8. Горбунова К. А., Максимович Н. Г., Андрейчук В. Н. Техногенное воздействие на геологическую среду Пермской области. Пермь, 1990. 44 с.
9. Двинских С. А., Максимович Н. Г., Малеев К. И., Ларченко О. В. Экология лесопарковой зоны города / Под общ. ред. С. А. Двинских. СПб.: Наука, 2011. 154 с.
10. Кунгурская Ледяная пещера: опыт режимных наблюдений / Под ред. В. Н. Дублянского. Екатеринбург: УрО РАН, 2005. 376с. [Гл. 13. Отложение / Н. Е. Молоштанова, Н. Г. Максимович, В. Н. Дублянский, Б. Р. Мавлюдов, У. В. Назарова].
11. Максимович Н. Г. Безопасность плотин на растворимых породах (на примере Камской ГЭС). Избранные труды / Н. Г. Максимович. Пермь: ООО ПС «Гармония», 2006. 212 с.
12. Максимович Н. Г., Максимович Е. Г., Лавров И. А. Ординская пещера: Длиннейшая подводная пещера России. Пермь, 2006. 63 с.

13. Максимович Н. Г., Пьянков С. В. *Малые водохранилища: экология и безопасность*. Пермь: Изд-во «Раритет – Пермь», 2012. – 256 с.
14. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. *Геохимические барьеры и охрана окружающей среды*. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. 248 с.
15. *Ординская пещера. Познание. Иллюстрированный сборник статей* / В. Лягушкин, Б. Ващенко, Н. Максимович, И. Лавров, Н. Паньков, И. Шумейко, А. Климчук, Е. Рунков, [ред.-сост. Г. Чернявский]. М: Студия «4+4», 2011. 160 с., ил.
16. Пугин К. Г., Вайсман Я. И., Юшков Б. С., Максимович Н. Г. *Снижение экологической нагрузки при обращении со шлаками черной металлургии*. Пермь: Перм. гос. техн. ун-т, 2008. 315 с.
17. Суслонов В. М., Максимович Н. Г., Иванов В. Н., Шкляев В. А. *Воздействие на окружающую среду кратковременных выбросов большой мощности: учеб. пособие*. Пермь: Перм. ун-т, 2005. 126 с.
18. Чибилев А. А., Большаков В. Н., Дегтева С. В., Павлейчик В. М., Богданов В. Д., Жигальский О. А., Кадебская О. И., Кузнецова И. А., Лагунов А. В., Снитко В. П., Бахарев П. Н., Быховец Н. М., Валуйских О. Е., Долгин М. М., Дулин М. В., Железнова Г. В., Загирова С. В., Захаров А. В., Захаров В. Д., Ильиных С. И., Кириллова И. А., Колесникова А. А., Королев А. Н., Королев Ю. А., Корытин Н. С., Косолапов Д. А., Кочанов С. К., Кулакова О. И., Кулюгина Е. Е., Максимович Н. Г. и др. *Природное наследие Урала. Разработка концепции регионального атласа* / Под науч. ред. чл.-корр. РАН А.А. Чибилёва и акад. РАН В. Н. Большакова. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2012. 480 с.

**ИСТОРИЯ СОЗДАНИЯ И НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ  
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ГЕОЛОГИИ  
ОСАДОЧНЫХ И ТЕХНОГЕННЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ.  
ЧАСТЬ 1 (1988-1998 г.)**

*Показана первая часть истории создания и основные направления научных исследований группы геолого-технологических исследований до организации на ее базе лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений в период с 1988 по 1998 годы. Изложены теоретические и практические результаты работы, эволюция научных взглядов и положений.*

*Ключевые слова: золото, аллювий, техногенные процессы, техногенно-минеральные образования, комплексное освоение месторождений*

**V.A. Naumov**

Natural Sciences Institute, Perm State University

**HISTORY AND DIRECTIONS RESEARCH OF LABORATORY OF  
GEOLOGY SEDIMENTARY AND TECHNOLOGICAL DEPOSITS. PART 1  
(1988-1998 YEARS)**

*Here are presented the first part of the story of creation and the main directions of scientific research group of geological and technological research to the organization on the basis of research Laboratory of sedimentary geology and technological deposits in the period from 1988 to 1998. Shows the theoretical and practical results, evolution of scientific views and positions.*

*Keywords: gold, alluvium, anthropogenic processes, technogenic mineral formations, integrated development of deposits*

Создание научных подразделений вызвано потребностью в реализации научных идей. Их жизнестойкость и устойчивость развития зависят от лидеров и костяка коллектива исследователей, который генерирует и воплощает идеи в практику, от способности находить средства для их осуществления, от умения убедить в необходимости выполнения работ и в получении достоверных результатов научных изысканий. В этой статье основное внимание уделено истории организации лаборатории и основных путях ее начального этапа развития в период с 1988 по 1998 годы. Показаны трудности и проблемы, которые пришлось преодолеть, а также эволюция научных взглядов: от первых наблюдений, накопленного опыта к разработке новых теоретических взглядов и практических решений.

Научно-исследовательская лаборатория «Геологии осадочных и техногенных месторождений (НИЛ ГОТМ) была создана приказом директора Естественнонаучного института при Пермском государственном университете (ЕНИ при ПГУ) В.П. Бегишева в начале 2002 г. Именно к этому времени появилась необходимость создания самостоятельной НИЛ геологического профиля. В названии лаборатории были объединены основные направления предстоящей деятельности. Традиционное – изучение осадочных месторождений, по которому сотрудники лаборатории имели опыт научно-практической работы и новое – геология техногенных месторождений.

Началом формирования структуры будущей лаборатории (в последствии созданного на ее основе отдела геологии в ЕНИ) следует считать 1988 г. В ЕНИ при ПГУ была получена бюджетная тема по единому заказ-наряду № 28. Инициаторами получения бюджетной тематики были Н.Г. Максимович, Г.Б. Болотов, С.Ф. Кудряшов и Б.М. Осовецкий, которые организовали четыре группы научных исследований для решения научных задач Пермской области.

Научным руководителем направления по геологии твердых полезных ископаемых был назначен проректор ПГУ по научной работе, профессор Б.М. Осовецкий. В рамках заказ-наряда была создана группа геолого-технологических исследований (ГТИ). В составе группы работало три сотрудника: инженер А.М. Трушин, научный сотрудник кандидат биологических наук С.И. Боброва. Ответственным исполнителем по теме осенью 1988 г. был принят двадцатилетний кандидат геолого-минералогических наук В.А. Наумов. Структурно заказ-наряд № 28 относился к лаборатории «Комплексных исследований водохранилищ (КИВ)» отдела охраны природы.

Группа геолого-технологических исследований продолжила работы по научным направлениям «мелкие ценные минералы», «комплексное освоение золотоносного аллювия» и «использование минералов тяжелой фракции» профессоров Б.С. Лунева, и Б.М. Осовецкого. Началась реализация новых идей по проблемам техногенных золотоносных объектов [16], отраженных в кандидатской диссертации В.А. Наумова [18]. Базовым материалом для научных исследований группы ГТИ были проведенные ранее теоретические работы [1-3, 7, 8-11], исследования закономерностей распространения современного золотоносного аллювия разных регионов Западного Урала [13,14, 16], западной Сибири [15, 19], Таджикистана, Якутии, Казахстана [4, 6], Азербайджана [5], верхнепермских конгломератов [17]. Материалы этого этапа исследований были обобщены ранее в депонированной монографии [12]. Объекты полевых и лабораторных исследований находились в южной и северной части Западного Урала. Большой объем работ был проведен по договорам о Творческом сотрудничестве для Оханского отряда ПГСП «Геокарта» (начальник отряда А.А. Болотов), для предприятия «Пермгеолнеруд» (Р.Г. Кикирев и М.Г. Ремаренко).

Это был этап становления и пересмотра перспективных направлений исследований. Работы выполнял небольшой коллектив. Тем не менее, удалось

получить новые данные по изучению процессов принудительной дифференциации песков [21], доработать методологию исследований [23] и выделить основные тенденции перспективных разработок в области изучения вещественного состава аллювия ценных минералов [25, 26]. Выполнен значительный объем работ по закономерностям формирования разных типов техногенно-минеральных образований [22, 24, 28-31].

В это же время группа ГТИ начала проводить масштабные полевые исследования, результаты которых показаны в заключительном отчете по теме [20]. Для выполнения работ по изучению золотоносности намывных песков из песчано-гравийных отложений по сезонному графику работ были приняты сотрудники ЛОПИ ПГУ: А.Б. Бессонов, А.А. Коршунов и студенты геологического факультета ПГУ Е.Н. Кожин и С.Н. Крылов. Однако отсутствие стабильного финансирования не позволило сохранить квалифицированных сотрудников. Качественное проведение полевых и лабораторных исследований требовало стабильных обученных кадров при условии негарантированного финансирования.

Специальное обучение опробованию и лабораторной обработке концентратов прошли студенты геологического факультета С.В. Мехоношин, А.Е. Штец, О.Г. Власов, А.А. Азанов, С.В. Морозов. Они составили костяк второй группы «полевиков» ГТИ. Их учеба была совмещена с изучением золотоносности современного аллювия рр. Сылва (около 300 км маршрутов по долине реки), Чусовая (440 км), верхняя Кама (460 км), Вятка (280 км), верхнего течения р. Кама (380 км) [27, 28, 32-34]. Группа вела оценку аллювия как комплексного минерального сырья на объектах Камского речного пароходства по р. Каме [35]. Были оценены песчано-гравийные месторождения рек Амура и Зеи [36]. Отработаны вопросы методики и оперативного опробования русловых отложений. Во время экспедиции по верхней Каме установлены новые закономерности распределения мелкого золота в аллювии [32], определены зоны повышенной концентрации мелкого и тонкого золота. Впервые для этой территории была высказана гипотеза неотектонической зависимости повышенных концентраций золота и определены полевые признаки ее выделения.

Поскольку с помещениями для ведения научных работ в ЕНИ были большие проблемы, то с 1988 по 1991 гг. рабочее место группе представила кафедра поисков и разведки месторождений полезных ископаемых и ЛОПИ ПГУ (лаборатория осадочных полезных ископаемых). Официальным рабочим местом ответственного исполнителя был определен стол в одном кабинете с заведующим кафедрой поисков проф. Б.С. Луневым. Лабораторные исследования выполнялись по методике и на площадях ЛОПИ ПГУ. Тем временем, Институт под руководством доцента С.Ф. Кудряшова начал строительство пристроя (так в документах назывался новый лабораторный корпус ЕНИ) к основному зданию ЕНИ. Сотрудники института участвовали в строительстве, находили средства путем зачета оплаты строительства результатами научных исследований, выделяли рабочую силу для ускорения

строительства (А. Бажин). Сами участвовали в «субботниках» по уборке строительного мусора. На период сдачи в эксплуатацию «пристроив» к Институту группа ГТИ «заработала» 18 кв. метров на новой площади ЕНИ.

В этот же период была образована лаборатория геологии техногенных процессов (ГТП), в которую вошел научный коллектив группы ГТИ. Руководил лабораторией к.г.-м.н. Н.Г. Максимович. Лаборатория развивалась благодаря выполнению хоздоговорных работ. Доля бюджетного финансирования позволяла держать сотрудников лаборатории лишь на долю ставки. Группа ГТИ разместилась на половине площади одной из комнат, закрепленных в то время за лабораторией геологии техногенных процессов (ГТП).

В 90-х годах начался кризис в геологии. В правительственных кругах бытовало мнение, что в нашем государстве разведано достаточное количество месторождений полезных ископаемых. Их запасов хватит на 20 лет. В сложившихся условиях нецелесообразно разведывать новые месторождения.

Началась перестройка и крушение сложившейся системы. В эти годы пришлось искать кардинальные пути для сохранения научных подразделений. Многие молодые ученые прекратили свою научную работу, и перешли в коммерцию. Нами было принято решение начать самостоятельную добычу благородных металлов, которые не извлекли существующими технологиями на золотодобывающих предприятиях. Так как мы умели извлекать мелкое и тонкое золото, которое при добыче обычно теряли, было решено попробовать перерабатывать техногенные отвалы. Тем более, что требовалось провести практическое внедрение результатов теоретических разработок, накопленных в Пермском университете. Для этого мы провели изучение благороднометалльной минерализации на предприятиях бывшего производственного объединения «Уралзолото». Нами были заключены договора и опробованы разные типы техногенно-минеральных образований (гидравлические и дражные отвалы) на приисках Южно-Заозерский, Исовский, Невьянский, на Березовском руднике (хвосты обогащения дробленых руд). По результатам исследований установили обогащенные мелким золотом и платиной типы отвалов. Провели геолого-экономическую оценку и нашли возможность создания простой технологической схемы их обогащения. Наш выбор остановился на отвалах Исовского прииска.

С администрацией прииска был заключен договор, на основании которого мы должны были проводить доизвлечение металлов и сдавать их прииску. После реализации продукции за вычетом произведенных затрат обеими сторонами прибыль должна была делиться пополам. За счет полученной прибыли мы планировали приобретать современное оборудование для более технологичного извлечения благородных металлов на прииске.

Совместными усилиями был подготовлен производственный участок, привезено обогатительное оборудование и начата добыча металла. В первый сезон работы сотрудники группы ГТИ добыли и сдали прииску несколько сотен граммов золота и платины. Однако оплату золота в те годы государственные структуры задерживали. За первый год работы нам не заплатили. Это



обстоятельство вынудило молодых сотрудников группы завершить свои работы в области геологии и искать оплачиваемую работу в другом месте.

Однако желание доказать себе и другим, что научная деятельность имеет практическое значение, что научные знания и опыт должны приносить доход, даже в таких неблагоприятных условиях, заставили нас продолжить начатое. Азам полевой и лабораторной работы с мелким и тонким золотом пришлось обучать следующую группу студентов – В.В. Голдырева, В.А. Синкина, А.В. Новых, Е.Н. Черепанова. Учеба новой (третьей) группы началась с продолжения работ по добыче золота и платины на Исовском прииске. Здесь существенно помогли прежние сотрудники лаборатории, которые приехали на участок и на месте показали, как надо работать на объекте. Но и «молодые» нашли новые подходы к совершенствованию системы обогащения отвалов. Была внедрена система ручной отсадки для металла крупных классов.

На практике оказалось, что в техногенных отвалах имеется крупный металл в виде ажурных микросамородков, в сростках с другими минералами. Было установлено, что не только мелкое и тонкое золото накапливается в продуктах отработки россыпей, а также крупное золото и платина. Результаты пробирного анализа проб на два порядка отличались от данных гравитационного извлечения золота и платины. В то время мы объясняли этот эффект различия данных непредставительностью опробования пробирным анализом.

Во время работы мы наблюдали многие новые сочетания и свойства минеральных фаз золота при его взаимодействии с ртутью из отвалов, наличие новообразований, пленок, сложных агрегатов, гравелитов не характерных для частиц россыпного золота. Это был интереснейший период наблюдений, когда геологическая «природа» на отвалах преподносила нам «сюрпризы» в виде непонятных минеральных образований и подрывала веру в незыблемые суждения об инертности золота. Мы видели, что золотоносные фазы многообразны, что золото в отвалах меняет свой первоначальный облик, цвет, свойства до неузнаваемости. В работе было выведено правило: «Все, что не можешь объяснить откладывай в отдельный пакет. Опиши при каких обстоятельствах и где был найден». Так у нас появились пакеты, в которых хранились «непонятки» и азарт их поиска.

Результатом добычи благородных металлов было несколько десятков тонн обогащенного концентрата с содержанием золота в концентрате более 0.5 кг/т; добыто и сдано прииску по актам приема-сдачи металла 2.4 кг золота и платины. Получен колоссальный опыт наблюдений за поведением золота и платины в техногенно-минеральных образованиях. Отобраны образцы разных типов обогащенного материала для проведения технологических испытаний и изучения состава золотоносных фаз.

В силу сложившихся обстоятельств Предприятие Исовский прииск, так и не заплатило Институту за полученную продукцию. Было объявлено банкротом, и стало подразделением УГМК (Уральской горно-металлургической компании). Отвалы и концентраты, которые перерабатывали сотрудники ЕНИ,

были перевезены на пирометаллургический передел одного из Предприятий Урала. Из них извлечено около 70 кг золота и 40 кг платины. История оплаты работ (обмана исполнителей) повторилась. За сданные металлы Исовский прииск не получил ничего.

Изучение процессов формирования и преобразования вещественного состава золотоносных фаз и металлов платиновой группы в лаборатории ЕНИ позволило получить уникальную информацию и разработать новые теоретические [37, 38] и практические [39, 40] представления о поведении золота и платины в техногенных условиях. Совместно с коллегами из ИГЕМ РАН (М.Е. Генералов) изучить детали преобразования золота при техногенезе [41].

Тщательное исследование минерального состава концентратов привело к открытию нового минерала, кубического карбида хрома, зарегистрированного Международной комиссией по открытию минералов в Канаде как «исовит» [42-46]. Название присвоено по месту находки нового минерала – долине р. Ис бассейна р. Тура.

Исследования, проведенные на техногенных образованиях Исовского прииска, послужили основой для разработки фундаментальных представлений о геологических процессах, протекающих в отвалах [47, 49, 50]; особенностях преобразования золотоносных фаз в условиях техногенной среды [48, 51]; природных и техногенных геологических факторов, определяющих скорость, направления изменения вещественного состава отвалов и полезных компонентов [50]. Был накоплен серьезный фактический материал, позволивший впоследствии найти новые теоретические и практические решения [52, 53, 54].

Практическое внедрение результатов исследований было осуществлено при оценке возможности доизвлечения мелкого и тонкого золота гравитационными методами и металлургическим переделом концентратов на драге №26 Исовского прииска [55]. На драге, отработывавшей техногенную часть платиновой россыпи р. Тура (Гулинская петля), была изменена технологическая схема обогащения песков с выводом песчаной части класса менее 3 мм. Сокращен расход технологической воды, размещено дополнительное оборудование (винтовые шлюзы). Проведено перераспределение потоков обогащаемых песков. В течение полутора месяцев группа сотрудников работала на объекте. Из них, около двух недель жили прямо на работающей драге. Наряду с тем, что добыча металла драгой увеличилась на 6% по сравнению с прошлым месяцем (при том же объеме перерабатываемых песков) нами дополнительно было добыто 17% массы металла.

Главным научным итогом нашей работы на техногенных объектах Исовского прииска был приобретенный колоссальный опыт, особенно тот, который нам показала Природа: «Смотри, что я делаю. Попробуй понять и повторить». На XI Международном совещании по геологии россыпей и месторождений кор выветривания (Дубна, 1997 г.) после нашего доклада

завершенного словами: «Недалеко то время, когда мы на своих «огородах» будем снимать урожай свежесобранного золота», зал встал и приветствовал аплодисментами [50].

На основе полученного опыта нами было проведено исследование вещественного состава и золотоносности галопелитов Верхнекамского месторождения калийных солей в зоне деятельности АО "Силивинит" [56]. В работе принимал участие будущий первый магистр кафедры поисков и разведки полезных ископаемых В.А. Чуйко. По материалам исследований он блестяще защитил свою диссертацию. Здесь был проведен большой объем работ по изучению текущих и накопленных «хвостов» обогащения солей. Определены формы нахождения золота, минеральный состав осадков и особенности его преобразования в шламохранилище, проанализировано взаимодействие системы «твердая фаза – раствор – твердая фаза». Впервые получено как свободное золото, поступающее в отвалы, так и связанное в минеральных соединениях. Определены рудогенные концентрации ценных компонентов.

Значительный объем исследовательских работ был проведен при поисках алмазов и золота на алмазоносных объектах Пермской области в бассейнах рр.Чикман, Вишера [57-59]. Установлены низкие непромышленные концентрации золота и выделены мелкие алмазы. Проведены детальные работы по изучению кристалломорфологии и состава минералов-спутников алмазных месторождений Рассольнинское и Волынка [60,61], дана характеристика минералов платиновой группы [62], изучен типоморфизм золота [63].

Проведены исследования возможности получения промышленным способом строительных материалов и ценных минералов на месторождениях нерудных строительных материалов "Порта Пермь", отработаны элементы технологической схемы производства песков заданной гранулометрической структуры [64, 65]. Проведен анализ литературных и фондовых источников по стекольным, формовочным и строительным пескам Пермской области. На ряде месторождений отобраны пробы. На основе геолого-технологического подхода, при котором оценивается изменение состава осадков после их обогащения (принудительной дифференциации), определены перспективы получения и производства стекольных песков Пермской области [66]. Отдельные работы выполнены и для аллювия верхней Камы [67]. Таким образом, до 1998 г. была изучена достаточно обширная территория бывшего Союза и России (рис. 1).

Период 90-х годов был крайне тяжелым для отечественной геологии. Государство на федеральном и региональном уровнях практически прекратило финансировать программы поисково-разведочных работ.

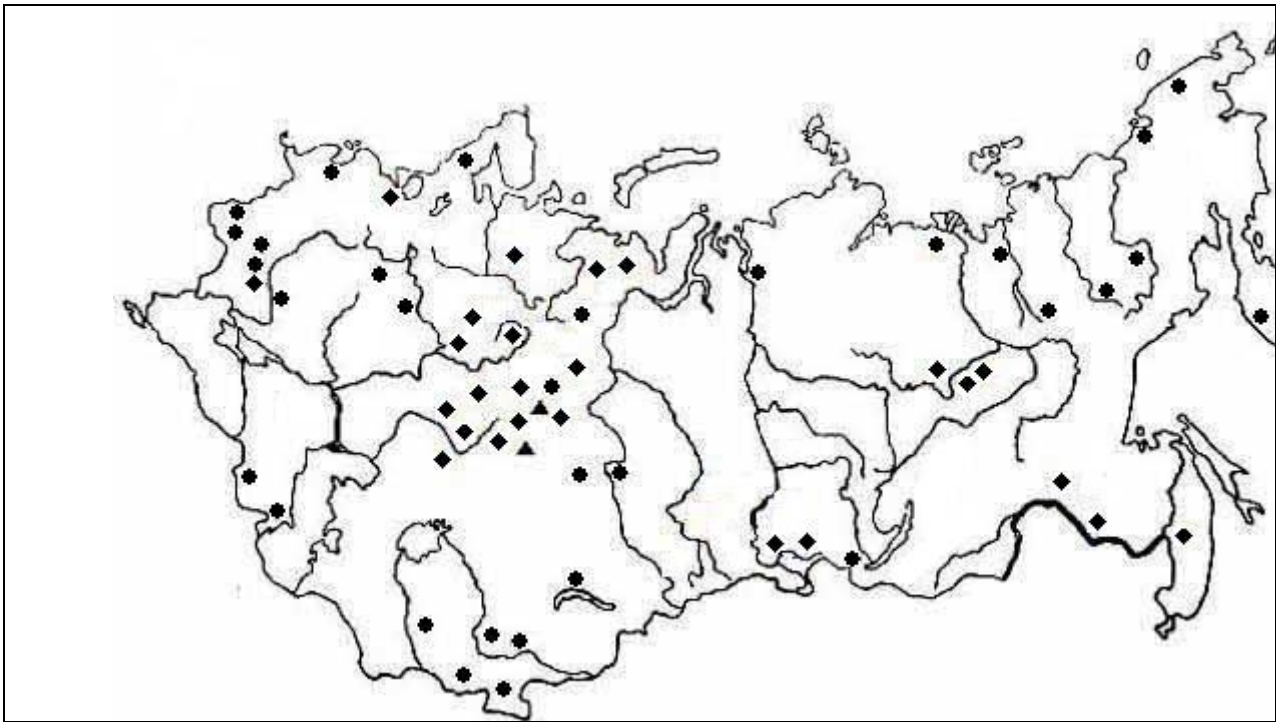


Рис. 1. Объекты исследования Пермской ЛОПИ (1980–1988 гг. – точки) и группы геолого-технологических исследований ЕНИ (1988–1998 гг. – ромбики) на территории СССР и России.

Выполнены для более 40 организаций: Воркутинской ГРЭ, ПГО «Оренбурггеология», приисков ПО «Уралзолото», Томской ГРЭ, ПГО «Тюменьгеология», ОАО «Сильвинит», АОЗТ «Прииск Уралалмаз», АОЗТ «Теплогорский щебеночный карьер», ПГГСП «Геокарта-Пермь», ГГСП «Горнозаводскгеология», ГГСП «Яйвагеология», ФГУП «Пермгеолнеруд», АОЗТ «Порт Левшино», Вычегодской ГРЭ, ТД АО «Метафракс», ФГУП «КамНИИКИГС», КПр по геологии «Пермьнедра», Агентства по недропользованию МПР РФ, ГУП и МПР Администрации Пермского края, КПр и Администрации КПАО, ФГУП ЦНИГРИ, Якутского филиала ЦНИГРИ АК «Алросса»

Необходимо было искать новые пути и подходы для геологического изучения недр. По материалам наших предыдущих исследований [32] была выбрана перспективная территория для изучения золотоносности – Верхне-Камская впадина [68, 69]. По нашей инициативе совместно с предприятием «Пермгеолнеруд» (А.С. Козлов, С.А. Пушкин) и геологическим комитетом Коми-Пермяцкого автономного округа (В.В. Гоннов) было проведен анализ истории изучения и определены первоначальные объекты исследований. За счет своих внутренних резервов проведено первичное изучение золотоносности современного аллювия [67], получены характеристики золота [67]. Это было началом нового этапа в организации работ и послужило стимулом для создания лаборатории геологии осадочных и техногенных месторождений.

### **Библиографический список**

1. Лунова О.Б., Наумов В.А. Комплексные исследования золота и строительного речного песка и гравия // Проблемы комплексного освоения недр: тезисы докладов межреспубликанской студенческой конференции. Пермь, 1981. Ч.1

2. Наумов В.А. О сопряженности содержаний гранулометрических фракций золота в аллювиальных отложениях // Пермский ун-т. Пермь, 1983. Деп. в ВИНТИ 17.10.83. № 5671-83. 8 с.
3. Наумов В.А., Наумова О.Б. О комплексном изучении и использовании аллювия // Вопросы гидрологии, инженерной геологии и охраны природной среды. Всероссийская студенческая научная конференция. Пермь, 1983. С. 90-92.
4. Иванов В.Д., Мальцев А.А., Наумов В.А. Опыт применения установки "МЦМ" для оценки содержаний мелких ценных минералов в аллювии Таджикистана, Якутии, Казахстана // Молодые ученые и специалисты – одиннадцатой пятилетке. Пермь, 1983. С. 112-113.
5. Косицина Н.А., Наумов В.А. О демантоидах Азербайджана // Аллювий. Пермь, 1983. С.169-170.
6. Михайлов В.А., Блинов А.А., Наумов В.А. О рациональном использовании гравийно-галечного материала антропогенных отложений р. Вилюй // Комплексная оценка и разработка песчано-гравийных месторождений. Пермь, 1983. С. 27-28.
7. Наумов В.А., Наумова О.Б. О критериях комплексной оценки аллювия // XI конференция молодых ученых сотрудников по геологии и геофизике Восточной Сибири. Иркутск, 1984.
8. Лунев Б.С., Блинов А.А., Мальцев А.А., Наумов В.А. Об изучении золотоносного аллювия // Методы геологических исследований. Пермь, 1984.
9. Лунев Б.С., Наумов В.А. О комплексной оценке аллювия перигляциальных зон // VII Всесоюзное совещание по изучению краевых образований материковых оледенений. Воронеж. М: Наука, 1985.
10. Наумов В.А. Комплексные месторождения золота в аллювии // I Всесоюзное совещание "Геохимия техногенеза". Иркутск, 1985. Т.2.
11. Наумов В.А. Вопросы разведки и опробования золотоносного аллювия как комплексного минерального сырья // Молодежь Прикамья - разработке и внедрению достижений науки и техники в производство. Пермь, 1985.
12. Наумова О.Б., Наумов В.А. Руководство по определению валового петрографического и минералогического состава и комплексной оценке золотоносности аллювия // Пермский университет. Пермь, 1986. Деп. в ВИНТИ 8.05.86 N4441-B-86. 100 с.
13. Наумов В.А., Илалтдинов И.Я. Мелкие ценные минералы в аллювии р. Воркуты // Новые методы поисков, разведки и анализа месторождений полезных ископаемых в связи с комплексным изучением недр Западного Урала. Пермь, 1987.
14. Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкое золото комплексных песчано-гравийных месторождений Урала // Восьмое совещание по геологии россыпей: связь россыпей с коренными источниками, россыпеобразующие формации щитов и платформ. Киев, 1987. С. 184-185.
15. Наумов В.А., Косицына Н.А., Наумова О.Б., Горюхин Е.Я., Бирюков В.Г., Ахмадзин Н.Ю. Об оценке золотоносности комплексного месторождения руслового аллювия // Комплексная оценка аллювия как строительного материала, мелких ценных минералов и основания инженерных сооружений. Пермь, 1987. С. 25-27.
16. Наумов В.А., Абдульменов Ф.Ф. Особенности формирования аллювиально-техногенных отложений и их золотоносности // Комплексное исследование недр Западного Урала - путь ускоренного развития народного хозяйства региона. Пермь, 1988.
17. Наумов В.А., Болотов А.А. Верхнепермские конгломераты как промежуточный коллектор золота // Аллювий Западного Урала - источник многих полезных ископаемых. Пермь, 1988. С. 17-19.
18. Наумов В.А. Процессы формирования песчано-гравийно-галечного золотоносного аллювия (на примере Урала и других территорий) // Автореферат диссертации кандидата геолого-минералогических наук. Пермь: Пермский университет, 1988. 18 с.

19. Лунев Б. С., Наумов В. А., Бессонов А. Б., Наумова О. Б., Трушин А. М. Золотоносный аллювий Томской области // *Актуальные вопросы геологии Сибири*. Томск, 1988.
20. Осовецкий Б.М., Наумов В.А., Боброва С.И. Перспективы использования нетрадиционных источников благородных металлов и редких минералов при комплексной разработке месторождений стройматериалов и техногенных россыпей // *Заключительный отчет по теме НИР*. Пермь, 1990 г. 83 с.
21. Лунев Б.С., Наумов В.А., Осовецкий Б.М. Принудительная дифференциация аллювия на винтовых шлюзах // *Техногенные отложения и охрана окружающей среды*. Пермь, 1989. С. 10-13.
22. Наумов В.А. Золотоносность техногенных отложений разведочных шлюзов // *Техногенные отложения и охрана окружающей среды*. Пермь, 1989. С. 8-10.
23. Наумов В.А. Методика комплексной оценки песчано-гравийно-галечных месторождений четвертичного аллювия // *Четвертичный период: методы исследования, стратиграфия и экология*. Доклады VII Всесоюзного совещания. Таллинн, 1990. Т. 2. С. 42–43.
24. Лунёв Б.С., Наумов В.А. Определение перспектив комплексного использования песков и песчано-гравийных отложений Томской области // *Отчет по НИР*, Пермь, 1988 г. 137 с.
25. Лунев Б.С., Наумов В. А., Осовецкий Б.М. Вопросы изучения зональности ледниковых отложений // *Краевые образования материковых оледенений*. 8-е Всесоюзное совещание. Минск, 1990. С. 93-94.
26. Наумов В.А. Региональное изменение морфологии золота дальнего сноса в четвертичном аллювии // *Мелкие ценные материалы и их народнохозяйственное значение*. Минск, 1990. С. 44-45.
27. Наумов В.А., Осовецкий Б.М. Оценка возможности комплексного использования аллювиально-техногенных отложений р. Камы и Чусовой // *Естественные науки в решении экологических проблем народного хозяйства*. Материалы республиканской конференции. Пермь, 1991. Ч.1. С. 123–126.
28. Наумов В.А. Аллювиально-техногенные отложения бассейна р. Чусовой // *Аллювий*. Сборник научных трудов. Пермь, 1992. С. 118-127.
29. Наумов В.А. Золотоносность аллювиально-техногенных отложений Урала // *Комплексное освоение техногенных месторождений*. Челябинск, 1990. Т.1. С. 27-28.
30. Наумов В.А., Колосов А.И., Михалев В.В. Зональность аллювиально-техногенных россыпей намывного типа // *Россыпи складчатых (орогенных) областей*. Материалы Международной конференции. Бишкек, 1991. Т.2. С. 117-120.
31. Лунев Б.С., Наумов В.А. Концентрация и рассеяние золота в намывных техногенных отложениях // *Геохимия техногенеза*. Минск, 1991. С. 164–165.
32. Наумов В.А., Азанов А.А., Мехоношин С.В. Золотоносность современного аллювия Верхней Камы // *Мелкие ценные минералы в магматических, метаморфических и осадочных породах*. Пермь, 1991. С. 9-10.
33. Наумов В.А., Власов О.Г., Штец А.Е. Золотоносность техногенных россыпей в бассейне реки Чусовой // *Мелкие ценные минералы в магматических, метаморфических и осадочных породах*. Пермь, 1991. С. 9-10.
34. Наумов В.А. , Мехоношин С.В., Азанов А.А. Золотоносность современного аллювия р. Чусовой // *Аллювий*. Сб. научных трудов. Пермь, 1992. С. 138-139.
35. Наумов В.А., Мехоношин С.В., Штец А.Е. Концентраты из аллювия средней Камы - нетрадиционное сырье ценных минералов и благородных металлов // *Геология и минеральные ресурсы Западного Урала*. Пермь, 1993. С. 41.
36. Наумов В.А., Штец А.Е. , Власов О.Г. Комплексная оценка песчано-гравийных месторождений р. Амур // *Аллювий*. Сб. научных трудов. Пермь, 1992. С. 138.

37. Наумов В.А. Процессы концентрации, рассеяния и преобразования благородных металлов и техногенных россыпях и отвалах Урала // 4-ый объединенный симпозиум по проблемам прикладной геохимии, посвященный памяти ак. Л.В. Таусона. Иркутск, 1994.
38. Наумов В.А. Особенности формирования и распределения благородных металлов в техногенных россыпях и отвалах Урала // Известия высших учебных заведений. Горный журнал. Екатеринбург, 1994. №8. С. 39-50.
39. Наумов В.А., Беляков Н.И. Перспективы развития и расширения минерально-сырьевой базы Исковского прииска // Колыма. 1994. № 7-8. С. 31-40.
40. Наумов В.А. Техногенные россыпи - неучтенный резерв благородных металлов // Современные проблемы Западного Урала. Пермь, 1995. С. 111.
41. Генералов М.Е., Наумов В.А. Преобразование золота в техногенных россыпях и отвалах Урала // Уральский геологический журнал. Екатеринбург, 1998. № 4. С. 19–56.
42. Генералов М.Е., Наумов В.А., Мохов А.В., Батырев В.А. Кубический карбид хрома из золотоплатиноносных россыпей Урала. М., 1994.
43. Генералов М.Е., Наумов В.А., Мохов А.В., Батырев В.А. Заявка на открытие минерала - «исовит». М., 1994.
44. Generalov M., Naumov V. Iron-chromium carbides and iron silicides from gold-platinum-bearing placer of Urals (Russia) // 30 Международный геологический конгресс (Китай). Пекин, 1996. Naumov.pdf. 2 p.
45. Генералов М.Е., Наумов В.А. Восстановленные хром-содержащие фазы из золотоплатиноносных россыпей Урала // Уральская летняя минералогическая школа-97: материалы Всероссийской научной конференции студентов, аспирантов, научных сотрудников и преподавателей ВУЗов. Екатеринбург, 1997. С. 88-90.
46. Генералов М.Е., Наумов В.А., Мохов А.В., Трубкин Н.В. Исовит  $(Cr,Fe)_{23}C_6$  - новый минерал из золото-платиноносных россыпей Урала // Записки Российского минералогического общества. М., 1998. Т. 127. № 5. С. 26-37.
47. Наумов В.А. Некоторые процессы техногенного изменения отработанных россыпей Урала // Перспективы развития естественных наук на Западном Урале. III международная конференция. Пермь, 1996. Т. II. -Экология. С. 120-121.
48. Генералов М.Е., Голдырев В.В., Наумов В.А., Синкин В.А. Преобразование благородных металлов в процессе техногенеза // Моделирование геологических систем и процессов: материалы региональной конференции. Пермь, 1996. С. 109-111.
49. Голдырев В.В., Новых А.В., Синкин В.А., Наумов В.А. Влияние техногенных процессов на создание концентраций золота // Экология: проблемы и пути решения.. 5 Межвузовская конференция студентов и аспирантов. Пермь, 1997. С. 32-33.
50. Наумов В.А., Наумова О.Б. О направленном формировании россыпных месторождений золота (постановка проблемы) // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения. XI Международное совещание. Москва - Дубна, 1997. С. 169.
51. Генералов М.Е., Наумов В.А. Преобразование золота в процессе техногенеза // Минералогия Урала. III региональное совещание. Миасс, 1998. Т. I. С. 100–103.
52. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Позитивная составляющая техногенеза в горнорудном производстве // Экологическая геология. Международный журнал. Пермь, 1998. № 1–2. С. 34–39.
53. Осовецкий Б.М., Наумов В.А. Поиски нетрадиционных источников благородных металлов и редких минералов и перспективы комплексного использования месторождений строительных материалов и техногенных россыпей Урала // Заключительный отчет по теме НИР. Пермь, 1995 г. 56 с.
54. Осовецкий Б.М., Наумов В.А. Оценка техногенных отвалов, россыпей благородных металлов и месторождений строительных материалов Урала как комплексного минерального сырья (заключительный) // Отчет по теме НИР. Пермь, 1998 г. 109 с.

55. Наумов В.А. Материалы по результатам научно-исследовательских работ на драге №26 Иссовского прииска, направленных на оценку возможности доизвлечения мелкого и тонкого золота гравитационными методами и металлургического передела концентратов (август 1997г.) // Отчет по теме НИР. Пермь, 1997. 21 с.
56. Наумов В.А. Предварительный отчет по результатам исследования вещественного состава и золотоносности галопелитов Верхнекамского месторождения калийных солей в зоне деятельности АО "Силивинит" // Отчет по теме НИР. Пермь, 1997 г. 33 с.
57. Лунёв Б.С., Наумов В.А. Результаты поисков алмазов и золота на объектах Пермской области (бассейн рр.Чикман, Вишера) // Отчет по теме НИР. Пермь, 1995 г. 33 с.
58. Лунев Б.С., Наумов В.А. Обогащение отсевов из объекта Волынка-1 // Отчет по теме НИР. Пермь, 1996 г. 28 с.
59. Лунев Б.С., Осовецкий Б.М., Наумов В.А., Наумова О.Б. Мелкие алмазы Урала - способы изучения и перспективы использования // Важнейшие промышленные типы россыпей и месторождений кор выветривания, технология оценки и освоения: XI-ое Международное совещание. Москва-Дубна, 1997. С. 150.
60. Макеев А.Б., Осовецкий Б.М., Черепанов Е.Н., Наумов В.А. Кристалломорфология и состав минералов-спутников месторождений алмаза Рассольнинское и Волынка (Полюдов Кряж, Пермская область) // Геология рудных месторождений. М., 1999. Т.41. № 6. С. 527-546.
61. Makeev A.B., Osovetskii B.M., Cherepanov E.N., Naumov V.A. Diamond Accessory Minerals in the Rassolninskoe and Volynka Deposits (Perm' Oblast, Russia) // Geology of Ore Deposits. Vol. 41, N 6, 1999. P. 478-494.
62. Макеев А.Б., Осовецкий Б.М., Черепанов Е.Н., Наумов В.А. Новые данные о минералах платиновой группы Вишерского алмазоносного района // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 1999. С. 35-37.
63. Макеев А.Б., Осовецкий Б.М., Черепанов Е.Н., Наумов В.А. Типоморфизм золота песчаных туффзитов Красновишерского района // Геология Западного Урала на пороге XXI века. Пермь. 1999. С.99-103.
64. Лунев Б.С., Наумов В.А., Наумова О.Б. Исследование возможности получения промышленным способом строительных материалов и ценных минералов на месторождениях НСМ "Порт Пермь" и их использование // Отчет по НИР. Пермь, 1996 г. 18 с.
65. Лунев Б.С.; Наумов В.А., Синкин В.А., Голдырев В.В. Геолого-технологический подход к оценке месторождений строительных материалов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 1997. С. 124-125.
66. Лунев Б.С., Наумов В.А. Перспективы использования стекольных песков Пермской области. Геолого-технологический подход // Отчет по теме НИР. Пермь, 1997 г. 113 с.
67. Наумов В.А., Наумова О.Б., Голдырев В.В., Синкин В.А. Природная и принудительная дифференциация аллювия верхней Камы // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 1997. С. 94-97.
68. Лунев Б.С., Наумов В.А., Голдырев В.В., Синкин В.А., Новых А.В. Золотоносность современного аллювия Верхнее-Камской впадины // Проблемы геологии Пермского Урала и Приуралья. Пермь, 1998. С. 40-42.
69. Наумов В.А., Голдырев В.В. Возможные источники золота на территории Верхне-Камской впадины // Проблемы геологии Пермского Урала и Приуралья. Пермь, 1998. С. 39-40.
70. Голдырев В.В., Наумов В.А. Характеристика золота из современного аллювия Верхнее-Камской впадины // Проблемы геологии Пермского Урала и Приуралья. Пермь, 1998. С. 37-38.
71. Наумов В.А., Голдырев В. В. Морфология золота из современного аллювия Верхне-Камской впадины (Коми-Пермяцкий округ) // Минералогия Урала. III - региональное совещание. Миасс, 1998. Т. II. С. 38-40.



**Б.М. Осовецкий**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**ЛАБОРАТОРИЯ МИНЕРАЛОГО-ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ  
ИССЛЕДОВАНИЙ (2006-2016 гг.)**

*В статье представлены данные о деятельности сотрудников лаборатории минералого-петрографических исследований ЕНИ ПГНИУ. Характеризуются три этапа развития лаборатории, тесно связанные с мероприятиями по участию Пермского университета в выполнении проектов «Образование» (2006-2007 гг.) и «Национальные исследовательские университеты России» (2010-2019 гг.). Отмечена актуальность фундаментальных исследований лаборатории в области наноминералогии.*

**B.M. Osovetsky**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

**LABORATORY of MINERALOGICAL and PETROGRAPHICAL  
RESEARCHES (2006-2016)**

*The data on activity of the Laboratory staff are presented. Three periods of Laboratory development are characterized, which closely connected with participation of Perm State University in realization of the projects “Education” (2006-2007) and “National Research Universities of Russia” (2010-2019). The importance of fundamental studies of Laboratory on the topics of nanomineralogy is marked.*

Создание в структуре геологического отдела ЕНИ лаборатории минералого-петрографических исследований (2006 г.) совпало с началом нового этапа в развитии Пермского университета, связанного с реализацией национального проекта «Образование (2006-2007 гг.)». Именно в это время началось оснащение университета современной аналитической аппаратурой мирового уровня. В частности, благодаря этому проекту в распоряжении только что созданной лаборатории МПИ оказались уникальные для того времени приборы – термоанализатор нового поколения, сканирующий электронный микроскоп с приставками для микрозондового анализа, порошковый дифрактометр и др.

Появление этой аппаратуры позволило существенно расширить возможности новой лаборатории по выполнению фундаментальных исследований в рамках единого заказ-наряда. В частности, традиционная тематика по изучению особенностей формирования нетрадиционных

месторождений с весьма *мелким золотом* и техногенных золотоносных объектов получило прочную методическую и аналитическую основу.

В частности, подтверждением является публикация ряда статей и завершающей монографии И.Я.Илалтдинова и Б.М.Осовецкого «Золото юрских отложений Вятско-Камской впадины» (2009). В последней с использованием возможностей нового аналитического оборудования предложены принципиально новые положения по золотоносности нетрадиционных вторичных коллекторов, содержащих весьма мелкие и тонкие частицы благородного металла. Так, рассмотрены особенности микроскульптуры поверхности мельчайших частиц золота, детально изучены их физические свойства и зональность химического состава. С применением прибора «Нанотест» изучено внутреннее строение золотин и обоснована их двойниковая микроструктура.

В этот начальный период (2006-2009 гг.) деятельности лаборатории особенно важными оказались достижения в направлении прогнозирования *алмазоносности* платформенной части территории Пермского края. В течение 2006-2007 гг. были завершены ранее начатые исследования по изучению типохимизма минералов-спутников алмазов в бассейне верхней Камы, впервые обнаружены и диагностированы мелкие кристаллы алмаза в юрских отложениях Вятско-Камской впадины, общее количество которых на этой территории составило 8 кристаллов. Результаты исследований в этом направлении позволяют сделать вывод о возможности обнаружения в верховьях Камы россыпей алмазов среднеюрского возраста, образованных за счет перемыва алмазоносных пород раннемезозойской коры выветривания. В свою очередь последние предположительно могли образоваться за счет выветривания раннемезозойских или позднепалеозойских кимберлитов, расположенных где-то на восточной окраине Восточно-Европейской платформы. Итогом многолетних исследований по перспективам алмазоносности платформенной части территории Прикамья является коллективная монография «Мелкие алмазы и минералы-спутники в юрских отложениях Вятско-Камской впадины» (2008). Соответственно, по аналогичной тематике ранее была опубликована коллективная монография «Минералы-спутники алмаза в мезокайнозойских отложениях Кировской области» (2007) (ответственный редактор обеих монографий - Б.М.Осовецкий).

Одно из направлений фундаментальных исследований лаборатории было посвящено разработке проблем природно-техногенной седиментации. Данное направление, развиваемое в Пермском университете, выгодно отличается от аналогичных работ в отечественной и мировой науке тем, что при выполнении исследований геоэкологического характера разработана и реализуется методика, предусматривающая сочетание экологических и литологических подходов и широкое использование аналитической информации по вещественному составу природно-техногенных образований. Данный подход детально описан в монографии Б.М.Осовецкого и Е.А.Меньшиковой «Природно-техногенные осадки» (2006). Исследования экологического

характера проводились постоянно и в последующие годы в сотрудничестве с лабораторией экологической геологии ЕНИ. Задачей сотрудников МПИ было аналитическое сопровождение работ с выполнением анализов по определению вещественного состава природно-техногенных образований.

Следующий этап в истории деятельности лаборатории МПИ в области фундаментальных исследований (*2009-2011 гг.*) был связан с завершением и систематизацией данных комплексных исследований ресурсного потенциала территории Вятско-Камской впадины. Эти работы включали как ряд фундаментальных разработок, так и прикладные исследования по их внедрению. К фундаментальным проблемам, касающимся перспектив данной территории, относятся вопросы о формировании комплексных нетрадиционных россыпей, золото-ртутного оруденения, коренной алмазности в пределах авлакогенов Восточно-Европейской платформы, палеогеографии, раннемезозойского выветривания и ряд других. Прикладные исследования включали совершенствование методов поисков месторождений с мелким золотом, лабораторных методов обработки проб и т.д. Итоги исследований этого периода приведены в монографии Б.М.Осовецкого «Россыпеобразующие минералы Вятско-Камской впадины» (2011).

С *2012 г.* начался современный этап фундаментальных научных разработок лаборатории, который совпал с активной работой по выполнению задач развития Пермского государственного национального исследовательского университета (ПГНИУ). Предпосылкой для этого явилась разработка концепции, положенной в основу заявки Пермского университета на участие в конкурсе претендентов на включение в программу «Национальные исследовательские университеты России». Составной частью этой концепции являлись разработки по прогнозированию и развитию минерально-сырьевой базы регионов, которые активно проводились в предыдущие годы на геологическом факультете и во многих лабораториях ЕНИ ПГУ.

Одной из конкретных задач, которые планировалось реализовать в программе развития ПГНИУ на 2011-2019 гг., являлось основание и развитие наноминералогического направления, которого раньше в университете вообще не было. Тем не менее, еще в начале 60-х годов прошлого столетия созданием Лаборатории осадочных полезных ископаемых (научный руководитель Ю.С.Лунев) были заложены основы развития исследований, связанных с мелкими ценными минералами и их значением для прогнозирования и поисков полезных ископаемых. В частности, сотрудниками этой лаборатории (в разные годы в ней работали В.А.Наумов, О.Б.Наумова, И.Я.Илалтдинов, К.П.Казымов и автор данной статьи) были изучены мелкие алмазы, тонкое золото и другие полезные минералы во многих геологических объектах страны. Условия для перехода к исследованию наноразмерных минеральных частиц были созданы благодаря приобретению полевого сканирующего электронного микроскопа с холодной эмиссией JSM 7500F (Япония), который имеет разрешение порядка нескольких нанометров.

После успешного прохождения конкурса сотрудники лаборатории МПИ приняли активное участие в реализации программы развития ПГНИУ совместно с сотрудниками кафедры минералогии и петрографии (К.П.Казымов, И.Я.Илалтдинов, Е.А.Меньшикова, Н.Е.Молоштанова) и методов поисков и разведки полезных ископаемых ПГНИУ (В.А.Наумов, О.Б.Наумова). В ноябре 2011 г. приказом ректора ПГНИУ был создан Сектор наноминералогии (руководитель Б.М.Осовецкий). Сектором было приобретено уникальное научное оборудование на общую сумму около 150 млн руб., оборудованы новые помещения и рабочие места. В мае 2012 г. Сектор наноминералогии получил аккредитацию в системе Росаккредитации РФ. Область аккредитации включает выполнение анализов по определению гранулометрического, петрографического, минерального, химического состава пород, использование методов электронной микроскопии высокого разрешения, рентгеновской томографии, термогравиметрии, дифрактометрии и т.д.

Наиболее интересные фундаментальные исследования проводились по наноминералогии золота. Помимо статей, включая зарубежные, их результаты изложены в монографиях Б.М.Осовецкого, не имеющих аналогов в мировой литературе, - «Наноскульптура поверхности золота» (2012) и «Природное нанозолото» (2013). Активные исследования по наноминералогии золота кор выветривания черносланцевых толщ выполняет сотрудница лаборатории МПИ И.В.Бадьянова, которой опубликовано несколько статей с оригинальными данными по нанозолоту.

Кроме того, начаты работы по наноминералогии платиноидов (совместные исследования и публикации с сотрудником Уральского горного университета проф. А.Г.Баранниковым) и алмазов (монография Б.М.Осовецкого и О.Б.Наумовой «Мелкие алмазы и их поисковое значение», 2014, а также несколько совместных статей, включая зарубежные). В частности, доклад с описанием наночастиц поверхности россыпной платины был представлен на международном платиновом симпозиуме (г. Екатеринбург, 2014), а доклад с характеристикой наночастиц поверхности алмазов – на международной конференции в Болгарии (2015).

В 2015 г. впервые были начаты исследования в области экспериментальной наноминералогии (Б.М.Осовецкий, В.А.Наумов, О.Б.Наумова, М.А.Волкова). Первое сообщение о результатах экспериментальных исследований в области наноминералогии золота было заслушано на юбилейной конференции «Геология и полезные ископаемые Западного Урала», посвященной столетию Пермского университета и геологического образования на Урале (20.10.2016 г.). Затем информация о них приведена в совместном докладе (авторы Б.М.Осовецкий, О.Б.Наумова, В.А.Наумов), представленном на международную конференцию «Vienna Green-2016» в ноябре 2016 г.

Важную роль в деятельности лаборатории занимали исследования по изучению металлоносности черносланцевых пород Горнозаводского района Пермского края, выполняемые в рамках ФЦП (2012-2014 гг.). Для выполнения

этих работ был задействован практически весь арсенал современной аналитической аппаратуры, в частности рентгенофлуоресцентный спектрометр, синхронный термоанализатор, порошковый дифрактометр, два сканирующих электронных микроскопа с приставками для микрозондового анализа, масс-спектрометр индуктивно-связанной плазмы, атомно-абсорбционный спектрометр, рентгеновский томограф и др. Наиболее важным результатом этих исследований явилось обнаружение и детальное описание различных видов минерализаций, приуроченных к коренным породам и корам выветривания района (золоторудная, платиновая, полиметаллическая, циркониевая, титановая, редкоземельная, ниобиевая, стронциевая, железорудная, марганцеворудная, иттриевая). Активное участие в выполнении работ по данной тематике принимали И.В.Бадьянова, И.Я.Илалтдинов, К.П.Казымов.

С 2013 г. ведутся совместные исследования с сотрудниками «ПермНИПИнефть» по изучению вещественного состава и структуры нефтяных коллекторов. В этом направлении сотрудниками лаборатории МПИ разрабатываются новые методы изучения пустотного пространства, основанные на возможностях электронной микроскопии. Руководителем этого направления работ является доцент К.П.Казымов, основным исполнителем аспирантка кафедры минералогии и петрографии Г.А.Исаева. Одной из решаемых задач является установление действующих факторов и процессов, происходящих в нефтяном коллекторе при воздействии буровых растворов. Работы имеют экспериментальную основу и сопровождаются разработкой принципиально новых методических приемов и способов обработки информации.

Большое значение в деятельности лаборатории имели работы (2013-2015 гг.) по выполнению проекта «Оценка минерально-сырьевой базы Пермского края для производства высокотехнологичного базальтового волокна» в рамках приоритетного направления развития науки, технологий и техники РФ «Рациональное природопользование и экологическая безопасность», а также «Материалы и производственные технологии нового поколения» (руководитель проекта С.М.Блинов, в числе исполнителей – Б.М.Осовецкий, К.П.Казымов, Г.А.Исаева, А.П.Седунова). Итогом этих работ явилось издание коллективного труда «Минерально-сырьевая база Пермского края для производства базальтового волокна» (2015).

Сотрудники лаборатории принимали активное участие в подготовке и проведении в Перми XV Международного совещания «Россыпи и месторождения кор выветривания» (24-27 августа 2015 г.). На пленарном заседании совещания участникам был представлен доклад Б.М.Осовецкого «Современные горизонты наноминералогии золота», в котором излагались результаты работ сотрудников ПГНИУ в данном направлении и их место в современной мировой науке. Всего же сотрудниками лаборатории на данном совещании было сделано 7 докладов, в т.ч. совместные с зарубежными учеными.

Помимо фундаментальных разработок, сотрудниками лаборатории выполнялись хозяйственные работы по изучению вещественного состава горных пород и техногенных образований с использованием имеющегося уникального оборудования. Многие темы выполнялись совместно с участием сотрудников других лабораторий геологического отдела ЕНИ.

Значительная помощь в проведении анализов регулярно оказывается сотрудникам ЕНИ и кафедр университета при подготовке докторских и кандидатских диссертаций, студентам университета при выполнении исследовательских научных работ, магистерских диссертаций, выпускных работ и дипломных проектов.

Сотрудники лаборатории активно участвуют в образовательной деятельности. Проводятся лабораторные занятия со студентами на новом оборудовании. Разработаны и читаются для студентов новые спецкурсы, основанные на изучении возможностей современной аппаратуры мирового уровня, - «Наноминералогия» (Б.М.Осовецкий, И.В.Бадьянова), «Прецизионные методы исследования» (Б.М.Осовецкий, М.А.Волкова), «Литогенез благородных металлов» (Б.М.Осовецкий, И.В.Бадьянова). Существенно дополнены лабораторные возможности при чтении курсов «Геммология» (К.П.Казымов) и «Шлиховой метод» (Ю.Г.Пактовский).

Многие талантливые студенты геологического факультета (А.Горбунов, О.Аликин, Д.Хасиятов, А.Пузик, В.Жданов, Е.Томилина, С.Мусакулова) прошли настоящую школу научного творчества, принимая участие в выполнении фундаментальных или прикладных исследований лаборатории в последние годы.

### **Библиографический список**

1. Андреев Н.А., Казымов К.П. Исследование изменения состава и структуры глинистых пород под воздействием реагентов и ингибиторов // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. 2016. Вып. 19. С. 387-389.
2. Бадьянова И.В. Особенности нанозолота черносланцевой формации // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. № 13. С. 3-7.
3. Бадьянова И.В. Агрегатное золото кор выветривания черносланцевых толщ // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, 2014. № 14. С. 3-7.
4. Бадьянова И.В. Глобулярное золото черносланцевых толщ // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. № 15. С. 3-5.
5. Бадьянова И.В., Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. Золото черносланцевых толщ // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, геология: материалы XV Международного совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. С. 14-16.
6. Бадьянова И.В., Казымов К.П. Морфология золота Тыкотловской площади. Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 58-69.
7. Бадьянова И.В., Казымов К.П., Синкина И.В. Минералогия золотоносных отложений Тыкотловской площади // Вестник Пермского университета. Геология. 2013. № 2(19). С. 28-39.
8. Бадьянова И.В., Осовецкий Б.М. Процессы природной амальгамации в корах выветривания на черносланцевых толщах // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 2. С. 688.
9. Бадьянова И.В., Суслов С.Б., Осовецкий Б.М. Типы минерализации кор выветривания черносланцевых толщ Горнозаводского района Пермского края // Осадочные комплексы Урала и

прилежащих регионов и их минерагения. Уникальные литологические объекты через призму их разнообразия. Екатеринбург, 2016. С.

10. Горбунов А.А., Бадьянова И.В., Аликин О.В. Минералого-технологические характеристики золота из техногенных и природных образований россыпи Северного Урала // Металлогения древних и современных океанов-2015. Месторождения океанических структур: геология, минералогия, геохимия и условия образования. Миасс: ИМин УрО РАН, 2015. С. 158-161.

11. Жданов В.М., Горбунов А.А., Казымов К.П. Использование компьютерной томографии при изучении хромититов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2014. С. 15- 20.

12. Ибламинов Р.Г., Казымов К.П., Меньшикова Е.А., Осовецкий Б.М. Исследование вещественного состава пород Учалинского медноколчеданного месторождения с целью оценки взрывоопасности сульфидной пыли // Колчеданные месторождения; геология, поиски, добыча и переработка. Екатеринбург, 2013. С. 65-68.

13. Илалтдинов И.Я., Бадьянова И.В. Минеральный состав тяжелой фракции современного аллювия р. Сылва на территории УНБ «Предуралье» / Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского. Пермь, 2016. Вып.19. 40-43 с.

14. Илалтдинов И.Я., Осовецкий Б.М. Золото юрских отложений Вятско-Камской впадины. Перм. ун-т, Пермь, 2009. 230 с.

15. Казымов К.П., Бадьянова И.В., Синкина И.В. Золотоносность отложений Тыкотловской площади // Современные проблемы науки и образования. 2013. №1. С. 28-39.

16. Казымов К.П., Багаев А.Н., Жданов В.М. Использование рентгеновской установки с функцией томографии при решении задач нефтяной геологии // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2015. С. 17-20.

17. Курбацкая Ф.А., Бадьянова И.В., Синкина И.В. О вещественном составе пород федотовской свиты (Горнозаводский район Пермского края) / Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2013. №13. С. 27-30.

18. Манькова Т.В., Суслов С.Б., Исаева Г.А., Казымов К.П. Габбродолериты Усьвинского комплекса (Средний Урал, Пермский край) и оценка их пригодности для производства базальтового волокна // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 5.

19. Мелкие алмазы и минералы-спутники в юрских отложениях Вятско-Камской впадины / ред. Б.М.Осовецкий. Перм. ун-т, Пермь, 2008. 212 с.

20. Минералы-спутники алмаза с мезокайнозойских отложениях Кировской области / ред. Б.М.Осовецкий. Пермь ун-т, Пермь, 2007.208 с.

21. Минерально-сырьевая база Пермского края для производства базальтового волокна (справочник). Перм. ун-т, Пермь, 2015. 269 с.

22. Осовецкий Б.М. Россыпеобразующие минералы Вятско-Камской впадины. Перм. ун-т, Пермь, 2011. 250 с.

23. Осовецкий Б.М. Наноскульптура поверхности золота. Перм. ун-т, Пермь, 2012. 232 с.

24. Осовецкий Б.М. Природное нанозолото. Перм. ун-т, Пермь, 2013. 176 с.

25. Осовецкий Б.М., Казымов К.П. Комплексование методов при оценке содержаний редких минералов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. С. 48-52.

26. Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А. Природно-техногенные осадки. Перм. ун-т, Пермь, 2006. 208 с.

27. Осовецкий Б.М. Наумова О.Б. Мелкие алмазы и их поисковое значение. Перм. ун-т, Пермь, 2014. 142 с.

28. Перевозчиков Б.В., Осовецкий Б.М., Меньшикова Е.А., Казымов К.П. Методика комплексного изучения габбро-базальтового сырья для производства минерального волокна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. 2012. С. 199-2005.

**М.В. Рогозин**

Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ЛАБОРАТОРИЯ ЭКОЛОГИИ ЛЕСА: ИССЛЕДОВАНИЯ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ**

*Подведены итоги работ лаборатория экологии леса ЕНИ ПГНИУ по трем направлениям. Выдвинута новая парадигма лесоводства и лесной селекции. На стыке лесоведения, геоморфологии и геодинамики обнаружено влияние геоактивных зон на развитие лесных экосистем. Изучено свыше 1 тыс. потомств ели и сосны, что позволило найти контрастные типы потомств, перспективные для промышленной селекции и изучения особенностей биохимии хвои.*

*Ключевые слова: Лесоведение, лесоводство, лесная селекция, хвоя, химические элементы*

**M.V. Rogozin**

Natural Sciences Institute, Perm State University

## **LABORATORY OF FOREST ECOLOGY: THE STUDY OF FOREST ECOSYSTEMS**

*The results of the work in three directions. It puts forward a new paradigm of forest management and forest breeding. At the junction of Forest, geomorphology and geodynamics found the impact of geo-active zones in the development of forest ecosystems. A study of more than 1 thousand progenies spruce and pine, that has allowed to find the contrasting types of of progenies, promising for industrial breeding and studying the characteristics of needles biochemistry.*

*Keywords: silviculture, forestry, forest breeding, needles, chemicals*

**Лаборатория экологии леса ЕНИ** организована в 1972 г. Михаилом Николаевичем Прокопьевым (ученый-лесовод, д.с-х.н, с 1995 г., Заслуженный лесовод России), который возглавлял ее с момента основания лаборатории и до 1997 г. В настоящее время заведующим лабораторией является доктор биологических наук, кандидат сельскохозяйственных наук **Михаил Владимирович Рогозин**.

Работы проводились по трем направлениям.

**Первое направление** затрагивало целый пласт проблем лесоведения, лесной таксации и лесной селекции и включала в себя анализ существующих методов моделирования, оценку состояний древостоев в разном возрасте и селекцию промышленных сортов хвойных пород, работа по которым



закончилась выдвижением новой парадигмы лесоведения и лесоводства. В качестве основы исследований были взяты 349 пробных площадей, заложенных в ельниках Пермского края, в том числе 57 с повторными наблюдениями, а также 11 крупных опытов по испытанию роста потомства сосны и ели от 1435 материнских деревьев, заложенных в 1980–1990-е годы с общим количеством измеренных растений более 80 тыс.

В результате анализа литературы и собственных работ сотрудниками лаборатории М.В. Рогозиным, Г.С. Разиным, Л.В. Кувшинской с участием инженеров-исследователей А.В. Жекина, Н.В. Жекиной и студентов Я.В. Жекиной и С.С. Комарова были сформулированы закономерности развития лесных насаждений на незанятых лесом территориях, где леса стихийно возникают с самой разной густотой по причине различий в урожае семян, разном задернении и увлажнении почвы и т.д. Колебания густоты бывают просто огромны – от нескольких сотен и до десятков тысяч растений на 1 га. К спелости, однако, их остается не более 500-700 шт./га и тысячи деревьев погибают.

Было выяснено, что совершенно особое место среди таксационных показателей занимает объем кроны дерева. Крона определяет виталитет особи, а суммарный объем крон – виталитет насаждения. Максимальные объемы крон приводят к получению и максимума прироста древесины. Как только прирост падает, то лес начинает стареть. Но деревья продолжают увеличивать свои размеры, и это вводит специалистов в заблуждение, так как они оперируют техническими понятиями, и прогресс у них ассоциируется с увеличением размеров деревьев. Поэтому вплоть до достижения нужных кондиций деревья «как бы прогрессируют». Но древостой, как целое, обладает уже иными свойствами, которых нет у его частей, т.е. деревьев. Поэтому для выяснения законов его развития изучались интегральные показатели – объемы крон, их сомкнутость, текущий прирост древесины. Этих сложных характеристик как раз и не хватало разработчикам таблиц хода роста весь 20 век.

По размерам кроны и другим признакам немецкий лесовод Крафт еще в 19 веке разделил деревья на 5 классов. Крона определяет социальный статус дерева в древостое – она несет в себе производящий древесину фотосинтезирующий аппарат. По сути, это багаж, с которым дерево движется в будущее. Диагностировать классы можно в самом раннем возрасте, когда начинает функционировать ранговый закон роста деревьев Е.Л. Маслакова. В соответствии с ним с возраста 6–8 лет деревья растут, просто увеличивая свои размеры, оставаясь либо крупными, либо мелкими; средние растения меняют ранги и вверх, и вниз. Казалось бы, в этом законе все просто и ясно. Но обнаружился неприятный момент – разные типы роста деревьев, например: медленный и затем усиленный; средний, затем медленный и т.д., всего 10 типов. Они меняют прогнозы роста до неузнаваемости, и поэтому регуляцию густоты насаждений отодвигают до 40 лет, дожидаясь «дифференциации» деревьев на упомянутые классы и типы роста.

Однако рассматривая типы роста, лесоводы не учитывали фактор густоты и поэтому знакомство с многочисленными таблицами хода роста нас просто разочарует: их весьма ограниченно используют в таксации леса, но не применяют при его выращивании. Сейчас понимается их несовершенство, так как в них не учитывали главный биологический параметр деревьев – размеры крон. Именно здесь и нашелся ключ к причинам типов роста, и он позволил Г.С. Разину выяснить основной закон морфогенеза древостоев, а также найти универсальную формулу для расчета их оптимальной густоты в любом возрасте. Из этого закона следует, что начальная густота на всю жизнь разделяет, разводит древостой по разным траекториям их развития [7-9].

В наших обобщающих монографиях [11, 12, 17, 18] мы детально проанализировали модели древостоев в крупных работах 11 отечественных лесоводов: В.Н. Сукачева (1953), В.В. Загреева (1978), Н.Н. Свалова (1979), Е.Л. Маслакова (1984), С.Н. Сеннова (1984, 1999), В.В. Кузьмичева (1980), Г.Б. Кофмана (1986), И.С. Марченко (1995), З.Я. Нагимова (2000), А.А. Вайса (2014). Оказалось, что их модели статичны и не являются моделями развития; в них не учитывалась начальная густота, а также принималась как постулат идея о том, что оптимизация площади питания деревьев должна приводить к усилению их прироста в любом возрасте. Однако идея эта не подтвердилась практикой [20].

Указанные просчеты в этих моделях оказались не случайны. В них не были задействованы понятия «прогресс» и «регресс», без чего невозможно правильно рассчитать нагрузку рубками ухода – сильную в период прогресса и слабую в фазе регресса. Во многом это упущение оказалось обусловлено тем, что можно назвать как незнание проблем соседних наук. Это выливалось в неприятие, и даже игнорирование законов экологии и развития растительных сообществ. В монографии даны пояснения, почему законы Е.Л. Маслакова и Г.С. Разина в течение 30 лет так и не вошли в учебники. Иногда их даже не упоминают; при этом не помогают и докторские диссертации, и солидные книги [4, 5], а также знаковые статьи [7-9]. С этим была связана и дискуссия о так называемых таблицах хода роста; в монографии обсуждается их доктринальный смысл и констатирован ряд недостатков. Первый из них – это статичность данных. Вторым оказалось полное игнорирование биогрупп и неравномерности структуры ценоза. По сути, биогруппы в древостое – это его атрибут, но их не учитывают ни в моделях, ни в правилах ухода за насаждениями. Обсуждаются и совершенно новые факторы, также не учитываемые в моделях выращивания леса: типы онтогенеза, хроно- и биоритмы Л.М. Биткова, правые и левые формы деревьев А.М. Голикова, «память» потомства о конкуренции в родительских ценозах, геоактивные зоны, а также биополе лесных экосистем И.С. Марченко. Эти факторы предложено проверить прямыми экспериментами в ходе полевых опытов и предложены схемы таких опытов. Кроме обычного лесоводства ныне появилось плантационное и пригородное лесоводства, «хроно-лесоводство» и даже «нетрадиционное» лесоводство. Проведен их анализ и сделан вывод, что

разнообразие теорий по структуре, выращиванию и уходу за лесом отражает кризис в лесных науках, необходимость обобщений последних достижений и смена парадигмы лесоводства [12].

Полученные нами модели показали, что в развитии насаждений есть фаза прогресса, когда прирост возрастает, и фаза регресса, когда он падает. Всего представлено 15 моделей развития для естественных ельников и 4 модели для лесных культур. В культурах линии развития короче, и они обрываются раньше. По сути, уже в 70 лет культуры ели становятся «перестойными», т.е. прирост в них становится равным отпаду. Диапазон начальной густоты в предложенных моделях составил от 1 до 172 тыс. шт./га.

Впервые в моделях Г.С. Разина была найдена константа для древостоев, и она в чем-то подтвердила константу И.С. Марченко [6]: суммарные объемы крон постоянны в возрасте 45–110 лет. В связи с этим прогрессивные прореживания, «передвигающие» развитие древостоя на продуктивный путь, в густых ценозах должны заканчиваться до 20 лет, тогда как при малой начальной густоте (1.0–1.65 тыс. шт./га) они могут быть проведены и в 40 лет. Выбор правильной модели повысит запасы средней и крупной древесины до 3 раз и после ранних прореживаний лес будет технически спелым уже в 50–55 лет. Это особенно важно знать тем, кто берет зарастающие лесом поля в аренду для выращивания на них крупной древесины – затраты на уход здесь имеют 50–100-кратную окупаемость.

В конце монографии [18] дано описание программы выведения промышленных сортов хвойных пород с повышением результативности лесной селекции в 3 раза и увеличения производительности создаваемых улучшенными семенами культур на 21–23%, которое получается на основе использования в качестве исходного материала насаждений-аналогов плантационных культур.

Начало **второго направления исследований** положила статья Рогозина М.В. «Геобиологические сети Хартмана и Карри в испытательных культурах ели сибирской» [10], опубликованная в 2011 г. Далее исследования продолжились по геоактивным зонам с положительным влиянием на биообъекты, которые продолжают как инициативные по настоящее время. Промежуточные итоги были подведены в 2016 г. в монографии М.В. Рогозина «Лесные экосистемы и геобиологические сети», изданной в электронном виде [12]. Возможно, это первая книга подобного рода. Идея геобиологических сетей не нова, однако изучались они в основном с ориентацией на человека. Взяться за нее нас побудила неудовлетворенность списком традиционных причин, по которым деревья располагаются большей частью неравномерно даже в идеальных лесных культурах. Некоторые упрямые факты совершенно не вписываются в модели предлагаемых лесных экосистем. Так, модели структуры и модели развития древостоев, в том числе энергетические модели, совершенно не объясняют причин образования биогрупп, формирующихся и в естественных древостоях, и в лесных культурах. Вопреки расхожему мнению, деревья в них не мешают друг другу, они сохраняются до глубокой старости, но

самое поразительное, что в них растет 28–57% деревьев! Наличие биогрупп, по сути, является атрибутивным признаком лесных экосистем. Обсуждается литература о структуре древостоя, о «деревьях будущего», о теории рубок ухода, о моделировании и таблицах хода роста, о генетических факторах, изопопуляциях, о правых и левых формах деревьев, о биополе лесных экосистем. Приведена фотография сети Хартмана, полученная на фотобумаге, которую помещали в закрытый конверт и накладывали на узел сети; при этом ее указывал оператор биолокации, что подтверждает возможность проверки геобиологических сетей техническими методами [1]. Описан личный опыт биолокации и правила юстировки «биоприбора» под названием Человек. Критикуются оппоненты, не признающие биолокацию в качестве научного метода исследования.

Объектами наших исследований в этом втором направлении исследований были сосна обыкновенная и ель финская. Были изучены 180 материнских деревьев и 14 тыс. растений в их потомствах в возрасте до 21 года. Изучены геобиологические сети пяти видов с узлами сетей (зонами), имеющие диаметры 0.55, 1.0, 3.0, 4.5 и 8.0 м, всего 414 зон, из них 331 – благоприятные и 83 – патогенные. Для одного из участков размером 0.62 га приведены рисунки этих сетей на плане рядов культур и деревьев в них. Точность нанесения зон и деревьев на план составляла  $\pm 3-5$  см.

Оказалось, что зоны и сети мигрируют на расстояние от 0.10 до 0.85 м, причем в прямой зависимости от геодинамической активности обширных территорий. Их активность изучают по ее проявлениям на поверхности Земли с помощью геологии, геофизики, геоморфологии, магнитометрии, гравиметрии, а также по динамике химического состава грунтовых вод из родников (Копылов, 2014). Изученные нами патогенные зоны занимают 1.9%, а благоприятные зоны – 51% площади на исследованном участке. В результате анализа влияния этого нового фактора на развитие деревьев, который вообще изучается впервые, для нас было полной неожиданностью усиление в 1.85 раза семеношения у сосны, а также резкое возрастание показателя наследуемости у материнских деревьев, сформировавшихся на патогенных зонах, при одновременном их нахождении, однако, также и внутри благоприятных зон.

У ели также были обнаружены интереснейшие явления. На патогенных зонах рост ее культур ожидаемо снижался до 91.2% от контроля. На благоприятных зонах высота ее деревьев оказалась достоверно выше контроля в среднем на 4.0 %, причем на одном из типов сетей превышение составило 11.7 %. Важно отметить, что частота деревьев-лидеров на таких благоприятных зонах оказалась в 1.4 раза выше, чем на нейтральных местах, что свидетельствует о том, что самые крупные деревья обязаны своими размерами формированием преимущественно в энергетически благоприятных для роста местах. Но самым, пожалуй, обескураживающим фактом оказалась локализация 100% плюсовых деревьев исключительно на благоприятных типах зон. Этот факт во многом лишает оснований давнюю идею лесной селекции о том, что плюсовые деревья обязаны своими крупными размерами и идеальными

стволами во многом благодаря их «хорошей» генетике (по крайней мере, на это были основные надежды).

В этой монографии [12] приведены 20 фотографий деревьев-феноменов, а также самых крупных деревьев Пермского края, которые все оказались расположенными на геоактивных зонах. В конце приводятся 29 выводов. Выдвинуто 7 новых рабочих гипотез, в том числе объясняющих получение «положительной» и «отрицательной» наследуемости у сосны, имевшей место не только у автора, но и у других селекционеров и получение которых вносило неуверенность в программы селекции, от которых у многих лесных селекционеров просто опускались руки. Как обнадеживающий результат приведен пример, когда простое использование семян из культур, заложенных лесничими А.Е. и Ф.А. Теплоуховыми с малой густотой, рассматриваемых нами как насаждения-аналоги для плантационного выращивания леса, увеличивало высоту дочерних культур ели в возрасте 21 год сразу на 4.6%.

В в приложении к монографии дана схема расположения 1664 деревьев ели в культурах на площади 0.62 га, их высота в 21 год и типы геоактивных зон вблизи посадочных мест для работы в полевых условиях. Приложение может быть использовано любым исследователем. То, что сделал один человек, сможет повторить и другой. Перспектива исследований видится нам в изучении девственных лесов и молодых лесов на зарастающих полях, где человеческий фактор не влиял на размещение деревьев по площади, и где деревья сами выбирали места для своего поселения.

В таких лесах в летний сезон 2016 г. мы изучили самые крупные (плюсовые) деревья следующих лесных пород: кедра и ели сибирских, ели финской, липы мелколистной и сосны обыкновенной [15]. Вблизи них методом биолокации определяли благоприятные геоактивные зоны с диаметрами 1, 3, 4.5, 8, 16, 32 и 55 м. Оказалось, что все изученные деревья были локализованы на зонах 1 м. Частота других типов зон колебалась от 0 до 100% и была резко отличной у разных пород. Так, кедр сибирский в подавляющем числе случаев растет на совершенно уникальном сочетании зон с диаметрами 3.0 или 4.5 м с более обширными зонами диаметром 16, 32 и 55 м (84% случаев). Ель сибирская формирует крупные стволы в 100% случаев исключительно на сочетаниях зон 1.0 м с зонами диаметром 8.0 м. Ель финская и липа являются энергетическими конкурентами и выбирают места с зонами 3.0 или 4.5 м и формируют на них крупные стволы в 93.8 и 96.0% случаев соответственно. Сосна обыкновенная универсальна и формирует крупные стволы на зонах всех типов, за исключением зон диаметром 8.0 м, где ее крупные деревья встречаются с частотой лишь 12%. Ель финская и липа на таких зонах встречаются единично. Полученные данные свидетельствуют о крайней важности учета геоактивных зон при выращивании леса, а также при использовании деревьев в медицинских целях в качестве доноров энергии.

**Третье направление исследований** посвящено оценке потомств ели по биохимии хвои, и возможности коррелятивной селекции здесь могут быть расширены в самом неожиданном направлении. Определение химического и

физиологического «портрета» у потомств, растущих быстро и устойчиво, будет отражать особенности их физиологии, которая неизбежно должна отличаться от обычного типа. Причем портрет этот будет меняться при изменении ценологических условий тест-культур, а также условий развития их родителей, например, плотности ценоза. Некоторые химические элементы в хвое ели патентуются и есть положительное решение по заявке на изобретение [21]. Отметим, что, в противовес всяким ожиданиям, рост ели финской в наших исследованиях усиливался при снижении концентраций ряда химических элементов [16]. Все это может быть объяснено эпигенетикой, т.е. материнским эффектом и взаимодействием генотип-среда, влияющими на экспрессию генов и на фенотипы потомства [3]. В перспективе механизмы эпигеномной адаптации ели финской могут быть изучены и на генетическом уровне.

Первые же попытки создания «химического портрета» хвои у быстрорастущих семей ели финской показали, что по нему можно опознать от 36 до 83 % быстрорастущих семей и использовать некоторые химические элементы как хемомаркеры, которые, как ожидается, позволят отбирать по ним лучшие семьи в самом раннем возрасте. Это повысит их частоту в 4-8 раз, с обычных 10% до 40–80%. Далее остается только отследить направление тренда их роста в последующие 10–20 лет в тест-культурах.

Получаемые результаты связаны с большими объемами выборок. Безусловно, рассмотренные приемы на других объектах будут иметь иные результаты, но даже при их неполном эффекте можно ожидать увеличения встречаемости устойчиво и быстро растущих потомств во много раз; вероятно, в идеале можно получить почти полную их идентификацию уже в раннем возрасте, если задействовать весь арсенал рассмотренных методов и приемов. Их использование резко сужает параметры поиска исходного материала и выстраивает новый вектор в селекции ели финской. Новые подходы оформлены в виде программы выведения промышленных сортов ели, которая в 4 раза сокращает затраты и в 3 раза – время на селекцию и эффект которой составит 23% увеличения средней высоты лесных культур в возрасте 20 лет [14].

Выделение быстрорастущих семей ели на больших выборках (всего 383 семьи) позволит выявить слабые связи и тренды, проявляющие себя под влиянием искусственной эволюции, в которую вовлекаются популяции древесных видов в результате их вырубки и лесовосстановления. Разделение семей на контрастные типы по устойчивости роста в двух разных тест-культурах позволит найти типы, интересные для изучения физиологии и биохимии хвои (около 100 семей). На следующий год у этих контрастных по реакции на густоту выращивания семей будут взяты образцы хвои и определены не менее 12 химических элементов (Ni, Cr, Mn, V, Ti, P, Cu, Zn, Ba, Sr, Zr, Pb). Образцы будут взяты и от деревьев, от которых хвою брали на анализ ранее, что позволит выяснить временную повторяемость уровня содержания этих элементов. Далее будут выбраны элементы, устойчиво сохраняющие свои концентрации в хвое. Наконец, после анализа статистических связей будут найдены такие химические элементы, которые

связаны с ростом семей в густых, либо в редких культурах. Ожидается, что число таких элементов будет ограничено 2–3 элементами, они будут разными для густых и редких культур, и будут служить своеобразными маркерами быстрого или медленного роста. На данное направление в РФФИ в 2016 г. зарегистрирована заявка 17-04-01150 с названием проекта: "Плотность популяций и онтогенез ели финской: «родительские» эффекты".

### *Благодарности*

*Работа выполнена при финансовой поддержке задания 2014/153 государственных работ в сфере научной деятельности в рамках базовой части госзадания Минобрнауки России, проект 144 № ГР 01201461915.*

### **Библиографический список**

1. Агбалян Ю.Г. Глобальная энергетическая сеть Хартмана. Мифы и реальность // *Сознание и физическая реальность*. 2009. № 12. С. 14-20.
2. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов / Автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Уральский государственный горный университет. Пермь, 2014. 48 с.
3. Крутовский К.В. Геномные и эпигеномные механизмы адаптации лесных древесных видов // *Сохранение лесных генетических ресурсов Сибири: материалы 4-го междунар. совещания 24-29 авг. 2015 г. Барнаул: Ин-т леса СО РАН, 2015. С. 93-94.*
4. Кузьмичев В.В. Закономерности роста древостоев. Новосибирск: Наука, 1977. 160 с.
5. Маслаков Е.Л. Формирование сосновых молодняков. М.: Лесн. пром-сть, 1984. 168 с.
6. Марченко И.С. Биополе лесных экосистем. Брянск: БГИТА, 1995. 188 с.
7. Разин Г.С. Динамика сомкнутости одноярусных древостоев // *Лесоведение*. 1979. № 1. С. 23-25.
8. Разин Г.С. Модели роста древостоев еловых культур разной густоты // *Лесоведение*, 1988. № 2. С. 41-47.
9. Разин Г.С. О системе моделей роста и динамики продуктивности лесов России (о таблицах хода роста) // *Лесное хозяйство*. 2010. № 4. С. 43-44.
10. Rogozin M.V. Геобиологические сети Хартмана и Карри в испытательных культурах ели сибирской // *Вестник Пермского университета. Серия Биология*. 2011. №2. С. 54–60.
11. Rogozin M. V. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2013. 200 с. (10,85 Мб). URL: <http://elibrary.ru>; (дата обращения: 11.06.13)
12. Rogozin M. V. Лесные экосистемы и геобиологические сети [Электронный ресурс]: монография. Пермь: ПГНИУ, 2016а. 171 с. (7,2 Мб). URL: <http://elis.psu.ru/node/358578> (Дата обращения: 02.06.16).
13. Rogozin M.V. Старая и новая парадигмы в лесоводстве и лесной селекции // *Успехи современного естествознания*. 2016б. № 4. С. 94–98. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35869> (дата обращения: 12.09.2016).
14. Rogozin M.V. Коррелятивная селекция ели финской для плантационного выращивания // *Современные проблемы науки и образования*. 2016в. №3; URL: <http://www.science-education.ru/article/view?id=24449> (дата обращения: 06.05.2016).

15. Rogozin M.V. Локализация крупных деревьев в таежных древостоях и геоактивные зоны // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2016г. №9 (10). С. 18-30. Режим доступа: <http://elibrary.ru/contents.asp?titleid=56662> (дата обращения: 26.09.2016).
16. Rogozin M.V., Жекина Н.В. Устойчивый рост потомства ели финской и химический состав хвои // Успехи современного естествознания. 2016. № 5 (часть 1). С. 79–84. URL: <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=35902> (дата обращения: 12.09.2016).
17. Rogozin M.V., Разин Г.С. Лесные культуры Теплоуховых в имении Строгановых на Урале: история, законы развития, селекция ели. [Электронный ресурс]: Издание второе. Пермь: ПГНИУ, 2012. 210 с. (6,75 Мб). URL: <http://elibrary.ru> (дата обращения: 10.11.13)
18. Rogozin M.V., Разин Г.С. Развитие древостоев. Модели, законы, гипотезы [Электронный ресурс]: монография / под ред. М.В. Rogozina. Пермь: ПГНИУ, 2015. 277 с. (11 Мб). URL: <http://elibrary.ru/item.asp?id=24420793>
19. Rogozin M.V., Разин Г.С. Модели динамики и моделирование развития древостоев // Сибирский лесной журнал. 2015. №2. С. 55-70. DOI: 10.15372/SJFS20150205
20. Сеннов С.Н. Лесоведение и лесоводство: Учебник для студентов вузов. М.: Академия, 2005. 256 с.
21. Способ выявления быстрорастущих семей ели финской (*Picea × fennica* (Regel) Kot.) на основе определения химических показателей хвои» / Авторы: М.В. Rogozin, А.В. Жекин, Н.В. Жекина, С.С. Комаров. ФГБУ Федеральная служба интеллектуальной собственности, ФИПС. Заявка на изобретение №2015105649/13(009020) от 18.02.2015 (положительное решение по заявке от 04.04.2016).



**Р.Н. Рогальникова**  
Научно-методический отдел НБ ПГНИУ

## **ИЗ ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ И РАЗВИТИЯ БИБЛИОТЕКИ ЕСТЕСТВЕННОНАУЧНОГО ИНСТИТУТА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Рассмотрена история создания и развития библиотеки Естественного института Пермского государственного национального исследовательского университета. За почти вековую историю научной деятельности в ЕНИ накопился обширный универсальный многоотраслевой библиотечный фонд, состоящий из отечественных и зарубежных изданий.*

*Ключевые слова: библиотека, Естественный институт.*

**R.N Rogalnikova**  
Scientific-methodical department Research Library  
Perm State University

## **HISTORY AND DEVELOPMENT OF THE LIBRARY NATURAL SCIENCES INSTITUTE OF PERM STATE UNIVERSITY**

*The history of creation and development of the library Natural Sciences Institute of Perm State University. For almost a century of history of scientific activities in NSI has accumulated an extensive multi-universal library collection, consisting of domestic and foreign publications.*

*Keywords: Library, Institute of Natural Sciences.*

Социально-ценностными критериями (для изданий после 1830 года) считаются выдающиеся отличительные свойства, присущие книге как единству духовной и материальной культуры. Среди функциональных признаков, приобретенных книгой в процессе ее бытования в системе социальных отношений, важное место занимают уникальность книги, ее индивидуальные особенности: автографы, добавления, записи владельцев, пометы, рисунки и т.п.; мемориальность, соотносящая книгу с жизнью и трудом известных личностей, работой научных и творческих коллективов, важными историческими событиями и памятными местами.

Фонд библиотеки Естественного института соотносится с работой определенного научного коллектива и обладает рядом изданий, имеющих индивидуальные особенности: автографы, пометы, записи владельцев.

Пермский Биологический научно-исследовательский институт был учрежден Наркомпросом РСФСР в ноябре 1921 года вследствие активной научно-исследовательской работы коллектива научных работников молодого

Пермского государственного университета и стремления сохранить за Пермским университетом значение научного учреждения.

По данным Большой Советской энциклопедии Биологический институт был четвертым научным институтом, созданным после 1917 года в СССР среди институтов биологического направления.

С момента создания, институт, самостоятельный в своей внутренней структуре и организации научной работы, был тесно связан с университетом общим оборудованием и личным составом сотрудников, занимавших должности одновременно в университете и институте. В 1930 году в период расформирования Пермского университета БиоИии способствовал сохранению и консолидации кадров и структур университета и, как следствие, его постепенному возрождению.

Первоначально институт имел в своем составе 8 секций: анатомии, гистологии, фармации, физиологии, бактериологии, биохимии, ботаники и зоологии. С 1922 года в состав института переходит организованная Пермским обществом естествоиспытателей в 1918 году Камская биологическая станция. С 1927 года учреждается Троицкий лесостепной заповедник.

Через год после своего открытия институт приступил к печатному изданию научных трудов в виде «Известий Биологического научно-исследовательского института и биологической станции при Пермском государственном университете» (рис. 1).

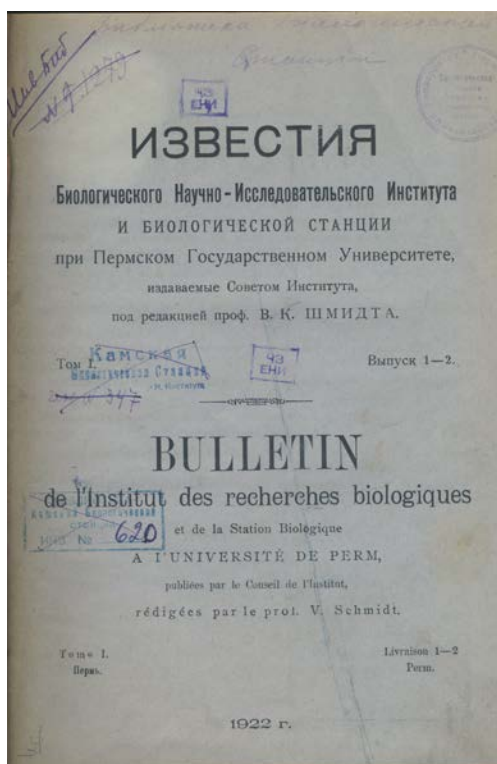


Рис.1. Титульный лист первого издания Известий Биологического Института

Первый выпуск вышел в 1923 году. Начав издание с 10 выпусков в год и тиражом в 250 экземпляров, Институт вскоре приступил к выпуску приложений, где печатались работы более крупного размера. Примечательно, что при приеме рукописей, редакция обращалась к авторам с просьбой: «представлять статьи... с резюме на французском, немецком и английском языке», что способствовало широкому общению ученых с зарубежными коллегами.

Издание «Известий» дало возможность институту наладить широкий обмен ими с научными учреждениями СССР и зарубежными странами, к 1926 году более 300 научных учреждений были в числе партнеров по обмену.

В этот период (1922-1925 гг.) в институте плодотворно работали такие известные ученые как профессора А.А. Заварзин, С.Ф. Вериге, П.В. Сюезев, А.Г. Генкель, Д.А. Сабинин, А.А. Рихтер, В.К. Шмидт, В.Н. Беклемишев, А.О. Таусон, Д.В. Алексеев и др. Они были основателями научных школ, направлений, обществ не только в рамках ЕНИ и университета, но и Пермского медицинского, сельскохозяйственного, педагогического, Троицкого ветеринарного и других институтов.

С 1925 по 1930 годы происходит развитие экспедиционной деятельности института на территории Уральской области и за ее пределами. Результаты экспедиций публиковались в «Трудах» и «Известиях» Института.

К концу 1929 года Биологический научно-исследовательский институт издал 57 выпусков «Известий», в которых было опубликовано 214 научных работ. Это позволило институту обмениваться изданиями со 191 научным учреждением в СССР и 275 – за рубежом. Институт отправлял свои журналы в адрес 184 научных учреждений Европы, 68 - Америки, 10 - Азии, 6 - Африки, 7 - Австралии. Благодаря этому институт имел богатейшую библиотеку.

Одним из авторов в «Трудах» и «Известиях» Института был профессор-ботаник А.Г. Генкель, заведующий кафедрой морфологии и систематики растений Пермского университета (рис. 2)

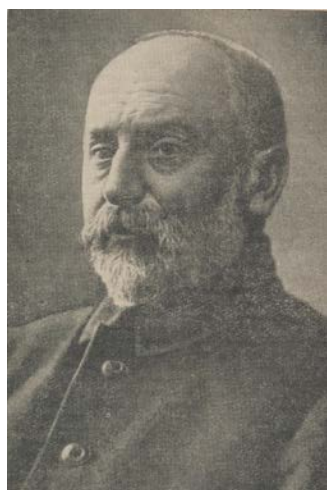


Рис.2. А.Г. Генкель

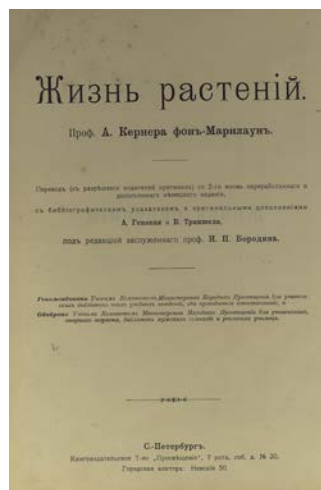


Рис. 3. Жизнь растений

Основные научные исследования связаны с изучением мелких водорослей, биологии низших организмов и морфологии покрытосеменных растений. Автор статей о планктонных водорослях Карского и Каспийского морей, Байкала. Вначале 20-х гг. был председателем комиссии по районированию Пермской губернии. Кроме научной и педагогической деятельности он был прекрасным популяризатором науки, переводчиком. Им были переведены около 25 работ с латинского и немецкого языков по философии, естествознанию и другим наукам, из них такие произведения, как «Жизнь растений» (рис. 3). Кернера фон Марилауна, «Распределение растений» Е. Варминга с рядом рисунков А.Г. Генкеля. Он перевел также «Утопию»

Томаса Мора и «Государство солнца» Т. Кампанеллы. Имя А. Генкеля увековечено в названии улицы в университетском городке и в названии заложенного им ботанического сада.

Летом 1918 года при Обществе Естествоиспытателей была создана пресноводная биологическая станция, расположившаяся в бывшей дачной местности Нижней Курье на берегу реки Камы (рис. 4).

Первым директором биостанции был проф. Д. М. Федотов, зав. кафедрой зоологии позвоночных и сравнительной анатомии университета. В 1921 году Биостанция получила статус самостоятельного научного учреждения и была включена в реестр Биологических станций РСФСР со штатом в 65 человек (рис. 5).



Рис.4. Камская биологическая станция



Рис.5. Сотрудники Камской биологической станции

С организацией Биологического НИИ Биостанция вошла в структуру института. В 1928 году Биостанция была переведена в г. Оханск и получила название - Камская биологическая станция. После перевода в Оханск до 1941 года была проделана огромная работа по изучению биологических ресурсов р. Камы и ее притоков. На станции работали ученые института и университета, стажировались, научные сотрудники из других городов. В 1936 году на станции занимался научными исследованиями академик Берг Л. С. (рис. 6), автор трудов по ихтиологии, климатологии, озероведению, президент Географического общества СССР, чьи книги также хранятся в библиотеке ЕНИ.

Биологическая станция располагала хорошо оборудованными лабораториями: биологической, гидрохимической, ботанической. Имела большую библиотеку и ряд подсобных учреждений. Все лаборатории, библиотека и рабочие комнаты для научных работ располагались в одном благоустроенном здании в г. Оханске (рис. 7).



Рис.6. Академик Л.С. Берг



Рис.7. Оханск. Помещение биологической станции

В период Великой Отечественной войны работы на станции были прекращены, а в здании организован госпиталь. В послевоенные годы работа Биостанции была возобновлена, а с возникновением водохранилищ Камского каскада сотрудники Биостанции проводили исследования гидрофауны нового водоема.

В 1986 году приказом по университету Биостанция была исключена из состава института. В сентябре 2015 г. в библиотеку ПГНИУ были переданы книги из библиотеки Биостанции. Общее количество около 1 тыс. изданий.

К, сожалению, в фонд пришлось взять лишь треть изданий, т.к. книги были заражены грибком, поедены мышами, поскольку хранились ненадлежащим образом.

Несмотря на рост фонда библиотеки, в штате института не было должности библиотекаря вплоть до 1932 года. Директор Биологического института В. К. Шмидт писал в объяснительной записке к годовому отчету за 1930 год: «...число книг в библиотеке превысило 7000. Но, до сих пор нет должности библиотекаря и поэтому сотрудники Института принуждены за свой счет приглашать особое лицо. Содержание библиотекаря ложится тяжелым бременем на сотрудников института. Из-за материальных затруднений оплаты содержания библиотекарь бывает не каждый день и, естественно не может составлять каталоги поступающих изданий, занося их только в инвентарь. Таким образом, понижается ценность библиотеки и возможность рационального ее использования».

Ситуация меняется, когда с апреля 1932 года (по октябрь 1941 г.) руководство библиотекой принимает Николай Петрович Обнорский (рис. 8).

С момента организации при Пермском университете Биологического научно-исследовательского института, т.е. с 1922 года, Николай Петрович Обнорский принимает активное участие в издательской деятельности института. А с 1932 года он начинает заведовать библиотекой института. Ни один выпуск институтских изданий не остается без его внимания, он просматривает корректуры, консультирует, переводит на иностранные языки резюме. Особо следует отметить заслуги Н. П. Обнорского как прекрасного организатора обмена изданий института. Перед войной в библиотеке института висела карта с указанием тех научных учреждений, с которыми институт обменивался изданиями. Из центра – красного кружка (Пермь) шли многочисленные линии в самые разнообразные уголки света. Одновременно с



библиотечной работой Обнорский вел большую педагогическую работу: с 1932 по 1942 годы заведовал кафедрой иностранных языков и преподавал латынь, греческий и английский языки (рис. 9).



Рис.8. Н.П. Обнорский



Рис.9. Труды Н.П. Обнорского

В 40-е годы 19 века библиотека Института имела в своем составе 27000 томов, из которых 60% составляла иностранная литература. Ежегодный прирост литературы составлял 3000-3500 книжных единиц. Особо отмечается обеспеченность научной литературой отраслей биологии. Благодаря этому научные сотрудники получали возможность знакомиться с новинками мировой научной литературы, не выезжая из Перми.

В период войны Институт, как многие другие научные учреждения, прекратил свою деятельность. Многие сотрудники ушли на фронт, часть трудилась в тылу. Имущество, и помещения были переданы в ведение Молотовского университета. Библиотека в качестве отдела также была передана в состав университетской библиотеки.

В 1945 г. Биологический научно-исследовательский был восстановлен и переименован в Естественнонаучный институт при Молотовском государственном университете. Задачами института являлись – изучение природы Приуралья, Урала и Зауралья, разработка теоретических и прикладных естественнонаучных проблем для нужд народного хозяйства.

В конце 1942 года было принято решение Молотовского Облисполкома «Об организации государственного геолого-геоботанического заповедника «Предуралье» на реке Сылве и о передаче его в ведение Молотовского университета и его Естественнонаучного института. В военные годы заповедник был подсобным хозяйством, на его территории были выделены участки для выращивания овощей, что было подспорьем в голодные военные годы. В летнее время заповедник был местом отдыха семей сотрудников университета. В «Предуралье» также была библиотека, удовлетворявшая нужды студентов-практикантов.

В 1946 г. На базе заповедника «Предуралье» была создана карстово-спелеологическая станция, развернувшая исследования карста прилежащих территорий. Деятельность станции связана с именем известного геолога, профессора Г.А. Максимовича. Результаты работы публиковались в Спелеологическом бюллетене (рис. 10) первый выпуск которого вышел в 1947 году. Это был единственный в то время специализированный печатный

орган по пещероведению в СССР. Позднее он был преобразован в сборник «Пещеры».

В составе института в послевоенные годы были отделы: ботаники, зоологии и энтомологии, гистологии и физиологии животных, гидробиологии и ихтиологии, географии, геоморфологии и почвоведения, геологии, петрографии и минералогии, химии и физики.

В 1954 году библиотекарем ЕНИ была принята Ермак Юлия Андреевна (рис. 11). Она окончила историко-филологический факультет Молотовского университета, ветеран Великой Отечественной войны (участница обороны Ленинграда), награждена медалью «Ветеран труда». Работала библиотекарем по 1991 год.

1960-80-е – время интенсивного развития химической науки. В ЕНИ создается ряд химических лабораторий. В библиотеку ЕНИ в 1994 и 2015 годах были переданы личные библиотеки ученых-химиков: профессоров И.И. Лапкина, Ф.Р. Вержбицкого.

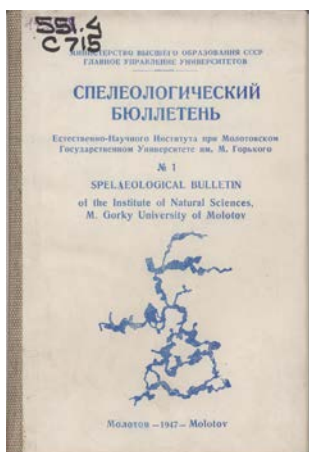


Рис.10. Спелеологический бюллетень



Рис.11. Ю.А. Ермак

Лапкин Иван Иванович (1903-1993) (рис 12). Окончил химическое отделение физико-математического факультета Казанского государственного университета, до 1930 работал в Грозненском НИИ нефти. С 1930 года вся жизнь связана с Пермским университетом: с 1950 по 1990 заведовал кафедрой органической химии, в течение 16 лет был деканом химического факультета, 9 лет проректором по научной работе, создателем и руководителем лаборатории элементоорганических соединений ЕНИ при Пермском университете. Создал и развил научное направление по синтезу и химическим превращениям элементоорганических соединений. Под его руководством проведены фундаментальные исследования по изучению реакций соединений магния, цинка, бора, кремния, германия, олова, бериллия, серы и селена. Его учениками защищено 3 докторских и около 50 кандидатских диссертаций. Научная школа, созданная им, широко известна в нашей стране и за рубежом. Присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР». Награжден орденами Ленина и Трудового Красного Знамени, несколькими медалями.

Вержицкий Фаддей Романович (1930-2012) – доктор химических наук, профессор, зав. кафедрой неорганической химии (1978-1988), декан химического факультета (1985-1988) (рис. 13).



Рис. 12. И.И. Лапкин



Рис. 13. Ф.Р. Вержицкий

Создатель нового метода химических исследований – высокочастотного анализа, главный редактор межвузовского сборника научных трудов «Термический анализ и фазовые равновесия», единственного в стране специализированного журнала по термическому анализу (рис. 14). С 1988 по 2011 годы – ведущий научный сотрудник Естественнонаучного института. В фонде есть книги из библиотеки проф. Усть-Качкинцева В. (директор ЕНИ в 1948-1950 гг.), книги с автографами известных ученых, например, химика А.Е. Арбузова (рис. 15).

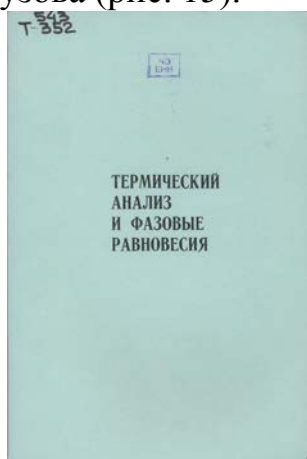


Рис. 14. Труды В.Усть-Качкинцева

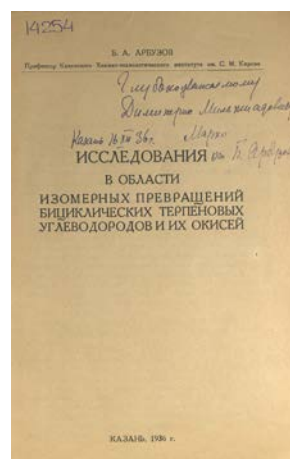


Рис. 15. Труды А.Е. Арбузова

Марко Д.М. – химик, доктор химических наук, один из создателей химического факультета, зав. кафедрой органической химии Пермского университета. Под руководством Марко Д.М. началось изучение открытой на Урале краснокамской и чусовской нефти. Результаты этих исследований опубликованы в «Ученых записках Пермского университета» и «Известиях пермского Биологического научно-исследовательского института».



В 1981 году в год 60-летия института был выпущен сборник научных трудов «Перспективы развития исследований по естественным наукам на Западном Урале в свете решений 24 съезда КПСС». В докладе директора института Кудряшова С. Ф. приведены такие показатели «за 60 лет работы института сотрудниками опубликована 2001 научная работа, изданы 10 монографий, защищены 17 докторских и более 40 кандидатских диссертаций». На базе ЕНИ студентами университета выполнены и защищены более 800 дипломных работ». В те годы большое внимание уделялось внедрению результатов научных исследований в народное хозяйство, наиболее крупными завершёнными и внедрёнными работами были: «Разработка физико-химических и биологических основ создания товаров бытовой химии» (рук. Кудряшов С.Ф.), «Разработка синтеза органических соединений тяжёлых элементов, используемых в производстве сцинтилляторов» (рук. Журавлев В.Е.), «Оценка изменения агрессивности камской воды на металлических и железобетонных конструкциях гидросооружений Камского каскада» (рук. Вержбицкая Л. В.).

В 1991 году было завершено строительство нового корпуса Института. Библиотека института расположилась на втором этаже нового корпуса. По просьбе директора ЕНИ С. Ф. Кудряшова библиотека была передана в ведение университетской библиотеки. Фонд библиотеки после переезда был расставлен и приведен в надлежащий порядок. Занимались работой с фондом два сотрудника библиотеки ПГУ: Телегина Галина Аркадьевна, Пономарева Нина Александровна. Телегина Галина Аркадьевна с 1991 по 2008 годы работала в библиотеке ЕНИ. Фонд библиотеки был просмотрен на предмет устаревшей литературы, было списано 6624 экз. книг и 5810 экз. периодических изданий. 295 экземпляров было передано в другие отделы библиотеки.

В последующие годы в институте были открыты межвузовские лаборатории: физико-химических методов исследования, изыскания и изучения механизма действия биологически активных веществ, лаборатория геологии техногенных процессов, геологии осадочных и техногенных месторождений.

Основными направлениями деятельности института по сей день остаются биологическое, почвенно-ботаническое, гидробиологическое, геологическое и природоохранное направления. По всем направлениям деятельности института издаются сборники научных трудов, материалы конференций, монографии.

### ***Библиографический список***

1. Алексеев А.И., Букирев А.Н. Пермский Биологический научно-исследовательский институт. Краткий обзор деятельности за время с 1922 по 1934 год. (Приложение к тому 9 Известий Пермского Биологического Научно-исследовательского института, 1934 г.). Пермь, 1934. 9 с.

2. Естественнонаучный институт Пермского университета: история и современность / под общ. ред. Е.Л. Пидемского; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2013. 158 с.: ил.

3. Камская биологическая станция // Пермский государственный университет. Изд-во «Пресс-центр», Пермь, 2001. 84 с.

4. Список учреждений с которыми Пермский Биологический Институт состоит в обмене изданиями на 1 декабря 1926 года // Известия Биологического Научно-исследовательского института и Биологической станции при Пермском университете.- 1927, т.5, вып. 3-4. С.163-175

5. Университеты и научные учреждения. Изд 2-е, перераб. и доп. М.-Л., 1935.

6. Хомякова А.Н. Становление и развитие библиотеки БИО Нии при ПГУ // Библиотечное дело в рамках регионального развития: исторический аспект: сб. материалов науч.- практ. конф. (Пермь, 29-30 окт. 2009 г.). Перм. гос. ун-т; Науч. б-ка.- Пермь, 2010. С. 151-158.

7. Книжные памятники // Библиотечная энциклопедия. М: Паиков дом, 2007. С. 504-505

8. Николаев С.Ф. Доктор ботаники А.Г. Генкель. Пермское книжное изд-во, Пермь, 1959. 63 с.

9. Перспективы развития исследований по естественным наукам на Западном Урале в свете решений 24 съезда КПСС. Секция биологии и охраны окружающей среда. Пермь, 1981. 160 с.

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК THEORETICAL AND METHODOLOGICAL ASPECTS OF NATURAL SCIENCES

---

UDK 502/504

**В.Н. Бакытжанова<sup>1</sup>, И.С. Копылов<sup>2</sup>, Т.Т. Сатеков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Атырау, Уральск, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Натурал Сциенс Институт, Пермский государственный университет, Пермь, Россия

## REGIONAL ENVIRONMENTAL RISK ASSESSMENT OF GEOSYSTEMS OF KAZAKHSTAN

*Geoecological zoning of the Republic of Kazakhstan is given. Environmental condition is characterized. Conservation of nature is justified. The main factors of formation of geoecological conditions are natural (geological, climatic, hydrological) and technogenic (especially – industrial, oil, mining) factors. Considered the regions ecological risk of geosystems of Kazakhstan allow to identify the most important scientific and practical tasks in the field of optimization of natural environment specific natural-anthropogenic geosystems.*

*Keywords: geoecology, zoning, environmental risk, environment protection, Kazakhstan.*

**Б.Н. Бакытжанова<sup>1</sup>, И.С. Копылов<sup>2</sup>, Т.Т. Сейтеков<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>г. Атырау, г. Уральск, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

## РЕГИОНАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО РИСКА ГЕОСИСТЕМ КАЗАХСТАНА

*Приведено геоэкологическое районирование Республики Казахстан. Охарактеризовано экологическое состояние, обоснованы мероприятия по охране природы. Главными факторами формирования геоэкологических условий являются природные (геологические, климатические, гидрологические) и техногенные (особенно – индустриальный, нефтепромышленный и горнодобывающий) факторы. Рассмотренные регионы экологического риска геосистем Казахстана позволяют очертить круг важнейших научно-практических задач в области оптимизации природной среды конкретных природно-антропогенных геосистем.*

*Ключевые слова: геоэкология, районирование, экологический риск, мероприятия по охране природы, Казахстан*

The environmental situation is becoming more and more important development affecting all spheres of political and economic prosperity of the state. In the third Millennium the world is changing at an increasingly rapid pace, and the joint action of States to protect the environment often lag behind economic and social change. Gradually, the economy of the countries-members of CIS penetrate the environmental standards of developed countries.

### **General characteristics of the territory**

The area of Kazakhstan is 2.724.900 km<sup>2</sup>. The length from West to East is about 3000 km from the Caspian sea and lower reaches of the Volga to the Altai mountains and China, from North to South and 1700 km from the southern part of the West Siberian plain and the spurs of the Ural mountains to the Tien Shan and the Kyzyl Kum desert. The territory of Kazakhstan lies in the Central and southern latitudes of the temperate zone as far South it comes in a strip, crossing to the subtropics. The total length of the borders of the Republic is 12187 km, including: with the Russian Federation – 6467 km, Uzbekistan – 2300 km, with China – 1460 km, Kyrgyz Republic – 980 km, Turkmenistan – 380 km, on the Caspian sea – 600 km (Fig.).



Fig. Map of Kazakhstan [4]

### **Geocological zoning of the Republic of Kazakhstan**

Geocological zoning of the Republic of Kazakhstan allows to identify regions of the risk of danger of ecological destabilization of the environment, under the environmental risk should understand the likelihood of adverse consequences of any

environmental resources (deliberate or accidental, gradual and catastrophic) of anthropogenic changes and factors. Identify areas of environmental risk classification is based on the signs of the degree of environmental stress environment.

Natural geological factors: tectonic faults, neotectonic movements, seismic and geodynamic activity play a large importance for geoecological assessment. Principles and methodology of an integrated geoecological estimation are universal, are applied in regions with the various natural and technogenic conditions, have great value for the environmental management [1, 6-15]. On the territory of Kazakhstan are the following provinces geo-environmental catastrophic and critical levels of interference with the ecological state of the environment [2, 3, 5].

### **The areas with the catastrophic level of ecological destabilization of the environment**

#### ***1. The waters and dried bottom of the Aral Sea (North Aral province)***

The environmental condition. The death of the Aral Sea ecosystem. In 1990, the almost complete cessation of the inflow of river water, lowering of the reservoir 16 m, reducing the water surface area with 66,000 km to 26,700 km, increasing the salinity of water from 10 to 46 g / dm<sup>3</sup>. The formation of a dried out bottom of sea salt desert dust-salt storms take out more than 1 million tons of salt per year. Excess indicators for all components of the environment; pollution of air, water and soil, destruction of biota. Mass human infection due to poor quality of drinking water or lack of it.

Measures for the protection of nature. Restoration of the Aral Sea as geosystems in the previous (1960) settings can not be, because it is the environmental changes become irreversible. This planetary ecological disaster. The solution is only possible on the basis of the International Programme for Saving the Aral Sea. It should be a comprehensive scientific study of the natural and built environment of the entire basin Syr Darya, Amu Darya and the Aral Sea region. The main objective – to stabilize at the present level of the Aral Sea, the division of the waters with the help of cutting the dams on the target reservoirs. Possible transfer of sea water from the Caspian Sea via water pipeline pumping stations; interbasin transfer of the runoff; interbasin transfer of the Ob river runoff in the Central Asian region on the basis of governmental agreements. Priority actions: strict regulation standards of water use and irrigation land drainage water and the increase in releases of river water into the Aral Sea. Social protection of the population of the Aral Sea region, artificial irrigation, desalination of saline water, and others.

#### ***2. The territory of the former Semipalatinsk nuclear test site (Chingiztauskaya province)***

The environmental condition. On the territory of the Semipalatinsk nuclear test site from 1949 to 1991. produced 470 nuclear explosions (in 1963 - only underground). The area of the landfill about 9000 km<sup>2</sup>. However, radioactive pollution of the natural environment covered a much greater territory of neighboring regions of Kazakhstan and Russia. Directly in the area of the landfill: the removal of land from agricultural use for decades. The most dangerous radioactive isotopes:

strontium-90, cesium-137. For more information on the range in the press are not available.

Measures for the protection of nature. Addressing ecological disaster - on the basis of the law of the Republic of Kazakhstan "On social protection of citizens suffered from nuclear tests at the Semipalatinsk nuclear test site" (of 18.12.1992). A comprehensive study of the effects of nuclear testing on the basis of the International Programme. Restoration of natural geosystems through land reclamation. Socio-economic and legal benefits to the population affected by the test. Mass health examinations and treatment for people living near the site. Careful monitoring of the use of any types of natural resources from the zone of ecological disaster.

### ***3. Industrial area of Rudny Altai (West Altai mountain province)***

The environmental condition. The powerful concentration of giant enterprises of nonferrous metallurgy in agglomeration years. Ust-Kamenogorsk, Zyryanovsk, Ridder and adjacent mines. Adverse climatic conditions, ground-level temperature inversions, calm, fog exacerbate pollution. Air pollution, water and soil emissions of lead, zinc, copper, mercury, arsenic, cadmium and others. There are about 100 contaminants, including the most dangerous to human health heavy metals (immune, hematopoietic, cardiovascular system). Accumulated 1 billion. Tons of man-made waste. Accumulation of heavy metals (lead, cadmium) in agricultural production.

Measures for the protection of nature. The zone of ecological disaster on the territory of the East Kazakhstan region. The reduction of power and a reshaping of the enterprises of nonferrous metallurgy, equipment for their advanced treatment facilities, introduction of wasteless technologies. Strict control over the observance of ecological standards of environment quality. Reconstruction and relocation of industrial enterprises, improvement of technological processes in ferrous metallurgy and mining industry. The adoption of the State program on improvement of ecological situation in the Ore Altai. Widespread mass medical examination of the population. Given the unfavorable natural-climatic conditions of the region possible closure or conversion of industrial enterprises.

**Regions with a critical level of ecological destabilization of the environment [3].**

### ***4. Eastern Aral Sea region (Lower Syrdarya province)***

The environmental condition. Air pollution as a result of the removal of pylesolevogo basin of the Aral Sea. Uncontrolled pollution p. Syrdarya industrial and domestic waste, chemical fertilizers and pesticides. Repeated excess of MPC in the water content of chlorides, sulfates, nitrates, nitrites. Undrinkable water causes gastrointestinal disease.

Measures for the protection of nature. Restoring normal levels of cleanliness of air and water resources by improving production technology, waste water treatment. Ensuring effective measures to protect water resources of the entire river basin river Syrdarya based Interstate Program (IFAS).

### **5. *Shymkent industrial hub (Syr Darya province)***

The environmental condition. Very strong air pollution in industrial emissions of lead, zinc, nitrogen, hydrocarbons, silicon dust, asbestos and others. In the soil – arsenic, lead, cadmium, pollution river Badam.

Measures for the protection of nature. Wasteless tehnolo-giya equipment companies perfect treatment facilities. Partial re-industrial enterprises, removing some of them outside the city limits. Ozelenenie industrial and residential areas, strict control of the environment,

### **6. *Balkhash industrial hub (North Balkhash province)***

The environmental condition. Air pollution Balkhash combine "Kazakhmys". Dominated gas emissions of lead, molybdenum, copper and sulfur. Dumps and wastewater pollute the lake. Balkhash (copper, lead, zinc, arsenic, fluoride, sulfates, chlorides, etc.). Huge piles Kounrad mine (pit depth - 400 m). Air pollution from the mine dust.

Measures for the protection of nature. Further improvement of waste-free production technology, proven in the Balkhash TPK: utilization of sulfur dioxide, flotation leaching of copper, the use of slag and strains in the construction industry, and others. Non-release of industrial effluents into the lake Balkhash. Landscaping, recultivation of mining waste dumps and sludge.

### **7. *Temirtauskiy industrial hub (Yereimentau-Bayanaul province)***

The environmental condition. Air pollution from industrial gases of ferrous metallurgy (industrial complex "Ispat-karmet"), the chemical industry: dust, nitrogen oxides, sulfur, and others. It is heavily contaminated river. Nura wastewater plant of synthetic rubber: soderzhanie mercury in water 2-8, soil 8 times higher than the MPC.

Measures for the protection of nature. The introduction of non-waste production of advanced technology, with the capture of waste gases of metallurgical and chemical production. Improved sewage treatment plants, water recycling. Pollution prevention river Nura and Sarkand reservoir. Plantations and protective green areas. In the long term - resettlement outside the industrial zone.

### **8. *Karaganda industrial region (Ermentau-Bayanaul province)***

The environmental condition. Air pollution by dust, ash of the coal industry. Man-caused land subsidence as a result of the construction of mines, cuts. Waste heaps of rock – the sources of dust pollution of soil and water resources. Violation of groundwater aquifers during the extraction of coal.

Measures for the protection of nature. Disposal of waste from coal mining and coal washing in the construction and road industry. Land reclamation, waste heaps, dumps, with the possible waste rock backfill waste pits, mass planting to reduce the dust content of the air basin. The transfer of the residential areas of hazardous areas, are over exhaust shafts in safe areas.

### **9. *Zhezkazgan industrial hub (Sarysu-Kyzylzhar province)***

The environmental condition. Development of polymetallic ores (Satpayev). Combine "Kazakhmys": concentrating mill, smelter, Zhezdinsky manganese mines. Air pollution by dust, the flue gases (oxides of sulfur, nitrogen). Large areas of dumps. Water pollution Kengir reservoir.

Measures for the protection of nature. Environmental stabilization of the environment through waste-free and low-waste technology. Innovative and effective treatment facilities. Revegetation. The solution of acute problems of water supply and water supply on the basis of construction of water main Irtysh - Karaganda - Zhezkazgan. A harmonious blend of nature and architectural ensembles. Greening, industrial and residential zoning.

#### ***10. Almaty industrial district (Zailiyskaya mountain province)***

The environmental condition. The main pollutants in Almaty air are vehicles, power plants, boilers (sulfur oxides, carbon, nitrogen, dust). Strong contamination of industrial and municipal runoff of mountain rivers and soils. The sharp decline in reserves and production rate of artesian water. Environmental pollution favors the mountain-valley terrain, ground-level temperature inversions, frequent calms. Underestimation of the direction of mountain-valley winds in the modern building.

Measures for the protection of nature. Environmental stabilization on the basis of the State Program «On urgent measures for the development of the city of Almaty». The introduction of sewage treatment plants and waste-free technology in industrial enterprises. Prevention of emissions from motor vehicles, by reducing the number of cars in the city with 250 thousand units to a minimum. Wide transition to electric transportation for a passenger. The development of the underground. Gasification of heating systems of private residential sector. Partial changes in city planning by restoring the "corridors" in residential areas for the penetration of free mountain-valley winds in areas of urban sprawl. Mass planting, reconstruction of irrigation ditch network. Hard, continuous monitoring of environmental conditions.

#### ***11. Karatau-Taraz industrial district (Karatau mountain province)***

The environmental condition. Strong air pollution, surface water and soil chemical industry (superphosphate production). Among the industrial emissions of the most toxic compounds of fluorine, phosphorus, dust.

Measures for the protection of nature. Reducing gas emissions from the production of phosphate fertilizers. The introduction of non-waste production technologies to capture waste gases. Preventing the spread of toxic substances in the soil, water and food chains - in the human body. The introduction of automation control state of the environment from an operational system of alerting the population. Redesigning enterprises in the city, in part - the closure or transfer outside the urban area.

#### ***12. Kustanai-Rudny Industrial District (Pritobolskaya province)***

The environmental condition. Air pollution by dust enterprises iron ore basin, the construction industry and transport. Huge areas of disturbed land, deep pits (Sokolovsky – design depth of over 460 m. Sarbaisky – 630 m). Huge mining dumps near the town of Rudny. Pollution by Tobol industrial effluents.

Measures for the protection of nature. Land reclamation: the alignment of dumps, seeding grass, plantations use waste rock as ballast material in the construction industry. Preventing waste rock storage on the arable soils. Protection of Tobol and reservoirs on the river.



### ***13. Ekibastuz industrial hub (Priirtyshskaya province)***

The environmental condition. Huge brown coal sections: career, waste rock dumps define «industrial landscape», a very strong dust air and soil. Powerful power: CHP-1 and CHP-2 emit large amounts of ash, dust, sulfur oxides and so forth. Ash emissions can be traced for hundreds of kilometers from the town of Ekibastuz.

Measures for the protection of nature. Revegetation. Plantations, phytomelioration. Improving the technology of high-lignite combustion in power. Use of waste rock for road construction and building industry.

### ***14. Nord-Ppukaspiysky (Tengiz industrial district (Caspian province)***

The environmental condition. Deep-lying oil reservoirs (5 km). Emissions from the depths of associated gas (hydrogen sulphide, methane) during exploratory drilling (MPC excess of 7-10 times) and industrial oil. Soil erosion in the areas of production due to the indiscriminate laying of roads, "drawing" of drilling rigs. The coastal strip is at risk of flooding under the influence of the transgression of the Caspian Sea.

Measures for the protection of nature. Improving the technology of oil and natural gas. Preventing catastrophic emissions of associated gas located in the bowels of the earth under enormous pressure, and ignition. Improving technology Buzachi oil field, has a high content of asphalt substances and vanadium. Land reclamation, revegetation and soil. Non-random paving dirt roads, in order to prevent soil erosion.

### ***15. Mangistau industrial hub (Mangistau province)***

The environmental condition. The imperfection of technology of oil production, gas flaring results in air pollution. Soil erosion near the oilfields. Oil spills negatively affect the condition of water resources, soil and vegetation.

Measures for the protection of nature. Improving the technology of mining and processing Mangyshlak oil differs a high content of paraffin fractions and increased viscosity. Preventing the flaring of associated gas. Land reclamation and soil disturbed during oil production.

### ***16. The Baikonur Cosmodrome (Lower Syrdarya province)***

The environmental condition. Periodic launches of carrier rockets break the plasma structure of the ionosphere and affect the ecology of geosystems. Falling to Earth spent stages of rockets from unburnt residues are very toxic fuel - heptyl result in highly contaminated soil, destruction of animals that eat contaminated plants. Flushing toxins into local waterways is extremely dangerous for human health.

Measures for the protection of nature. Development of programs of ecological restoration of lands disturbed as a result of military and space tests. Careful consideration and mapping of areas falling space objects, constant monitoring of the environmental impact areas. Collection and disposal stages and parts of rockets. Land reclamation: where necessary the mechanical removal of soil contaminated with heptyl. Restoration of the pro-productivity rangelands. Clinical examination of the population, animals, control over the quality of agricultural products.

### ***17. Kazakhstan part of the Syrdarya river basin (Syr Darya and the Lower Syr-Darya province)***

The environmental condition. The Syr Darya River is heavily polluted by industrial, household and agricultural waste water from the territory of Kazakhstan

and Uzbekistan. The main pollutants: chlorides, sulfates, nitrates, pesticides, and others. The content of nitrates in the lower reaches of greater than 45 times the MPC. The water contains pathogens. Water pollution is exacerbated by the constant reduction in rate of flow, making it difficult to self-purification processes.

Measures for the protection of nature. Need Interstate Environment Programme water resources of the river. Syrdarya. Compliance with technological conditions and standards that ensure environmental cleanliness of water resources of the entire river basin. Syrdarya. Monitoring the use of pesticides in agricultural fields and mineral fertilizers, preventing dumping into the river drainage water. Creating vegetative barriers along the river (afforestation), capable of absorbing chemical ingredients zagryazne–niya aquatic environment. Restoring tugai (riparian forests).

#### ***18. The lower reaches of the valley of the river Shu (Moyinkum province)***

The environmental condition. As a result of intensive water use in the upper reaches of the river Shu in the lower reaches of a sharp decline in rate of flow, drying up of the river. Pollution reaches river Shu due to washout from agricultural fields of fertilizers, pesticides, water accumulation industrial emissions Zhambyl TPK.

Measures for the protection of nature. Regulation of water use on the basis of an interstate agreement between Kazakhstan and Kyrgyzstan. Control of runoff from irrigated land.

#### ***19. The Kazakhstan part of the Irtysh basin (West Altai Mountain province)***

The environmental condition. Severe contamination of the river Irtysh within the Rudny Altai the industrial and domestic sewage. Ust-Kamenogorsk, Ridder, Zyryanovsk, village Deep, etc. handed down by the rivers Bukhtarma, Ulba Krasnoyarka etc. the Main pollutants: cadmium, copper, zinc and other heavy metals, petroleum products.

Measures for the protection of nature. Prevention of pollution of the river by powerful mining industry, ferrous metallurgy, power industry. Environmental risk factors is carried out in China damming runoff. Black Irtysh, which will cause a decrease runoff. Irtysh at least 20% and dramatically exacerbate water problems in Central Kazakhstan.

#### ***20. Sorbulak lake drive wastewater Almaty (Ili province)***

The environmental condition. Wastewater storage Almaty is located in the natural relief depression near the river. Kaskelen. Artificial pond overflowing sewage and is in critical condition. The volume of waste water is close to the limit marks (800,000,000 m<sup>3</sup>). Perhaps a repeat of the catastrophic break the earthen dam, which caused human casualties, pollution Kapshagai reservoir.

Measures for the protection of nature. Strengthening wastewater storage dam. Mass planting fast-growing poplar trees to enhance the transpiration of water and strengthen the banks. Widespread use of water for watering of irrigated lands in view of the prevention of pollution by toxic agricultural products.

In the provinces, as the geo-ecological systems are interconnected natural ingredients creates an opportunity to foresee and avoid or eliminate the adverse environmental impact of human activities [1, 5]. This opens up the possibility of using these geo-environmental recommendations to support both current and future

activities in the field of nature protection, allows to calculate the economic effect of environmental work, opens prospects for conservation and transformation of the nature of Kazakhstan.

### **References**

1. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. *Geoecology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. №4. 2016. C.28-33.*
2. Chigarkin A.V. *Geoecology Kazakhstan. Almaty, Sanat. 1995.*
3. Chigarkin A.V. *Geoecology and wildlife management in Kazakhstan. Almaty, 2003.*
4. <http://euro-map.com/karty-kazahstana> [Internet resource].
5. [http://www.rfu.ru/ekologiya\\_i\\_oxrana\\_prirody/ekologiya\\_kazaxstana.php](http://www.rfu.ru/ekologiya_i_oxrana_prirody/ekologiya_kazaxstana.php)
6. Kopylov I.S. *Formation of system of geo-ecological studying for environmental management and ecological safety // European Journal of Natural History. 2012. №1. P. 24.*
7. Kopylov I.S. *Geoecological monitoring of petroleum regions and influence of geodynamics on environment // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2012. № 1-2. P. 43-43. URL: www.science-sd.com/450-24015 (24.04.2012).*
8. Kopylov I.S. *Theoretical and methodical bases of identification and mapping of the geodynamic active zones influencing engineering-geological and geoecological processes // International journal of experimental education. 2012. №3. P. 32.*
9. Kopylov I.S. *Conceptual principles of the ensuring system the geological safety of the large cities // European Journal of Natural History. 2012. № 6. P. 46. URL: www.world-science.ru/euro/466-31080.*
10. Kopylov I.S. *Geological-ecological problems of the large cities and the concept of the geological safety // European Journal of Natural History. 2012. № 6. P. 46-47.*
11. Kopylov I.S. *Geodynamic and technogenic processes in the areas of oil and gas production and their ecological consequences // European Journal of Natural History. 2013. №3. P. 59.*
12. Kopylov I.S. *The forecast and an estimation of geodynamic danger on deposits of potassium salts and mines // International Journal of Applied and Fundamental Research. 2013. № 2 URL: www.science-sd.com/455-24368 (23.12.2013).*
13. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. *Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan // 15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015, www.sgem.org, SGEM2015 Conference Proceedings, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.*
14. Likutov E.Yu., Kopylov I.S. *Complex of methods for studying and estimation of geodynamic activity / Tyumen State University Herald. 2013. № 4. P. 101-106.*
15. Seredin V.V., Kopylov I.S., Khrulev A.S., Leibovich L.O., Pushkareva M.V. *Evolution of fracture surface morphology in rocks // Journal of Mining Science. 2013. V. 49 № 3. P. 409-412.*

**С.М. Блинов, П.А. Белкин, Л.Р. Золотарёв**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ОЦЕНКА РАДИАЦИОННОЙ СИТУАЦИИ И ИССЛЕДОВАНИЯ УРОВНЕЙ ФИЗИЧЕСКИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА ТЕРРИТОРИИ КАМПУСА ПЕРМСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

*Приводятся результаты исследования радиационной ситуации и оценки уровня физических воздействий на территории кампуса Пермского университета. Согласно проведенным исследованиям территория кампуса соответствует требованиям гигиенических и санитарных нормативов в части радиационной обстановки и уровней физических воздействий. Исследования проведены в рамках организации практических занятий студентов геологического факультета ПГНИУ по учебной дисциплине «Экологическая геология».*

*Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, гамма-излучение, уровень звука, напряженность электрического поля, индукция магнитного поля*

**S.M. Blinov, P.A. Belkin, L.R. Zolotarev**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **EVALUATION OF RADIATION SITUATION AND RESEARCH OF THE LEVELS OF PHYSICAL IMPACTS ON THE PERM STATE UNIVERSITY'S CAMPUS**

*The research results on radiation situation and assess the level of physical impact on the campus of Perm State University. According to studies, the campus meets the requirements of hygienic and sanitary standards in parts of the radiation situation and levels of physical impacts. Research conducted in the framework of the organization of practical training of students of the geological faculty Perm State University on academic discipline, "Environmental Geology".*

*Keywords: engineering and environmental surveys, gamma radiation, sound level, electric field intensity, magnetic induction*

Инженерно-экологические изыскания – важнейшее прикладное направление целого ряда наук геологического, географического и биологического циклов, которое осуществляет информационное обеспечение проектирования зданий и сооружений. Среди широкого комплекса методов исследования компонентов окружающей среды в рамках инженерно-экологических изысканий особое место занимает проведение радиационных исследований и исследований физических воздействий (акустические и электромагнитные параметры среды), которые входят в состав обязательных

работ при выполнении инженерно-экологических изысканий [1, 2]. Одной из структур ЕНИ ПГНИУ, которая осуществляет выполнение этого вида изысканий, является лаборатория экологической геологии, образованная в структуре геологического отдела ЕНИ в 2008 г. В составе лаборатории работают специалисты различных направлений: геологи, инженеры-геологи, гидрогеологи, геоэкологи, экологи, почвоведы, ботаники, что позволяет выполнять комплексные исследования на объектах любой сложности.

Коллективом лаборатории предложены технологические схемы восстановления нарушенных свойств территорий при дражной разработке россыпных месторождений [3, 4], проведены опытно-промышленные испытания метода улучшения экологической ситуации на участках прежнего водоотлива шахт Кизеловского угольного бассейна [5], проводятся исследования субаквальных карстовых источников на территории Уральского региона [6, 7, 8], выполнены работы по оценке возможности использования вещества ряда техногенных массивов [9, 10, 11, 12].

Коллектив лаборатории принимает большое участие в образовательном процессе ПГНИУ. Сотрудники читают лекционные курсы и проводят практические занятия по курсам общей геологии, гидрогеоэкологии городов, геологии Мирового океана, геохимии ландшафта, экологической геологии.

Учебная дисциплина «Экологическая геология» преподается студентам четвертого года обучения геологического факультета Пермского университета с 2004 года. Учебная программа (автор С.М. Блинов), включает в себя знакомство студентов с основными теоретическими положениями и понятиями предмета, характеристику экологических функций литосферы. Вместе с тем, большое внимание уделяется развитию практических навыков и умений студентов в части организации работ, использования специализированной аппаратуры, методики инженерно-экологических изысканий. Полигоном для проведения таких работ выступает кампус Пермского университета.

Студентам 2016-2017 учебного года были предложены следующие объекты для выполнения радиационных исследований и измерений физических воздействий: учебные корпуса №№ 1, 2, 3, 6, 7, 8, 9; студенческие общежития №№ 2, 8; корпус 16 (ЕНИ), а также здание по адресу ул. Генкеля, д.1, примыкающее к университетскому городку. Все измерения выполнены в соответствии с требованиями действующих нормативных документов. Измерительное оборудование имеет действующие свидетельства о поверке и соответствует требованиям, предъявляемым нормативными документами.

Целью проведения оценки радиационной ситуации и воздействий физических полей в практике инженерно-экологических изысканий является обеспечение соблюдения действующих нормативов и критериев по ограничению их влияния на население.

**Оценка радиационной ситуации.** Радиационный контроль на территории кампуса Пермского университета проводился во второй декаде сентября 2016 г. Подробно исследованы участки, примыкающие к учебному

корпусу №8 и студенческому общежитию №2, а также земельный участок, примыкающий к спортивной площадке за корпусом №1 ПГНИУ.

Радиационный контроль исследуемых земельных участков выполнялся посредством оценки мощности амбиентного эквивалента дозы непрерывного гамма-излучения (МЭД) – наиболее универсального показателя при характеристике радиационной обстановки [13]. При осуществлении контроля МЭД применялись дозиметры-радиометры с автоматическими блоками детектирования, измеряющими мощность дозы гамма-излучения. Технические характеристики используемой аппаратуры соответствовали требованиям п. 4.3. МУ 2.6.1.2398-08 [2].

В результате проведенной гамма-съёмки все наблюдаемые на местности значения гамма-фона не выходили за пределы 0,06–0,13 мкЗв/ч. Не выявлено зон с показаниями радиометра, в два или более раз превышающими среднее значение 0,08 мкЗв/ч, характерное для всей территории исследования. Не обнаружено также и зон с МЭД гамма-излучения, превышающей нормативный порог в 0,3 мкЗв/ч (рис. 1).

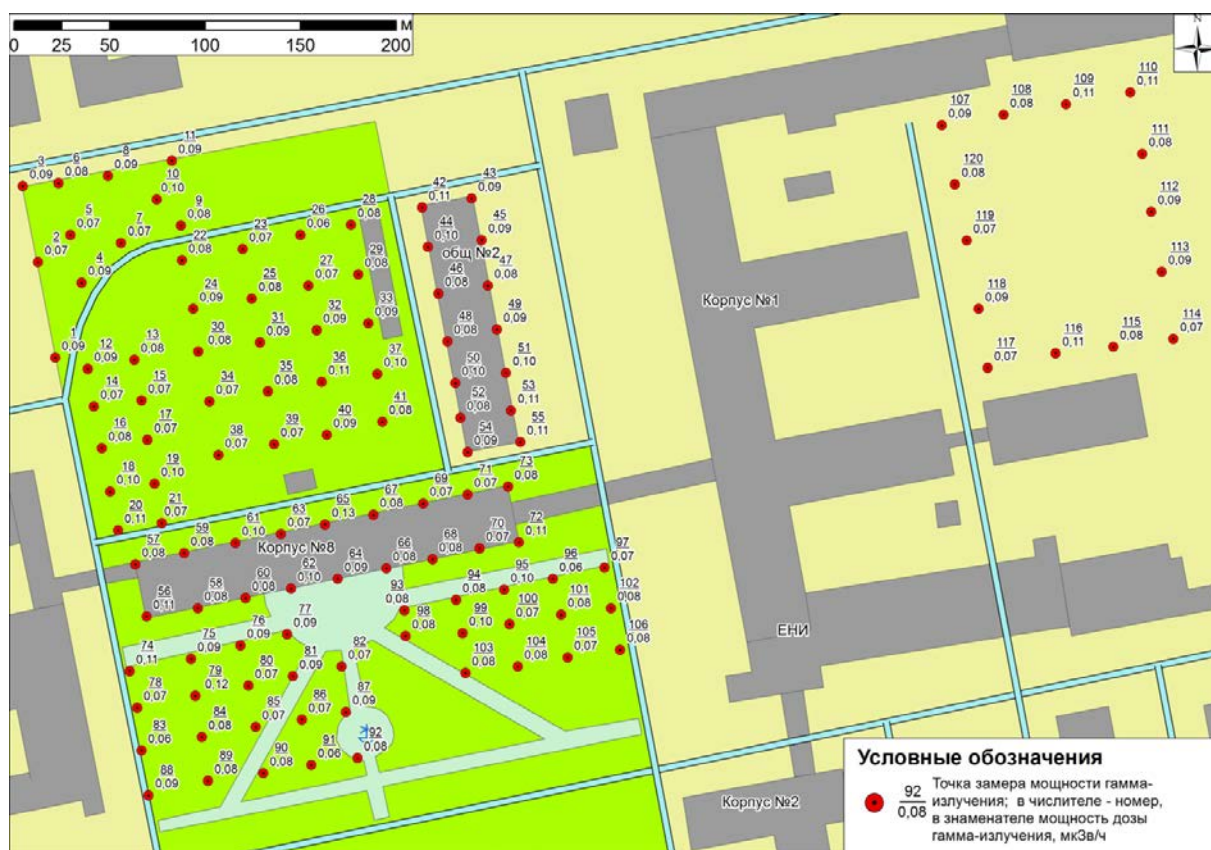


Рис. 1. Результаты контроля МЭД в Пермском университете, 2016 г.

Поскольку на участке территории не было выявлено зон с повышенными радиометрическими показаниями, среднее значение мощности дозы гамма-излучения для территории определяется по формуле:

$$\bar{H} = \frac{1}{N} * \sum_{i=1}^N \bar{H}_i ,$$

где N – количество точек на участке,  $\bar{H}$  – среднее значение мощности дозы гамма-излучения в i-той точке.

Значение  $\bar{H}$  составляет для рассматриваемой территории 0,0846 мкЗв/ч.

Стандартная неопределённость в данном случае рассчитывается по формуле [2]:

$$\delta = \sqrt{\frac{\sum (\bar{H} - H_i)^2}{M(M-1)}} ,$$

где M – общее число точек измерений на территории исследования.

Величина  $\delta$  составляет для рассматриваемого ряда значений МЭД 0,0013.

Исследуемые земельные участки, находящиеся на территории Пермского университета, соответствуют нормативам по мощности дозы гамма-излучения для любой деятельности без ограничений, поскольку по результатам обследования не обнаружено радиационных аномалий, и для среднего значения мощности дозы выполняется условие:

$$\bar{H} + \delta \leq 0,3 \text{ мкЗв/ч},$$

где  $\delta$  – стандартная неопределённость значения  $\bar{H}$ , обусловленная вариацией мощности дозы на контролируемом участке.

**Оценка акустического воздействия.** Разовые замеры уровня звука (шума) проводились в дневное время (с 10 до 15 часов) в течение третьей декады сентября 2016 г. При производстве измерений применялся анализатор шума и вибрации «АССИСТЕНТ» (класс точности 1 в соответствии с ГОСТ 17178-10). Контролю подлежали значения эквивалентного ( $L_{A, экв.}$ ) и максимального ( $L_{A, макс.}$ ) уровня звука, нормируемые СН 2.2.4/2.1.8.562-96 [14].

Результаты измерений показали, что шум на территории Пермского университета по характеру спектра можно охарактеризовать как широкополосный, по временным характеристикам – преимущественно непостоянный, колеблющийся. Измеренные максимальные уровни звука во всех точках наблюдения не превышают нормативных пределов для территорий, прилегающих к учебным заведениям (70 дБА) и общежитиям (75 дБА) (рис. 2).

Измеренные эквивалентные уровни звука также соответствуют санитарным нормам (60 и 65 дБА для территорий, прилегающих к учебным заведениям и общежитиям, соответственно). Исключение составляет точка наблюдения № 21, расположенная у учебного корпуса №3, где наблюдается незначительное превышение нормативов эквивалентного уровня звука (измеренное значение – 62,9 дБА) (рис. 2). Некоторое превышение обусловлено случайными факторами (проезд автотранспорта).



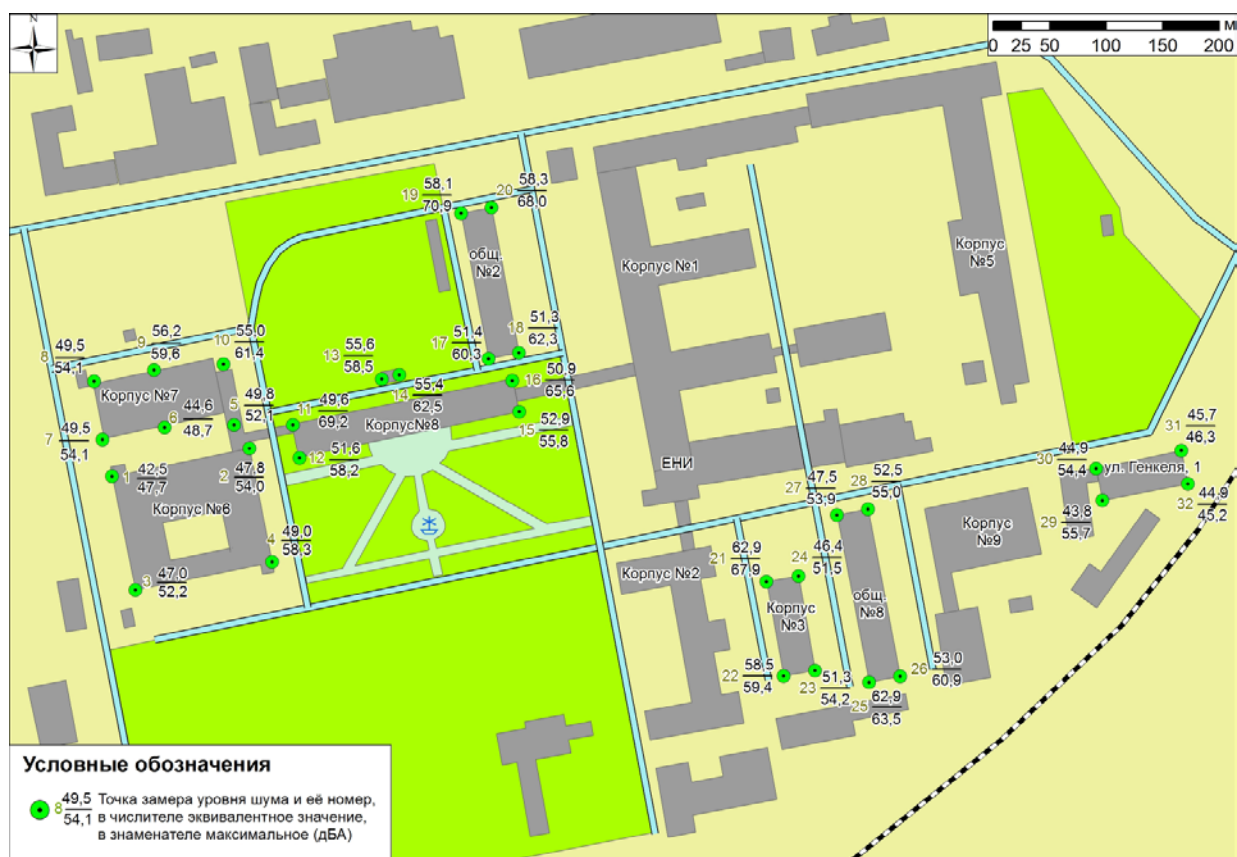


Рис. 2. Результаты измерений шума в Пермском университете, 2016 г.

В целом, по результатам измерений можно сделать вывод об основных источниках звукового воздействия на территории кампуса Пермского университета. В первую очередь это шум, исходящий от проезжающего автотранспорта как на территории университета, так и по прилегающим улицам Дзержинского (оборудованной также трамвайными путями) и Данцина. Кроме того, повышенный уровень шума наблюдается на территориях, прилегающих к ж/д магистрали Горнозаводского направления Пермского отделения Свердловской железной дороги.

**Оценка воздействия электромагнитных полей.** Измерения параметров электромагнитного поля промышленной частоты (50 Гц) проводились с течение третьей декады сентября и первой декады октября 2016 г. Исследования проводились с применением измерителя параметров магнитного и электрического полей промышленной частоты «ВЕ-50». Контролю подлежали значения напряженности электрического поля ( $E$ , кВ/м) и индукции магнитного поля (рис. 4).

Напряженность электрического поля промышленной частоты на территории кампуса Пермского университета варьирует в пределах 0,002-0,008 кВ/м, что значительно ниже нормативного предела в 1 кВ/м, установленного СанПиН 2.1.2.1002-00 [15]. Источников повышения напряженности электрического поля промышленной частоты на исследуемой территории не обнаружено.



Результаты измерения индукции магнитного поля промышленной частоты приведены на рис. 3 и 4.

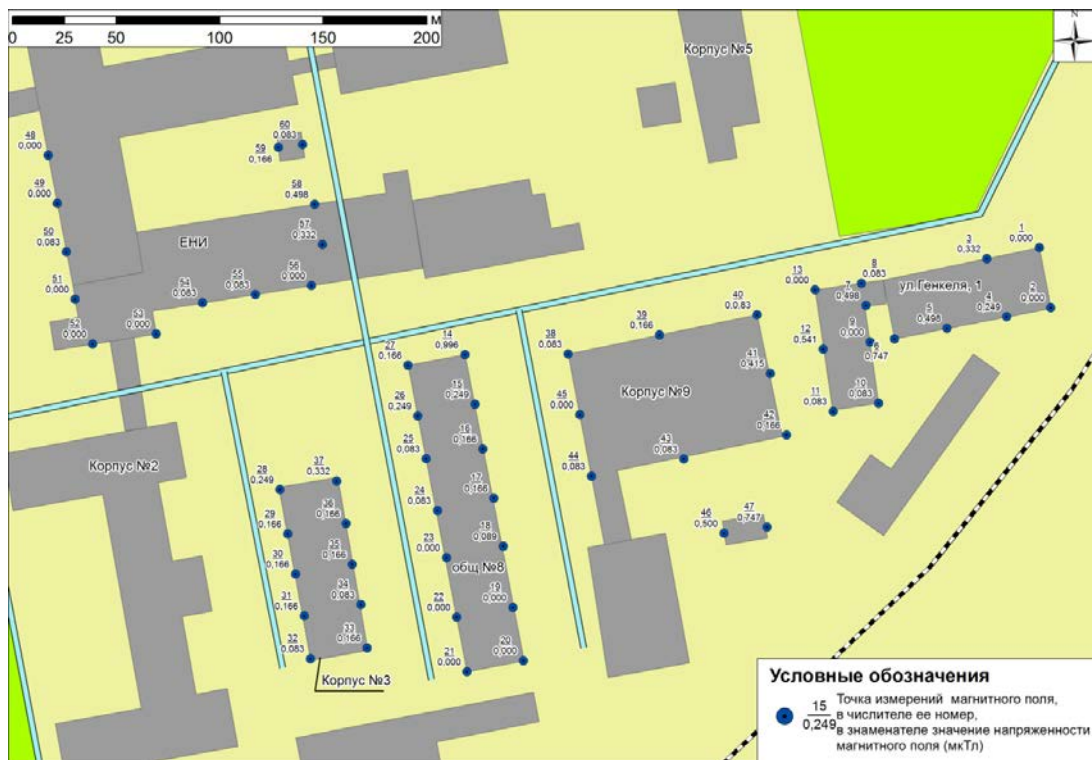


Рис. 3. Результаты измерений индукции МП в Пермском университете (восточная часть кампуса), 2016 г.

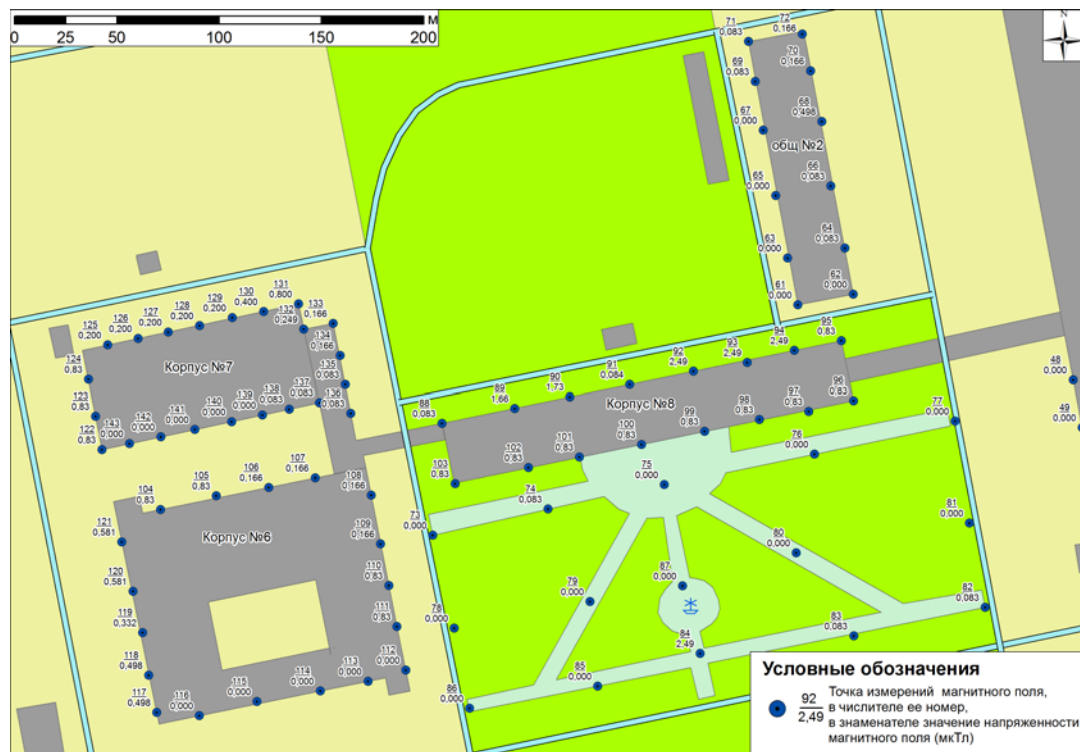


Рис. 4. Результаты измерений индукции МП в Пермском университете (западная часть кампуса), 2016 г.

Диапазон измеренных значений индукции магнитного поля находится в пределах 0-2,49 мкТл при среднем значении 0,32 мкТл. Превышений нормативного порога, установленного ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 [15] и составляющего 10 мкТл для селитебных территорий, не выявлено. Наиболее высокие измеренные значения индукции магнитного поля промышленной частоты (более 1 мкТл) соответствуют территориям, примыкающим к объектам электрического хозяйства (трансформаторным установкам, подстанциям).

Результаты проведенных измерений позволяют сделать вывод о соответствии территории кампуса Пермского университета требованиям гигиенических и санитарных нормативов в части радиационной обстановки и уровней физических воздействий. При выполнении исследований студенты геологического факультета ПГНИУ освоили методику планирования и производства измерений, способы обработки полученной информации.

### **Библиографический список**

1. СП 47.13330.2012. *Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция СНиП 11-02-96*. М.: Минрегион России, 2012.
2. МУ 2.6.1.2398-08 «*Радиационный контроль и санитарно-эпидемиологическая оценка земельных участков под строительство жилых домов, зданий и сооружений общественного и производственного назначения в части обеспечения радиационной безопасности*». М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2008.
3. *Каравая Т.И., Блинов С.М., Тихонов В.П. Восстановление экологических функций природно-техногенных систем после разработки россыпных месторождений // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междун. совещ. по геологии россыпей и месторождений кор выветривания/ ПГНИУ. Пермь, 2015. С.91-92.*
4. *Блинов С.М., Каравая Т.И., Тихонов В.П. Способ очистки воды от взвешенных веществ с использованием дражных отвалов // Вестник Пермского университета. Геология. 2012. № 2. С. 86-91.*
5. Патент РФ № 2336684, 30.11.2006. *Блинов С.М., Хозяйкин А.И., Усольцева С.П., Доможирова С.А. Способ рекультивации нарушенных земель.*
6. *Блинов С.М., Щукова И.В., Батулин Е.Н. Субаквальные карстовые источники Пермского Приуралья: основы классификации // Естественные и технические науки. № 6. М.: Издательство Спутник+. 2010. С. 287-291.*
7. *Блинов С.М., Хмурчик В.Т., Абдуллин Ш.Р., Щукова И.В. Комплексное исследование субаквальных карстовых источников заповедника «Вишерский» // Вестник Пермского университета. Геология. 2008. № 10. С. 111-123.*
8. *Белкин П.А., Ваганов С.С. Результаты исследования зон субаквальной разгрузки подземных вод в верхнем течении р. Вишеры // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: сб. ст. юбилейной конф., посвящ. 100-летию Перм. ун-та и 85-летию геол. ф-та / Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. С. 187-189.*
9. *Блинов С.М., Каменщикова В.И. Исследование фитотоксичности отходов угледобычи Кизеловского бассейна // Вестник Пермского университета. Биология. 2004. № 2. С. 139-141.*
10. *Меньшикова Е.А., Блинов С.М., Боков Д.А., Жакова У.В. Исследование возможности использования вещества отвала сталеплавильных шлаков // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чтения памяти П.Н. Чирвинского: Сб. науч. статей / Перм. ун-т. Пермь, 2009. С.317-319.*

11. Боков Д.А., Блинов С.М. Комплексное использование отходов производства соды на территории Пермского края // Казанская наука. 2009. № 1. С. 5-8.
12. Меньшикова Е.А., Осовецкий Б.М., Казымов К.П., Блинов С.М. Отходы как сырье для производства базальтового волокна // Базальтовые технологии. № 1. 2012. С.21-23.
13. МИ 2453-2000 «Методики радиационного контроля. Общие требования». М.: Госкомсанэпиднадзор России, 2006.
14. СН 2.2.4/2.1.8.562-96 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки.
15. СанПиН 2.1.2.1002-00 Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. Допустимые уровни электромагнитного излучения промышленной частоты 50 Гц.
16. ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»

**С.А. Бузмаков, Д.Н. Андреев, Ю.В. Хотяновская, Е.А. Дзюба**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ДИАГНОСТИКА АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ЭКОСИСТЕМ**

*В статье описаны применяемые инструментальные методы диагностики антропогенной трансформации экосистем. Экологическая диагностика выполняется по трем основным научным направлениям: биоиндикация, биотестирование, экологическая геохимия. Применение этих методов в комплексе позволяет получить более полную и достоверную информацию о состоянии природных объектов. Достоверная информация о состоянии окружающей среды является основой для разработки природоохранных мероприятий.*

*Ключевые слова: экологическая диагностика, биоиндикация, биотестирование, экологическая геохимия, антропогенная трансформация, состояние экосистем.*

**S.A. Buzmakov, D.N. Andreev, Y.V. Khotyanovskaya, E.A. Dzyuba**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **ENVIRONMENTAL DIAGNOSIS OF ECOSYSTEMS ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION**

*The authors describe the instrumental methods of diagnostics of ecosystems anthropogenic transformation. Environmental diagnosis is performed in three main fields: bioindication, bioassay, environmental geochemistry. The use of these methods in combination allows a more complete and accurate information about the condition of ecosystems. Reliable information about the state of the environment is the basis for the development of environmental measures.*

*Keywords: environmental diagnostics, bioindication, bioassay, environmental geochemistry, anthropogenic transformation, ecosystems.*

Решение экологических проблем природопользования, связанных с загрязнением и деградацией природной среды, только введением санитарно-гигиенических и технологических нормативов, таких как предельно допустимые концентрации (ПДК), предельно допустимые нагрузки (ПДН), предельно допустимые выбросы (ПДВ), малоэффективно. Эти нормативы заметно отличаются от нагрузок, которые могут выдержать те или иные организмы и природные экосистемы. Состояние и устойчивость природных

экосистем зависят от вида, интенсивности воздействий, от свойств самих экосистем и ландшафтов, их включающих.

На сегодняшний день существует множество методов диагностики деградации природной среды, однако большинство из них не могут выявить нарушения в экосистеме на ранней стадии изменения ее экологического состояния. Особенно важна информация о влиянии концентраций химических элементов в экосистеме на биологические объекты [1].

Диагностика состояния экосистем – это изучение ответной реакции природной среды на антропогенное воздействие, которое проводится на основе комплексной количественной и качественной оценки, позволяющей адекватно характеризовать современные процессы и прогнозировать структурно-функциональные отклонения и нарушения. При этом диагностика состояния экосистем предполагает индикацию не столько степени антропогенного воздействия, сколько реакцию на него, выявляя степень устойчивости экосистем.

Антропогенная трансформация природной среды – процесс изменения природных компонентов и комплексов под воздействием производственной и любой другой деятельности людей. Преобразование экосистем вызывается совокупностью экологических и биогеохимических процессов, связанных с деятельностью людей, направленной на перемещение, извлечение из окружающей среды, концентрацию и перегруппировку минеральных и органических соединений, сопровождается изменением природных компонентов, приводит к нарушению метаболизма, функционированию и структуры исходных экосистем, вплоть до перехода их в результате смен состояний (фаз) из ряда биогенных в абиогенные [2].

Для целей разработки и внедрения инструментальных методов оценки деградации природной среды в Пермском государственном национальном исследовательском университете (ПГНИУ) в 2013 году создана лаборатория экологической диагностики (далее – Лаборатория). Сотрудники Лаборатории разрабатывают инструментальные методы диагностики состояния окружающей среды по следующим научным направлениям: биоиндикация, биотестирование, экологическая геохимия.

Биоиндикация – обнаружение и определение экологически значимых природных и антропогенных нагрузок на основе реакций на них живых организмов непосредственно в среде их обитания [3].

Биотестирование – это процедура установления токсичности среды с помощью тест-объектов, сигнализирующих об опасности независимо от того, какие вещества и в каком сочетании вызывают изменения жизненно важных функций у тест-объектов [3].

Экологическая геохимия – это научное направление, в рамках которого формируются принципы геохимического мониторинга окружающей среды, выявляются техногенные изменения геохимического фона биосферы в целом и отдельных эколого-геохимических систем, их влияние на природную среду и на человека [4].

Методы **инструментальной биоиндикация** экологического состояния растительности разрабатываются для оценки функциональных (физиологических) особенностей растительных организмов, дендрохронологических исследований и древесных экспертиз. Имея фоновые значения различных параметров деревьев, полученных на малонарушенных территориях, можно оценивать состояние растительности в крупных городах, где наблюдается повышенное воздействие деятельности человека на природную среду. Например, можно обследовать санитарно-защитные зоны предприятий и предлагать мероприятия по биоремедиации атмосферного воздуха. Имеется ввиду оценивать способность отдельных видов растений, произрастающих в санзонах, аккумулировать загрязнения и выполнять свои санитарно-эпидемиологические функции, что необходимо для выбора наиболее приспособленных видов к выбросам данного предприятия. Важно, что такая оценка выполняется в реальных условиях на живых растениях.

**Функциональные особенности** растительных организмов измеряются с помощью портативной высокоточной системы для изучения фотосинтетического аппарата биообъектов Walz GFS-3000FL, а также с применением флуориметра «Фотон-10». В рамках этого направления выполняются следующие исследования:

- оценка состояния окружающей среды по изменению показателей фотосинтетической активности древесной растительности;
- измерение интенсивности газообмена (контроль концентрации углекислого газа, уровня содержания влажности, температуры и освещенности объекта) и фотосинтетической активности биообъектов в полевых и лабораторных условиях.

В настоящее время данные исследования имеют важное фундаментальное значения для развития целого направления. В долгосрочной перспективе эти методы могут стать обязательными при нормировании загрязнения окружающей среды. Цель подобных разработок – создание универсальных методик инструментальной биоиндикации. Предполагается, что оценка таких параметров как интенсивность фотосинтеза вблизи промышленных предприятий будет так же обязательна, как сейчас определение класса опасности отходов методами биотестирования.

В настоящее время прикладное значение данных исследований заключается именно в анализе устойчивости различных видов растений в реальных условиях окружающей среды. Причем устойчивость может оцениваться не только от конкретных загрязняющих веществ, как это сейчас проводится в лабораториях, но и от комплексного воздействия множества загрязнителей от нескольких предприятий.

На основе регистрации интенсивности фотосинтеза разработана и внедрена «Методика биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных породах» [5]. На основе данной методики проанализировано экологическое состояние сосновых лесов в г. Перми (Черняевский лес) относительно фоновой территории (Осинская лесная дача). В результате анализа определены фоновые

значения интенсивности фотосинтеза хвои сосны обыкновенной для условий подтаежной зоны Пермского края. Фоновые значения использованы для оценки состояния экосистем на 60 площадках наблюдения на обеих территориях. Таким образом выделены участки с нарушением функциональных особенностей экосистем. В большинстве случаев они расположены вблизи автомобильных дорог. Для определения причин нарушений отбирались пробы почвы и хвои, в которых исследовался микроэлементный состав. В итоге составлены конкретные природоохранные мероприятия для обеих охраняемых территорий.

**Дендрохронологические исследования** проводятся для получения объективной информации о росте деревьев и древостоев, диагностики и прогноза их экологического состояния (в т.ч. продуктивности и радиального прироста). Измерение кернов деревьев в Лаборатории выполняются на высокоточной системе анализа годичных колец LINTAB™ 6. Данные исследования необходимы для:

- оценки воздействия неблагоприятных факторов (например, рекреации, дефолиации насекомыми) на рост деревьев;
- ретроспективного анализа влияния экологических факторов (например, климатических, астрофизических) на формирование прироста древесины;
- оценки эффективности лесохозяйственных мероприятий (например, рубок ухода);
- экспертизы причин усыхания дерева (например, выявления деревьев, которые усохли в результате длительного ослабления в результате конкуренции, либо погибших от воздействия факторов патологической природы);
- установления точного срока прекращения камбиальной активности в стволе дерева (календарного времени усыхания, либо вырубки);
- идентификации места происхождения срубленной древесины.

Способность древесных растений являться естественными мониторами и банками хранения информации о состоянии внешней среды и динамике биогеоэкологических процессов давно и широко используется исследователями для решения различных научных и прикладных задач. Применяемый метод основан на анализе неповторимого во времени рисунка ширины годичных колец у деревьев, произрастающих в пределах одной территории со сходными условиями [6, 7].

Для получения фоновых данных и достоверной информации о радиальном приросте деревьев в июне 2014 г. сотрудниками Лаборатории и государственного природного заповедника «Вишерский» была организована комплексная экспедиция, направленная на изучение природных особенностей заповедника [8, 9, 10]. Одной из задач экспедиции стал отбор древесных кернов для последующего построения древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) и их анализа.

Для исследования были заложены три пробные площадки, каждая из которых находилась на разных высотах, в разных биотопах и микроклиматических условиях. На каждой пробной площадке объем выборки

составлял 24 дерева. По результатам исследований получены данные изменения радиального прироста ели сибирской и пихты сибирской под влиянием совокупности сопряженно действующих факторов; найдены долгоживущие деревья для построения относительно длительных хронологий; выявлена сходная динамика обеих пород с хорошо выраженными годами максимального и минимального прироста на всех трех площадках [11].

Благодаря данному исследованию положено начало формирования дендрохронологической базы данных Вишерского заповедника, которая может быть использована для ретроспективного экологического мониторинга, а именно определения влияния локальных, региональных и глобальных факторов среды, влияющих на межгодовую и внутривековую изменчивость роста деревьев.

На сегодняшний день в России методы **биотестирования** обязательны для подтверждения пятого класса опасности отходов (Приказ МПР РФ №511), установления ПДК вредных веществ в водоемах рыбохозяйственного назначения (Приказ Госкомрыболовства РФ №96), определения токсичности сточных вод (СанПиН 2.1.7.573-96), наноматериалов (Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 31.10.2007 N 79) и др. Существующие методы необходимо применять и при оценке компонентов природной среды для определения их токсичности.

Биотестирование природных вод, почв, биообъектов (хвоя, листва), отходов, новых материалов (включая наноматериалы) проводится в Лаборатории по следующим показателям:

- изменению относительного показателя замедленной флуоресценции культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*);
- изменению оптической плотности тест-культуры водоросли хлорелла (*Chlorella vulgaris*);
- смертности дафний (*Daphnia magna*);
- алгоритмам количества живых подвижных клеток инфузорий (*Paramecium caudatum* и *Tetrahymena pyriformis*).

Применение биотестирования в рамках экологической диагностики позволяет выявлять незначительные изменения в экосистемах [12]. Результатом биотестирования является интегральная характеристика состояния природного компонента (в частности почвы), выражающая токсичность [13].

Исследования токсичности почв методами биотестирования проводилось на отдельных особо охраняемых природных территориях, в рекреационных зонах городских лесов г. Перми, территории кампуса Пермского университета и других объектов. Пилотным исследованием стало определение токсичности почв заповедника «Вишерский» [14]. Результат измерения токсичной кратности разбавления и безвредной кратности разбавления показал, что не являются опасными и не подвержены высокому антропогенному воздействию.

Методы биоиндикации и биотестирования позволяют определить реакцию на воздействие или степень нарушения растительности. Однако с их помощью очень сложно определить причину нарушений. Поэтому в



Лаборатории наряду с описанными методами проводятся и **экогеохимические исследования** для определения элементного состава различных компонентов, что в ряде случаев позволяет выявить причину нарушения [15, 16].

Важная особенность большинства проводимых исследований – использование экогеохимических методов совместно с биотестовыми, что позволяет определить и минимизировать их недостатки, а также более комплексно оценить состояние компонентов природной среды. Для апробации методов проводились исследования почв на территории кампуса университета, в государственном природном заповеднике «Вишерский» [17], охраняемом ландшафте «Черняевский лес», заказнике «Предуралье», на территории нефтяных месторождений и других объектах.

По причине физико-химической специфики отдельных почв при одинаковой интенсивности и продолжительности действия химического стрессора степень и форма возникающего химического загрязнения может быть различной. По этой причине решающее значение для действий на биологическом уровне имеет соотношение интенсивности стрессора и специфической реакции буферной системы почвы [18]. Биотестирование является эффективным методом оценки потенциальной опасности химического, физического или биологического воздействия на почву [19].

Определение содержания тяжелых металлов в почвах проводится рентгенофлуоресцентным методом на волнодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре СПЕКТРОСКАН МАКС-G, в ходе которого определяется валовое содержание химических элементов от Са до U. Также проводятся измерения потенциальной и абсолютной кислотностей на основе приготовления солевой и водной вытяжек с применением прибора Multi-350i.

Корреляционный анализ наших исследований показал влияние содержания некоторых металлов на степень токсичности. Увеличение содержания Mn, As и Sr в почве ведет к уменьшению значения токсичной кратности разбавления (ТКР). Напротив, увеличение содержания в почвах Pb, Cr и Ti влияет на увеличение значения ТКР. При увеличении содержания Sr, Pb, As, Zn, Cu и Mn и при уменьшении содержания Cr и Ti наблюдается увеличение значения безвредной кратности разбавления (БКР) [20].

Разрабатываемые методы диагностики антропогенной трансформации природной среды позволяют определять «обратимую» стадию нарушения, когда происходят функциональные изменения внутри живых организмов. Эти нарушения очень сложно зафиксировать стандартными методами биоиндикации. Инструментальные методы позволяют унифицировать и упростить оценку состояния растительности и экосистем в целом, что необходимо для интеграции таких методов в повседневную деятельность предприятий и контролирующих ведомств.

Определение обратимой стадии деградации экосистем, получение информации о причинах неблагоприятных процессов и явлений, характере воздействия позволят своевременно вырабатывать конкретные

природоохранные мероприятия по оптимизации качества окружающей среды и снижению уровня антропогенного воздействия.

Важнейшим направлением природоохранной деятельности является разработка и внедрение технологии экологической ремедиации окружающей среды. Прямые наблюдения за физиологическим состоянием деревьев, кустарников позволяют определить комплекс растений с одной стороны адаптированных к загрязнению, а с другой максимально эффективно восстанавливающих свойства благоприятной окружающей среды для человека. Экологическая ремедиация обеспечивает быстрое.

### **Библиографический список**

1. Григорьев Ю.С. Флуоресценция хлорофилла в биоиндикации загрязнения воздушной среды // *Вест. Междунар. академии наук экологии и безопасности жизнедеятельности (МАНЭБ)*, 2005. Т. 10, №4. С. 77-91.

2. Бузмаков С.А. Антропогенная трансформация природной среды // *Географический вестник*. Пермь, 2012. №4 (32). С. 46-50.

3. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование: учеб. пособие для студ. высш. учебн. заведений / под ред. О.П. Мелеховой и Е.И. Саранульцевой. 3-е изд., стер. М.: Издательский центр «Академия», 2010. 288 с.

4. Трифонова Т.А., Ширкин Л.А. Экологическая геохимия: словарь-справочник. Ред.-издат. комплекс ВлГУ, 2005. 140 с.

5. Григорьев Ю.С. Андреев Д.Н. К вопросу о методике регистрации замедленной флуоресценции хлорофилла при биоиндикации загрязнения воздушной среды на хвойных // *Естественные науки*. Астрахань, 2012. № 2. С. 36-39.

6. Гурская М.А. Древесно-кольцевые хронологии хвойных деревьев для абсолютного календарного датирования городища Усть-Войкарского // *Краткие сообщения Института археологии*, 2006, Вып. 220. С. 142-151.

7. Румянцев Д. Е. История и методология лесоводственной дендрохронологии. – М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2010. 109 с.

8. Бузмаков С.А., Зайцев А.А., Санников П.Ю. Выявление территорий, перспективных для создания природного парка в Пермском крае // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2011. №1. С. 1492-1495.

9. Санников П.Ю., Бузмаков С.А. Развитие сети особо охраняемых природных территорий для сохранения географического разнообразия пермского края // *Вестник Удм. гос. ун-та. Сер. Биология. Науки о Земле*. 2015. Т. 25. Вып. 4. С. 22-34.

10. *Buzmakov S.A., Sannikov P.Yu. Landscape and biological diversity of protected areas network in Perm Krai // Advances in Environmental Biology*, 8 (13). August 2014. P. 473-479.

11. Андреев Д.Н., Хотяновская Ю.В. Анализ изменения радиального прироста ели сибирской (*Picea Obovata*) и пихты сибирской (*Abies Sibirica*) на территории заповедника «Вишерский» // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*. 2016. Т. 18. № 2-1. С. 30-34.

12. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... к-та. биол. наук: 03.00.16. Ставрополь, 2005. 159 с.

13. Дзюба Е.А. Применение биотестирования для качественной оценки состояния окружающей среды и ее отдельных компонентов // *Вестник молодых ученых ПГНИУ, сборник научных трудов, выпуск 4. Перм. гос. нац. иссл.ун-т, Пермь, 2014. С.369-379.*

14. Дзюба Е.А. Биотестирование почв особо охраняемой природной территории ГПЗ «Вишерский» на *Chlorella vulgaris* и *Daphnia magna* // В сборнике: Биоразнообразие и

*антропогенная трансформация природных экосистем Материалы Всерос. научно-практ. конф., посвященной памяти профессора А.И. Золотухина. 2015. С. 87-92.*

15. Андреев Д.Н. Экогеохимическая диагностика антропогенной трансформации особо охраняемых природных территорий // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2013. № 3. С. 3-9.

16. Andreev, D.N., Gatina, E.L., Kulakova, S.A., Sannikov, P.Y. Environmental diagnostics of anthropogenic transformation for specially protected areas // World Applied Sciences Journal. Volume 30, Issue 30, 2014, Pages 153-158.

17. Андреев Д.Н., Дзюба Е.А. Суммарное химическое загрязнение почв тяжелыми металлами в различных биотопах на территории Вишерского заповедника // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18. № 2-2. С. 283-287.

18. Багдасарян А.С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 159 с.

19. Терехова В.А. Биотестирование почв: подходы и проблемы // Почвоведение. 2011. № 2. С. 190-198.

20. Андреев Д.Н., Гатина Е.Л., Дзюба Е.А. Комплексная оценка экологического состояния почв на экологической тропе заповедника «Вишерский» с применением биотестового и геохимического методов анализа // Вестник Удмуртского университета. Серия Биология. Науки о Земле. 2016. Т. 26. № 2. С. 7-18.

**Е. А. Ворончихина**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **НА СТЫКЕ НАУК: БИОЛОГИЧЕСКАЯ ИНДИКАЦИЯ В ГЕОЛОГИИ**

*Рассмотрены методические аспекты взаимодействия биологических и геологических наук в рамках проблемы оценки устойчивости экосистем к загрязнению методом биотестирования. По итогам апробации метода на объектах экологического мониторинга в Пермском крае даны рекомендации для внедрения в практику экологических оценок.*

*Ключевые слова: промышленное загрязнение, фитоиндикация, микробиологическая индикация, мониторинг, реабилитация загрязненных экосистем*

**E.A. Voronchikhina**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **AT THE JUNCTION OF SCIENCES: BIOLOGICAL INDICATION IN GEOLOGY**

*The paper discusses methodological aspects of the interaction of biological and geological Sciences in the framework of the problems of assessing the resilience of ecosystems to contamination by the method of biotesting. According to the results of approbation of the method on the object of ecological monitoring in the Perm region there are recommendations for the implementation in practice of environmental assessments.*

*Keywords: industrial pollution, phytoindication, microbiological indication, monitoring, rehabilitation of contaminated ecosystems*

В перечне современных научных направлений биологические и геологические науки представлены обособленными группами, каждая из которых обладает собственным предметом исследования. Однако такое разделение не означает отсутствия у них внутренней взаимосвязи, обусловленной принадлежностью к планетарному телу Земли, выступающему общим объектом изучения. Живая и косная материи, составляющие, соответственно, суть биологических и геологических наук, тесно взаимодействуют. Процесс взаимодействия протекает в форме биогеохимических круговоротов, в режиме обмена веществом взаимодействующих биологических и минеральных компонентов верхней части земной оболочки, являющейся средой обитания человека и получившей название биосферы [6]. Биогеохимическая парадигма, сформулированная в прошлом веке академиком В.И.Вернадским, выражающая суть биосферы,

сводится к тому, что в ней «...все химические процессы... протекают при участии живого вещества или в преобразованной им среде» [6, с.11].

Современной наукой доказано, что существование жизни на планете является закономерным следствием ее геологического развития, поэтому разнообразие геологических условий, предопределившее пестроту местообитаний, является важнейшим фактором многообразия форм жизни. Все биологические виды обладают способностью реагировать на происходящие смены геологических обстановок. Реакция может проявляться в изменении как внешних признаков (цвета, формы, активности роста и развития) отдельных представителей или видов биоты, так и сообществ в целом, включая их видовое разнообразие и структуру.

Развиваясь в режиме «обмена веществ» с окружающей средой, благодаря поглощению из нее химических элементов, биотический компонент выступает активным фактором их миграции. Наукой доказано, что живое вещество отличается высокой степенью геохимической избирательности на видовом уровне: известны виды растений и микроорганизмов, предпочитающие геологические условия с повышенным содержанием определенных химических элементов и накапливающие их в концентрациях, превышающих литосферный кларк [7, 18]. Данная особенность предопределила внедрение в геологию биогеохимических методов поиска полезных ископаемых и развитие специфического направления – биологической индикации эколого-геохимических процессов [3, 4, 22].

В настоящее время биологическая индикация все более расширяет сферу научных интересов, формируя основы нового научного направления, названного экологической геологией, целью которого является оптимизация взаимоотношений человека со средой обитания. Актуальность данного направления предопределена эволюционно. Наиболее лаконично ее объясняет известное выражение академика В.И.Вернадского [6] о том, что хозяйственная деятельность человека стала геологической силой планетарного масштаба. Развиваясь бесконтрольно, она может погубить человечество как биологический вид, напротив, знание законов взаимодействия геологических и биологических компонентов среды обитания позволит использовать полезные ископаемые, необходимые для хозяйственного развития, не только не оказывая пагубного воздействия на биоту, но и улучшая среду обитания на основе принципа неистощительного природопользования.

С начала прошлого века биологическая индикация геологических процессов (далее – биоиндикация), как экологическое направление в геологии, активно развивалась благодаря трудам отечественных (В.И.Вернадский, А.П.Виноградов, В.В.Добровольский, А.И.Перельман и др.) и зарубежных ученых. Важнейшим достижением ее научной теории является открытие биогеохимических аксиом:

- все есть во всем (имеется в виду, что любой биологический объект содержит все химические элементы, формирующие геологическую среду его обитания);

- все химические процессы в среде обитания протекают с участием живого вещества;

- относительная стабильность химического состава среды обитания является непреложным условием экологического благополучия биологических видов, включая *Homo sapiens*.

В настоящее время биоиндикация все чаще используется в прикладных геоэкологических исследованиях как универсальный метод изучения хозяйственной нагрузки на экосистемы и оценки качества среды обитания по состоянию биоты в природных условиях. Растущая актуальность биоиндикационного направления обусловлена неэффективностью и затратностью существующего в текущий период методического подхода к оценке состояния природной среды. Основное место в нем отводится химическим методам контроля содержания токсичных ингредиентов в компонентах экосистемы, оценке превышения их концентраций над законодательно установленными допустимыми уровнями. При этом компонентный подход не обеспечивает необходимой достоверности результатов оценки фактической экологической опасности, поскольку имеет множество недостатков, важнейшими из которых представляются два. Во-первых, невозможность учета синергического взаимодействия загрязнителей: взаимодействие нетоксичных и токсичных веществ может привести к усилению экологической опасности одних и, напротив, к ослаблению экологического действия других. Во-вторых, невозможность учета специфики трансформации вещества под влиянием естественных миграционных процессов, развивающихся в загрязняемой экосистеме, в том числе существование в ней геохимических барьеров, корректирующих экологическую опасность потока загрязнителей.

Современная наука работает над устранением методических недостатков в оценке экологического состояния природной среды в рамках целевой программы Международного союза биологических наук (МСБН), утвержденной на XXI Ассамблее под названием "Биоиндикаторы" [22]. Целью программы является внедрение методов биоиндикации в практику экологических оценок на законодательном уровне, в том числе: сертификация биоиндикаторов, создание научных школ по подготовке специалистов, включение индикационных исследований в программы геоэкологического мониторинга.

На современном этапе важнейшими направлениями биоиндикации являются:

- неспецифическая индикация – выявление критических экологических нагрузок на экосистему в целом при разных видах и уровнях техногенного воздействия;

- специфическая индикация – контроль допустимого развития конкретных техногенных процессов, например засоления, загрязнения вод и др., с оценкой устойчивости к ним экосистем.

Сформировавшийся к настоящему времени обширный спектр методов биологической индикации природных процессов в рамках выше названной международной программы подразделен на группы по специфике используемых приемов экологической оценки. Наиболее перспективными для решения прикладных задач, в том числе для экологической оценки среды обитания, представляются ботаническая и микробиологическая группы методов.

Ботанические методы биологической индикации основаны на чувствительности растений к экологическим изменениям в природной среде. Имеется множество научных работ, подтверждающих возможность применения ботанических методов для оценки качества природной среды по чувствительным растительным видам, получившим название «виды-индикаторы» [7]. Накопленный опыт биоиндикации с использованием ботанических методов свидетельствует, что в практическом применении они наиболее эффективны для обнаружения и контроля концентрации загрязнителей в воздушной среде, в меньшей степени в прочих природных субстратах, включая воды, грунты и почвы. При этом на ухудшение качества воздуха наиболее ярко реагируют хвойные виды растений. Установлено, что при постоянном присутствии даже в незначительных количествах обычных для промышленных регионов аэрогенных загрязнителей – оксидов серы, азота, полициклических ароматических соединений, у хвойных видов (сосны, ели, пихты) происходит ранний опад хвои, ведущий к изреживанию кроны, приобретающей черты «ажурности», сопровождающийся изменением морфологических показателей хвоинок: укороченностью, истончением, изменением массы. Данные процессы подробно рассмотрены нами ранее [1,2,5,8-15]. Наряду с хвойными представителями растительного мира важными видами-индикаторами являются низшие растения, особенно такие уязвимые к загрязнению воздушной среды как лишайники. Они полностью выпадают из состава растительных сообществ, подвергающихся загрязнению.

Накопленный наукой опыт биоиндикации свидетельствует, что ботанические методы хорошо работают для контроля загрязнения воздушной среды, но малоэффективны при оценке прочих компонентов экосистемы. Значительно шире возможности у микробиологических методов, основанных на высокой чувствительности к загрязняющим нагрузкам водных и почвенных микроорганизмов. Учитывая, что воды являются общей транспортирующей средой в экосистеме, своего рода «кровью», перераспределяющей поступающие в нее химические ингредиенты, а почва – важнейшим аккумулятивным «механизмом» в ее структуре, сформированным благодаря тесному взаимодействию всех системообразующих компонентов, микробиологическая индикация дает наиболее полную и объективную информацию о состоянии экосистемы.

Недостатком микробиологических методов является высокая чувствительность индикаторов (тест-культур) не только к загрязнению, но и к изменению всего комплекса природных показателей. Многие микробные

сообщества уязвимы к перепадам температур, резкой смене освещенности, естественным колебаниям кислотно-щелочных режимов среды, обеспеченности кислородом и др. Все это создает сложности в организации микробиологической индикации, снижает ее практическую востребованность. Для преодоления перечисленных недостатков внедряется лабораторное биотестирование природных субстратов (вод, почв, грунтов) специально созданными тест-культурами, в качестве которых используются относительно крупные простейшие гидробионты, например дафнии, сперма крупного рогатого скота и прочие. Однако, учитывая их чувствительность к среде обитания, тест-культуры сложно поддерживать в активном состоянии даже в лабораторных условиях. Длительное хранение не дает полной гарантии благополучия биотестера, следовательно, объективного результата при оценке. Кроме того, затраты на обеспечение жизнеспособности тест-культур существенно повышают стоимостные показатели экологической оценки.

Изложенное свидетельствует о необходимости разработки более простых и достоверных методов контроля экологических процессов в ареалах техногенной нагрузки, применимых в прикладных оценочных изысканиях. Именно это явилось целью исследования, результаты которого представлены ниже. Цель предполагала решение трех важнейших задач:

- 1) подбор биоиндикаторов, отвечающих требованиям прикладных экологических изысканий, в том числе цели и задачам мониторинга природной среды;

- 2) апробацию наиболее перспективных из них на региональных объектах производственного мониторинга;

- 3) разработку алгоритма реализации метода биоиндикации применительно к региональным экосистемам Пермского края.

Выбор перспективных методов биоиндикации осуществлен на основе принципа наименьших затрат для получения достоверных результатов, достаточных для экологической оценки техногенной нагрузки. Кроме этого учитывалась возможность выполнения наблюдений в полевых условиях и рекомендации Международного союза биологических наук, включенные в программу "Биоиндикаторы" [22]. Изучение опыта биоиндикации показало, что для решения поставленных задач наиболее перспективны: метод биометрического контроля хвойной зелени и микробиологический метод Мишустина [23].

Суть метода биометрического контроля хвойной зелени заключается в оценке морфометрических показателей хвои. Опубликованные ранее результаты апробации данного метода на разных хвойных видах, распространенных в Пермском крае [8-15], свидетельствуют, что наиболее показательным объектом биометрического контроля является ель (*Picea abies f. uralensis*) в связи с особенностями ее хвои и повсеместной распространенностью в зональных экосистемах. Ель толерантна к среде обитания, поэтому может произрастать на разнообразных эдафотопках. Хвоя у нее весьма долговечна, сохраняет жизнеспособность 4-7 лет. Данный факт



весьма важен, поскольку чем дольше продолжительность жизни хвои, тем большую массу загрязнителей она накапливает [2].

В рамках исследования предстояло выявить наличие связей между морфологическими параметрами хвои ели (длина и масса хвоинки) и техногенной нагрузкой, испытываемой экосистемой. Для этого были выбраны 10 реперных участков, расположенных в сходных природных условиях – на плакорах в типичных лесных сообществах южной тайги, идентифицированных как ельники кисличные. Растительные сообщества всех реперных участков относятся к IV классу возраста, II бонитету, но расположены в условиях с разной техногенной нагрузкой, специфика которой обусловлена добычей и обогащением ископаемых солей [5,17].

В соответствии с избранной методикой на реперных участках произведен отбор хвои ели. Пробы отбирались с 5 типичных деревьев II яруса на уровне груди с четырех экспозиционных положений, соответствующих южной, северной, западной и восточной частям кроны. При пробоотборе срезалась ветка, включающая 4 годовых прироста, включая прирост текущего года. В лабораторных условиях ветки расчленялась на отдельные фрагменты, соответствующие годовым приростам. Годовые приросты с пяти модельных деревьев объединялись в единую пробу, для которой замерялись: средняя длина прироста, количество хвоинок, средняя длина хвоинок. Более подробно методика обработки проб хвои опубликована ранее [5].

Помимо хвои на реперных участках отбирались пробы почв для лабораторных анализов на содержание загрязняющих ингредиентов в корнеобитаемом слое. Перечень анализов включал стандартные нормативные показатели, в том числе: тяжелые металлы, мышьяк, нефтепродукты, бензпирен [21]. Дополнительно к ним, учитывая специфику загрязнения, выполнена оценка солевой нагрузки по суммарному содержанию токсичных солей. Результаты анализов пересчитаны относительно ПДК и ОДК [19,20] с последующим суммированием нагрузки в соответствии с методикой расчета стандартного нормативного показателя  $Z_C$  [21] и представлены в таблице 1. Информация систематизирована в соответствии с полученными данными по возрастанию техногенной нагрузки: реперные участки 1 и 2 отражают фоновое состояние таежной экосистемы, они расположены за пределами ареалов техногенного рассеивания; прочие реперные участки характеризуются разными уровнями техногенной нагрузки, в суммарном выражении колеблющейся в пределах значений  $Z_C$  от 2,1 до 7,5 (таблица 1).

Анализ полученных морфометрических данных оценки состояния хвои на реперных участках с разным уровнем техногенной нагрузки свидетельствует, что по мере увеличения нагрузки наблюдается замедление роста и развития хвои. Так, хвоя ели, отобранная на чистых фоновых реперных участках, по морфологическим показателям текущего прироста (средней длине хвоинок) в среднем в 1,3 раза превосходит таковую на участках загрязнения. Данное соотношение сохраняется и в последующие годы на протяжении рассмотренного 4-летнего периода (табл. 1).

Таблица 1

Биометрические показатели хвои *Picea abies furalensis* на реперных участках исследования с разной техногенной нагрузкой

Номер реперного участка	Уровень техногенной нагрузки, в единицах $Z_C^*$	Средние для выборки (5 деревьев на реперном участке) показатели состояния хвои ели на приростах 1 – 4-летнего возраста											
		Хвоя текущего прироста			2-летняя хвоя			3-летняя хвоя			4-летняя хвоя		
		Длина хвоинки, мм	Общий вес хвои, мг	Зольность, %	Длина хвоинки, мм	Вес хвои, мг	Зольность, %	Длина хвоинки, мм	Общий вес хвои, мг	Зольность, %	Длина хвоинки, мм	Общий вес хвои, мг	Зольность, %
1	< 1,0 фон	11 ± 2**	0,14±0,01	2,7	13 ± 2	0,14±0,01	3,0	13 ± 2	0,16±0,03	3,2	13 ± 2	0,16±0,02	3,2
2	< 1,0 фон	14 ± 3	0,14±0,04	2,9	15 ± 2	0,14±0,03	3,1	15 ± 2	0,19±0,05	3,1	15 ± 2	0,20±0,04	3,1
3	2,1	8 ± 2	0,11±0,01	3,2	10 ± 2	0,13±0,01	4,1	10 ± 2	0,23±0,01	4,2	10 ± 2	0,23±0,01	4,2
4	2,7	10 ± 2	0,12±0,01	3,8	10 ± 2	0,13±0,01	4,1	10 ± 2	0,26±0,01	4,2	10 ± 2	0,27±0,01	4,2
5	3,2	11 ± 2	0,14±0,01	4,0	11 ± 2	0,15±0,01	4,1	11 ± 2	0,26±0,01	4,2	11 ± 2	0,26±0,01	4,2
6	4,1	11 ± 2	0,11±0,01	3,9	13 ± 2	0,17±0,01	3,9	14 ± 2	0,27±0,01	4,1	14 ± 2	0,27±0,01	4,3
7	4,3	11 ± 2	0,11±0,01	4,0	11 ± 2	0,24±0,01	4,3	11 ± 2	0,26±0,01	4,3	11 ± 2	0,26±0,01	4,4
8	4,9	10 ± 2	0,11±0,01	4,1	10 ± 2	0,21±0,01	4,7	10 ± 2	0,29±0,01	5,7	10 ± 2	0,29±0,01	5,8
9	4,9	11 ± 2	0,11±0,01	4,1	11 ± 2	0,15±0,01	5,3	11 ± 2	0,29±0,01	5,8	11 ± 2	0,29±0,01	5,8
10	7,5	9 ± 2	0,06±0,01	4,3	10 ± 2	0,10±0,01	5,3	10 ± 2	0,28±0,01	5,7	10 ± 2	0,28±0,01	5,8

Примечания:  $Z_C$  – суммарный показатель загрязнения [21]; ± - статистическое отклонение от средней расчетной величины

Общепринятые оценочные показатели состояния хвои (длина и вес), представленные в таблице 1, дополнены зольностью хвои. Показатель зольности характеризует содержание в ней минеральных химических элементов, в том числе элементов-загрязнителей. Результаты исследования показали, что зольность хвои подвержена возрастной динамике и пропорциональна ее морфометрическим характеристикам. Во всех случаях (на всех реперных участках, включая фоновые) показатель зольности возрастает с возрастом хвои. Наибольшей зольности хвойная масса достигает к 3-летнему возрасту. Различия в зольности 3-х и 4-летней хвои незначительны.

Изменение зольности по мере роста нагрузки иллюстрирует рис. 1.

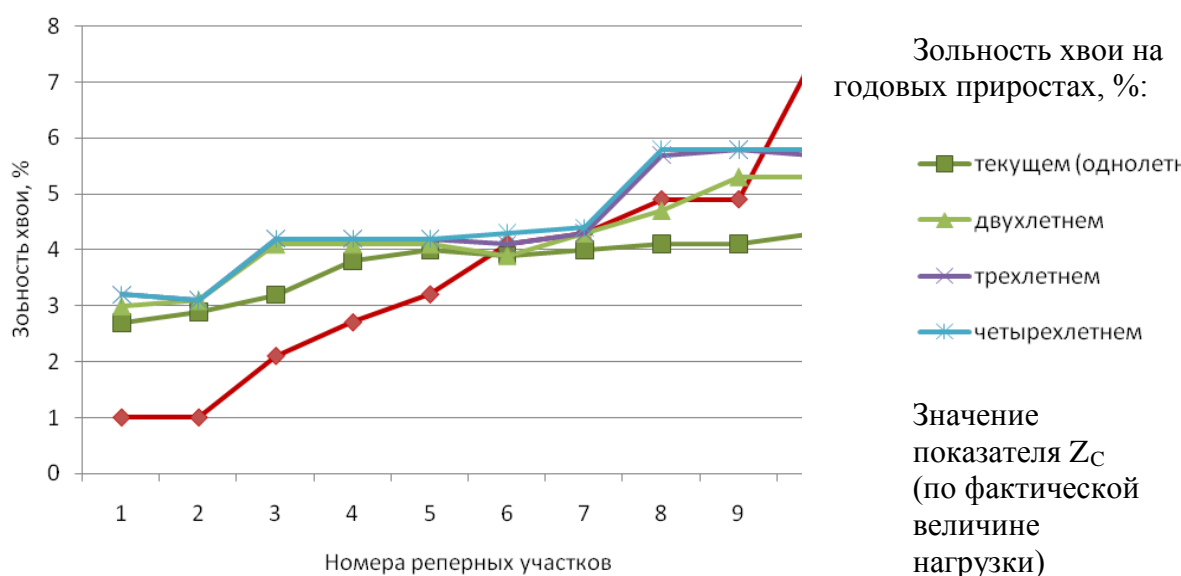


Рис. 1. Динамика зольности хвои *Picea abies f. uralensis* на реперных участках с разной техногенной нагрузкой

На графиках видно, что молодая хвоя, отобранная на текущем годовом приросте, не реагирует на загрязнение увеличением зольности.

Даже при максимальной из выявленных техногенных нагрузок ( $Z_C=7,5$ ) зольность хвои на текущем приросте изменилась незначительно, что свидетельствует о низком уровне аккумуляции в ней технофильных элементов. Зольность хвои более старших возрастов пропорционально увеличивается при росте загрязняющей нагрузки, превышающей значения  $Z_C > 4$ . При этом зольность хвои на приростах третьего и четвертого года практически одинакова и существенно выше зольности двухлетней хвои (см. рисунок 1).

Вышеизложенное свидетельствует, что длина и масса хвои объективно отражают уровень техногенной нагрузки на растительное сообщество и могут быть рекомендованы для использования при первичной оценке экологического состояния природной среды для определения элементного состава наиболее

опасных, биологически активных загрязнителей. Учитывая зависимость биогенной концентрации техногенных элементов от возраста зеленой массы, для целей биологической индикации необходимо использовать стареющую хвою, начиная с трехлетнего возраста.

Помимо биометрического контроля хвойной зелени на реперных участках на протяжении трех вегетационных сезонов проводилась микробиологическая индикация экологического состояния почв. Почва является важнейшим интегральным компонентом экосистемы. Помимо основной функции – создания благоприятных условий для роста и развития растительного покрова, почва выступает субстратом, поглощающим загрязняющие ингредиенты и активно их преобразующим до экологически безопасного состояния. Данные процессы протекают с участием почвенных микроорганизмов. Причем, чем активнее работают почвенные микроорганизмы, тем быстрее очищается почва, то есть тем устойчивее экосистема к техногенной нагрузке. Ослабление жизнедеятельности почвенных микроорганизмов означает утрату способности почвы к нейтрализации поступающих в нее загрязнителей и, таким образом, утрату экосистемой способности противостоять техногенному воздействию.

Биологическая активность почвы определялась в полевых условиях по активности разложения органического вещества (метод Мишустина) [23] на тех же реперных участках, на которых оценивалось состояние хвои ели (см. таблицу 1). Суть метода заключается в том, что в корнеобитаемый слой почвы помещают стерильный кусок натуральной ткани (хлопок, лен) определенного размера, зашитый в капроновую сетку. Длительность экспозиции определяется предполагаемой биологической активностью почвы и может варьировать от нескольких суток до нескольких месяцев. Затем планшетка извлекается, очищается от остатков почвы и оценивается на предмет микробиологической деструкции по наличию пятен, погрызов или разрушения участков ткани. Чем активнее работают почвенные микроорганизмы, тем сильнее нарушена целостность ткани и, соответственно, выше устойчивость экосистемы к загрязнению (рис. 2).



а) фоновая почва за пределами очага загрязнения



б) почва на загрязненном участке

Рис. 2. Состояние тканевых планшеток после экспонирования в почвах с разным уровнем загрязнения

Недостатком данного метода является отсутствие официально установленных нормативов количественной оценки микробиологической активности почв. Однако данный недостаток легко устраним, если полученные результаты использовать с учетом критериев Минприроды РФ, рекомендованных для экологической оценки территорий [16]. Согласно п.11 таблицы 3.3.1 данного документа к удовлетворительному состоянию экосистему можно отнести в случаях, когда снижение уровня активности микробной массы к фону не превышает величины, кратной 5. То есть, применительно к результатам, полученным при оценке методом Мишустина, площадь сохранности тканевой планшетки на участке загрязнения должна соотноситься с фоном как 1:5 и менее. Таким образом, оценка микробиологической активности почвы методом планшеток в сочетании с критериями Минприроды РФ [16] позволяет дать официальное заключение о состоянии экосистемы.

Результаты апробации микробиологического тестирования состояния почвенного покрова с использованием критериев Минприроды РФ [16] представлены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты оценки микробиологической активности почв на реперных участках

№ реперного участка	Уровень техногенной нагрузки на экосистему, в единицах $Z_c^*$	Микробиологическая активность почв, в долях сохранности планшетки по превышению над фоном		Оценка состояния экосистемы по критериям Минприроды РФ [16]
		Среднее за 3 года наблюдений	$\pm$	
1	< 1,0	1,0	0,4	Фоновое экологическое состояние
2	< 1,0	1,0	0,5	
3	2,1	3,0	0,4	Удовлетворительное экологическое состояние
4	2,7	3,6	0,4	
5	3,2	4,9	0,3	
6	4,1	6,8	0,3	Неудовлетворительное экологическое состояние
7	4,3	8,3	0,2	
8	4,9	7,9	0,3	
9	4,9	7,4	0,1	
10	7,5	9,7	0,1	

Фоновые значения индикатора состояния почвы (площадь сохранности планшетки) приняты за 1,0 (см. таблицу 2, реперные участки 1 и 2). Прочие показатели сохранности планшеток пересчитаны относительно указанного фонового состояния и выражены превышениями, кратными 3,0 – 9,7 (см. таблицу 2). Показатели свидетельствуют, что в удовлетворительном

экологическом состоянии, характеризующимся превышением над фоновым уровнем, кратным менее 5,0 раз, находятся почвы, суммарное загрязнение которых не превышает нагрузки по  $Z_C$ , достигающей 4 единиц (см. таблицу 2, реперные участки 3-5). При значениях  $Z_C$  свыше 4 (реперные участки 5-10) наблюдается подавление микробиологической активности почв, сопровождающееся снижением биопродукционных функций почвенного покрова. Согласно ранее представленным результатам биометрического тестирования (табл. 1) это приводит к ухудшению роста и развития растительности, таким образом, переводит экосистему в неудовлетворительное экологическое состояние с нарушенным потенциалом устойчивости.

Таким образом, результаты исследования показали, что апробированные методы биологической индикации весьма перспективны для использования как в системах текущего контроля за состоянием природной среды, так и при долгосрочных наблюдениях в рамках программ мониторинга. В пользу данного заключения свидетельствует их относительная нетрудоемкость и наглядность результатов, а также возможность количественной оценки состояния контролируемой экосистемы.

Простые и легко отслеживаемые морфометрические показатели состояния хвои ели объективно отражают уровень техногенной нагрузки на растительное сообщество. Учитывая зависимость биогенной концентрации техногенных элементов от возраста зеленой массы, для целей биологической индикации наиболее подходит стареющая хвоя, начиная с трехлетнего возраста. При наличии техногенной нагрузки чем больше возраст хвои, тем выше в ней концентрация загрязняющих ингредиентов. Помимо рассмотренных морфометрических показателей ранее нами был апробирован показатель охвоения годового прироста, использование которого в системе контроля состояния природной среды также представляется перспективным [2].

Методы биологической индикации позволяют оценивать не только текущее экологическое состояние природных компонентов, но и их устойчивость к техногенному воздействию, а также прогнозировать способность нарушаемых экосистем к естественному восстановлению природного состояния. Наиболее перспективным для этого представляется метод оценки микробиологической активности почв. Использование данного метода позволит более рационально организовать работы по рекультивации нарушаемых земель на участках деятельности горнопромышленных объектов. В настоящее время вопросы рекультивации на них решаются без учета фактического состояния земель, без оценки способности почв к естественному восстановлению, поэтому зачастую оборачиваются дополнительным ущербом природной среде.

### **Библиографический список**

1. Бахарев П.Н., Ворончихина Е.А., Ильиных С.И., Лоскутова Н.М. Технофильные элементы в особо охраняемых экосистемах западноуральской тайги // Известия Самарского научного центра РАН. Т.14. №1(8). Самара: Изд-во СНЦ РАН, 2012. С.2136-2139.

2. Бахарев П.Н., Ворончихина Е.А., Ильиных С.И. и др. К биогеохимической оценке состояния особо охраняемых экосистем западноуральской тайги // Исследование природы лесных растительных сообществ на заповедных территориях Урала. Екатеринбург, 2012. С.23-32.
3. Биоиндикаторы антропогенного загрязнения окружающей среды / <http://ru-ecology.info> (дата обращения 12 марта 2016 г).
4. Биоиндикация загрязнений наземных экосистем: Пер. с нем. / Под ред. Р. Шуберта. М.: Мир, 1988. 348 с.
5. Блинов С.М., Ворончихина Е.А., Меньшикова Е.А. Техногенный галогенез при освоении залежей ископаемых солей в гумидных ландшафтах // Геохимия ландшафтов и география почв / Материалы Всерос. науч. конф. к 100-летию М.А. Глазовской. М.: МГУ, 2012. С.60-62.
6. Вернадский В.И. Биосфера // Избр. соч. в 5 т. М.: АН СССР, 1960. Т.5. 102 с.
7. Виноградов А.П. Растительные индикаторы. М., 1966. 217 с.
8. Ворончихина Е.А., Лоскутова Н.М. Растительные индикаторы состояния среды в государственном природном заповеднике «Басеги» // Биоиндикация и тестирование качества среды. М., 1995. С.119-122.
9. Ворончихина Е.А., Ларионова Е.А. Влияние техногенного загрязнения на заповедные территории Пермской области // Геохимическая экология и биогеохимическое изучение таксонов биосферы. М.: Наука, 2003. С 149-159.
10. Ворончихина Е.А. Рекультивация нарушенных ландшафтов: теория, технологии, региональные аспекты: монография. Пермь, 2010. 163 с.
11. Ворончихина Е.А., Ушакова Е.С. Геохимия ландшафта: учебное пособие по спецкурсу. Пермь, 2012. 139 с.
12. Ворончихина Е.А., Блинов С.М., Меньшикова Е.А. Техногенный галогенез при освоении залежей ископаемых солей в гумидных ландшафтах // Геохимия ландшафтов и география почв (к 100-летию М.А. Глазовской). Доклады Всерос. науч. конф.. Москва, 4-6 апреля 2012 г., М.: МГУ, 2012. С.60-62.
13. Ворончихина Е.А., Блинов С.М., Меньшикова Е.А. Технофильные металлы в естественных и урбанизированных экосистемах Пермского края // Экология урбанизированных территорий. 2013. № 1. С.18-25.
14. Ворончихина Е.А. К оценке состояния лесной экосистемы в границах квартала 2 особо охраняемой природной территории (ООПТ) «Черняевский лес» // Географический вестник. 2015. № 1 (32). С. 103-116.
15. Каменщикова В.И., Кувшинская Л.В., Ворончихина Е.А. Оценка экологического состояния и устойчивости почв таежно-лесной зоны с помощью биохимического тестирования // Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование. Материалы междунар. науч. конф. Т.2. Пермь, 2011. С.103-110.
16. Критерии оценки экологической обстановки территорий для выявления зон чрезвычайной экологической ситуации и зон экологического бедствия. М: ГНТУ МПР РФ, 1992. 44 с.
17. Максимович Н.Г., Ворончихина Е.А., Хайрулина Е.А., Жекин А.В. Техногенные биогеохимические процессы в Пермском крае // Геориск. 2010. № 2. С.38-43.
18. Овчинников Л.Н. Прикладная геохимия. М.: Недра, 1990. 248 с.
19. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2511-09 / Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 18.05.2009 г.
20. Предельно-допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. ГН 2.1.7.2041-06 / Утв. Гл. гос. санитарным врачом РФ 23.01.2006 г.
21. Санитарно-эпидемиологические правила и нормы. СанПиН 2.1.7.1287-03 (с доп. в редакции 2007 г).
22. Соколов В.Е., Шаланки Я., Криволицкий Д.А. и др. Международная программа по биоиндикации антропогенного загрязнения природной среды // Экология. 1990. № 2.
23. Теплер Е.З., Шильникова В.К., Переверзева Г.Н. Практикум по микробиологии. М.: Колос, 1979. 213 с.

**Т.И. Караваева, В.П. Тихонов, Е.А. Меньшикова**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ ПРИ ИНЖЕНЕРНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ИЗЫСКАНИЯХ**

*В целях актуализации нормативных документов по инженерно-экологическим изысканиям рассматриваются методические подходы по обоснованию границ территории проведения изысканий, к выбору интегральных показателей состояния компонентов природной среды, прогнозированию изменения средообразующих функций фитоценозов и почвы в результате воздействий проектируемых объектов.*

*Ключевые слова: инженерно-экологические изыскания, оценка состояния, территория изысканий, интегральные показатели, прогнозирование изменений природной среды.*

**T.I. Karavaeva, V.P. Tichonov, E.A. Menshikova**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **METHODOLOGICAL APPROACHES TO THE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENT STATE FOR ESIA**

*The authors propose the updating of the regulatory documents on environmental and social impact assessment (ESIA), methodical approaches to justification of the boundaries of research. The authors also propose the integral indicators of the state of environmental components and prediction of changes in the functions of phytocenoses and soils the impacts of designed objects.*

*Keywords: engineering-ecological surveys, assessment, territory studies, integrated indicators, forecast changes in natural environment.*

### **Введение**

Инженерно-экологические изыскания выполняются для оценки современного состояния и прогноза возможных изменений окружающей среды под влиянием техногенной нагрузки для экологического обоснования строительства и иной хозяйственной деятельности и имеют выраженную природоохранную направленность. Полученная информация должна быть достаточной для экологической характеристики площадки (полосы трассы) проектируемого объекта и прогнозной оценки ожидаемого его воздействия на окружающую среду при его строительстве. Программа инженерно-экологических изысканий должна содержать обоснование границы территории изысканий и принимаемых методов прогноза [9]. Существенным методическим недостатком нормативных документов по инженерным изысканиям СП 11-102-



97 [8] и СП 47.13330.2012 [9] является то, что они не определяют территорию, в пределах которой должны проводиться изыскания, не дают указаний, по каким показателям следует оценивать состояние биотических компонентов природной среды и выполнять прогноз возможных изменений вследствие воздействий от проектируемого объекта.

Обоснование и выбор территории проведения инженерно-экологических изысканий относятся к важнейшим задачам исследований и определяют качество и представительность результатов, необходимые и достаточные виды и объемы работ, размещение пунктов наблюдений на основных путях миграции, ареалах и потоках рассеяния и аккумуляции веществ-загрязнителей, соотношение степени ожидаемого воздействия и устойчивости выбранной территории. Анализ результатов инженерных изысканий показывает, что границы территории изысканий выбираются произвольно, без учета особенностей природных условий ландшафта, в пределах которого будут проявляться последствия планируемой деятельности. Часто на экологических картах в графической части технического отчета границы просто не показываются, а в текстовой части отмечаются только пункты отбора проб. В других случаях, без всякого обоснования, граница изысканий проводится на равном расстоянии вокруг объекта проектирования или реконструкции. В результате изыскания проводятся в пределах некой геометрической фигуры, очерченной на карте. Закономерности функционирования природной среды не подчиняются и не укладываются в геометрические формы – возникает очевидное противоречие в связи с формальным выполнением изысканий. Биогеоценозы и экосистемы территории искусственно расчленяются на фрагменты, по которым оценить устойчивость и дать качественный прогноз изменений невозможно.

Методическое обоснование границ проведения инженерных изысканий не разработано и является предметом исследования, отраженным в статье.

Планируемое развитие территории или строительство промышленного объекта предполагают предварительное изучение свойств компонентов природной среды локальных геосистем в составе инженерно-экологических изысканий в целях прогнозирования возможных воздействий и последствий намечаемой деятельности. В экологическом отношении локальные геосистемы соответствуют биогеоценозам. Методика оценки состояния биогеоценозов является важнейшей теоретической и практической задачей современности. Анализ литературы показывает, что исследователи описывают структуру биогеоценозов, причины и последствия изменений отдельных компонентов, степень антропогенного нарушения, но экологически наиболее важные функциональные характеристики практически не изучаются [15, 20, 21].

Проблема экспресс-оценки средообразующих функций биогеоценозов при инженерно-экологических изысканиях ставится впервые. В условиях ограниченного времени на прикладные исследования получение «мгновенного» снимка функциональных характеристик природной среды методически не разработано. В статье рассматриваются методические подходы к оценке

функционального состояния биogeоценозов на основе интегральных показателей.

Многолетняя практика проведения государственных экологических экспертиз проектной документации показывает, что прогноз состояния сложных природных систем при эксплуатации промышленных объектов практически не выполняется. В материалах изысканий отсутствует объект и предмет прогноза, срочность и методы прогнозирования, вероятностная оценка достоверности и главное – фундаментальные экологические закономерности развития природных компонентов и всей геосистемы в целом, которые являются основой прогнозирования изменений природной среды. Методические подходы к структуре и предмету прогнозирования при проведении инженерно-экологических изысканий обсуждаются в настоящей статье.

### **Теоретические основы геосистемной и экологической оценки состояния природной среды**

Методическое обоснование выбора территории инженерно-экологических изысканий следует проводить на геосистемной основе. Геосистема – это природно-географические единства всех возможных категорий, от планетарной геосистемы (географической среды в целом) до элементарной геосистемы (фации). Геосистема определяется пространственными границами и взаимным расположением (структурой) компонентов природной среды, функциональным значением компонентов, т.е. является пространственно-функциональной. Наиболее четкие границы геосистемы определяются факторами, которые сами отличаются большой устойчивостью, консервативностью и связаны с геологическим и геоморфологическим строением ландшафта, например, граница водораздела. Между компонентами геосистемы существуют не просто отношения, связи, взаимодействия, но и взаимообусловленность; это обстоятельство дает основание относить геосистемы к категории наиболее сложно организованных детерминированных систем [10].

При проведении инженерно-экологических изысканий выбор геосистемной единицы ландшафта, в пределах которой проектируемый объект может оказывать воздействие на компоненты природной среды, имеет принципиальное значение. Такая структурная единица должна быть больше площади земельного и горного отводов и зоны непосредственного воздействия объекта на окружающую среду, поскольку компоненты природной среды прилегающих территорий находятся во взаимной связи и определяют устойчивость геосистем к внешним нагрузкам. Экологическая устойчивость территории, оцениваемая при изысканиях, определяется не только прямым воздействием объекта на компоненты природной среды и их ответной реакцией, но и влиянием компонентов на трансформацию поступающих в природную среду загрязнений (разбавляющая способность притоков, воднорегулирующая роль леса и т.п.). Сложное урочище в виде водосборного бассейна малой реки, в пределах которого планируется размещение

площадного производственного объекта, наилучшим образом отвечает теоретическим и методическим положениям геосистемного подхода к выбору территории проведения инженерно-экологических изысканий. В практическом плане это логически понятные естественные границы, хорошо отражаемые на картографическом материале.

Речные бассейны характеризуются упорядоченными, пространственно организованными материальными и энергетическими потоками: в их пределах целесообразно изучать как структурно-функциональную организованность природных экосистем, так и оценивать результаты антропогенного воздействия. Все протекающие процессы на территории речных бассейнов взаимосвязаны, что позволяет относить их к территориальным геосистемам. Водосборные бассейны отличаются собственным специфическим рельефом, геологическим строением, площадью, водностью, микроклиматом, которые определяют потенциальные запасы влаги, величины стока, перемещения твердого материала, а это, в конечном итоге, влияет на формирование почвенно-растительного покрова и животного мира, а также на устойчивость геосистемы к внешним воздействиям. На водоразделах формируется поверхностный и подземный сток воды на нижерасположенные склоны и далее на надпойменные речные террасы. По пути транзита сток воды трансформируется и может подвергаться воздействию техногенного загрязнения от производственных объектов на склоне бассейна. В замыкающей части бассейна, где основная река сливается с рекой-приемником стока, воздействие может значительно снижаться за счет разбавления поверхностным и подземным стоком с другого склона, не подверженного влиянию производственного объекта. Компенсационные возможности геосистемы на выходе из речного бассейна проявляются в полной мере, а степень снижения техногенного воздействия зависит от экологической емкости всего природного комплекса. Таким образом, все потенциально возможные воздействия производственного объекта локализуются в пределах водосборного бассейна и не распространяются за его пределы. Задача экологического обоснования намечаемой деятельности заключается в оценке допустимости оказываемых воздействий и последствий на водосборный бассейн основной реки. Результаты инженерно-экологических изысканий дают возможность аргументировано провести такую оценку в пределах структурной единицы ландшафта.

Природный комплекс в виде водосборного бассейна реки, в пределах которого планируется размещение производственного объекта, следует считать территорией проведения инженерно-экологических изысканий для площадного объекта (рис. 1) [14, 27].

Характеристика состояния природной среды в пределах водосборного бассейна и прогноз ее изменения в связи с намечаемой деятельностью являются предметом инженерно-экологических изысканий.

Особенности строения и функционирования биосферы определяют качество жизни на конкретной территории, в частности средообразующую роль зонального биогеоценоза. Биогеоценоз – это однородный участок земной

поверхности с определенным составом живых организмов (биоценоз) и определенными условиями среды обитания (биотоп), которые объединены обменом веществ и энергии в целостный природный комплекс [19]. Средообразующая функция биогеоценозов заключается в преобразовании физико-химических параметров среды в условия, благоприятные для существования живых организмов. Составными частями общей средообразующей функции, наиболее важными в экологическом отношении, являются функции продуцирования и деструкции вещества, а также биогеохимического обмена, определяющие круговорот жизни на Земле.

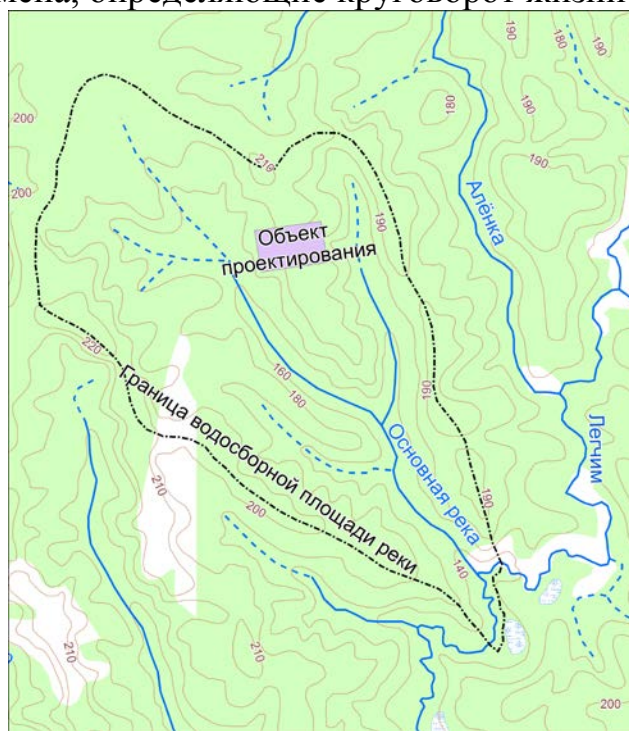


Рис. 1. Территория инженерно-экологических изысканий

Все эти функции – фундаментальное отражение эволюционного процесса – свойственны любым зональным биогеоценозам биосферы, характеризуют качество и этап развития биогеоценозов, могут быть достоверно оценены прямыми и косвенными методами в составе инженерных изысканий, а их развитие под влиянием природных и техногенных процессов предсказано.

Сбалансированность развития биогеоценозов изучалась сотрудниками института географии Российской академии наук, которыми предложены теоретические основы качественной и полуколичественной оценки устойчивости сложных систем, изложенные в Web-атласе «Россия как система» [2]. По результатам работ сделан вывод, что устойчивость природных систем определяется тремя группами параметров – объемом (биомассой наземных растений), продуктивностью (скоростью самовоспроизводства вещества системы) и структурной сбалансированностью. Продуцирование – это функциональная характеристика интегральных условий среды биогеоценоза, а не арифметическая сумма показателей биомассы, видов растительности, древесных ярусов, величины увлажнения почвы, ее механического состава,

количества гумуса и т.п. Исследователями установлена четкая тенденция снижения фундаментальной средообразующей функции биогеоценозов и их устойчивости к внешним воздействиям в результате уменьшения лесопродуцирующих площадей. Техногенная фрагментация биотопов блокирует воспроизводство биоценозов, разрушает их субстрат – почвенный покров и изменяет направление миграционных потоков вещества. При фрагментации сократившаяся площадь местообитаний обеспечивает меньший размер популяций, который может быть ниже критического значения. В максимальной степени фрагментация воздействует на состояние популяций поздне-сукцессионных эдификаторов [4]. В экосистемах отсутствуют механизмы адаптации к фрагментации, в то время как механизмы фрагментации обладают синергетическим эффектом [1].

Обзор проведенных исследований [22-26, 28-30] доказывает, что признаками неустойчивости биогеоценоза являются его изолированность в пространстве, уменьшение площадей продуцирования вследствие утраты значительной части экологических функций и краевой эффект. Мелкие лесные фрагменты (площадью меньше 1,5 га) характеризуются катастрофическим и очень сильным уровнем деградации. Крупные фрагменты (площадью от 49 до 603 га и более) характеризуются слабым уровнем деградации лесной среды. В этом случае негативное влияние рубежей фрагментации проявляется в краевой (опушечной) зоне, ширина которой достигает 25-35 м [7]. Кроме уменьшения продуцирования существенно снижаются другие экологические функции – убежища и воспроизводства животных, качество кормовой базы в связи с ограничением миграции, ресурсообразующий водный и температурный режим территории.

В целях экспрессной оценки функционального состояния зональных биогеоценозов продуцирование биомассы наземных растений можно характеризовать, используя общую лесистость биогеоценоза. Продуцирование биомассы определяется лесистостью территории. Более 90 % фитомассы концентрируется в древесном ярусе, и именно фитоценоз в значительной мере определяет средообразующую функцию биогеоценоза [3]. Показатели, которые характеризуют продуктивность основных растительных сообществ, могут служить для оценки функционирования биогеоценоза [5]. В частности, зональная лесистость территории является интегральным показателем качества средообразующей функции биогеоценозов [13].

Совместно с продуцированием основной функцией биогеоценоза, характеризующей его экологическое состояние, является деструкция вещества, которая происходит в почвенном покрове. Фундаментальные закономерности функционирования всей биосферы позволяют считать почву относительно самостоятельным компонентом биогеоценоза. В почве происходит взаимодействие живого и неорганического вещества, как в функционально общей системе, объединяющей твердую, жидкую и газообразную фазы вещества. Связи между всеми компонентами биогеоценоза – от геологической основы до приземного слоя атмосферного воздуха – проходят через почву.

Главная функция почвенных микроорганизмов заключается в разложении поступающего в почву органического материала, трансформации и продуцировании веществ. Своей деятельностью в почве микроорганизмы (бактерии, грибы, вирусы и др.) разрушают одни соединения, органические и неорганические, и создают новые вещества, в том числе и газообразные, чем влияют на атмосферу и почву.

В случае экспрессного анализа биологической активности почв следует выбирать наиболее информативный показатель, отражающий интегральные условия среды. В пределах биогеоценоза, где территория является достаточно однородной по растительности, рельефу, геологической основе, морфологии почвы, она может быть признана однородной и по биологическим свойствам почвы [11]. Следовательно, действие интегрального показателя может быть распространено на весь исследуемый биогеоценоз.

Показатели могут быть экосистемного, популяционного, организменного и суборганизменного уровней организации. По способности генерализации ответной реакции на внешнее воздействие в пространстве и времени, оптимальности времени проявления ответной реакции, надежности результатов и минимизации затрат на измерение, наиболее эффективным является показатель популяционного уровня, например, популяция почвенных микроорганизмов. В каждой конкретной почве складываются своеобразные микробные ценозы, имеющие определенную структуру, но все они могут быть оценены одним функциональным показателем – активностью дыхания.

Качество основной экологической функции почв в экспрессном виде можно определять по активности микробиологической деятельности, которая, в частности, фиксируется по активности дыхания микроорганизмов [12]. Активность дыхания интегрально отражает степень нарушения информационных, химических, физико-химических, биохимических и физических экологических функций и позволяет оценить состояние почвы как компонента биогеоценоза в конкретный период времени [13].

### **Методические подходы к оценке состояния природной среды по функциональным характеристикам и прогнозированию ее изменений**

Фундаментальные основы функционирования биогеоценозов позволяют обосновать методические приемы их изучения, имеющие важное практическое значение при экспрессной оценке природных условий в составе инженерно-экологических изысканий. Важнейшими биотическими компонентами биогеоценоза являются фитоценоз и почва. Проведенный обзор приоритетных функций биогеоценозов показывает, что они могут быть выражены через достаточно простые показатели, не требующие существенных затрат времени и ресурсов, но отражающие интегральные условия состояния биогеоценоза в конкретную стадию сукцессии. К таким показателям можно отнести площадь фрагментированных лесных участков биогеоценоза, норму лесистости зонального биогеоценоза, активность дыхания микробных сообществ почвы.

Для каждой конкретной природной зоны показатель оптимальной лесистости находится в соответствующих интервалах значений. Средний

показатель оптимальной лесистости для страны с различными природными условиями – понятие бессмысленное. Значение имеет только показатель, рассчитанный для каждой природной зоны и подзоны, имеющий статус экологического норматива лесистости. Именно с этим нормативом следует сравнивать лесистость территории проведения изысканий. Понятие «экологическая норма лесистости» является принципиально важным, определяющим и рассчитывается по данным натурного обследования земель и материалам почвенных, геоботанических, лесоустроительных, землеустроительных изысканий, других проектных работ, связанных с картированием территорий и инвентаризацией природных ресурсов. Например, по результатам расчетов, проведенных для лесостепной зоны Казахстана, норма лесистости составляет 25 %, а для степной – 5,5 % [17].

Градация нормы лесистости в качественном выражении может быть представлена в следующем виде: экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Исследования, проведенные в Белгородской области России, подтверждают возможность ее использования. Лесистость речных бассейнов VI порядка разделяется на минимально допустимую и оптимальную [16].

Анализ результатов исследований позволяет предложить показатель «экологическая норма лесистости» для оценки функциональных свойств конкретного биогеоценоза при инженерно-экологических изысканиях. Сравнивая показатель лесистости исследуемого биогеоценоза с экологическим нормативом лесистости природной зоны или подзоны, получаем степень отклонения лесистости от оптимального значения и соответствующую градацию нормы лесистости – экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Оптимальное значение в этой градации соответствует экологическому нормативу лесистости конкретной природной зоны.

В целях экспрессной оценки функциональных свойств биогеоценоза с некоторой условностью весь интервал значений от 0 до оптимального зонального значения можно разделить на три равных интервала:

- экологически недостаточная норма лесистости от 0 до 33 %;
- допустимая норма лесистости от 34 до 65 %;
- оптимальная норма лесистости от 66 до 100 %.

Условность деления заключается в том, что зависимость здесь не линейная, а функциональная, характерная для каждой природной зоны.

В рассмотренном выше примере, где рассчитанная норма лесистости для лесостепной зоны республики Казахстан составляет 25 %, экологически недостаточная норма лесистости находится в интервале от 0 до 8,25 %, допустимая норма – в интервале 8,5 – 16,25 %, а оптимальная норма лесистости составляет 16,5 – 25 %.

В соответствии с полученными значениями лесистости средообразующую функцию зонального биогеоценоза на период исследования можно оценивать как экологически недостаточную, достаточную для поддержания жизненных функций и оптимальную [13].

Фрагментация площади продуцирования биомассы также является интегральным показателем средообразующей функции фитоценозов, изучаемых при изысканиях. При экспрессной оценке, когда установлено, что покрытая лесом площадь составляет фрагмент до 1,5 га, средообразующая функция экологически недостаточная, что приведет к деградации фитоценозов [7]. В случае, когда лесной фрагмент представлен площадью от 1,5 до 50 га, средообразующая функция экологически допустимая, а более 50 га – оптимальная.

В теоретическом и прикладном отношении для характеристики качества биогеоценоза значительный интерес представляет оценка функционального состояния микробного сообщества почвы. Прямые методы определения микробного пула почвы малоэффективны. Активность дыхания отражает качество функционирования всего микробного сообщества и достаточно просто определяется. Количество продуктов метаболизма микроорганизмов позволяет интегрально оценить экологические условия их жизнедеятельности в почве и биогеоценоза в целом.

Активность микробного дыхания характеризуют по выделению диоксида углерода и сравнивают с активностью дыхания из проб аналогичных почв эталонных участков на особо охраняемых природных территориях (заказники, заповедники) соответствующей природной зоны. Характеристику функционального состояния микробного сообщества почвы предлагается приводить в градации, аналогичной рассмотренным выше показателям:

- экологически недостаточная функция – от 0 до 33 % зональных эталонных значений выделяемой двуокиси углерода;
- экологически допустимая функция – от 34 до 65 %;
- оптимальная функция – от 66 до 100 %.

Предлагаемый методический подход позволяет за короткий период времени проведения инженерно-экологических изысканий и с минимальными затратами оценить функциональное состояние биогеоценозов как основных территориальных единиц организации биосферы.

Изучение сообществ организмов позволяет оценивать состояние природных систем по качеству условий обитания в перспективе. Только на основе биотических показателей можно оценить состояние природной системы, дать прогноз ее развития в условиях планируемых и контролируемых внешних воздействий. В задачу прогнозирования входит определение будущих состояний интегральных геосистем [6]. Методически такая задача для целей инженерных изысканий не разработана и решается на субъективном уровне каждого исполнителя работ.

В процессе проведения инженерно-экологических изысканий, учитывая цели, сроки и детальность исследований, при прогнозировании наиболее целесообразно использовать актуализированный метод экстраполяции тенденций развития геосистемы в ранге биогеоценоза. Актуализация метода заключается в оценке тенденции развития прогнозируемого объекта на конкретный период времени под влиянием планируемых воздействий на



условия местообитания, Воздействия создает проектируемый промышленный объект, под который выполняются инженерные изыскания. Таким образом, в прогнозировании учитываются внутренние факторы – свойства собственно природного компонента и внешние – источники воздействия. Основное внимание при прогнозировании уделяется наилучшему описанию тренда, как регулярной составляющей. Составляющая в виде воздействий от промышленного объекта при среднесрочном прогнозировании, равном периоду эксплуатации объекта, имеет минимальные и затухающие значения. Основные воздействия объекта развиваются в первые годы и с течением времени будут находиться в квазистационарной стадии. Изменения степени воздействия прогнозируются с достаточной для изысканий точностью. Оценку тренда изменений целесообразно проводить с помощью модифицированной экспоненциальной прогностической функции, наиболее достоверно отражающей ответную реакцию биологических объектов. Надежность прогнозирования определяется вероятностью наступления прогнозируемого события [18].

Наиболее сложной составляющей прогнозирования являются внутренние факторы, отражающие свойства компонента природной среды и показатели качества функций компонента. Индикаторы экологического состояния, используемые в прогнозировании, должны быть репрезентативными, чувствительными и надёжными, то есть отражать изменения в системе, свойства всей системы, а не каких-то её отдельных элементов, а также должны быть применимы на той территории, где их используют, отражать её специфику. Максимально эффективным следует считать интегральный индикатор, который включает представителей всех сообществ организмов с различным типом питания и стадий развития, а также экологическое качество компонента среды, например, фитоценоза. Индикатор должен качественно и количественно измеряться, единицы измерения должны быть общеприняты и стандартизированы, чтобы быть сопоставимыми с аналогами в других регионах. Индикатор – это простой и показательный способ передачи сложной информации о качественном изменении свойств объекта под влиянием внешних условий.

При инженерных изысканиях наиболее целесообразно использовать сенсорные индикаторы, отличающиеся высокой чувствительностью. С их помощью происходит экологическое оценивание природного объекта, т. е. измерение степени его экологического неблагополучия на шкале «норма-патология» по показателям живущих в нем организмов, или качеству средообразующих функций природной системы. Каждая экосистема обладает эволюционно обусловленным уникальным комплексом связей между отдельными компонентами, специфическим адаптационным потенциалом к возможным опасным воздействиям, выработанной со временем устойчивостью, поэтому ПДК с его необоснованной универсальностью, пригодностью для любой природной зоны, времени года, местообитания не может использоваться для оценки состояния системы в качестве интегрального показателя. На

экосистему всегда воздействуют и факторы нехимической природы – тепловой баланс местообитания, степень аэрации почвы, качество обменных реакций организмов и многое другое.

В первом приближении при прогнозировании оценивать значение каждой геосистемы в сохранении устойчивого функционирования биосферы можно просто по занимаемой площади. Более точная оценка требует использования существенных различий биогеоценозов по приоритетным структурным компонентам. Используется продуктивность сообществ растительности, интегрально отражающая качество средообразующей функции биогеоценоза. Следует отметить, что биогеоценозы по качеству средообразующих функций территориально различаются в зависимости от преимущественного использования различных видов жизненных стратегий в соответствии с конкретной природной зоной, местоположением в рельефе (водораздел, склон, долина). Поэтому следует всегда использовать понятие зонального биогеоценоза. Реальная практическая ценность подобной схематизации высокая и является достаточной для реализации целей инженерных изысканий, позволяет в короткие сроки и с минимальными затратами получить научно обоснованную оценку состояния природных систем. Доступность и простота получения исходной информации также относится к преимуществам интегральной оценки качества среды обитания.

Таким образом, продуктивность фитоценозов, выраженная через экологическую норму лесистости территории, может считаться предметом прогнозирования при инженерно-экологических изысканиях. При строительстве площадного или линейного объекта в пользование изымаются территории покрытые лесом. Уменьшение площадей продуцирования, снижает качество средообразующей функции природной системы в среднесрочной перспективе. Степень изменения качества функции соответствует величине отклонения от зональных значений экологической нормы лесистости, выраженной в процентах. Изучаемая при изысканиях природная система может перейти в качественно более низкую категорию зональной экологической нормы или остаться в пределах существующих значений. Соответственно, прогноз состояния системы будет негативным или благоприятным.

Важным показателем качества средообразующей функции фитоценозов на изучаемой при изысканиях территории является фрагментация земель, покрытых лесом. Изъятие лесных площадей, кроме снижения продуцирования, нарушает экологические связи между биотическими компонентами природной среды. Снижаются выполняемые ранее функции убежища, воспроизводства, кормовой базы, изменяются тепловые и водные ресурсы территории. Прогнозирование влияния фрагментации производится с использованием материалов перспективного планирования территории на уровне муниципальных образований. Уникальным информационным массивом для получения исходной информации об изъятых площадях является земельная статистика, которую содержит статистическая Форма 22-2 «Земельные ресурсы». Состав показателей земельной статистики включает 21 категорию

земель и для каждой категории 19 типов угодий, что позволяет вполне достоверно оценить качество земель и тенденцию изъятия площадей под хозяйственное использование. Использование материалов по перспективному изъятию земель в пределах конкретных лесных кварталов и выделов дает основание для выводов о фрагментации земель покрытых лесом и степени деградации фитоценозов в среднесрочной перспективе при прогнозировании изменений под влиянием объекта проектирования, что определяет благоприятность прогнозных оценок.

Результаты прогнозирования по рассмотренным выше показателям в значительной мере определяют прогнозирование качества местообитания почвенных микроорганизмов, которое оценивается по активности микробиологического дыхания. В результате изъятия земель изменяется воздушно-водный и тепловой режим почвы в пределах земельного отвода для строительства и эксплуатации объекта. В результате трансформации местообитания микроорганизмов качественно и количественно изменяется микробный пул почвы. Соответственно изменяется активность интегрального микробиологического дыхания по сравнению с зональными значениями. Прогнозируя степень изменения воздушно-водного и теплового режимов почвы, определяющих ресурсную составляющую жизнедеятельности микроорганизмов, можно дать оценку среднесрочного состояния средообразующей функции почвы и степени ее деградации. Доминирование открытых пространств, по сравнению с существовавшим до строительства объекта проективным покрытием территории, приводит к переходу экосистем в качественно другое состояние и формированию восстановительного этапа вторичной сукцессии. В итоге, в среднесрочной перспективе мы прогнозируем появление новых для этой территории экосистем, с другим качеством средообразующей функции.

Верификация прогнозных оценок в лаборатории экологической геологии ЕНИ ПГНИУ производится на объектах проведения инженерно-экологических изысканий и отработанных месторождениях полезных ископаемых на северо-востоке Пермского края. Результаты прогнозирования достаточно точно соответствуют сценарию развития вторичной восстановительной сукцессии на нарушенных землях горнодобывающей промышленности.

## **Выводы**

1. Обоснование границ территории проведения инженерных изысканий предлагается проводить на геосистемной основе с учетом структурно-функциональных особенностей природных систем и ответных реакций на воздействие проектируемого объекта. Водосборные бассейны малых рек с четкими границами водоразделов, характеризуются специфическим рельефом, геологическим строением, площадью, водностью, микроклиматом, почвенно-растительным покровом и животным миром, особенностями поверхностного и подземного стока, наилучшим образом соответствуют территории изысканий для площадного объекта.

2. Средообразующие функции компонентов биogeоценозов, как фундаментальное отражение эволюционного процесса, являются приоритетными при оценке состояния окружающей среды. Функциональное состояние зональных биogeоценозов предлагается определять по лесистости территории изысканий в сравнении с «экологической нормой лесистости», рассчитанной по результатам картографирования территории и инвентаризации природных ресурсов для каждой природной зоны и подзоны. Градация нормы лесистости в процентах определяется как экологически недопустимая, допустимая и оптимальная. Оптимальное значение в этой градации соответствует экологическому нормативу лесистости конкретной природной зоны. Соответственно, средообразующую функцию зонального биogeоценоза на период изысканий можно оценивать как экологически недостаточную, достаточную для поддержания жизненных функций и оптимальную.

3. Фрагментация площади продуцирования биомассы является интегральным показателем средообразующей функции фитоценозов, изучаемых при изысканиях. Градация качества средообразующей функции определяется площадью фрагментации, в зависимости от которой предлагается выделять экологически недостаточную, допустимую и оптимальную.

4. Наиболее информативным показателем биологической активности почв, отражающим интегральные условия среды, является активность микробного дыхания, определяющая качество функционирования всего микробного сообщества почв. Количество выделяемых продуктов метаболизма микроорганизмов позволяет интегрально оценить экологические условия их жизнедеятельности в почве и биogeоценоза, в пределах которого находится почва, в целом. Активность микробного дыхания характеризуют по выделению диоксида углерода и сравнивают с активностью дыхания из проб аналогичных почв эталонных участков. По результатам выделяют экологически недостаточную, допустимую и оптимальную функцию микробных сообществ почвы, соответственно, и состояние почвы.

5. При среднесрочном прогнозировании изменений природной среды предлагается использовать актуализированный метод экстраполяции тенденций развития геосистемы в ранге биogeоценоза. Тенденции развития прогнозируемого объекта под влиянием воздействий на условия местообитания определяются с учетом внутренних и внешних факторов. Оценку тренда изменений целесообразно проводить с помощью модифицированной экспоненциальной прогностической функции, наиболее достоверно отражающей ответную реакцию биологических объектов. Продуктивность фитоценозов, выраженную через экологическую норму лесистости территории, предлагается считать предметом прогнозирования при инженерно-экологических изысканиях. Прогнозирование влияния фрагментации производится с использованием материалов перспективного планирования территории на уровне муниципальных образований и статистической формы отчетности 22-2 «Земельные ресурсы». В результате изъятия лесопродуцирующих земель и трансформации местообитания микроорганизмов

качественно и количественно изменяется микробный пул почвы и активность интегрального микробиологического дыхания по сравнению с зональными значениями. Предметом прогнозирования предлагается считать степень изменения воздушно-водного и теплового режимов почвы, которые являются ресурсом для микроорганизмов и определяют состояние средообразующей функции почвы и степень ее деградации.

*Исследования выполнены в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 в сфере научной деятельности при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ.*

### **Библиографический список**

1. Агаханянц П.Ф. Экологическая оценка фрагментации территории при проектировании дорожно-транспортных сетей: автореф. дис. ... канд. техн. наук. СПб., 2003. 20 с.
2. Атлас биологического разнообразия лесов Европейской России и сопредельных территорий / ред. А.С. Мартынов. М.: ПАИМС, 1996. 144 с.
3. Грибов А.И. Средообразующая роль лесных экосистем юга Средней Сибири: монография. Абакан, 1997. 160 с.
4. Гусев А.П. Антропогенная трансформация ландшафтной структуры и лесные сукцессии // Известия БГПУ им. М. Танка. Сер. 3. 2013. №1. С. 24-28.
5. Дмитриев В.В., Огурцов А.Н. Подходы к интегральной оценке и картографированию устойчивости и экологического благополучия геосистем. II. Методы интегральной оценки устойчивости наземных и водных геосистем // Вестн. С.-Петербург. ун-та. Сер. 7. 2013. Вып. 3. С. 88-103.
6. Звонкова Т.В. Географическое прогнозирование. М.: Высшая школа, 1987. 190 с.
7. Ивонин В.М., Пиньковский М.Д., Егшин А.В. Фрагментация горных лесов при размещении объектов Олимпиады-2014 // Лесное хозяйство. 2012. №1. С. 31-34.
8. СП 11-102-97. Инженерно-экологические изыскания для строительства. М.: Госстрой РФ, 1997.
9. СП 47.13330.2012. Инженерные изыскания для строительства. Основные положения. Актуализированная редакция. М.: Минрегион России, 2012.
10. Исаченко А.Г. Представление о геосистеме в современной физической географии / А.Г. Исаченко // Изв. ВГО. – 1981. – Т. 113. – № 4. – С. 297-306.
11. Казеев К.Ш., Колесников С.И., Вальков В.Ф. Биологическая диагностика и индикация почв: методология и методы исследований. Ростов н/Д: Изд-во РГУ, 2003. 216 с.
12. Каменщикова В.И. Экологическое состояние и устойчивость почв таежно-лесной зоны к антропогенным воздействиям // Вестник Пермского университета. Биология. 2011. Вып. 1. С. 64-67.
13. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Оценка состояния природной среды при инженерно-экологических изысканиях по функциональным характеристикам биогеоценозов // Вестник Пермского университета. Геология. 2016. Выпуск 2 (31). С. 91-99.
14. Караваева Т.И., Тихонов В.П. Геосистемное обоснование выбора границ территории проведения инженерно-экологических изысканий // Инженерные изыскания. – 2012. – № 11. – С. 70-74.
15. Крайнов К.Н., Курманская А.В. Влияние почвенно-экологических условий Вармийской возвышенности на развитие луговой растительности // Отражение био-, гео-, антропоферных взаимодействий в почвах и почвенном покрове: сб. матер. IV Всерос. науч. конф. с междунар. участием / под ред. С.П. Кулижского (отв. ред.), Е.В. Калласс, С.В. Лойко. Томск: ТМЛ-Пресс, 2010. Т.2. С. 108–111.

16. Кузьменко Я.В., Лисецкий Ф.Н., Кириленко Ж.А., Григорьева О.И. Обеспечение оптимальной водоохранной лесистости при бассейновой организации природопользования // Изв. Самар. науч. центра РАН. 2013. Т. 15. № 3(2). URL: [http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013\\_3\\_652\\_657.pdf](http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2013/2013_3_652_657.pdf) (дата обращения: 21.10.2014).
17. Методика определения экологического норматива лесистости в эколого-географическом районе при проведении экологического районирования территорий областей: Республиканский нормативный документ / Министерство природных ресурсов и охраны окружающей среды Республики Казахстан. Кокшетау, 1998. 11 с.
18. Носонов А.М. Методы географического прогнозирования // Псковский регионологический журнал. Псковский госуниверситет. 2013. С. 3-14.
19. Остроумов С.А. Новые варианты определения понятий и терминов «экосистема» и «биогеоценоз» // Докл. Рос. акад. наук. 2002. Т. 383, № 4. С. 571–574.
20. Паракишин Ю.П., Курманская А.В., Крайнов К.Н. Современное почвенно-экологическое состояние луговых ландшафтов Калининградской области // Перспективы освоения инновационных технологий в сельском хозяйстве на примере Калининградской области: матер. Междунар. науч.-практ. конф. Калининград, 2011. С. 155–159.
21. Структура, функционирование и эволюция системы биогеоценозов Барабы. Т.1. Биогеоценозы и их компоненты / под ред. Р.В. Ковалёва. Новосибирск: Наука, 1974. 315 с.
22. Báldi A., Vörös J. Extinction debt of Hungarian reserves: A historical perspective // *Basic and Applied Ecology*. 2006. Vol. 7. P. 289-295,
23. Boudreault C., Bergeron Y., Drapeau P., Lo'pez L.M. Edge effects on epiphytic lichens in remnant stands of managed landscapes in the eastern boreal forest of Canada // *Forest Ecology and Management*. 2008. № 255. P. 1461–1471.
24. Dickson James G. *Wildlife of southern forests: habitat and management*. WA USA: Hancock House Publishers, 2001. 473 p.
25. Gignac L.D., Dale M.R.T. Effects of fragment size and habitat heterogeneity on cryptogam diversity in the low-boreal forest of western Canada // *The Bryologist*. 2005. Vol. 108, № 1. P. 50-66.
26. Hedenes H., Ericson L. Species occurrences at stand level cannot be understood without considering the landscape context: cyanolichens on aspen in boreal Sweden // *Biological Conservation*. 2008. Vol. 141, № 3. P. 710-718.
27. Karavaeva T.I., Tikhonov V.P., Ushakova E.S. The geosystem basis environmental of safe disposal of the objects of mining complex // 14th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM, Bulgaria, Sofia. 2014. P. 727-733.
28. Kuussaari M, Bommarco R, Heikkinen RK, Helm A, Krauss J, Lindborg R, et al. Extinction debt: a challenge for biodiversity conservation // *Trends Ecol. Evol.* 2009. Vol. 24. P. 564-571.
29. Rheault H., Drapeau P., Bergeron Y., Esseen P-A. Edge effects on epiphytic lichens in managed black spruce forests of eastern North America // *Canadian Journal of Forest Research*. 2003. Vol. 33, № 1. P. 23-32.
30. Yahner, Richard H. *Eastern Deciduous Forest: Ecology and Wildlife Conservation*. Minneapolis: University of Minnesota Press, 2003. 279 p.

**ИЗУЧЕНИЕ МИНЕРАГЕНИЧЕСКОЙ, ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКОЙ,  
ГИДРОГЕОЛОГИЧЕСКОЙ, ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЙ  
РОЛИ ГЕОДИНАМИЧЕСКИХ АКТИВНЫХ ЗОН: ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И  
МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ**

*В статье рассмотрены теоретические и практические задачи нового научно-прикладного направления современной и новейшей геодинамики – учения о геодинамических активных зонах. Предложена методология их изучения на основе системного линеаментно-геодинамического анализа. Рассмотрена минерагеническая, геоэкологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон.*

*Ключевые слова: геодинамические активные зоны, линеаментно-геодинамический анализ, теория, методология, минерагеническая, геоэкологическая, гидрогеологическая, инженерно-геологическая роль.*

**I.S. Kopylov**

Natural Sciences Institute, Perm State University

**STUDY MINERAGENOUS, GEO-ECOLOGICAL,  
HYDROGEOLOGICAL, GEOLOGICAL ENGINEERING  
ROLE OF GEODYNAMIC ACTIVITY ZON: THEORETICAL AND  
METHODOLOGICAL ASPECTS**

*The article considers theoretical and practical tasks of the new scientifically-applied direction of modern and newest geodynamics – doctrines about geodynamic active zones. The methodology of their studying on the basis of the system lineament-geodynamic analysis is offered. Mineragenous, geoecological, hydrogeological, engineering-geological role of geodynamic active zones is considered.*

*Keywords: geodynamic active zones, lineament-geodynamic analysis, theory, methodology, mineragenous, geoecological, hydrogeological, engineering-geological role.*

**Введение**

Геодинамика и техногенез представляют собой два мощных современных фактора планетарного и регионального уровней, которые приводят к глобальному изменению окружающей среды обитания человека и геологической среды в частности. Изучение геодинамических активных зон является фундаментальной проблемой наук о Земле, которая рассматривается в рамках геоэкологии, инженерной геологии и нового научного направления,

находящегося на стыке этих наук и современной геодинамики – учения о геодинамических активных зонах (ГАЗ). Однако, при изучении геоэкологических и инженерно-геологических условий как природных, так и урбанизированных территорий оценке геодинамической активности уделяется недостаточное внимание, что приводит к серьезной недооценке состояния природных и техногенных геосистем. Поэтому исследования в этом направлении представляются чрезвычайно актуальными и необходимыми.

Исследования проводились в рамках фундаментальных и прикладных исследований НИР ЕНИ ПГНИУ: «Разработка теории, методов и технологий выявления и картирования геодинамических активных зон, оценка их влияния на инженерно-геологические и геоэкологические процессы» (2012-2014 гг.) и «Закономерности формирования и прогнозирование природных и техногенных геологических систем в процессе недропользования» (2014-2016 гг.) – по заданию Минобрнауки России, отражены в публикациях [1-29] и др. и обобщены в диссертации [6].

### Некоторые теоретические аспекты

Как любое другое учение геологической науки, учение о геодинамических активных зонах представляет собой синтез знаний не только собственно геологических, но и других естественных наук – географии, биологии, экологии, физики, химии, астрономии, математики – и обладает прямыми и обратными связями по объектам, предметам изучения или методам исследований. Основное предметное поле учения составляют экологическая, инженерная, современная и новейшая геодинамика. В структуре учения о геодинамических активных зонах выделяются две основные части – теоретическую и прикладную. Концептуальная модель разработки учения о геодинамических активных зонах базируется на принципах: фундаментальности, системности, комплексности, объективности, критериальности, результативности, многофункциональности (рис. 1).



Рис. 1. Научное содержание учения о геодинамических активных зонах



Теоретическая часть учения представляет фундаментальную основу учения и включает ряд разделов. Теоретические основы включают разработку теории (гипотез, концепций); разработку научного содержания, структуры (определение места науки в системе других наук, близкие науки и учения, прямые и обратные связи) и понятийной базы учения (основные понятия и определения и в первую очередь – понятие о геодинамических полях и геодинамических активных зонах); теоретико-математическое моделирование геодинамических зон, классификации (по размеру, глубинности, форме, интенсивности, генезису, геоструктурному положению и др.). В историческом разделе рассматривается история становления, состояние, пути и основные тенденции развития рассматриваемого учения.

Методологические основы включают разработку системы геодинамических методов исследований на основе системного анализа. Основными методическими подсистемами являются: геофизические (на всех уровнях изучения с оценкой параметров глубинности и интенсивности ГАЗ); дистанционные аэрокосмогеологические (картирование по площади на всех уровнях изучения, линеаментно-геодинамический анализ), структурно-геоморфологические (морфоструктурный и морфонеотектонический анализы), гидрогеологические и геохимические (структурно-гидрогеологический и структурно-геохимический анализы на региональном, зональном, локальном уровнях); биологические (на локальном уровне изучения) методы.

Прикладная часть состоит из трех крупных разделов: изучение природных систем (изучение связи ГАЗ с другими зонами, полями, аномалиями, месторождениями и др.); изучение природно-технических систем (изучение связи геодинамических зон с техногенно преобразованными природными и урбанизированными условиями и сооружениями); решение прикладных задач (многоцелевое геодинамическое районирование, оценка, прогноз). В настоящее время обозначились четыре основных прикладных направления, связанных с минерагенической, гидрогеологической, инженерно-геологической и геоэкологической ролью ГАЗ.

**Геодинамические активные зоны (ГАЗ)** представляют собой участки земной коры, различные по объему, конфигурации и площади, активные на современном этапе неотектонического развития, характеризующиеся пониженной прочностью, повышенной трещиноватостью, проницаемостью и, как следствие, проявлениями разрывной тектоники, сейсмичности и других процессов. ГАЗ, как правило, являются мобильные зоны трещинно-разрывных нарушений на границах блоковых структур, узлы пересечения разнонаправленных нарушений, осложняющие неотектонические блоки; внутривблоковые участки сгущения сети нарушений.

#### **Методологический подход и принципы к оценке геодинамической активности**

Оценка геодинамической активности земной коры и ее частей является фундаментальной проблемой наук о Земле (геологии, географии, экологии, экономики). Изучение геодинамической (неотектонической) активности

проводится по направлениям, исследующим сложную гетерогенную систему «рельеф – тектонические линеаменты и структуры – водные растворы – вещество». Реализация производится в общей схеме исследований «современный рельеф – геоморфологические методы исследований – структурные и геологические условия – геологические методы исследований – геологические результаты».

Реализация производится в общей схеме исследований «современный рельеф – геоморфологические методы исследований – структурные и геологические условия – геологические методы исследований – геологические результаты». Главная идея – использование рельефа и линеаментов для построения моделей ГАЗ. В основу методики их изучения положен комплекс методов: морфонеотектонический, линеаментно-геодинамический), структурно-гидрогеологический и структурно-геохимический анализ

**Линеаментно-геодинамический анализ** заключается в получении исходной модели линеаментного поля путем дешифрирования аэро- и космических снимков (КС), далее – в аппроксимации расчетных данных, ранжировании территории по степени геодинамической активности и построение ее картографических моделей разного уровня детальности. Методика исследований включает: подготовку материалов дистанционных съемок, визуальное выделение геоиндикаторов, интерактивное компьютерное структурно-геологическое дешифрирование КС, автоматизированную обработку линеаментов, разработку критериев, различные виды классификаций, создание локальных баз данных, создание цифровых моделей рельефа, морфонеотектонический, линеаментный, геодинамический анализы, сопоставление данных с геофизическими и другими полями и оценку достоверности результатов, создание итоговых карт районирования, оценки и прогноза.

Критериями оценки геодинамической активности являются различные расчетные показатели. Одним их важнейших показателей является плотность разломов, линеаментов, мегатрещин, выраженная по суммарной их протяженности на единицу площади. Ранжирование геодинамической активности по этому показателю проводится по градациям с учетом баллов статистического распределения по их интенсивности (обычно выделяется 6 градаций с учетом среднего арифметического - « $x$ » и стандартного отклонения - « $s$ »): 1 балл  $< (x-s)$ ; 2 балл  $(x-s) \div x$ ; 3 балл  $x \div (x+s)$ ; 4 балл  $(x+s) \div (x+2s)$ ; 5 балл  $(x+2s) \div (x+3s)$ ; 6 балл  $> (x+3s)$ . Вполне уверенно предполагается, что они отражают соответственно различную степень геодинамической активности (от условно стабильной до условно чрезвычайно высокоактивной). При этом к ГАЗ относятся участки с очень высокой и чрезвычайно высокой трещиноватостью и в отдельных случаях – участки с высокой трещиноватостью, отличающиеся высокой контрастностью относительно фона. Как правило, крупные ГАЗ имеют сложное мозаичное строение и по материалам более детального изучения, они «разбиваются» на зоны более низкого уровня с разной степенью активности.

Для оценки степени достоверности результатов, создания итоговых карт районирования, оценки и прогноза применяются структурно-гидрогеологический и структурно-геохимический анализы. Это сложные виды анализов и в каждом конкретном случае подходы к выбору параметров оценочных показателей должны быть индивидуальны по своей программе.

## **Изучение роли геодинамических активных зон в различных аспектах и основные прикладные направления**

### ***Минерагеническая роль геодинамических активных зон***

В формировании многих (практических всех) месторождений полезных ископаемых большое значение имеют геодинамические активные зоны, которые могут определять минерагенические закономерности размещения месторождений. Во многих регионах мира отмечена концентрация зон нефтегазонакопления и крупных месторождений нефти и газа в местах пересечений и сгущений разрывных тектонических нарушений, на контактах неотектонических блоковых структур, поэтому минерагеническая роль ГАЗ показана на примере поисков месторождений нефти и газа. Разработана геодинамическая (неотектоническая) модель нефтидогенеза, отражающая эволюцию нефтидогенеза (а также и рудогенеза), которая позволяет после стадии обучения, т. е. увязки наблюдаемых фактов и выделения определяющих показателей, выйти на прогноз нефтегазоносности локальных участков. Прогнозное значение данной модели в пространственно-временном диапазоне показано на примере месторождений нефти и газа Пермского края. Проведен анализ данных по нефтегазоносности и линеаментно-геодинамический анализ с применением методов дистанционного зондирования Земли и аэрокосмогеологических исследований. Построена карта геодинамических активных зон Пермского края (с выделением 60 мезозон), установлено их проявление в геофизических, геохимических, гидрогеологических полях. Сделан предварительный локальный прогноз новых месторождений нефти и газа.

Минерагенические закономерности на основе различных критериев геодинамической активности существуют также для месторождений золота, алмазов, подземных вод и других полезных ископаемых

### ***Гидрогеологическая роль геодинамических активных зон***

В формировании гидрогеологической обстановки в зоне активного водообмена (движение подземных вод, миграция в них химических элементов, распределение подземного стока, формирование гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий) участвуют многочисленные процессы; ведущую роль при этом играют состояние структурно-геологических условий и неотектонические движения. Действия этой закономерности установлено для многих регионов мира и подтверждено нами во многих районах Сибири, Урала, Приуралья. Основными методами изучения системы «подземные воды –

растворенное вещество – геологические структуры – геодинамическая активность» являются линеаментно-геодинамический и структурно-гидрогеологический анализы. Практически, метод осуществляется путем полевых измерений расходов водотоков и их солевого состава в межень, когда он соответствует в среднем составу подземного стока речных бассейнов. В качестве основных расчетных показателей для проведения структурно-гидрогеологического анализа использовались модуль подземного стока, модуль подземного химического стока, модуль подземного углеводородного стока

В результате проведения структурно-гидрогеологического и линеаментно-геодинамического анализа в западной части Сибирской платформы, установлено, что в формировании гидрогеологической обстановки в зоне активного водообмена ведущую роль играют структурно-геологические условия и геодинамическая (неотектоническая) активность. Установлена геопространственная связь зон повышенной геодинамической активности с участками повышенной концентрации подземного стока и подземного химического стока. Большинство локальных положительных структур (26 из 28) в геодинамических активных зонах характеризуются повышенными гидрогеологическими показателями. На основании приведенных примеров и многочисленных других аналогичных фактов, можно определить основную гидрогеологическую роль геодинамических активных зон в следующем: распределение подземного стока; миграция химических элементов в подземных водах; формирование гидрогеологических и гидрогеохимических аномалий, водообильных зон и как следствие из этого – формирование специфических гидрогеологических, геоэкологических и инженерно-геологических условий природных и урбанизированных территорий в зонах повышенной геодинамической активности, формирование месторождений полезных ископаемых.

### ***Инженерно-геологическая роль геодинамических активных зон***

К мощному фактору формирования инженерно-геологических условий территорий недропользования, который часто играет ведущую роль среди многих природных факторов, можно отнести геодинамические активные зоны.

Разработанные специальные методики для оценки геодинамической (неотектонической) активности территорий – морфонеотектонический и линеаментно-геодинамический анализы на основе аэрокосмогеологических исследований – АКГИ позволяют достаточно надежно устанавливать ГАЗ различных уровней – от региональных (с площадями в сотни и тысячи км<sup>2</sup>) до локальных (с площадями менее 1 км<sup>2</sup>), особенно при комплексировании с другими методами. Данная методика применялась во многих регионах – Урале и Приуралье, Восточной и Западной Сибири, Дальнем Востоке, Севере, Средней Азии в инженерно-геологических целях (инженерно-геологическое картографирование и районирование, инженерные изыскания под гражданское и промышленное строительство, проектирование инженерных сооружений,

обоснование геологической безопасности рудников, разработка генеральных планов городов и схем территориального планирования и др.).

В Восточной Сибири в районах нефтегазовых месторождений проведенный автором комплексный линеаментно-геодинамический, инженерно-геокриологический пространственный анализ показал на закономерное изменение состояния геологической среды и ее параметров в пределах локальных ГАЗ по сравнению с другими участками. В пределах этих зон отмечается увеличение размеров таликов среди мерзлых пород; ухудшение физико-механических свойств грунтов (увеличение площади и мощности рыхлых грунтов – торфов, мягко- и текучепластичных суглинков, водонасыщенных песков, увеличение трещиноватости скальных грунтов); увеличение интенсивности проявления инженерно-геологических процессов (особенно – заболачивания, пучения грунтов, термокарста, эрозионных процессов), что в целом характеризуются менее благоприятной степенью сложности инженерно-геологических условий.

На территории Урала и Приуралья установлено, что практически все ЧС природного и природно-техногенного характера на нефтегазопроводах происходили и происходят в пределах зон повышенной геодинамической активности, что четко подтверждает факт влияния геодинамического фактора на условия эксплуатации нефтегазопроводов. Аналогичный вывод сделан многими исследователями практически во всех нефтегазоносных регионах России.

На территории Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей (ВКМКС) выполнен линеаментно-геодинамический анализ и проведено сопоставление локальных ГАЗ и линеаментов с данными инженерно-геологических изысканий. Анализ показал на приуроченность к этим зонам экзогенных геологических процессов (усиление карстово-суффозионных процессов, оврагообразования, оползней, береговой и склоновой эрозии и др.). Также, в пределах ГАЗ отмечается значительное ухудшение физико-механических свойств грунтов. Крупномасштабное инженерно-геологическое районирование масштаба территории Усть-Яйвинского участка ВКМКС и детальное инженерно-геологическое районирование основной промышленной площадки показывает, что на участке локальной ГАЗ, зафиксирована наибольшая мощность рыхлых образований, а в инженерно-геологических скважинах установлено наличие мягко- и текучепластичных грунтов в отличие от других участков. В целом этот участок характеризуется менее благоприятной степенью сложности инженерно-геологических условий.

При инженерно-геологическом анализе Кизеловского угольного бассейна (КУБ), который в настоящее время рассматривается, как район экологического бедствия из-за сильного загрязнения окружающей среды шахтными водами изучено влияние геодинамической активности на инженерные свойства грунтов на примере площадок проектируемых очистных сооружений. Корреляционный анализ между показателями физико-механических свойств грунтов и

тектонической трещиноватости показал их тесную взаимосвязь, особенно для полускальных грунтов.

На урбанизированных территориях, особенно в городах оценка геодинамической активности играет исключительно важное значение при изучении инженерно-геологических условий. Основной методический комплекс их изучения – крупномасштабное инженерно-геологическое картирование, дистанционные исследования, мониторинг геологической среды. В России из крупных городов наиболее изучены Москва и С.Петербург, где инженерно-геологическим проблемам уделяется серьезное внимание и финансирование – составлены крупномасштабные карты инженерно-геологического районирования, выделены зоны геологических рисков. Третий по площади в стране город – Пермь, как и большинство других городов, изучены недостаточно. Пермский мегаполис имеет сложные инженерно-геологические условия, обусловленные развитием различных геологических и гидрогеологических процессов, специфическими грунтами, подработанными пространствами и др. При этом многие неблагоприятные техноприродные процессы значительно усиливаются в зонах повышенной геодинамической активности, установленных линеаментно-геодинамическим анализом, серьезно влияют на условия строительства и эксплуатацию инженерных сооружений.

### ***Геоэкологическая роль геодинамических активных зон***

Основные закономерности формирования геоэкологических условий различных территорий определяются природными и техногенными факторами. Ведущая роль среди многих природных факторов принадлежит геодинамическому фактору – современным геодинамическим активным зонам. Геодинамические активные зоны тесно связаны с так называемыми геопатогенными зонами – т.е. литосферно обусловленными зонами биологического дискомфорта (по В.Т.Трофимову и др.), разделяющихся на геопатогенные (геопатогенные геохимические и геофизические аномалии) и техногенные зоны, каждая из них соответственно – на геохимические и геофизические аномалии. В составе геопатогенных и техногеопатогенных геохимических аномалий выделяются литогеохимические, гидрогеохимические, атмогеохимические аномалии. Многими исследователями во всем мире показана пространственная и статистическая корреляционная связь зон повышенной тектонической трещиноватости с различными геохимическими аномалиями, отмечено серьезное влияние геохимических и геофизических аномалий на здоровье человека.

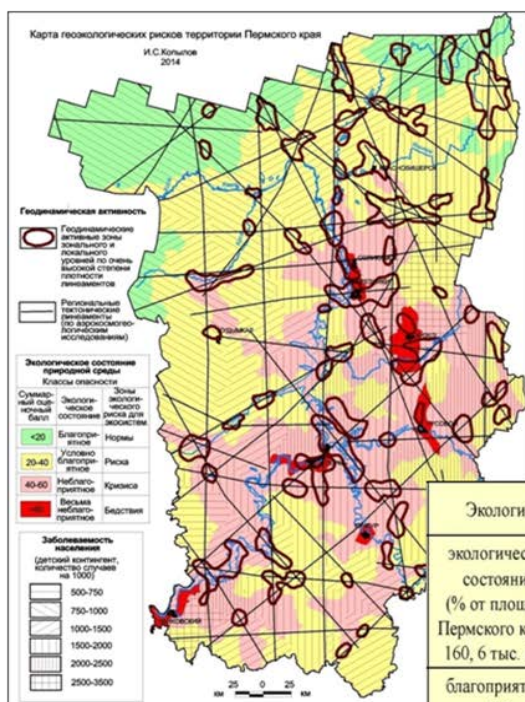
Оценка геодинамической активности является важнейшей частью общего комплекса региональных геоэкологических исследований, а показатель геодинамической активности рассматривается нами в качестве одного из ведущих критериев для комплексной геоэкологической оценки и районирования территорий. Рассмотрено влияние геодинамических активных зон на формирование геохимических аномалий как важнейшей составляющей части геоэкологических условий на многих примерах Урала и Сибири.

На Западном Урале и в Приуралье при проведении региональных геоэкологических, геолого-геохимических, гидрогеологических и исследований, многоцелевого геохимического картирования выявлено большое количество геохимических аномалий по многим компонентам геологической среды со значительным превышением предельно-допустимых концентраций. Подавляющее большинство аномалий находится в пределах закартированных нами 21 комплексных литогеохимических аномальных зон (с площадным и локальным распространением Pb, Zn, Cd, Be, P, As, Ni, Co, Cr, Mo, Cu, Sb, Mn, V, Ba, Sr, Sn, Ti, Zr, Ga) и 13 гидрогеохимических аномальных зон (с площадным и локальным распространением Br, B, Ba, Mn, Ti, Sb, Be, Cd, V, Cr, Ni, Pb, Sr, Zn, Co, Mo) с площадями 1-9 тыс. км<sup>2</sup>. Их положение обнаруживает хорошую пространственную сходимость с региональными геодинамическими активными зонами. При этом большинство локальных геохимических, гидрогеохимических, гидрогеологических аномалий характеризуются повышенными значениями расчетных геодинамических показателей. Участки в контурах геохимических аномалий характеризуются значительной современной геодинамической активностью. Все это свидетельствует и вполне доказывает неопровержимый факт о весьма существенной роли новейшей тектоники и современной геодинамики в формировании геохимических аномалий, а вместе с тем – геоэкологических условий.

Геопространственный анализ территории Пермского края, включающий изучение ГАЗ (с очень высокой плотностью тектонических нарушений по линеаментно-геодинамическому анализу), зон экологической опасности (по комплексу показателей – химическому, радиоактивному и др. загрязнению почв, подземных и поверхностных вод, воздуха; степени нарушения ландшафтов; пораженности территории геологическими и др. процессами и участков заболеваемости населения (по данным медицинской статистики) показывает, что подавляющее большинство площади, занимающими всеми ГАЗ на территории края (87 %) находятся в пределах неблагоприятного и весьма неблагоприятного экологического состояния, характеризующегося также самым высоким процентом общей заболеваемости населения (особенно – детей). Можно вполне определенно отнести все площади геодинамических активных зон к зонам экологического риска (рис. 2).

Основная геоэкологическая роль ГАЗ заключается: 1) выявление и прогнозирование перемещений вещества Земли [3, 24]; 2) оценка загрязнения земных оболочек и территорий [1, 23-26, 28]; 3) выявление геопатогенных зон [18, 22]; 4) активное формирование геоэкологических условий регионов и, следовательно, рассмотрение в качестве одного из ведущих критериев для комплексной геоэкологической оценки и районирования территорий [14, 19-21]; 5) выявление геоэкологических особенностей природных и урбанизированных территорий, городов, различных объектов в целях оценки геологической и экологической безопасности планируемой хозяйственной деятельности в т.ч. – недропользования [2, 29].





**Геоэкологическая характеристика геодинамических активных зон**

**Геопространственный анализ территории Пермского края по зонам геодинамической активности и экологическим рискам – показывает зависимость экологических обстановок от степени геодинамической активности**

**Установлено:**

**В зонах экологической нормы (зеленый цвет) и риска (желтый) – самый низкий % площади геоактивных зон – 5 и 8%.  
В зонах экологического кризиса (розовый цвет) и бедствия (красный) – самый высокий % площади геоактивных зон – 18 и 69%.**

Экологическое состояние природной среды			Геодинамические активные зоны (ГАЗ)			Общая заболеваемость населения (кол-во случаев на 1000)
экологическое состояние (% от площади Пермского края – 160,6 тыс. км <sup>2</sup> )	зоны экологического риска для экосистем	средний оценочный балл экологического состояния	количество	общая площадь ГАЗ, км <sup>2</sup>	% площади ГАЗ от общей площади	
благоприятное (15)	<u>нормы</u>	18,8	6	1290	5	<1000
условно благоприятное (47)	<u>риска</u>	30,9	20	5828	8	1000-1500
неблагоприятное (35)	<u>кризиса</u>	43,4	28	10175	18	1500-2000
весьма неблагоприятное (3)	<u>бедствия</u>	63,0	6	3342	69	2000-3500

Рис. 2. Оценка влияния геодинамических активных зон на геоэкологическую обстановку Пермского края и здоровье населения

Результаты исследований, опубликованные за последний год приведены в списке источников [1-29], ранее опубликованные приведены в работе [6].

Работа выполнена при финансовой поддержке со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

### Библиографический список

1. Даль Л.И., Копылов И.С. Региональные техногенные факторы и их воздействие на природную среду Пермского края // *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 7.
2. Даль Л.И., Копылов И.С., Алексеева Л.В. Гидрогеоэкологическая оценка Кудымкарского района // *Современные научные исследования и инновации*. 2016. № 9.
3. Золото-алмазная колыбель России: монография / И.С. Копылов, В.А. Наумов, О.Б. Наумова, Т.В. Харитонов; под общ. ред. В.А. Наумова; Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2015. 132 с: ил.
4. Козлов С.В., Копылов И.С. Геодинамический анализ Курьино-Патраковского участка (Верхнепечорская впадина) в связи с его газоносностью // *«Геология и полезные ископаемые Западного Урала»*. № 16. Пермь. С. 98-101.
5. Коноплев А.В., Копылов И.С., Красильников П.А., Кустов И.В. Формирование ГИС-атласа «Инженерная геология и геоэкология» города Перми // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. № 15. Пермь, 2015. С. 154-157.



6. Копылов И.С. Научно-методические основы геоэкологических исследований нефтегазоносных регионов и оценки геологической безопасности городов и объектов с применением дистанционных методов // автореферат дис. ... доктора геолого-минералогических наук: 25.00.36 / Уральский государственный горный университет. Пермь, 2014. 48с.

7. Копылов И.С. Анализ результатов и перспективы нефтегазопоисковых аэрокосмогеологических исследований Пермского Приуралья // Вестник Пермского университета. Геология. 2015. №4(29). С. 70-81.

8. Копылов И.С. Аэрокосмогеологические исследования на трассах нефтегазопроводов для оценки инженерно-геологических условий и геодинамической активности // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь, №15. 2015. С. 157-162.

9. Копылов И.С. Проведение линеаментно-геодинамического анализа Горного Алтая и трассы проектируемого газопровода «Алтай» // Современные наукоемкие технологии: междунар. науч. конф. (Тунис, Хаммамат, 9-16 июня 2015 г.). Международный журнал экспериментального образования. 2015. №8-3. С.398.

10. Копылов И.С. Методология и принципы оценки геодинамической активности // Успехи современного естествознания // Фундаментальные исследования: междунар. науч. конф. (Тунис, Хаммамат, 9-16 июня 2015 г.). Международный журнал экспериментального образования. 2015. №8-3. С.406-407.

11. Копылов И.С. Применение аэрокосмических методов для оценки активности неотектонических блоков и картирования палеодолин при прогнозировании алмазоносности // Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания. Пермь, 2015. С.109-110

12. Копылов И.С. Оценка современной геодинамики и неотектоники аэрокосмогеологическими методами на месторождениях калийных солей // Глубинное строение, геодинамика, тепловое поле Земли, интерпретация геофизических полей. Восьмые научные чтения памяти Ю.П. Булашевича: материалы конференции. Екатеринбург: УрО РАН, 2015. С.189-193.

13. Копылов И.С. Подземные воды западного склона Среднего Урала и их перспективы для водоснабжения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 6. С. 460-464.

14. Копылов И.С. Геологические факторы формирования геоэкологических условий // Исследования в области естественных наук. 2015. № 6.

15. Копылов И.С. Основные фундаментальные и прикладные направления в изучении геодинамических активных зон // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 8-1. С. 82-86.

16. Копылов И.С. Структурно-гидрогеологический анализ при оценке геодинамической активности Нижнеканского гранитоидного массива // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Научные чтения памяти П.Н. Чирвинского: Сб. науч. статей. Пермь: Перм. гос. нац. исслед. ун-т. Пермь, 2016. Вып. 19. С. 356-361.

17. Копылов И.С. Линеаментно-геодинамический анализ на закарстованных территориях Нижегородской области // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. № 7-2. 2016. С. 241-246.

18. Копылов И.С., Даль Л.И. Роль геологических факторов в формировании геопатогенных зон и геоэкологической обстановки // Природопользование и охрана окружающей среды: междунар. науч. конф. (Франция, Париж, 18-25 октября 2015г.). Международный журнал экспериментального образования. 2015. №12-2. С.221-222.

19. Копылов И.С., Даль Л.И. Эколого-ландшафтно-геохимические системы Приуралья // Экология промышленных регионов России: междунар. науч. конф. (Великобритания,

Лондон, 17-24 октября 2015г.). *Международный журнал экспериментального образования*. 2015. №12-4.

20. Копылов И.С., Даль Л.И. Типизация и районирование ландшафтно-геохимических систем // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2.

21. Копылов И.С., Даль Л.И. Геоэкологическая оценка состояния природной среды Коми-Пермяцкого округа // *Современные проблемы науки и образования*. 2015. № 2; URL: [www.science-education.ru/129-22561](http://www.science-education.ru/129-22561) (дата обращения: 07.11.2015).

22. Копылов И.С., Даль Л.И. Изучение геопатогенных зон дистанционными методами // *International Scientific Conference «Приоритетные направления развития науки, технологий и техники»*. Италия (Рим) 09-16 апреля 2016 г. *Международный журнал экспериментального образования*. 2016. № 5-2. С. 173.

23. Копылов И.С., Даль Л.И. Хемотоксическое биотестирование природных вод для экологической оценки // *International Scientific Conference «Новые технологии, инновации, изобретения»* Израиль (Тель-Авив), 29 апреля - 6 мая 2016 г. *Международный журнал экспериментального образования*. 2016. № 5-3. С. 351.

24. Копылов И.С., Суслов С.Б., Харитонов Т.В. Особенности геоморфолого-неотектонического развития Среднего Урала в связи с формированием россыпей // *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания*. Пермь, 2015. С. 111-112.

25. Наумов В.А., Копылов И.С., Оборин В.В. Геохимические аномалии урана и перспективы его поисков в Вятско-Камском Приуралье // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Пермь, № 15, 2015. С. 74-79.

26. Оборин В.В., Копылов И.С. Климатогеохронологическая история неоплейстоцена севера Пермского Предуралья и ее связь с неотектоническими движениями, трансгрессивными и регрессивными циклами // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала*. Пермь, №15. 2015. С. 83-90.

27. Суслов С.Б., Харитонов Т.В., Копылов И.С. Основные этапы формирования россыпей алмазов на Среднем Урале // *Россыпи и месторождения кор выветривания: изучение, освоение, экология: материалы XV Междунар. совещания по геологии россыпей и месторождений кор выветривания*. Пермь, 2015. С.219-220

28. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. *Geoecology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection* // *European Journal of Natural History*. №4. 2016. С.28-33.

29. Kopylov I.S., Kovin O.N., Konoplev A.V. *Forecasting of geodynamic hazards at potash mines using remote sensing data: a case study of the Tubegatan deposit, Uzbekistan* // *15th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015*, [www.sgem.org](http://www.sgem.org), *SGEM2015 Conference Proceedings*, ISBN 978-619-7105-33-9 / ISSN 1314-2704, June 18-24, 2015, Book1 Vol. 3, 305-312 pp DOI: 10.5593/SGEM2015/B13/S3.040.

**Н. Г. Максимович, О. Ю. Мещерякова**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **НЕФТЯНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ ПОДЗЕМНЫХ ВОД В КАРСТОВЫХ РАЙОНАХ И МЕТОДЫ БОРЬБЫ С НИМ**

*В статье рассмотрена проблема загрязнения Камского водохранилища при разработке Полазненского месторождения нефти. Основным фактором, способствующим загрязнению является интенсивная закарстованность. В качестве методов борьбы разработаны, опробованы и запатентованы два способа: откачка линзы нефти с поверхности подземных вод и биологическая деструкция нефтепродуктов активизированными аборигенными микроорганизмами.*

*Ключевые слова: карст, нефтяное загрязнение, методы очистки, откачка нефти, микробиологический метод*

**N. G. Maksimovich, O. Yu. Meshcheryakova**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **OIL CONTAMINATING OF GROUNDWATER IN KARST AREAS AND CLEANING METHODS**

*This article deals with the pollution problem of the Kama reservoir during the mining of Polazna oil minefield. The main factor contributing to the pollution is the intensive karst processes of reservoir banks. Two methods were developed, tested and patented for controlling this pollution. They are the pumping out the oil lens from the surface of underground waters and the biological destruction of oil products by active aboriginal microorganisms.*

*Keywords: karst, oil pollution, cleaning methods, oil pumping, microbiological method*

Проблемы нефтяного загрязнения детально рассматривались в работах В. М. Гольдберга, С. Л. Давыдовой, Н. Н. Егорова, Е. С. Капустина, А. А. Оборина, Н. П. Солнцевой, Ю. И. Пиковского и др.

Б. А. Бачурин, В. Н. Быков, В. П. Костарев, Н. Г. Максимович и другие изучали процесс нефтяного загрязнения непосредственно на закарстованных территориях. Но, несмотря на многочисленные исследования, нет единого подхода к изучению нефтяного загрязнения в карстовых районах, что явилось причиной исследования данной проблемы.

Лаборатория геологии техногенных процессов ЕНИ ПГНИУ занимается проблемами нефтяного загрязнения в карстовых районах и разработкой

природоохранных технологий около 15 лет [1-36]. Механизм нефтяного загрязнения в районе закарстованных берегов изучался на примере Камского водохранилища – основного источника водоснабжения Пермского края. Исследования проводились на участке протяженностью 1,2 км в районе Полазненского месторождения нефти [9].

Установлено, что причина загрязнения сульфатного массива, а также водохранилища – линза нефти мощностью 2–3 м на поверхности трещинно-карстовых вод (рис. 1). Источник нефти: разливы, сбросы нефти в карстовые полости и т.д. – в 60–70-е гг. прошлого века (причины формирования линзы рассмотрены ниже). В настоящее время по данным наблюдений поступления свежей нефти не зафиксированы. По составу нефть линзы близка к нефти разрабатываемой яснополянской залежи, однако окисленная, утратившая бензиновые фракции и высокомолекулярные парафиновые углеводороды [22].

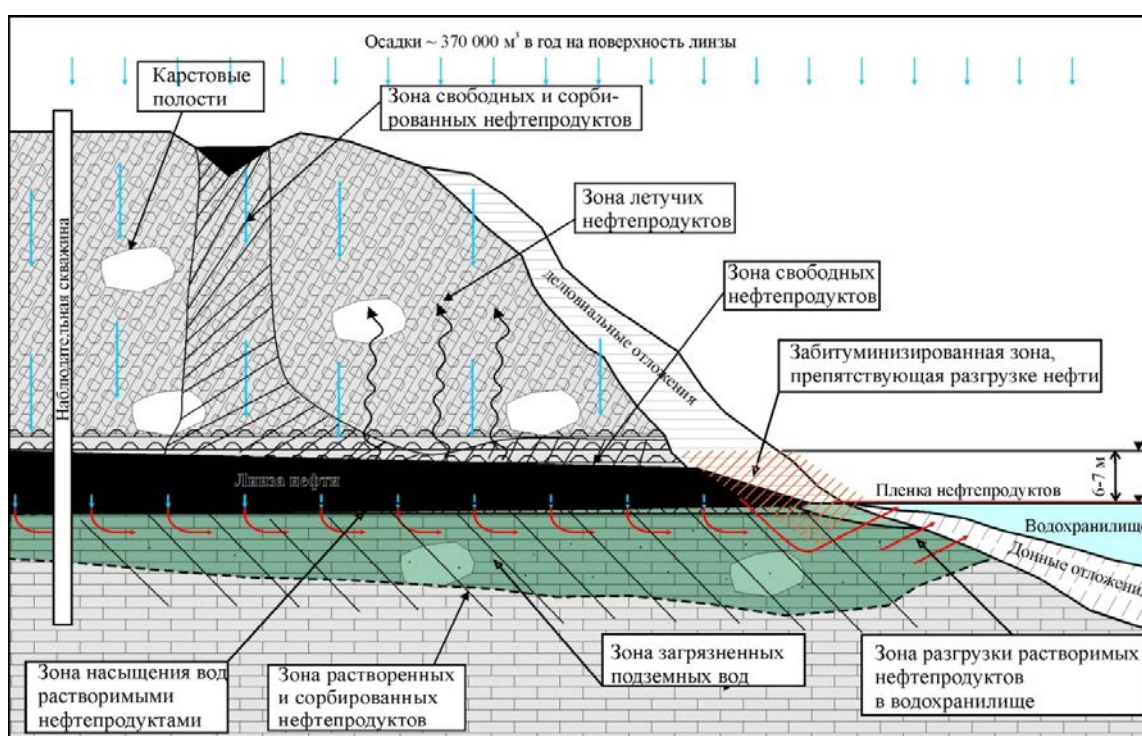


Рис. 1. Механизм загрязнения массива нефтепродуктами

Закарстованный (до 30 % пустотности), в том числе и с поверхности, гипсовый массив, явился хорошим коллектором для нефти и имеет тесную гидравлическую связь с водохранилищем. В результате битуминизации рыхлых отложений береговой зоны нефть оказалась в своеобразной гидродинамической ловушке (рис. 1).

Основной механизм загрязнения вод следующий. Дождевые и талые воды (около 280 тыс. м<sup>3</sup> в год с учетом испарения на площадь линзы) инфильтруются в закарстованный массив и за счет разности плотностей фильтруются сквозь линзу. Воды загрязняются растворимыми нефтепродуктами и поступают в водохранилище. Интенсивность их поступления контролируется колебаниями уровня водохранилища, достигающими 6–7 м в год, количеством осадков,

интенсивностью снеготаяния, поэтому концентрации нефтепродуктов в водохранилище крайне неравномерны по времени.

За счет диффузионных перемещений молекул загрязнителя происходит также загрязнение пород массива, т.е. происходит миграция нефтепродуктов как вниз, так и вверх по разрезу.

Литология пород массива (гипсы и ангидриты) определяет их низкие фильтрационные и сорбционные способности по отношению к загрязнителю. Но высокая закарстованность и трещиноватость массива приводит к быстрому и беспрепятственному проникновению загрязнителя вглубь массива. Карстовые полости и трещины являются как каналами для миграции загрязнителя, так и его коллекторами, где происходит скопление нефтепродуктов. В дальнейшем они выступают в виде вторичного источника загрязнения.

Таким образом, при первичной инфильтрации загрязнителя породы массива не подвергаются сильному загрязнению. Но при длительном влиянии линзы нефти формируются новые виды скопления нефтепродуктов в массиве: помимо свободной и растворенной форм, появляются зоны сорбированных на поверхности пород и летучих нефтепродуктов. Все это влияет на качество гипса. Разработка массива без применения мер по ликвидации загрязнения при случайном вскрытии забитуминизированной зоны, являющейся гидродинамическим барьером, может привести к разливу нефти в водохранилище и экологической катастрофе.

Локализация и ликвидация аварийных разливов нефти и нефтепродуктов предусматривает выполнение многофункционального комплекса задач, реализацию различных методов и использование технических средств. Все многообразие методов по борьбе с нефтяным загрязнением можно разделить на четыре больших группы: механические, физико-химические, биологические и термические.

Выполненные исследования и анализ известных способов показали, что наиболее перспективными методами борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод и пород закарстованного сульфатного массива нефти являются методы, позволяющие устранить основную причину – линзу нефти на поверхности подземных вод, тем более, что в настоящее время нет признаков поступления в нее свежей нефти.

Учитывая особенности района исследований, была предложена технология, основанная на разработанных методах откачки нефти по специальной технологии и интенсификации биохимической деструкции нефти, которые могут использоваться параллельно, поскольку они не исключают, а дополняют друг друга [9, 11, 18].

**Метод откачки нефти.** В ходе проведения работ было опробовано два варианта откачки. Первый – использована плунжерная пара штангового глубинного насоса с ручным приводом, который применен исходя из требований безопасности к электрическому приводу. Проведенные испытания показали возможность регулировать параметры откачки в необходимых пределах.

Для механизации процесса разработан второй вариант откачки по схеме, состоящей из насоса с пневматическим приводом, что обусловлено требованиями безопасности, спускоподъемного механизма, компрессора, который находился на расстоянии 30 м от скважины, емкости для сбора нефти. Принимающая часть насоса всегда находится в слое нефти, что контролируется датчиками (рис. 2).



Рис. 2. Насосное оборудование, при помощи которого была произведена откачка нефтепродуктов

В ходе работ была произведена откачка нефти из линзы на поверхности подземных вод без забора воды, для чего использовался специальный пневматический насос для отбора нефтесодержащей жидкости.

Отработаны все технологические элементы: датчики глубины и мощности линзы, возможность оперативного изменения глубины насоса и т.д. В нижней части насоса имеются два датчика. Нижний – предназначен для контроля границы вода-нефть; при достижении водной поверхности цепь замыкается, что отображается отклонением стрелки на счетчике. Второй датчик контролирует слой нефти и действует по такому же принципу, что и первый.

Таким образом, имеется возможность контроля откачки НСЖ из слоя линзы нефти без забора воды. Наблюдения за мощностью слоя нефти в ходе и после откачки доказывают эффективность метода.

Опытно-промышленные работы показали, что остаточная мощность слоя нефти после проведения откачки около 5-10 см, т.е. можно откачать не менее 90 % нефти из линзы.

**Метод биохимической деструкции.** Существуют два подхода к биодegradации нефтяных углеводородов в естественной среде [12]:

а) стимуляция естественной нефтеокисляющей микрофлоры путем создания оптимальных условий для ее развития (внесение азотно-фосфорных удобрений, аэрация и др.);



б) введение в загрязненную экосистему активных углеводородокисляющих микроорганизмов наряду с добавками солей азота и фосфора.

Отечественные и зарубежные технологии борьбы с нефтяными загрязнениями подземных вод основаны, как правило, на использовании технических средств (сбор, откачка нефти и т.д.) или различных препаратов, в том числе и микробиологических. Борьба с нефтяным загрязнением подземных вод требует особых приемов и технологий, учитывающих особенности гидродинамического режима подземных вод, литологический состав вмещающих пород и характер перераспределения нефти в системе «вода – порода».

Задачей данного исследования являлось выделение из субстратов Полазненского нефтяного месторождения активного нефтеокисляющего сообщества микроорганизмов для его последующего использования в целях очистки от нефтяных загрязнений. Следует отметить, что интродукция в нефтезагрязненные почвы автохтонных (то есть выделенных из этих почв) нефтеокисляющих микроорганизмов не оказывает негативного влияния на естественную экологическую обстановку.

В качестве источника активного нефтеокисляющего сообщества микроорганизмов использовалась нефть из линзы и нефтесборника. Сообщество выделяли при комнатной температуре методом накопительной культуры путем трехкратного пересева на среду Таусона с нефтью, как единственным источником углерода и энергии для развития сообщества.

Следует особо отметить, что данный метод предполагает использование специально выделенных из природной среды нефтеокисляющих микроорганизмов, которые не являются чужеродными для нее и не оказывают вредного воздействия какого-либо рода.

Технологическая схема применения данного метода следующая. Через существующие скважины активизированная культура нефтеокисляющих бактерий заливается в подземные воды. Бактерии концентрируются на водонефтяном контакте и в последующем распространяются потоком подземных вод по нижней поверхности линзы. Кроме скважин для заливки культуры могут использоваться карстовые воронки (рис. 3).

В скважине применялся биопрепарат, который вносили трижды через небольшие промежутки времени (рис. 4). Биопрепарат вносили в период повышения уровня воды в Камском водохранилище, для того чтобы время нахождения биопрепарата в контакте с нефтяной линзой было максимальным (во время повышения уровня воды в Камском водохранилище биопрепарат с потоком подземных вод распространяется вглубь массива, а с понижением уровня воды в водохранилище перемещается в направлении водохранилища).

В результате действия биопрепарата на данном этапе из нефтяной линзы скважины было удалено н-алканов – 0,71 г/100 г нефти, изопреноидных углеводов – 0,14 г/100 г нефти (или примерно по 10 % от их содержания).

Аналогичные разработки (патенты №№ 2107042, 1838598, 1264634, 2232806, 2043312) имеют ряд недостатков: большая трудоемкость и техническая сложность работ по выделению анаэробных микроорганизмов и наращиванию их биомассы, невозможность применения для обработки карстовых подземных вод, содержащих растворенный кислород, низкая эффективность в случаях высокой степени загрязненности нефтью, материальные затраты, связанные с откачкой воды, ее отстаиванием и аэрацией, а также применимость способа только при низком остаточном содержании нефтепродуктов в воде.

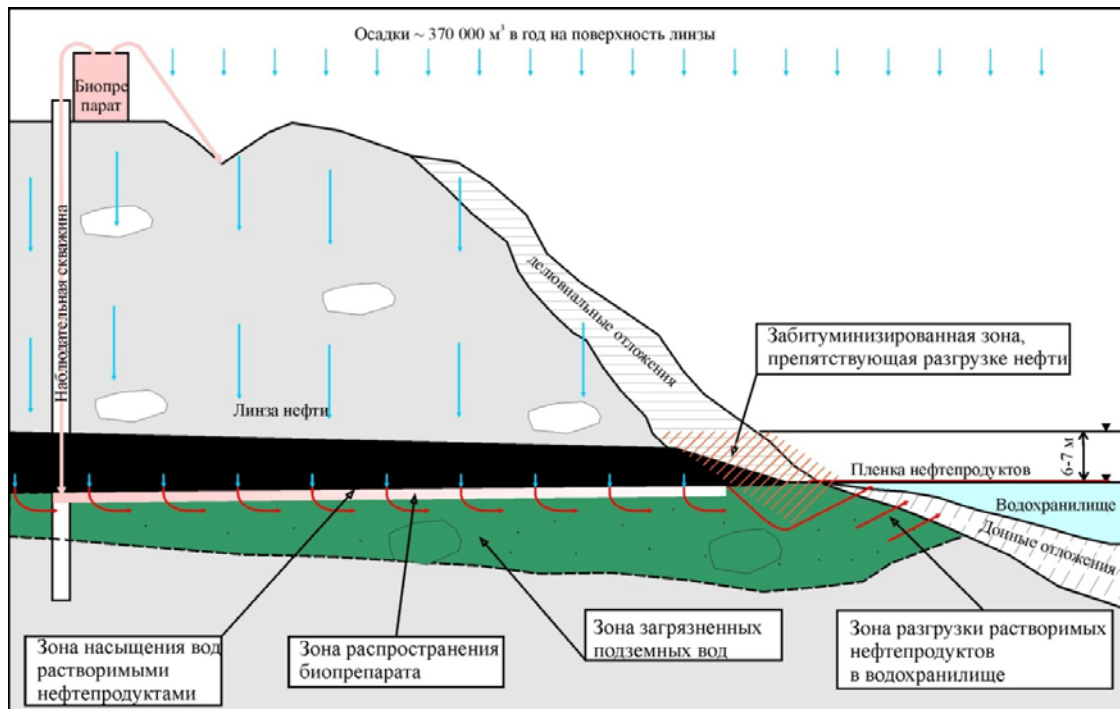


Рис. 3. Схема обработки нефтяной линзы биопрепаратами



Рис. 4. Заливка культуры нефтеокисляющих бактерий в скважину



Проведенные исследования показали, что выделенное микробное сообщество способно использовать углеводороды нефти для поддержания своей жизнедеятельности и, следовательно, может быть использовано для интродукции в нефтезагрязненные подземные воды массива с целью их биологической очистки. Данный консорциум может быть применен для очистки не только подземных, но и поверхностных и сточных вод. Его эффективность будет зависеть от конкретных (геохимических, литологических, гидродинамических) природных условий. Метод может быть использован как самостоятельный, так и как дополнительный к традиционным и повышать при этом эффективность очистки. Особый эффект данной технологии можно ожидать при очистке пород от сорбированных нефтепродуктов в зоне сезонного колебания уровня подземных вод.

В результате действия биопрепарата плотность нефти увеличивалась на 0,4 %, содержание силикагелевых смол уменьшалось на 4 %, массовая доля парафина снижалась на 44 %.

По примерным оценкам для биодеградации 1 тонны нефти необходимо 70 литров биопрепарата. При этом воздействию препарата подвергаются алканы нормального и изопреноидного строения как наиболее водорастворимые подвижные фракции нефти и поэтому вносящие основной вклад в загрязнение Камского водохранилища.

Рекомендуемая частота внесения препарата составляет один раз в 7-10 дней в количестве 15-20 литров. За время экспериментов за счет биодеградации было удалено около 1,9 тонны нефти. Таким образом, предлагаемый метод может быть использован как дополнительный к откачке нефти из линзы.

На разработанные природоохранные методы лабораторией геологии техногенных процессов ЕНИ ПГНИУ были получены патенты [2, 14, 15, 26].

Разработанная на основе использования автохтонного нефтеокисляющего бактериального сообщества технология ускоряет биологическую очистку нефтезагрязненных подземных вод. Технология может быть применена для очистки не только подземных, но и поверхностных и сточных вод. Ее эффективность будет зависеть от конкретных природных условий (геохимических, литологических, гидродинамических). Также разработанная технология может быть использована как самостоятельно, так и дополнительно к традиционным, повышая тем самым эффективность очистки. Особый эффект от использования данной технологии можно ожидать при решении наиболее трудной задачи – очистки пород от сорбированных нефтепродуктов в зоне сезонного колебания уровня подземных вод.

Таким образом, выполненные работы показали, что при наличии закарстованных пород механизм загрязнения водохранилища нефтепродуктами имеет достаточно сложный характер и требует специальных методов для реализации природоохранных мероприятий.

*Работа подготовлена при поддержке гранта РФФИ 16-35-00104 мол\_а «Миграция углеводородов при фильтрационно-диффузионном переносе в*

карстовых районах» и со стороны Минобрнауки России в рамках базовой части государственного задания № 2014/153 № 269 в сфере научной деятельности.

### **Библиографический список**

1. Катаев В. Н., Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Типы карста Пермского края // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2013. Вып. 1. С. 56-66.
2. Максимович Н. Г. Способ очистки загрязненного нефтью и нефтепродуктами грунта и система сооружений для его реализации / Пат. 2331488 Рос. Федерация: МПК В 09 С 1/02; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Пермский государственный университет». – № 2006140925/15; заявл. 20.11.06; опубл. 20.08.08, Бюл. № 23.
3. Максимович Н. Г., Гершанок В. А., Мещерякова О. Ю., Растегаев А. В. Радиоактивность и инженерно-геологические особенности карстовых массивов // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 4; URL: [www.science-education.ru/98-4746](http://www.science-education.ru/98-4746) (дата обращения: 30.10.2014).
4. Максимович Н. Г., Денисов А. В., Китаева И. В., Мещерякова О. Ю., Хайрулина Е. А. Теоретические основы создания искусственных геохимических барьеров для защиты окружающей среды при освоении природных ресурсов Западного Урала // Региональный конкурс РФФИ-Урал. Результаты научных исследований по инициативным проектам за 2012-2013 гг. Сборник статей. Пермь: ПНЦ УрО РАН, 2013. С. 172-179.
5. Максимович Н. Г., Казакевич С. В. Геоэкологические особенности Полазнинского месторождения нефти // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы регион. науч.-практ. конф. – Пермь, 2004. С. 277-280.
6. Максимович Н. Г., Казакевич С. В., Никифоров В. В. Роль карста в формировании нефтяного загрязнения гидросферы в районе п. Полазна // Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Пермь: Перм. ун-т, 2005. С. 290-295.
7. Максимович Н. Г., Казакевич С. В., Никифоров В. В. О роли карста в формировании загрязнения водохранилища // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов: тр. междунар. науч.-практ. конф. (Пермь, 28 мая – 1 июня 2007 г.). Пермь: Перм. ун-т, 2007. Т. II. С. 128-131.
8. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Методы борьбы с нефтяным загрязнением на закарстованных берегах водохранилищ // Экология урбанизированных территорий. 2009. № 4. С. 55-58.
9. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Механизм нефтяного загрязнения в районе закарстованных берегов водохранилищ и методы улучшения экологической ситуации // Современные проблемы водохранилищ и их водосборов. Т. 1: Гидро- и геодинамические процессы. Химический состав и качество воды: тр. Междунар. науч.-практ. конф. (26 мая – 28 мая 2009 г., Пермь). Пермь, 2009. С. 265-270.
10. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Гидрохимическая характеристика подземных вод в карстовых районах в условиях нефтяного загрязнения // Геологическая эволюция взаимодействия воды с горными породами: мат. II Всероссийской конференции с международным участием [отв. ред.: д.г.-м.н. Н. А. Харитонова, д.г.-м.н., проф. О. В. Чудаев]. Владивосток: Изд-во Дальнаука. 2015. С. 488-491.
11. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю., Китаева И. В., Денисов А. В., Воробьева Е. В. Природоохранные технологии на основе геохимических барьеров // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 1. С. 69.
12. Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю., Хмурчик В. Т. Микробиологические процессы при нефтяном загрязнении карстовых массивов // Актуальные проблемы экологии и природопользования: сборник научных трудов. Вып. 12. М: ИПЦ «Луч», 2010. С. 89-93.
13. Максимович Н. Г., Первова М. С. Особенности нефтяного загрязнения закарстованных территорий Пермского края // Сергеевские чтения. Международный год

планеты Земля: задача геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии: материалы годичной сес. научн. совета РАН по пробл. геоэкологии, инженерной геологии и гидрогеологии (Москва, 20-21 марта 2008 г.). Москва: ГЕОС, 2008. Вып. 10. С. 224-228.

14. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т. Пробоотборник / Пат. 54398 Рос. Федерация: МПК E 21 B 49/08; заявитель и патентообладатель ФГНУ «Естественнонаучный институт». – № 2005139519/22; заявл. 16.12.05; опубл. 27.06.06, Бюл. № 18 (III ч.). С. 869-870.

15. Максимович Н. Г., Хмурчик В. Т. Консорциум штаммов углеводородокисляющих бактерий *pseudomonas aeruginosa* нд кз-1 и *pseudomonas fluorescens* нд кз-2 в качестве деструктора нефтепродуктов и способ очистки нефтезагрязненных подземных вод / Пат. 2312719 Рос. Федерация: МПК В 09 С 1/10, С 12 N 1/26; заявитель и патентообладатель ООО «ЛУКОЙЛ-Пермь». №2006104797/13; заявл. 15.02.06; опубл. 20.12.07, Бюл. № 35.

16. Мецерыкова О. Ю. Расчет характеристик линзы нефтепродуктов, сформировавшейся на поверхности трещинно-карстовых вод в районе водохранилища // Геология в развивающемся мире: материалы I Всероссийской конференции студентов, аспирантов и молодых ученых: в 2 т. / отв. ред. С. М. Блинов. Т. 2. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2010. – С. 70-72.

17. Мецерыкова О. Ю. Факторы миграции и трансформации нефти в геологической среде // Проблемы геологии и освоения недр: труды XIV международного симпозиума им. академика М.А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 65-летию Победы советского народа над фашистской Германией в Великой Отечественной Войне 1941-1945 гг. Т. 2; Томский политехнический университет. Томск. Изд-во Томского политехнического университета. 2010. С. 368-370.

18. Мецерыкова О. Ю. Оценка экономической эффективности новых методов борьбы с нефтяным загрязнением подземных вод // Синтез знаний в естественных науках. Рудник будущего: проекты, технологии, оборудование: материалы Междунар. науч. конф.: в 2 т. / отв. ред. В.А. Наумов; Перм. гос. нац. иссл. ун-т; Естественнонаучн. ин-т. Пермь, 2011. Т. 1. С. 139-143.

19. Мецерыкова О. Ю. Оценка степени активности карстовых процессов (на примере Полазненского участка) // Вестник Пермского университета. Геология. 2011. Вып. 1(10). С. 83-91.

20. Мецерыкова О. Ю. Особенности нефтяного загрязнения карстовых районов Пермского края // Геология в развивающемся мире (по материалам Международной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых) / отв. ред. Е. Н. Батурич. Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С. 254-256.

21. Мецерыкова О. Ю. Карст района Полазненского месторождения нефти Пермского края // Фундаментальные исследования. № 6 (ч. 3). 2013. С. 628-633. URL: [www.rae.ru/fs/?section=content&op=show\\_article&article\\_id=10000771](http://www.rae.ru/fs/?section=content&op=show_article&article_id=10000771) (дата обращения: 30.10.2014).

22. Мецерыкова О. Ю. Причины формирования нефтяного загрязнения гидросферы в районе Полазненского месторождения нефти // Актуальные направления фундаментальных и прикладных исследований: материалы II Междунар. науч.-практ. конф. Москва, 2013. Т. 4. С. 19-21.

23. Мецерыкова О. Ю. Сульфатный и соляной карст в условиях техногенного воздействия // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2; URL: <http://www.science-education.ru/129-21791> (дата обращения: 25.09.2015).

24. Мецерыкова О. Ю. Зонирование закарстованных территорий по степени устойчивости к нефтяному загрязнению // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: матер. Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием / гл. ред. Р. Г. Ибламинов. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т. 2015. С. 136-139.

25. Мещерякова О. Ю., Максимович Н. Г. Особенности нефтяного загрязнения карстовых районов // Геология и полезные ископаемые Западного Урала: материалы юбилейной конф., посвященной 80-летию геолог. ф-та и 95-летию Перм. ун-та / гл. ред. Р.Г. Ибламинов. – Перм. гос. нац. иссл. ун-т. Пермь, 2011. С. 188-190.
26. Попов Л. Н., Максимович Н. Г. Установка для откачки нефтесодержащей жидкости из скважины / Пат. 81522 Рос. Федерация: МПК Е 21 В 43 00; заявитель и патентообладатель ГОУВПО «Пермский государственный университет». № 2008139538/22; заявл. 07.10.08; опубл. 20.03.09, Бюл. № 8.
27. Соколов Э. М., Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Формирование нефтяного загрязнения сульфатного массива в карстовых районах и методы его ликвидации // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. 2015. № 2. С. 79-89.
28. Хмурчик В. Т., Максимович Н. Г. Борьба с нефтяным загрязнением карста // Антропогенная динамика природной среды: материалы междунар. науч.-практ. конф. Пермь, 2006. Т. 2. С. 375-379.
29. Хмурчик В. Т., Максимович Н. Г., Мещерякова О. Ю. Микроорганизмы, карст, нефть и спелеогенез // Пещеры: сб. науч. тр. Естественнонаучный институт Перм. гос. ун-та. Пермь, 2010. Вып. 33. С. 130-135.
30. Maximovich N. G., Kazakevich S. V., Hmurchik V. T. Development of methods protection of the Kama reservoir from oil pollution // Quality and management of water resources: 3rd Symposium: book of proceedings. St. Petersburg, 2005. P. 362-369.
31. Maximovich N. G., Kazakevitch S. V., Khmurchik V. T., Nikiforov V. V. Oil pollution of the hydrosphere of karst areas // Актуальные проблемы геохимической экологии: материалы V междунар. биогеохим. школы. (Семипалатинск, 8-11 сент. 2005 г.). Семипалатинск, 2005. С. 374-375.
32. Maximovich N. G., Khayrulina E. A., Meshcheryakova O. Y. Geochemical barriers and oil pollution // Геоэкологические проблемы Приуралья: материалы междунар. летней школы-семинара (1-12 авг. 2013) / науч. ред. С. А. Бузмаков. Пермь: Перм. гос. нац. иссл. ун-т, 2013. С. 83-84.
33. Maksimovich N. G., Khmurchik V. T. Remediation of Oil-Polluted Groundwater Aquifers at Karst Region // In: "Engineering Geology for Society and Territory", Vol. 3 "River Basins, Reservoir Sedimentation and Water Resources" (Lollino G. et al. Eds.) Springer, 2015. P. 417-419. SCOPUS WoS (ISBN: 978-331909054-2;978-331909053-5; DOI: 10.1007/978-3-319-09054-2\_86)
34. Maksimovich N. G., Khmurchik V. T. The Influence of Microbiological Processes on Subsurface Waters and Grounds in River Dam Basement // In: "Engineering Geology for Society and Territory", Vol. 6 "Applied Geology for Major Engineering Projects" (Lollino G. et al. Eds.) - Springer, 2015 - P. 563-565. SCOPUS WoS (ISBN: 978-331909060-3;978-331909059-7 DOI: 10.1007/978-3-319-09060-3\_101).
35. Maksimovich, N.G., Khmurchik, V.T., Demenev, A.D. The Role of Microorganisms in Elevating the Turbidity of Dam Seepage Water // Power Technology and Engineering. 2016. 50 (1) – P. 1-3. SCOPUS DOI 10.1007/s10749-016-0651-5.
36. Maksimovich N. G., Khmurchik V. T., Meshcheryakova O. Yu. Bacterial sulfate-reducing process in oil-polluted karst rocks // Goldschmidt Conference Abstracts. Yokohama, 2016. P. 1948. <http://goldschmidt.info/2016/uploads/abstracts/finalPDFs/A-Z.pdf>.
37. Maximovich N. G., Meshcheryakova O. Yu. The influence of gypsum karst on hydrotechnical constructions in Perm region // Geological Engineering Problems in Major Construction Projects: Proceedings of the International Symposium and the 7th Asian Regional Conference of IAEG, September 9-11, 2009. Chengdu, China. Chengdu, China, 2009. Vol. 2. P. 604-607.

**Н.Г. Максимович, Е.А. Хайрулина**  
Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

## **ГЕОХИМИЧЕСКИЕ БАРЬЕРЫ И ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ В РАЙОНАХ С ИНТЕНСИВНЫМ ТЕХНОГЕННЫМ ВОЗДЕЙСТВИЕМ**

*В статье представлены основные научные и практические результаты деятельности Лаборатории геологии техногенных процессов в области развития учения о геохимических барьерах. Приведена характеристика природных и техногенных геохимических барьеров, рассмотрена их роль в миграции загрязнителей и решении ряда экологических проблем горнодобывающей промышленности, металлургии и строительства. Представлен опыт реализации разработанной методики создания искусственных геохимических барьеров для решения проблем окружающей среды.*

**N. G. Maksimovich, E.A. Khayrulina**  
Natural Sciences Institute, Perm State University

## **GEOCHEMICAL BARRIERS AND ENVIRONMENTAL SAFETY IN AREAS WITH INTENSIVE TECHNOGENIC INFLUENCE**

*The article presents the main scientific and practical results of the Laboratory of Geology of Technological processes activity in the development of the geochemical barrier theory. The characteristic of natural and technogenic geochemical barriers, their role in the migration of contaminants and solving of environmental problems of mining, metallurgy and construction are considered. The experience of creating artificial geochemical barriers for solving environmental problems is presented.*

В районах с интенсивным техногенным воздействием на окружающую среду формируется сложная экологическая обстановка, обусловленная как прямым воздействием предприятий в результате выброса в атмосферу загрязнителей и сброса в реки сточных вод, так и с формирующимися твердыми и жидкими отходами, которые обладают пролонгированным влиянием на окружающую среду и могут определять экологическую обстановку после закрытия предприятий или месторождений. Техногенная деятельность приводит к образованию геохимических аномалий, характеризующихся повышенными концентрациями загрязняющих веществ в атмосфере, почвах и горных породах, подземных и поверхностных водах, живых организмах. Концентрации отдельных химических элементов в пределах техногенных ореолов и потоков рассеяния часто превышают значения,

безопасные для жизни и здоровья людей, нормального развития биотических компонентов.

Основным направлением улучшения экологической ситуации является совершенствование технологических схем предприятий: модернизация систем очистки сбросов и выбросов, переработки отходов и т.д. Современные природоохранные сооружения для очистки сточных вод, выбросов в атмосферу и изоляции участков складирования твердых и жидких токсичных отходов, как правило, требуют больших капитальных затрат, значительных энергетических и материальных ресурсов при их эксплуатации. В связи с чем, возникает задача минимизации техногенного воздействия горнорудной промышленности на окружающую среду экономически выгодными способами.

В последние десятилетия для защиты окружающей среды от загрязнения наметилась тенденция использования геохимических барьеров, применение которых в ряде случаев позволяет отказаться от строительства сложных очистных сооружений и проведения других дорогостоящих природоохранных мероприятий. Термином «геохимические барьеры» А.И. Перельман в 1961 г. [1] предложил называть такие участки зоны гипергенеза, в которых на коротком расстоянии происходит резкая смена условий миграции, что приводит к концентрации химических элементов.

Согласно современным представлениям, геохимический барьер – это открытая, неравновесная, динамическая, самоорганизующая система с множеством факторов, обуславливающих осаждение элементов. В миграционном потоке, приближающемся к барьеру, для каждого химического элемента, способного осаждаться на нем, существует свой пространственно разобщенный геохимический барьер.

С появлением учения о геохимических барьерах начал развиваться его понятийный аппарат. Классификация геохимических барьеров как средство установления связей между понятиями служит для ориентировки в их многообразии. Кроме систематизации современных знаний классификация позволяет дать обоснованные прогнозы относительно неизвестных еще фактов и закономерностей. Это особенно важно для прогноза поведения техногенных компонентов в окружающей среде, для разработки принципов создания геохимических барьеров для природоохранных целей.

Перельман А.И. по преобладающему типу миграции разделял геохимические барьеры на три класса: механические, физико-химические и биогеохимические. По отношению к деятельности человека А.И. Перельман выделил два типа геохимических барьеров – природные и техногенные.

Согласно А.И. Перельману, техногенный геохимический барьер – это участок, где происходит резкое уменьшение интенсивности техногенной миграции и, как следствие, концентрирование элементов и соединений. В ряде случаев техногенные барьеры создаются целенаправленно на пути движения техногенных потоков для локализации загрязнения [2, 3]. Техногенные барьеры все чаще используются для охраны окружающей среды [4-7].

Отличительной особенностью техногенных барьеров является возможность аккумуляции техногенных веществ, не встречающихся в природных условиях, таких как нефтепродукты, полиароматические углеводороды, пестициды и др. Концентрации веществ, имеющих природные аналоги на техногенных барьерах в ряде случаев, значительно выше, чем на природных. Изученность техногенных геохимических барьеров значительно хуже, чем природных.

Работы по решению научных и практических вопросов создания искусственных геохимических барьеров для охраны окружающей среды начались под руководством Н.Г. Максимовича в 80-е годы. Эти работы позволили решить ряд проблем, связанных с повышением эффективности работы очистных комплексов при разработке месторождений полезных ископаемых Пермского и Красноярского краев и республики Бурятия, обеспечивающих сокращение сбросов загрязняющих веществ в поверхностные и подземные воды с применением геохимических методов, где традиционные методы не давали эффективности. Накоплен значительный фактический материал экспериментальных лабораторных и опытно-промышленных исследований по созданию геохимических барьеров в районах с критической техногенной нагрузкой: на объектах горно- и нефтедобывающей, химической, металлургической и других видах промышленности.

В дальнейшем имеющийся опыт позволил провести теоретические обобщения и разработать методическое обеспечение создания искусственных геохимических барьеров для охраны окружающей среды, которые были опубликованы в учебном пособии «Геохимические барьеры и охрана окружающей среды» [8] и других публикациях [9, 10 и др.].

В основу концепции создания геохимических барьеров была положена стадийность из развития (рис. 1).

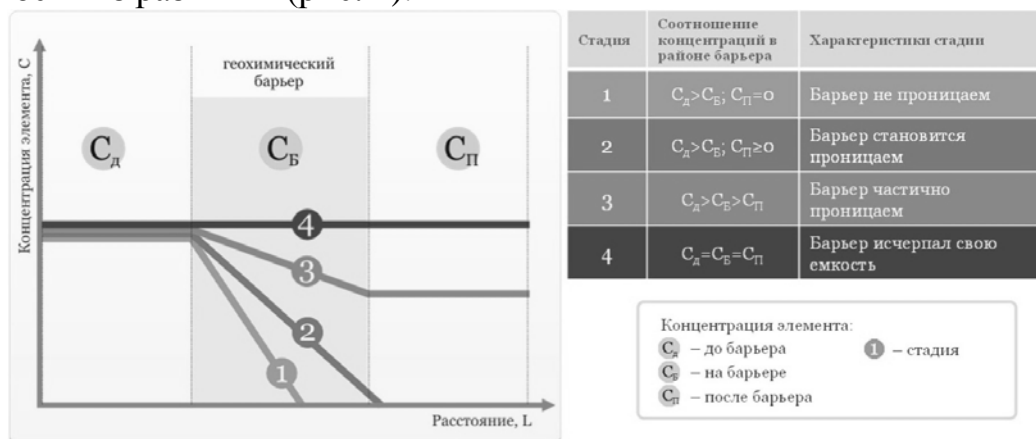


Рис. 1. Стадии развития геохимических барьеров

На первой стадии, когда начинается поступление вещества с концентрацией  $C_d$  в зону со сменой условий миграции, весь поток концентрируется на геохимическом барьере. В определенный момент времени (вторая стадия), после частичного насыщения барьера, он становится проницаемым для мигрирующих элементов. На третьей стадии барьер

постепенно теряет свою эффективность. Концентрация вещества до и после барьера начинает выравниваться. На четвертой стадии барьер исчерпывает свою емкость, и дальнейшая концентрация элементов на нем прекращается.

Накопленный опыт показывает, что среди всего разнообразия техногенных геохимических барьеров, применяемых для этих целей, можно выделить разновидности, в которых стихийно или целенаправленно используются естественные барьерные свойства природной среды и искусственные, созданные по специальным технологиям. В ряде случаев техногенные геохимические барьеры могут создаваться на основе использования обоих указанных принципов (рис. 2).

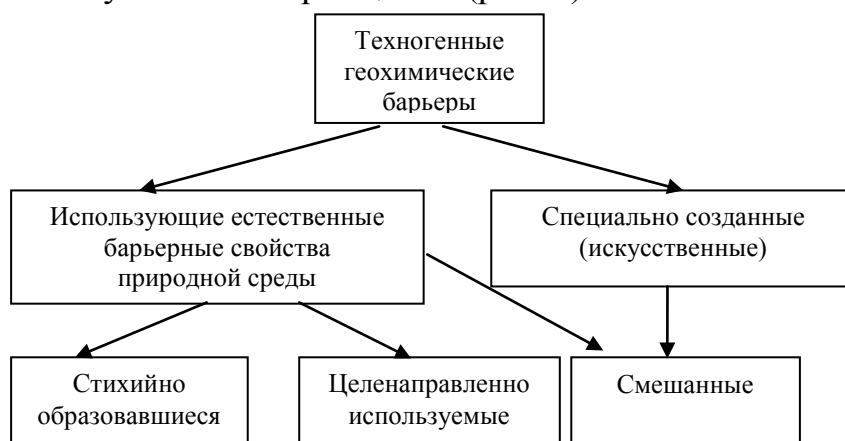


Рис. 2. Разновидности техногенных геохимических барьеров, используемых для охраны окружающей среды

В ходе хозяйственной деятельности человека нередко происходит бесконтрольное загрязнение окружающей среды. В ряде случаев особенности почв, грунтов, поверхностных и подземных вод, рельефа и др. являются причиной формирования геохимических барьеров на пути миграции загрязнителей. В этом случае можно говорить о стихийно образовавшихся барьерах.

Исследование формирования стихийных техногенных барьеров позволяет оценить особенности миграции загрязнителей, и трансформацию потока загрязняющих веществ в результате, например, взаимодействия загрязненных подземных вод и горных пород. Так, при исследовании влияния загрязненных рассолами подземных вод на ландшафты Верхнекамского месторождения калийно-магниевых солей, в местах площадной разгрузки или близкого залегания подземных вод, формируются «железные шляпы» [11].

На поверхности почвенного покрова, в условиях окислительного режима двухвалентное железо рассолов окисляется с образованием гидрогетита, гетита, магматита и разнообразных железистых образований. В нижнем почвенном горизонте, мощностью 15-30 см, в результате деятельности сульфатредуцирующих бактерий происходит образование сероводорода, значение окислительно-восстановительного потенциала  $E_h$  снижается до  $-197$ , развиваются резко восстановительные условия. Вероятней всего, ниже кислородного геохимического барьера происходит формирование



гидротроилитового горизонта. Источником железа, в основном, являются гидроксиды железа шешминских пестроцветных пород и почвенные минералы, которые более активно выщелачиваются под воздействием техногенных высокоминерализованных подземных вод. Высокое содержание органики в почвах способствует формированию сульфидной обстановки под воздействием микробиологической деятельности.

Известны случаи, когда барьерные свойства природной среды целенаправленно используются для снижения интенсивности миграции загрязнителей. Для этого существуют специальные технологии и приемы. Например, нейтрализация кислых растворов может происходить при взаимодействии с более щелочными породами, при этом возникает стихийный щелочной барьер. Почвенные горизонты могут выступать сорбционным барьером для радиоактивных загрязнителей. Болотные экосистемы представляют собой комплекс различных барьеров.

Наиболее распространенными барьерами на поверхности земли являются почвы, торф и глинистые грунты, задерживающие многие виды загрязнителей, карбонатные породы и присущие им воды, выполняющие роль щелочного геохимического барьера.

В последние годы для охраны окружающей среды от загрязнения все более широкое применение находят идеи использования защитного потенциала самой среды. Основными трудностями для их реализации является отсутствие научно-методической и законодательной базы.

Техногенные геохимические барьеры могут специально создаваться для решения различных задач, таких как охрана окружающей среды, обогащение полезных ископаемых, инженерная защита территории и т.д. Такие барьеры предлагается называть искусственными. Для создания искусственных барьеров разрабатываются специальные технологии. Методические основы создания таких барьеров рассмотрены ниже. В качестве материалов, используемых для создания барьеров, применяются различные материалы и вещества в зависимости от специфики барьеров и экономической целесообразности (рис. 3).

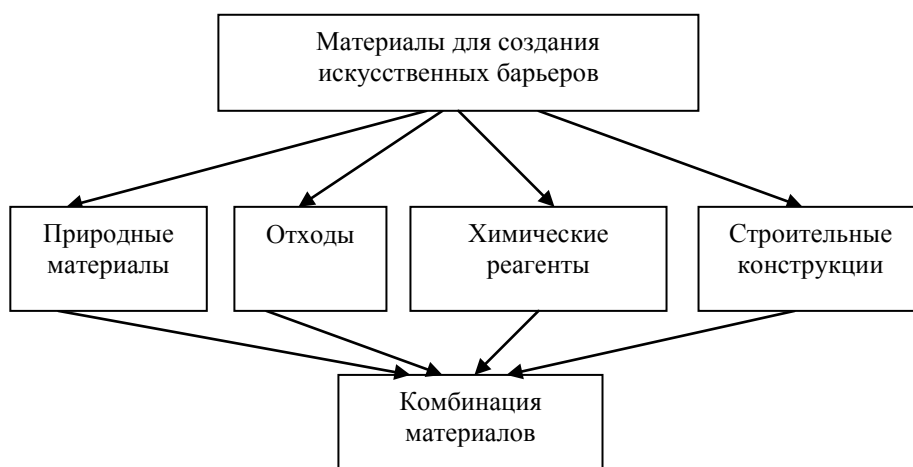


Рис. 3. Материалы, используемые для создания искусственных геохимических барьеров

*Природные материалы* широко используются для создания сорбционных (глины, суглинки, торф и т.д.), щелочных (карбонаты) и других барьеров. Преимуществом использования природных веществ является их широкое распространение, снижающее транспортные расходы и относительно низкая стоимость.

Перспективным направлением является использование различных *отходов*. При этом наряду с их низкой стоимостью решается другая экологическая задача – утилизация отходов.

В том случае, когда природные вещества и отходы малоэффективны для создания барьера, подбираются специальные химические реагенты. Они, как правило, дают возможность обеспечить необходимую эффективность работы барьера, но имеют большую стоимость. Для создания механических барьеров, чаще всего используются специальные *строительные конструкции*. Известны случаи создания барьеров на основе биологических объектов: растительность, микроорганизмы и т.д.

Создание искусственных геохимических барьеров для охраны окружающей среды включает в себя широкий спектр исследований. Схематически они представлены на рис. 4.

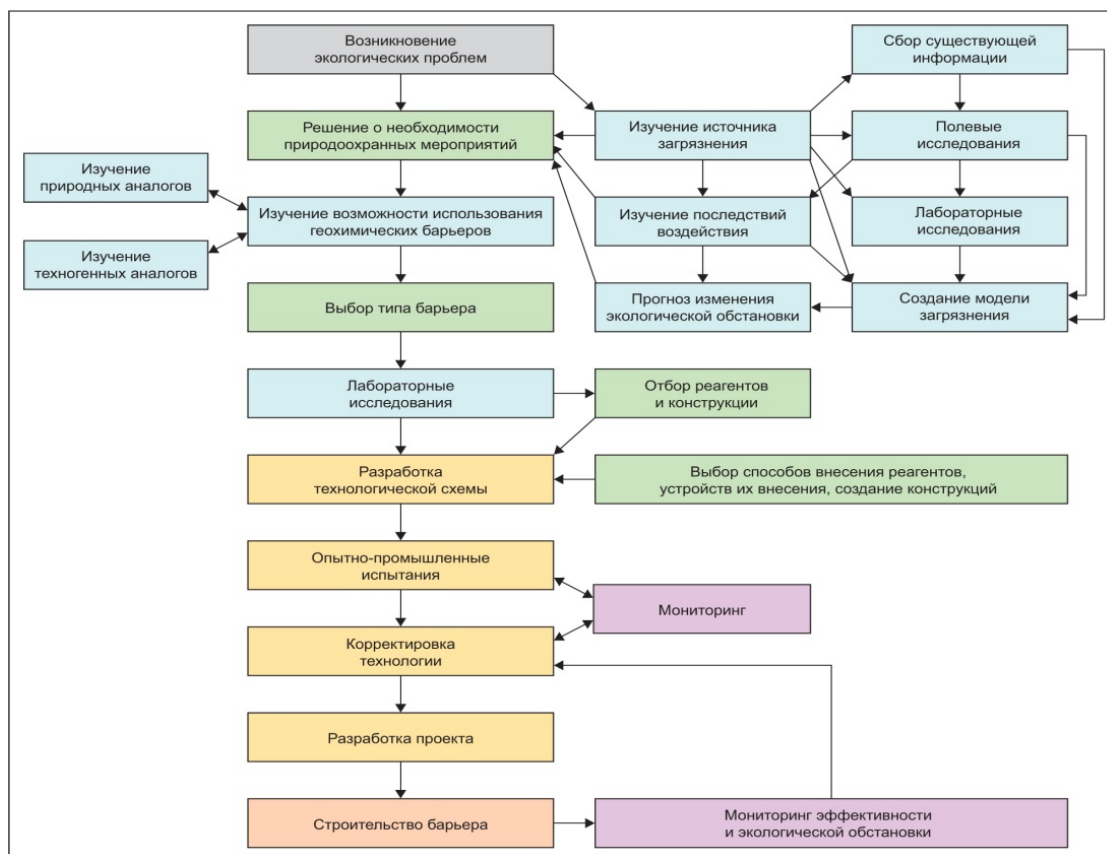


Рис. 4. Схема методического обеспечения создания искусственных геохимических барьеров для охраны окружающей среды

При возникновении экологических проблем, связанных с миграцией загрязнителей из отходов, необходимо охарактеризовать источник загрязнения, изучить последствия и сделать прогноз изменения состояния окружающей

среды. Для этого проводится сбор существующей информации и выполняются полевые и лабораторные исследования, на основании чего создается модель загрязнения.

Полученная информация позволяет оценить принципиальную возможность использования геохимических барьеров. Полезную информацию при этом может дать изучение природных и техногенных аналогов геохимических барьеров. Для выбора типа барьера необходимо выполнить комплекс лабораторных исследований, которые позволят оценить естественные защитные свойства среды или выбрать необходимые реагенты. После этого создается модель барьера и технологическая схема его создания: количество реагентов, способы их внесения, конструктивные особенности и т.д. В дальнейшем проводятся опытно-промышленные испытания, корректируется технология и разрабатывается проект создания барьера. В ходе эксплуатации барьера ведется мониторинг его эффективности, вносятся необходимые корректировки в технологию.

Данная схема или ее отдельные элементы были опробованы авторами на ряде объектов с различными видами техногенного воздействия.

#### **Разработка россыпных месторождений**

Примером использования природных материалов для очистки сточных вод горнодобывающего предприятия от взвешенных частиц является создание фильтров из местных грунтов и отвалов. Опыт по созданию таких геохимических барьеров проводился в бассейне р. Вишеры (Пермский край), где ведется добыча алмазов [13].

Для очистки от взвешенных частиц сточных вод предложено использование грунтовых плотин – классического механического геохимического барьера. Исследования возможности очистки сбрасываемой воды от взвешенных веществ с помощью грунтовых плотин были проведены на участке сброса драги на р. Рассольной. Для плотин использовались дражные отвалы, находящиеся здесь же в долине реки. Концентрация взвешенных веществ в р. Рассольная в зоне влияния драги, в зависимости от количества атмосферных осадков, изменялась от 0,183 до 12 г/л, что во много раз превышает фоновые значения.

Опытные работы показали, что, в зависимости от длины пути фильтрации и материала плотин, концентрация взвешенных веществ снижается в десятки и сотни раз. При уменьшении содержания взвешенных веществ следует ожидать снижения концентрации железа и других загрязняющих компонентов, поскольку их содержание находится в тесной зависимости от содержания взвешенных веществ. Создание искусственных барьеров возможно в непосредственной близости от источника загрязнения, что существенно сокращает зону влияния месторождения на окружающую среду.

#### **Строительство шламохранилищ в металлургии**

При разработке месторождений открытым способом образуются отрицательные формы рельефа, которые нередко используются для складирования отходов производства, что может приводить к загрязнению

окружающей среды. Одним из объектов, где остро стоит эта проблема, является Пашийский металлургическо-цементный завод расположенный на территории Пермского края. Многолетнее складирование отходов газоочистки в необорудованном шламохранилище привело к загрязнению подземных вод и р. Пашийки.

Инфильтрация жидкой составляющей пульпы в коренные породы привела к загрязнению горизонта трещинно-карстовых вод. Подземные воды в зоне влияния шламохранилища имеют повышенную по сравнению с фоновой минерализацию – 0,6-1,0 г/л, содержания хлоридов в 90 раз и сульфатов в 3 раз выше фона. В микрокомпонентном составе подземных вод обнаружены повышенные по сравнению с фоновыми содержания титана - 1,0-1,7 мг/л, марганца – 0,2–0,3 мг/л, меди – 0,2 мг/л, цинка – 0,5–0,7 мг/л, стронция – 2,9–3,4 мг/л. Содержание титана в 10–17 раз, а марганца – в 2–3 раза превышают ПДК. Содержание органики в загрязненных подземных водах, рассчитанное по ХПК, составляет 50–59 мг/л, что в 2 раза выше ПДК и в 5 раз выше фона.

При строительстве нового шламохранилища возникла необходимость разработки надежных мероприятий для защиты подземных и поверхностных вод. После выбора компонентов для комплексного экрана была проведена серия экспериментов в динамических условиях, при которых в фильтрационных колоннах моделировались различные их соотношения. На основании полученных выходных кривых проводили расчеты необходимой мощности слоев экрана и соотношения в них компонентов по методике изложенной в [12, 14]. При постановке серий динамических опытов учитывалась проектная фильтрационная нагрузка на основание шламохранилища, где должен быть сформирован экран.

Результаты исследований показали, что при инфильтрации жидкой фазы пульпы и атмосферных осадков через экран концентрации загрязнителей будут ниже ПДК. Химическое связывание загрязнителей на барьере-экране заведомо обеспечивается в течение сотен лет.

Конструкция экрана. Рекомендуемый экран включает три слоя.

- Нижний слой представляет собой глинистый экран мощностью не менее 20 см. Этот слой должен быть спланирован, выровнен, укатан и иметь горизонтальную верхнюю поверхность. Для создания этого слоя может быть использована местная делювиальная глина, запасы которой в достаточном количестве имеются в непосредственной близости от шламонакопителя. Фильтрационные окна при укладке данного слоя исключаются.

- Средний слой экрана, выполняющий основную функцию перехвата загрязнителей создается из смеси торфа и FeS в соотношении 3:13. Мощность слоя 10 см. В качестве компонентов для создания слоя необходимо использовать FeS или пиритные огарки с наименьшим количеством металлического железа и преобладанием фракции менее 0,1 мм. В качестве второго компонента слоя рекомендуется использовать нормальнозольный верховой торф болотно-озерного генезиса среднеразложенный. Перед укладкой и укаткой компоненты слоя должны быть равномерно перемешаны.

- Верхний слой мощностью 10 см целесообразно создать из местных глин с добавкой гипса (до 10-15 %). для уменьшения щелочности фильтрующейся пульпы. Верхний слой должен быть уплотнен и иметь горизонтальную поверхность.

Роль верхнего и нижнего слоев глины в структуре экрана заключается в уменьшении и рассредоточении фильтрационной нагрузки на всю площадь шламохранилища и в консервации промежуточного слоя FeS и торфа для создания в нем анаэробных восстановительных условий.

Предложенная конструкция экрана после согласования с природоохранными органами вошла в проект нового шламохранилища строительство которого в настоящее время закончено.

#### **Нейтрализация кислых шахтных вод.**

Геохимические способы снижения отрицательного влияния на окружающую среду были апробированы на территории Кизеловского угольного бассейна. Основные экологические проблемы данной территории связаны с размещением породных отвалов на большой площади и самоизливами кислых шахтных вод. Формированию острой экологической ситуации способствуют больше содержание серы (главным образом в форме пирита) (5,8%) и золы (21,5%) и интенсивная закарстованность территории [15, 16].

Для снижения загрязнения поверхностных вод кислыми шахтными водами было предложено использовать в качестве реагента для создания щелочного геохимического барьера *отходы содового производства* [17, 18]. При этом наряду с низкой стоимостью реагента решается другая экологическая задача – утилизация отходов. Проведенные работы показали, что рН шахтной воды повышается с 2,6-2,9 до нейтральных значений. В ходе испытаний суммарное содержание железа снизилось более чем в сто пятьдесят раз до значений не превышающих ПДК. После нейтрализации в шахтной воде не обнаружено алюминия, тогда как до нейтрализации его содержание составляло 10-14 мг/л. Содержание бериллия, лития, никеля, кадмия, кобальта и титана, которые в шахтных водах превышали нормативные концентрации, снижается до значений не превышающих ПДК. Нейтрализованная вода после отстаивания удовлетворяет требованиям ПДК.

Эксперименты с образующимся в результате нейтрализации осадком (В.И. Каменщикова и др.) показали, что он зарастает многолетними травами (timoфеевка, овсяница, пырей, люцерна) практически так же, как и контрольные образцы местной почвы. Осадок предполагается использовать для рекультивации шахтных отвалов, являющихся мощным источником загрязнения окружающей среды [10, 17].

Еще одним источником загрязнения на территории Кизеловского угольного бассейна являются стоки с отвалов. Атмосферные осадки, взаимодействуя с породными отвалами, обогащаются растворимыми соединениями, и характеризуются сильнокислой реакцией среды (рН 1–3),

высокой концентрацией сульфат-иона (до 30 г/л), железа (до 8 г/л), тяжелых металлов и минерализацией до 50 г/л.

Для очистки подземных вод в районах отвалов создавались искусственные щелочные геохимические барьеры. В качестве реагента использовались отходы при добыче известняка. Для очистки подземных вод известняк укладывался в траншею, пройденную до водоупора. В результате применения метода на опытном участке водородный показатель подземных вод повысился с 1,8 до 6,8 и сохранял близкие значения в течение года наблюдений. Существенно снизилась минерализация воды — с 28 до 3,5 г/л, а также содержание основных загрязняющих компонентов.

#### **Очистка карьерных шахтных вод**

Разработка угольных месторождений открытым способом сопровождается откачкой значительных объемов воды. Использование этих вод нередко ограничено высоким загрязнением их компонентам, характерных для угленосной толщи. Особенно эта проблема характерна для аридных регионов, где воды, очищенные до необходимого уровня, могли быть использованы для орошения.

Для снижения содержания сульфатов, которые ограничивали их использование для полива, в технических водах на Холбольджинском разрезе Гусиноозерского месторождении бурого угля в Бурятии также был применен сульфатный барьер.

Использование для полива технической воды, большие запасы которой сосредоточены в выработанном карьере, затруднено повышенным содержанием в ней сульфатов - до 1200 мг/л. Учитывая крайне высокую потребность в водах для орошения была проведена оценка возможности снижения содержания сульфатов. Для этого был предложен способ внесения растворимых солей бария, которые в водной среде при взаимодействии с сульфат-ионом образуют сульфат-бария (барит), практически нерастворимое (произведение растворимости  $1,1 \cdot 10^{-10}$ ).

Опыты по снижению сульфатов соединениями бария были проведены в естественных условиях на территории Холбольджинского угольного разреза. Комплексные лабораторные исследования позволили рассчитать необходимое, для доведения воды до необходимого качества, количество реагентов.

В результате опытных натурных работ содержание сульфатов снизилось до 400 мг/л (при максимально допустимой для полива концентрации 500 мг/л). Содержание остальных компонентов не превышало нормативных значений. Анализ образовавшегося на дне белого осадка показал, что он состоит из барита  $\text{BaSO}_4$  и виверита  $\text{BaCO}_3$ .

#### **Снижение негативного влияния твердых отходов угольной промышленности при использовании их в строительстве.**

Отходы угольной промышленности стихийно, и часто без серьезных исследований используют в строительных целях. Специфический состав отходов может привести к загрязнению геологической среды и формированию агрессивных сред к строительным конструкциям.

Исследование формирования сульфатной агрессивности к подземным конструкциям было проведено на территории ОАО «Метафракс». Объект расположен в г. Губаха Пермского края на склоне долины р. Косой (бассейн р. Камы). При планировочных работах и формировании насыпей наряду с грунтом, перемещенным в пределах площадки, использовались породы отвалов угольных шахт Кизеловского бассейна [19, 20]. В состав насыпных грунтов вошли как горелые, так и негорелые породы с включениями угля. Общий объем завезенных на площадку пород отвалов не учитывался. Как показало обследование, на некоторых участках их содержание достигает 40–90% объема насыпных грунтов. Породы отвалов характеризуются высоким содержанием сульфатной и сульфидной (пирит) серы, достигающим 8,7 %.

После планировки площадки и создания террас произошло формирование техногенного водоносного горизонта в результате утечек из водонесущих коммуникаций, водосодержащих емкостей и атмосферных осадков. Фундаменты глубокого заложения на площадке оказались затоплены на глубину более 2 м. После окончания строительства наблюдалось возрастание минерализации в результате поступления сульфатов из насыпного грунта. На начальных стадиях минерализации вод насыпных грунтов преобладают сульфатный и кальциевый ионы, на последующих, при минерализации более 3 г/л, преобладание переходит к более растворимым сульфатам натрия.

Для борьбы с этим явлением был разработан метод на основе создания искусственного сульфатного геохимического барьера. В качестве реагента для осаждения сульфатов было предложено использование растворимых соединений бария [21], который будет их связывать в нерастворимые соединения.

Опытные работы по нейтрализации агрессивных сред проводились на двух участках. На первом, где подземные воды обладали сильной сульфатной агрессивностью, пробурены две скважины: одна - для засыпки реагента, другая - для наблюдения. После засыпки хлорида бария вода в наблюдательной скважине в скором времени становится неагрессивной по отношению к бетону. К концу четвертого месяца наблюдений концентрация  $SO_4^{2-}$  снизилась в 10 раз.

Проведенные работы показали, что подземные воды, обладавшие средней и сильной сульфатной агрессивностью, становятся неагрессивными по отношению к бетону. Содержание хлоридов и pH на протяжении всего периода наблюдений ниже значений, которые бы делали воды агрессивными по этим показателям.

В результате внесения реагентов существенно изменилась геохимическая активность грунтов. По результатам водной вытяжки общее содержание растворимых солей в грунте на участке 2 уменьшилось в 2,5 раза и к концу наблюдений составляло 2,69 г/кг, содержание  $SO_4^{2-}$  уменьшилось в 3 раза и имело значение 1,30 г/кг. Содержание растворимых солей в 1 м от канавы с реагентом не превышает 0,07 г/кг, причем в водной вытяжке преобладали гидрокарбонатные ионы и ионы кальция. Обработка массива растворимыми

соединениями бария приводит к формированию барита, кальцита, витерита, гипса.

Широкий спектр проблем оптимизации состояния природной среды в районах с интенсивной техногенной нагрузкой выявил важнейшую научную и прикладную область использования геохимических барьеров. Геохимические барьеры могут применяться для снижения содержания в поверхностных и подземных водах, грунтах и почвах загрязнителей широкого спектра: макрокомпонентов, тяжелых металлов, органических соединений и др.

Использование геохимических барьеров позволяет решать возникшие проблемы наиболее простым способом, учитывая естественные защитные функции геологической среды. В качестве материалов для создания барьеров, в зависимости от состава загрязнителей, могут применяться природные образования (почвы, горные породы и т.д.) и производственные отходы, что значительно снижает затраты и в известной мере решает проблему их утилизации. В ряде случаев локализация загрязнения может осуществляться, если при выборе участков складирования отходов используются и активизируются барьерные свойства самой геологической среды.

Высокая экологическая и экономическая эффективность использования геохимических барьеров для охраны окружающей среды показала перспективность данного научного направления и возможность широкого практического применения при создании новых природоохранных технологий.

*Работа поддержана грантом РФФИ (15-05-07461) и Министерством образования и науки РФ (14.В37.21.0603).*

### **Библиографический список**

1. Перельман А.И. Геохимия ландшафта. М.: Высш.шк., 1966. 392 с.
2. Алексеенко В.А., Алексеенко Л.П. Геохимические барьеры: Учеб. пособие. М.: Логос, 2003. 144 с.
3. Перельман А.И., Касимов Н.С. Геохимия ландшафтов: учебное пособие. изд. 3-е, перераб. и доп. М.: Астрей-2000, 1999. 786 с.
4. Langer M. The role of geological barrier in waste disposal projects. *Proceedings International Symposium on Engineering Geology and the Environment, Athens, Greece, 23-27 June 1997.* A.A.Balkema: 3617-3635.
5. *Handbook of Groundwater Remediation using Permeable Reactive Barriers. Applications to Radionuclides, Trace Metals, and Nutrients/ Edited by: David L. Naftz, Stan J. Morrison, Christopher C. Fuller and James A. Davis- Elsevier Science. 2002. 539 p.*
6. Palmer C.D., Wittbrodt P.R. Processes affecting the remediation of chromium-contaminated sites // *Environmental Health perspectives. Vol. 92. P. 25–40. 1991.*
7. Förstner U. Part I: Integrated water quality management: river basin approach. *Geochemical techniques on contaminated sediments-river basin view // Environ Sci Pollut Res Int. 2003;10 (1). P. 58–68.*
8. Максимович Н. Г., Хайрулина Е. А. Геохимические барьеры и охрана окружающей среды. Пермь: Изд-во ПГУ, 2011. 248 с. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2011/0381.pdf>
9. Maximovich N.G., Osovetskiy B.M., Blinov S.M. *Geochemical Barriers and Environment Protection // GeoEng 2000: Conference Proceedings. 19-24 November 2000. Melbourne, Australia.*



10. Максимович Н.Г. Теоретические и прикладные аспекты использования геохимических барьеров для охраны окружающей среды // *Инженерная геология*. 2010. № 3. С. 20–28. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2010/0367.pdf>.
11. Хайрулина Е.А. Формирование экологической обстановки при разработке месторождения калийных солей // *Проблемы региональной экологии*, №4, 2015. С. 140–145.
12. Sergeev V. I., Shimko T. G., Kuleshova M. L., Maximovich N. G. Ground water protection against pollution by heavy metals at waste disposal sites // *Water Science and Technology*. 1996. Vol. 34. № 7–8. P. 383–387. DOI: 10.1016/S0273-1223(96)00768-8. URL: [http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng\\_0177.html](http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0177.html)
13. Максимович Н. Г. Создание геохимических барьеров для улучшения экологической обстановки при разработке россыпных месторождений // *Вестник Пермского университета. Геология*. 2011. Вып. 4 (13). С. 97–104. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2011/0387.pdf>
14. Максимович Н. Г., Сергеев В. И., Шимко Т. Г. Комплексный экран для защиты подземных вод в районе размещения шламов газоочистки // *Экология и промышленность России*. 2006. декабрь. С. 4–7. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2006/0307.pdf>
15. Горбунова К.А., Андрейчук В.Н., Костарев В.П., Максимович Н.Г. Карст и пещеры Пермской области. Пермь, 1992. 200 с. URL: [http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng\\_0129.pdf](http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng_0129.pdf)
16. Maximovich N.G., Kataev V.N., Blinov S.M. Consequence of the Kizel coalfield acid mine water disposal into karst cavities // *Proceeding of the 8th Int. Symposium on Water-rock Interaction-WRI-8. Russia. Vladivostok, 1995. p.885-888. URL: http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng\_0170.html*
17. Максимович Н.Г. Создание геохимических барьеров для очистки стоков породных отвалов // *Уголь*, 2006. №9. С.64. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2006/0305.html>
18. Maximovich N., Khayrulina E. Artificial geochemical barriers for environmental improvement in a coal basin region // *Environmental Earth Sciences*. № 72. 2014. P. 1915-1924. DOI: 10.1007/s12665-014-3099-7. URL: <http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/2014/0442.pdf>
19. Maksimovich N.G., Gorbunova K.A. Formation of aggressivity of groundwaters when rocks from coal-mine dumps are used in construction // *Soviet Engineering Geology (Inzhenernaya Geologiya)*, 1990. №6. P.75–82. URL:
20. Maximovich N.G., Gorbunova K.A. Geochemical aspects of the geological medium changes in coal fields // *Proceeding of 6 Int. Congress Int. Ass. of Engineering Geology. A.A. Balkema.-Rotterdam, 1990. P.1457-1461. URL:*
21. Maximovich N.G., Blinov S.M. The use of geochemical methods for neutralization of surroundings aggressive to underground structures // *Proceeding of 7 Int. Congress Ass. of Engineering Geology.V.5. Portugal, Lisboa.1994. P.3159-3164. DOI 10.1016/0148-9062(92)91095-m URL: http://nsi.psu.ru/labs/gtp/stat/ng\_0119.html.*

**М.А. Осипов<sup>1</sup>, В.П. Тихонов<sup>2</sup>, И.С. Копылов<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>ТОО «Стадия» Казахстан, г. Петропавловск, Республика Казахстан

<sup>2</sup>Естественнонаучный институт, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь, Россия

## **ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ СЕВЕРНОГО КАЗАХСТАНА ДЛЯ МНОГОЦЕЛЕВОГО СТРОИТЕЛЬСТВА**

*В статье освещены вопросы изучения инженерно-геологических условий Северного Казахстана и города Петропавловска. Рассмотрены физико-географические, геологические, гидрогеологические факторы формирования инженерно-геологических условий. Проведены инженерно-геологические изыскания с целью изучения геологических процессов, свойств грунтов и рекомендаций по строительному освоению данной территории.*

*Ключевые слова: инженерная геология, инженерно-геологические изыскания, грунты, инженерно-геологические процессы, Северный Казахстан.*

**M.A. Osipov<sup>1</sup>, V.P. Tikhonov<sup>2</sup>, I.S. Kopylov<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>LLP «Stage» Kazakhstan, Petropavlovsk, Republic of Kazakhstan

<sup>2</sup>Natural Sciences Institute, Perm State University, Perm, Russia

## **ENGINEERING GEOLOGICAL STUDY OF NORTHERN KAZAKHSTAN FOR THE MULTIPURPOSE BUILDING**

*The study of engineering-geological conditions of Northern Kazakhstan and Petropavlovsk covered in the article. Physico-geographical, geological, hydrogeological factors of formation. geological conditions are considered. Engineering-geological surveys to study the geological processes, soil properties and recommendations for building development of this area held.*

*Keywords: engineering geology, geological engineering, soils, geotechnical processes, Northern Kazakhstan.*

### **Введение**

Северный Казахстан имеет значительный промышленный потенциал, связанный как с ресурсами, так и с выгодами экономико-географического положения. Особую роль играет горнорудная промышленность. Здесь сосредоточено более 90% разведанных запасов железной руды и бокситов Казахстана, а также значительные запасы угля, циркония, урана, золота. По территории проходит сеть магистральных железных дорог.

Петропавловск (каз. Петропавл) – административный центр Северо-Казахстанской области. Самый северный город Республики Казахстан. Расположен в юго-западной части Западно-Сибирской равнины, на правом

берегу реки Ишим, самого длинного притока Иртыша, в 40 км к югу от границы с Российской Федерацией, в 428 км к северу от столицы Астаны. Численность населения Петропавловска на 1.01. 2015 г. – 210,4 тыс. человек, площадь 221,6 км<sup>2</sup>.

Для многоцелевого строительства и контроля за состоянием геологической среды региона и городов необходимо изучение инженерно-геологических условий региона и факторов, определяющих эти условия [4-7, 11].

Под факторами региональной инженерно-геологической обстановки здесь понимаются движущие силы (причины) различных процессов, происходящих в природе, обуславливающих формирование и изменение верхней части литосферы, природных и природно-техногенных ландшафтов, запасов и химического состава подземных вод, геохимических полей, месторождений полезных ископаемых, а также приводящих к изменению геологической среды. Основными региональными факторами инженерно-геологических условий являются: 1) физико-географические факторы (орографические, климатические, гидрологические, геоботанические, почвенные условия), 2) геологические факторы (литолого-фациальные условия, структурно-тектоническая обстановка, неотектонические и геоморфологические условия) и 3) гидрогеологические факторы [8]. Указанные выше факторы оказывают значительное влияние на инженерно-геологические условия территории и особенности ее хозяйственного освоения. Немаловажное значение при этом играют инженерно-геологические изыскания, которые определяют конструктивные особенности, местоположение и последующую эксплуатацию проектируемых сооружений.

### **Физико-географические факторы**

Северный Казахстан располагается в пределах Западно-Сибирской равнины – одной из самых больших аккумулятивных низменных равнин земного шара. Она простирается от берегов Карского моря до степей Казахстана и от Урала на западе до Среднесибирского плоскогорья на востоке. Равнина протянулась с севера на юг более чем на 3400 км, с запада на восток почти на 2000 км и отчетливо обособлена от окружающих территории. Как и на других равнинах, здесь представлены крупные элементы рельефа – плато, возвышенности, наклонные равнины и низменности. Сравнительное однообразие рельефа обуславливает хорошо выраженную зональность ландшафтов Западной Сибири – от тундровых на севере до степных на юге. Из-за слабой дренированности территории в ее пределах весьма видную роль играют гидроморфные комплексы: болота и заболоченные леса занимают в общей сложности около 128 млн. га, а в степной и лесостепной зонах много солонцов, солодей и солончаков. К югу от линии г. Ишим – оз. Убинское лесоболотная зона сменяется степной, заболочиваемость которой проявляется довольно слабо и вызывает формирование массивов крупноосоковых болот [10].

Большое значение в развитии рельефа этой территории имеют аккумулятивная и абразионная деятельность широко развитых в ее пределах озер. В области развития минерализованных озер с засолением связано формирование солончакового мезо- и микрорельефа. Определенную роль в развитии рельефа Западно-Сибирской равнины играют эоловые процессы. Однако в современную эпоху природный эоловый фактор проявляется слабо, главным образом в южных районах Кулундинской степи. Роль эоловых процессов в развитии рельефа водораздельных равнин в голоцене также незначительна.

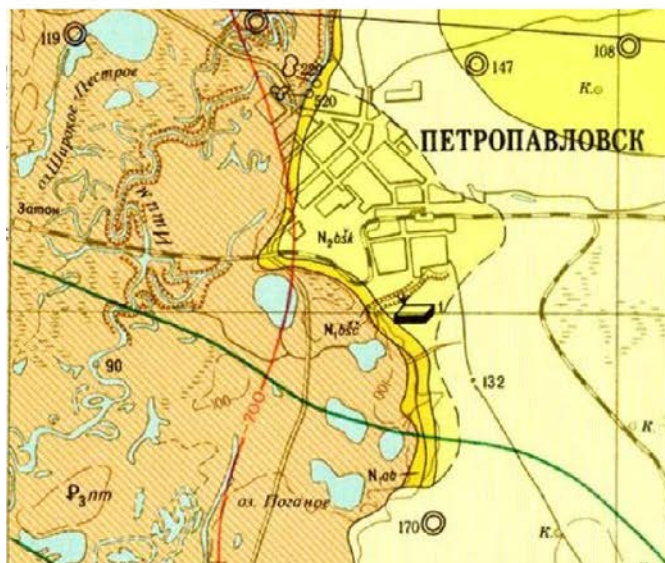
Климат резко континентальный, со значительными колебаниями температуры (зима-лето). Весной преобладает ясная и сухая погода, с большим количеством солнечных дней. Лето достаточно жаркое, с преобладанием ясной, часто засушливой погоды, в отдельные годы дожди могут быть с разной частотой, от редких и вплоть до перехода в пасмурное и дождливое лето. В августе-сентябре начинается сезон дождей. Осенью наблюдается погода от ясной в начале сезона, до пасмурной в октябре-ноябре, характерен осенний период в течение одной-двух недель с тёплой и сухой погодой и ясным небом, посреди пасмурной и холодной осени. Зима морозная и продолжительная (более 5 месяцев), с устойчивым снежным покровом высотой в среднем до 40-50 см, с преобладанием ясной погоды, в отдельные годы с нечастыми метелями и выюгами. В городе нередки весенние и осенние гололёды.

Растительность и почвы. Район по растительности относится к разнотравно-злаковым лугам с переходом к сельскохозяйственным землям на месте богато-разнотравно-красноковыльных и богато-разнотравно-морковниково-красноковыльных степей в сочетании с березовыми и осиново-березовыми лесами. На данном участке растительность представлена луговыми травами и камышом, деревья и кустарники не имеются. Почвенный покров представлен преимущественно обычными и черными карбонитовыми почвами.

Водные ресурсы представлены в виде рек, озер и водохранилищ. Наиболее крупные реки Северного Казахстана: Ишим, Нура, Силеты, Куланотпес; озера: Тенгиз (1162 км<sup>2</sup>), Кыпчак, Керей, Кожаколь; водохранилища: Вячеславское и Силетинское.

### **Геологические факторы**

Рассматриваемый район расположен в пределах Западно-Сибирской плиты, состоящей из допалеозойских, байкальских, каледонских и герцинских блоков. Наиболее древний – Иртыш-Надымский срединный массив. Фундамент разбит разновозрастными глубинными разломами. Наиболее крупные – Восточно-Зауральский и Омско-Пурский (Колтогорско-Уренгойский) субмеридиональные разломы. Фундамент плиты представляет собой огромную депрессию с крутыми восточными и северо-восточными и пологими южными и западными бортами [1]. Фрагмент геологической карты показан на рис. 1.



ЧЕТВЕРТИЧНАЯ СИСТЕМА	Q	Пески разнообразие с гравием и галькой, глины песчаные, супеси, суглинки (только на разрезах)
НЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА	N <sub>2</sub> ks	Верхний ярус. Куставская свита. Глины известковые с гравием и галькой мергеля, разнообразие пески, глиняные гравелисты
	N <sub>2</sub> bsk	Средний ярус. Бишюльская свита. Глины известковые, песчаные, с включенными мергеля, раковинного детрита, прослой глиняных гравелитов, песков
	N <sub>2</sub> pv	Нижний-средний ярус. Павлодарская свита. Глины темно-серые с мергелями конкриями, с зрелыми погребенными почва
	N <sub>2</sub> tv	Верхний ярус. Таволжанская свита. Серовато-зеленые жирные глины с желваками мергеля
	N <sub>2</sub> bsk	Нижний - средний ярус. Бешюльская свита. Алевриты, глины песчано-алевритовые, пески, обделенные крахмальные алевриты
	N <sub>2</sub> ob	Нижний ярус. Абрисинская свита. Глины алевритовые с растительными детритами, иногда лигнитизированные, алевриты, прослой песков
ПАЛЕОГЕНОВАЯ СИСТЕМА	P <sub>2</sub> zr	Верхний олигоцен. Журовская свита. Алевриты и алевритовые глины с глауконитом, разнообразие пески
	P <sub>2</sub> om	Нижний - средний олигоцен. Половинкаловская свита. Алевриты, глины алевритовые лигнитизированные, прослой лигнитов
	P <sub>2</sub> zg	Верхний ярус - нижний олигоцен. Чеганская свита. Глины листоватые, прослой и лизы песков, песчанники и алевриты
	P <sub>2</sub> ll	Ярус Лилинзорская свита. Глины, опоки, песчанники, пески, алевриты, лизы и тонкие прослойки алевритов
	K <sub>2</sub> gn	Гильянская свита. Глины и алевриты известковые, прослой песчанников, песков и алевритов (магистратский ярус)
НИЖНИЙ ОТДЕЛ	K <sub>2</sub> br	Бирюзовская свита. Глины, прослой песчанников, алевритов, песков (хомакский - ситонский и кампанский ярус)
	K <sub>2</sub> tz	Кузнецовская свита. Глины аргиллятоподобные, песчанники, прослой алевритов, песков (гуронский ярус)
	K <sub>1</sub> pk	Нижний - верхний отдел. Покурская свита. Пески, песчанники, глины, алевриты (итский - альбский и семеновский ярус)
НИЖНИЙ ОТДЕЛ	K <sub>1</sub> ls	Кивийская свита. Глины нестроичные, прослой песков, песчанников, реже алевритов и алевритов (готерийский - бирюзовский ярус)
	K <sub>1</sub> tr	Тарская свита. Пески, песчанники, прослой глины аргиллятоподобные, алевритов и гравелитов (альпийский ярус)
ПЕРМСКАЯ СИСТЕМА	P	Аргиллиты с прослойками алевритов и песчанников
КАМЕННО-УГОЛЬНАЯ СИСТЕМА	C <sub>1</sub>	Нижний отдел. Аргиллиты, алевриты, песчанники, известняки, прослой конгломератов, туфопесчанников, туфов

Рис. 1. Фрагмент геологической карты дочетвертичных отложений [3]

В геолого-литологическом строении района г. Петропавловска принимают участие аллювиальные отложения современного четвертичного возраста и неогеновые отложения морского происхождения. Подстилающая система коренных отложений – палеогеновые отложения средне-верхнего олигоцена (рис. 2) [3, 9].

Геологический разрез (сверху вниз) представлен следующими грунтами:

- суглинистый почвенно-растительный слой, мощность 0,3-0,5 м.
- суглинки аллювиальные современного четвертичного возраста серовато-коричневого цвета, от текучей до мягкопластичной консистенции, мощность 3 м.
- глины аллювиального современного четвертичного возраста, серовато-коричневые, с вкраплениями известняка, ожелезненные, с пятнами оглеения, тугопластичной консистенции, мощность 1-1,2 м.



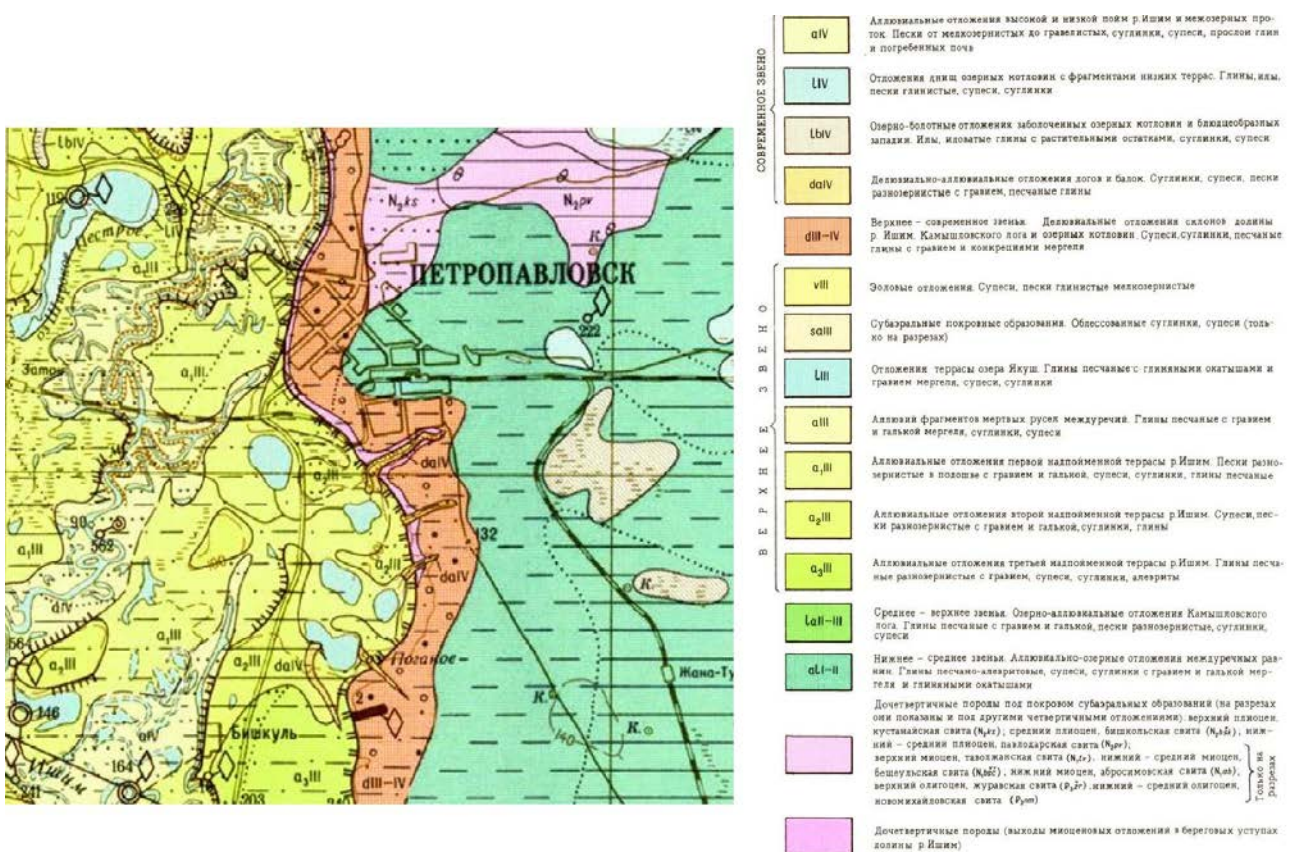


Рис. 2. Фрагмент геологической карты четвертичных отложений [3]

- глины неогеновые морского происхождения, коричневые с серым, с включением кремнисто-известковых стяжений и конкреций содержанием до 20 %, с рыхлыми скоплениями кремнисто-известковых включений содержанием до 40 %, глин от текучей до твердой консистенции, мощность 8,2-8,5 м.

По геоморфологическим условиям рассматриваемый район приурочен к правобережному склону р. Ишим. Поверхность практически горизонтальная, нерасчлененная с преобладающими отметками 130-140 м.

### Гидрогеологические факторы

Гидрогеологические особенности и ресурсы подземных вод находятся в тесной связи с геолого-структурными условиями, рельефом и климатом. По гидрогеологическому районированию район относится к Северо-Казахстанскому артезианскому бассейну.

Подземные (грунтовые) воды верхних горизонтов приурочены к аллювиальным, аллювиально-делювиальным суглинистым отложениям. По химическому составу грунтовые воды смешанного состава, преимущественно – кальциево-калиево-сульфатно-натриевые. Уровень грунтовых вод в скважинах располагается близко от поверхности (0,1 м от поверхности земли).

Территория относится к подтопленным территориям, характер подтопления природно-техногенный. Отдельные районы г. Петропавловска в период весеннего половодья, подтапливаются, покрываются водой мощностью до 0,15 м. Максимальный подъем уровня подземных вод наблюдается в конце апреля начале мая месяца. Так же отмечены повышения уровня грунтовых вод

при авариях водопроводов. В течение года уровень грунтовых вод подвержен периодическим колебаниям. При строительстве основными факторами подтопления являются изменение условий поверхностного стока воды при вертикальной планировке, разрушение естественных водотоков, накопление атмосферных вод в котлованах при большом разрыве между земляными и строительно-монтажными работами, утечки производственно-бытовых вод, уменьшение испарения при эксплуатации под зданиями и дорожными покрытиями. Питание грунтовых вод в районе в большей части происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков. Обильное таяние снега, прохладная весна, обильные летние и осенние осадки, существующая застройка неизбежно вызывают застаивание поверхностных вод, которые через грунт, нарушенный во время ведущегося строительства, просачиваются в ниже лежащие слои грунта и с учетом капиллярного поднятия вызывают подъем уровня грунтовых вод. Насыщение поверхностной водой, как правило, ведет к ухудшению характеристик ниже лежащих слоев грунтов, развитию явлений просадочности и увеличению степени морозной пучинистости.

### **Инженерно-геологическая характеристика и районирование**

В составе грунтов в рассматриваемом районе по инженерно-геологической классификации выделено 3 инженерно-геологических элемента (ИГЭ) [2]:

1-ИГЭ – аллювиальные современные четвертичные отложения ( $aQ_4$ ): суглинки, серовато-коричневого цвета, от текучей до мягкопластичной консистенции. Вскрытая мощность слоя суглинков изменяется от 3,0 м до 3,1 м, при глубине залегания подошвы слоя 3,5 – 3,6 м.

Физико-механические свойства грунта 1-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- по степени пучинистости грунты относятся к сильнопучинистым;
- по степени водонасыщения: насыщенные водой;
- суглинки непросадочные и ненабухающие при замачивании водой (при  $ESL < 0.01, \varepsilon SW < 0.04$ ).

2-ИГЭ – аллювиальные современные четвертичные отложения ( $aQ_4$ ): глина аллювиального современного четвертичного возраста серовато-коричневая, с вкраплениями известняка, ожелезненная, с пятнами оглеения, тугопластичной консистенции. Вскрытая мощность слоя изменяется от 1,0 до 1,3 м, при глубине залегания подошвы слоя 4,5-4,8 м.

Физико-механические свойства грунта 2-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- по степени пучинистости грунты относятся к сильнопучинистым;
- по степени водонасыщения: насыщенные водой;
- глины непросадочные и ненабухающие при замачивании водой (при  $ESL < 0.01, \varepsilon SW < 0.04$ ).

3-ИГЭ – неогеновые отложения морского происхождения ( $mN_2$ ): представленные глинами, коричневыми, местами серыми, с включениями кремнисто-известковых стяжений и конкреций содержанием до 20 %, с

рыхлыми скоплениями кремнисто-известковых включений содержанием до 40 %, которые ослабляют структурные связи в грунтах; глина от текучей до твердой консистенции, в целом плотно сложенная. Мощность слоя глины в изменяется от 8,2 до 8,5 м при глубине скважин до 13 м.

Физико-механические свойства грунта 3-ИГЭ характеризуются следующими нормативными значениями показателей:

- глины в основном полутвердой и твердой консистенции, непросадочные, слабонабухающие при замачивании водой;
- по степени пучинистости грунты являются условно непучинистыми [9].

### **Заключение**

По анализу инженерно-геологических условий Северного Казахстана и проведенным изысканиям в районе г. Петропавловска установлено следующее:

- по сложности инженерно-геологических условий район относится к II категории сложности;
- территория относится к подтопленным территориям, характер подтопления природно-техногенный;
- до глубин исследований толща четвертично-неогеновых отложений – непросадочная;
- аллювиальные грунты голоцена отнесены к сильно пучинистым, плиоценовые отложения – к условно непучинистым;
- экзогенные геологические процессы развиты спорадически.

тектонические нарушения (по данным известных геологических материалов – геологических съемок) отсутствуют, однако по данным аэрокосмогеологических исследований в районе отмечены зоны тектонических нарушений различной интенсивности.

Руководствуясь вышесказанным при многоцелевом строительстве в районе г. Петропавловска рекомендуются мероприятия:

- предусмотреть свайный тип фундамента глубиной не менее 8 м. Несущим основанием определить грунты 3-ИГЭ;
- на период проведения строительно-монтажных работ на участках работ предусмотреть дренажную систему;
- предусмотреть систему ливневого дренажа с отводом поверхностных вод за пределы участков работ с целью недопущения подъема уровня грунтовых вод и заболачивания территорий;
- предусмотреть защитные мероприятия от разрушения грунтов основания и фундаментов силами морозного пучения.

В целях системного инженерно-геологического изучения и геологической безопасности рекомендуется проведение крупномасштабного инженерно-геологического картографирования с применением аэрокосмогеологических и геофизических методов выявления трещинных зон и созданием геоинформационной системы геологической среды города [5, 6].

### **Библиографический список**

1. Гвоздецкий Н.А., Михайлов Н.И. *Физическая география СССР (Азиатская часть)*. М.: Высш. шк., 1987. 448 с.



2. ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация.
3. Государственная геологическая карта СССР. Масштаб 1:200 000. Серия Западно-Сибирская. Лист N-42-X (Петропавловск) // Бобоедова А.А., Полетаев А.М. ВСЕГЕИ. Составитель карты: Севказгеология, 1987.
4. Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Копылов И.С. Инженерно-геологические условия Жилинского калийного месторождения (Казахстан) // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
5. Коноплев А.В., Копылов И.С., Пьянков С.В., Наумов В.А., Ибламинов Р.Г. Разработка принципов и создание единой геоинформационной системы геологической среды г. Перми (инженерная геология и геоэкология) // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 6.
6. Копылов И.С., Коноплев А.В., Голдырев В.В., Кустов И.В., Красильников П.А. К вопросу об обеспечении геологической безопасности развития городов // Фундаментальные исследования. 2014. № 9-2. С. 355-359.
7. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г. Новейшая тектоника и современная геодинамика Западного Казахстана на Жилинском месторождении калийных солей // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 5.
8. Копылов И.С., Коноплев А.В., Ибламинов Р.Г., Осовецкий Б.М. Региональные факторы формирования инженерно-геологических условий территории Пермского края // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2012. №84. С. 102-112.
9. Отчет об инженерно-геологических изысканиях «78-и квартирный жилой дом в микрорайоне «Береке», г. Петропавловск». ТОО «Стадия», г. Петропавловск. 2015 г. Арх. №12.
10. Пиотровский В. В. Геоморфология с основами геологии. Изд. 2, перераб. и доп. М., «Недра», 1977. 224 с.
11. Bakytzhanova B.N, Kopylov I.S., Dal L.I., Satekov T.T. Geoecology of Kazakhstan: zoning, environmental status and measures for environment protection // European Journal of Natural History. №4 2016. С.28-33.

**Н.Е. Щепина**

Естественнонаучный институт, Пермский государственный  
национальный исследовательский университет

**ЯДЕРНО-ХИМИЧЕСКИЙ МЕТОД ГЕНЕРИРОВАНИЯ  
НУКЛЕОГЕННЫХ ФЕНИЛ-КАТИОНОВ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИХ В  
ОРГАНИЧЕСКОЙ ХИМИИ, БИОХИМИИ И ФАРМАЦЕВТИКЕ**

*Представлен обзор проведенных научных исследований (2011-2016гг.) по ядерно-химическому методу генерирования нуклеогенных (полученных при процессах бета- распада) фенил-катионов и изучения их ион-молекулярных реакций с азотсодержащими шестичленными гетероциклическими соединениями. Впервые осуществлена неизвестная ранее реакция прямого фенилирования атома азота в азинах и диазинах. В результате одностадийного синтеза получены различные N-фенильные производные пиридина, хинолина, акридина, фенантридина и бензохинолина, пиразина, хиноксалина, хиназолина, феназина, меченные тритием, многие, из которых являются перспективными бактерицидными препаратами широкого спектра действия. Высокочувствительный метод меченых атомов применен для исследования пути протекающих реакций. Проведено изучение влияния природы заместителя на механизмы конкурентных реакций электрофильного присоединения и замещения, а также, на вариации биологического действия.*

*Ключевые слова: Бета-распад трития, нуклеогенные фенил-катионы, ядерно-химический метод, N-фенилзамещенные азиниевые и диазиниевые производные, меченные тритием биомаркеры.*

**N.E. Shchepina**

Natural Sciences Institute, Perm State University

**NUCLEAR-CHEMICAL METHOD OF GENERATION OF NUCLEOGENIC  
PHENYL CATIONS AND THEIR APPLICATION IN ORGANIC  
CHEMISTRY, BIO- AND PHARMACEUTICAL CHEMISTRY**

*Review of undertaken scientific research (2011-2016 years) on nuclear-chemical method of generation of nucleogenic (formed by beta-decay) phenyl cations, and investigations of their ion-molecular reactions with nitrogen six ring heterocyclic compounds have been presented. Unknown reaction of direct nitrogen atom phenylation in azines and diazines has been realized. As a result one step synthesis of different tritium labeled N-phenyl derivatives of pyridine, quinoline, acridine, phenantridine, and benzoquinoline, pyrazine, quinoxaline, quinazoline, phenantridine which are perspective bactericidal medicines of a broad spectrum of activity have been carried out. The highly sensitive method of labeled atoms was applied to a*

*research of pathways of the proceeding reactions. Studying of influence of the substituent nature on the mechanisms of electrophilic addition and substitution reactions, and also, on a variation of biological effect was undertaken.*

*Keywords: Tritium beta-decay, nucleogenic phenyl cations, nuclear-chemical method, N-phenyl substituted azinium and diazinium derivatives, tritium labeled biomarkers.*

## **Введение**

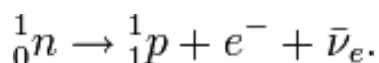
Расширение арсенала новых методов синтеза сложных органических веществ, получение ранее неизвестных или труднодоступных соединений с важным прикладным значением всегда остается актуальной задачей. Введение же радиоактивной метки, а именно, тритиевой приводит к расширению возможностей исследования и применения перспективных органических производных. И хотя получен целый ряд меченных тритием органических веществ, применяемых в различных областях химии, биологии и медицины, широкое использование преимуществ меченых соединений во многом тормозится из-за сложности, многостадийности и трудоёмкости способов их получения, а также малого ассортимента исходных меченых прекурсоров. Разработка нового пути введения тритиевой метки в органические молекулы в результате ядерно-химического метода и последующих ион-молекулярных реакций свободных нуклеогенных фенил-катионов, полученных при процессах  $\beta$ -распада, создание простого и эффективного синтеза меченных тритием биологически активных соединений, изучение путей протекания реакций органической химии и биохимии с помощью метода меченых атомов в настоящее время является насущной и актуальной задачей.

### **Цель проводимых исследований заключалась:**

- В разработке нового и эффективного подхода к использованию радиохимического метода для целей уникального органического синтеза;
- В создании нового нетрадиционного метода синтеза фенилзамещенных органических, элементоорганических и гетероциклических производных, меченных тритием;
- В получении ранее неизвестных в классической химии органических соединений;
- В осуществлении неизвестной реакции прямого фенилирования атома азота в шестичленных гетероциклических соединениях и разработке одностадийного синтеза важных биологически активных объектов, меченных тритием (радиоактивных биомаркеров);
- Изучение механизмов биологического действия и процессов метаболизма лекарственных веществ с помощью тритиевой метки;
- В применении метода меченых атомов для исследования путей протекания электрофильных реакций.

### **Основа ядерно-химического метода**

Как известно, процессы  $\beta$ -распада – это результат превращения нейтрона в протон в составе ядра по схеме [1-3]:

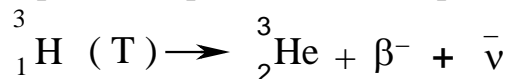


где  ${}^1_0n$  и  ${}^1_1p$  – нейтрон и протон;  $e^-$  – ядерный электрон ( $\beta^-$  – частица);  $\bar{\nu}_e$  – антинейтрино.

Такое превращение приводит к возникновению ядра нового элемента с зарядом, на единицу большим. Поскольку при этом число атомных электронов остается неизменным, то зарядовое состояние атома нового (дочернего) элемента также увеличивается на единицу.

Процессы радиоактивного распада атомов в составе молекул различных веществ привлекают внимание химиков и специалистов смежных областей в связи с тем, что они открывают широкие возможности в создании новых методов синтеза ранее неизвестных химических форм. Использование процессов  $\beta$ -распада позволило получение соединений полония, ксенона, технеция и брома [4-7].

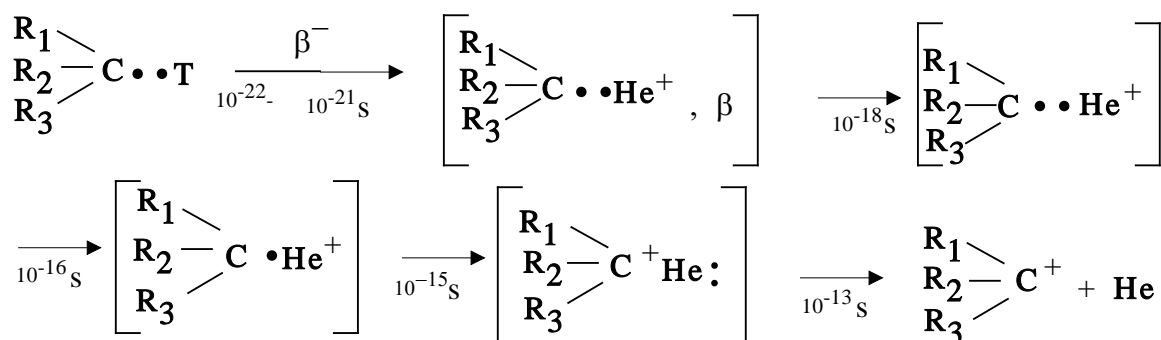
Процесс  $\beta$ -распада атома трития можно представить следующей схемой:



В случае распада трития при малой массе дочернего атома энергия отдачи оказывается незначительной. Это обусловлено малой граничной энергией  $\beta$ -частиц. В результате выход однократно заряженных ионов гелия по сравнению с другими элементами является максимальным.

Одним из наиболее интересных и важных аспектов химических изменений при  $\beta$ -распаде атомов молекулярных систем является их использование для получения промежуточных реакционно-способных частиц – карбениевых ионов. Изучение последствий бета-распада трития в составе углеводородов было начато в конце 20 века двумя группами ученых: профессора В.Д. Нефедова (Ленинградский госуниверситет) и итальянской группой (Cacace, Speranza) [8-10]. Но лишь российской школе (В.В. Аврорин, Н.Е. Щепина) удалось реализовать синтетическое направление ядерно-химического метода. Были получены неизвестные в классической химии тетрафениламмониевые соли и органические производные поливалентного фтора [11-12].

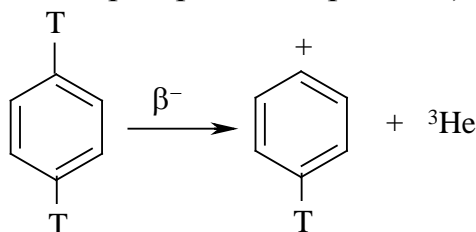
Ядерно-химический метод, основанный на генерировании свободных нуклеогенных катионов при процессах бета-распада, дает уникальную возможность разработки нетрадиционных путей синтеза, а также получение ранее неизвестных или труднодоступных соединений, меченных тритием – радиоактивных биомаркеров. Основа ядерно-химического метода состоит в следующем: при  $\beta$ -распаде трития в составе тритированного углеводорода происходит генерирование нуклеогенных карбокатионов:



Несмотря на то, что часть первоначально образованных ионов нестабильна и может фрагментироваться, выходы карбокатионов достаточно высоки (от 72 до 83%).

Если углеводороды в своем составе содержат только один атом трития, то следить за продуктами взаимодействий карбениевых ионов не представляется возможным. Это связано с тем, что количество таких продуктов чрезвычайно мало, и наиболее удобный метод анализа такого малого количества веществ – это радиометрический. Особенностью радиометрического метода детектирования является не только высокая чувствительность ( $\sim 10^{-15}$  г-моль), но и возможность абстрагироваться от всех не меченых продуктов реакции, которых очень много, что осложняет процесс анализа. Поэтому необходимым условием получения свободных карбениевых ионов и изучения их ион-молекулярных реакций является использование углеводородов, содержащих, по крайней мере, два атома трития.

При бета-распаде трития в составе бензола происходит генерирование нуклеогенных (т.е. образованных при процессах распада) фенил-катионов:



Необходимо отметить, что генерируемые фенил-катионы представляют собой особый интерес вследствие их бóльшей устойчивости по сравнению с алифатическими аналогами, фиксированностью метки, а также известными в классической химии трудно преодолимыми стерическими препятствиями при многих реакциях фенилирования.

Наряду с большими выходами карбениевых ионов (в случае фенил-катионов – 72%) ядерно-химический метод имеет ряд существенных преимуществ перед классическими методами:

- а) полученные катионы являются «свободными», т.е. не имеют противоиона и сольватной оболочки;
- б) возможно получение ионов различной структуры и положения заряда;
- в) при низких температурах карбениевые ионы являются достаточно устойчивыми, поскольку образуются в матрицах атомов гелия (потенциал

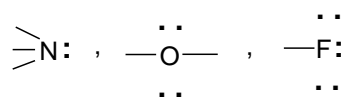
ионизации благородного газа значительно выше потенциала ионизации углеводородных радикалов);

г) ион-молекулярные реакции протекают на поверхности стабилизирующей соли в отсутствие растворителя;

д) поскольку процессы бета-распада не зависят от температуры, давления и т.п., то на результат реакции мало влияют внешние факторы.

### **Ион-молекулярные реакции нуклеогенных фенил-катионов с нуклеофильными центрами шестичленных азотистых гетероциклов**

Наиболее характерной особенностью реакций карбениевых ионов является стремление достроить электронную структуру карбеноидного атома до электронного октета, что достигается путем взаимодействия с участками молекул, имеющими повышенную электронную плотность. Такими участками являются в первую очередь атомы с неподеленными парами электронов – *n*-доноры:



Атомы, имеющие кратные связи –  $\pi$ -доноры (алкены, алкины, ароматические соединения) и в значительно меньшей степени  $\sigma$ -доноры.

Для проведения ядерно-химического синтеза необходимо осуществление следующих стадий:

а) синтез меченного тритием бензола – источника свободных нуклеогенных фенил-катионов;

б) получение субстратов – нуклеофилов, используемых в исследуемых ион-молекулярных реакциях;

в) осуществление ион-молекулярных взаимодействий фенил-катионов с исследуемыми субстратами;

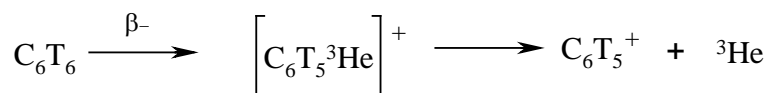
г) для идентификации крайне малых количеств радиоактивных веществ необходимо проведение также синтеза неактивных носителей и свидетелей – органических соединений;

д) разработка методов выделения и идентификации меченых продуктов ион-молекулярных реакций;

е) измерение активности меченых продуктов и определение относительных выходов синтезированных соединений.

Для применения синтезированных соединений в качестве тритиевых биомаркеров необходимо предварительно провести биологический скрининг на полученных неактивных веществах. Определить область использования и наиболее перспективное производное для более детального изучения.

Ранее нами был проведен цикл работ по генерированию нуклеогенных фенил-катионов, полученных в результате  $\beta$ -распада трития в составе как полностью тритированного бензола:



так и дитритийбензола:



А также были изучены ион-молекулярные реакции полученных свободных нуклеогенных фенил-катионов с различными классами полицентровых нуклеофилов – органических, элементоорганических и гетероциклических соединений [11, 13-14].

Логическим продолжением исследований в данном направлении явилось применение ядерно-химического метода для синтеза ониевых производных шестичленных азотистых гетероциклов. Подобные нуклеофилы были выбраны неслучайно:

а) во многих случаях классическими методами осуществить прямое фенилирование невозможно, а получение меченных тритием производных является крайне трудоёмким;

б) высокая биологическая активность и обширные области применения азотсодержащих шестичленных гетероциклов.

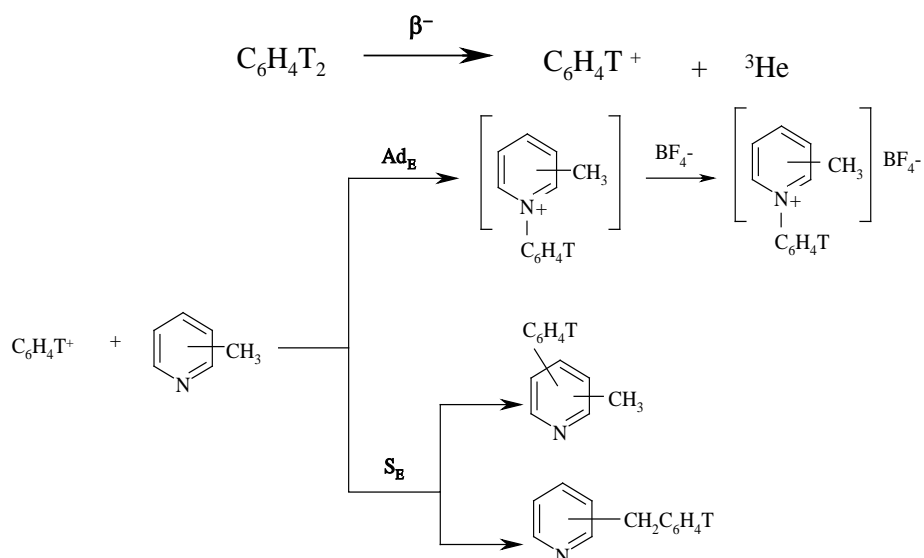
Поиск новых методов синтеза важных биологически активных соединений всегда является актуальной задачей химии и фармакологии. К началу 21 века примерно около 2/3 от всех производимых в мире лекарственных веществ составляли гетероциклические соединения, причем одними из наиболее значимых представляются азотсодержащие гетероциклические производные [15-17].

Эффективность лекарственных препаратов во многом определяется растворимостью в воде и проницаемостью через клеточные мембраны, и этим во многом объясняется широкое использование гидрофобных липофильных четвертичных пиридиниевых солей [18-19]. Исследования показали, что биологическая активность четвертичных пиридиниевых производных во многом зависит от структуры заместителя, имеющегося в пиридиновом цикле [20].

Однако синтез даже незамещенных *N*-фенильных производных пиридина представляет существенные синтетические трудности, поскольку реакция прямого фенилирования атома азота в кольце производных пиридина не осуществима [21-22].

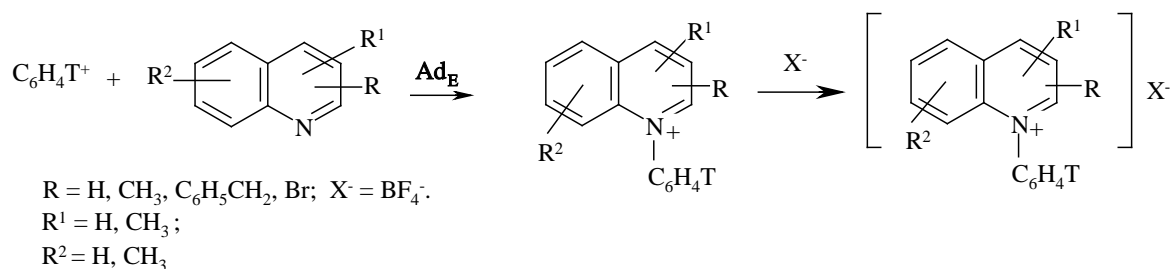
В связи с исключительной прикладной значимостью пиридиниевых производных, актуальной становится также и необходимость детального изучения механизмов химических и биологических процессов с их участием. В настоящее время для этой цели эффективно используется метод изотопной, особенно тритиевой метки, позволяющий проводить высоко чувствительные исследования биоорганических веществ [23-26].

При изучении ион-молекулярных реакций нуклеогенных фенил-катионов с метилпиридинами была впервые обнаружена реакция прямого фенилирования атома азота в пиколинах (2-, 3- и 4-метилпиридинах) с образованием *N*-фенилпиколиниевых производных [27].



Проведено изучение взаимного влияния атома азота и заместителя в гетероароматическом кольце на ход исследуемых электрофильных реакций. Показано, что при использовании свободных нуклеогенных фенил-катионов в случае 4-метилпиридина реакция замещения возможна и в положения 2 и 3 кольца в отличие от классической реакции электрофильного замещения.

Ядерно-химический метод был эффективно применен для синтеза разнообразных ониевых производных хинолина [13, 28]:



и разработаны способы получения важных биологически активных соединений, меченных тритием.

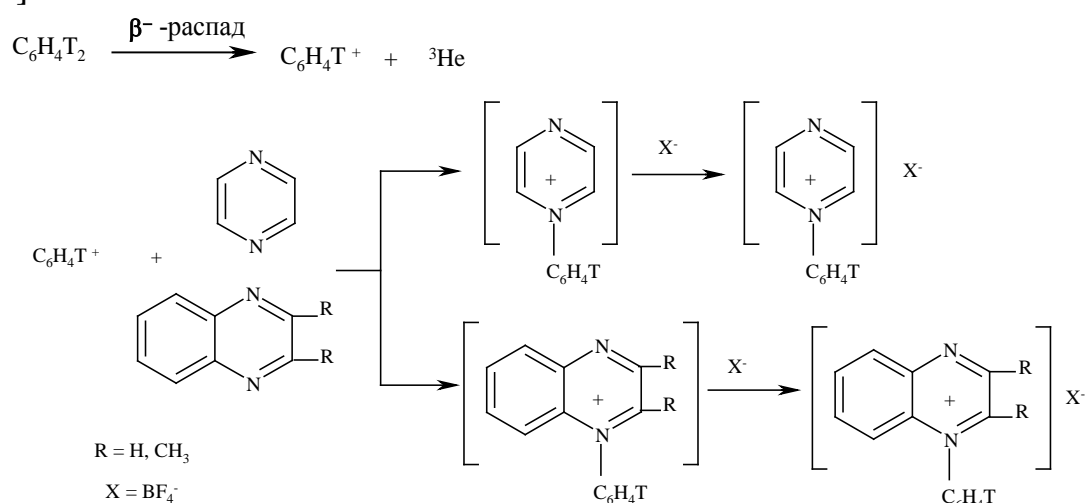
Открыта неизвестная реакция прямого фенилирования нуклеогенными фенил-катионами атома азота в трициклических конденсированных производных пиридина [29], в результате чего осуществлён одностадийный синтез *N*-фенилакридиниевых и фенантридиниевых производных, меченных тритием, структурных аналогов лекарственных веществ [30].

Проведён скрининг биологической активности синтезированных нами гетероциклических производных – *N*-арилпиридиниевых, хинолиниевых и бензохинолиниевых соединений. Антибактериальное действие было изучено на тест-штаммах грамм-отрицательных *E. coli* и грамм-положительных *St. Aureus* бактериях, а также дрожжеподобных грибах *Candida albicans* [31-32]. Выявлена зависимость изменения бактерицидных свойств от природы заместителя в гетероциклическом кольце, стабилизирующего противоиона, а также органической или водной фазы. По результатам биологического скрининга выявлен перспективный препарат и разработан ядерно-химический синтез



меченной тритием соли *N*-фениллепидиния, как маркера при исследовании механизмов бактерицидного действия [33]. Показано усиление биологической активности при введении в хинолиниевые производные дополнительной  $\alpha$ -метильной группы и аннелированного бензольного кольца. Расширенные противомикробные исследования на тест-штаммах: *St.saprophyticus*, *Salmonella spp.*, *Micrococcus luteus*, *Proteus vulgaris*, *Bacillus subtilis*, *Candida albicans*, *Candida krusei* выявили соли *N*-фенил-[5,6]-бензохинальдиния как весьма перспективные препараты широкого спектра бактерицидного действия, а также для последующего ядерно-химического синтеза [34].

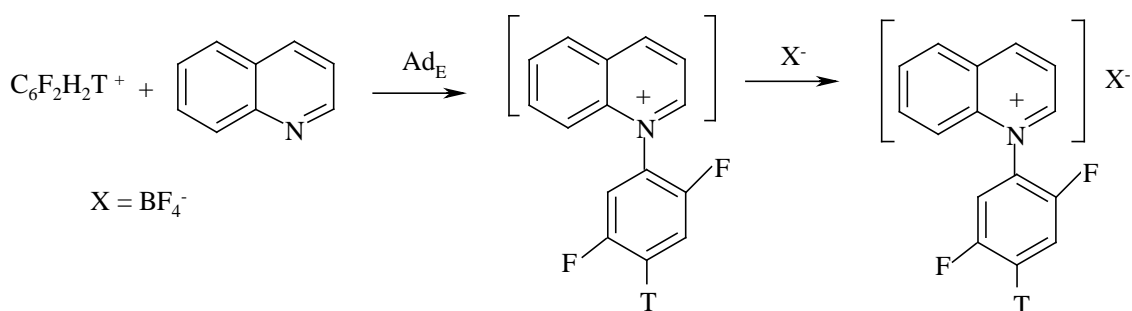
Ядерно-химический метод также был распространен и на синтез четвертичных 1,4-дiazиниевых соединений (пиразиниевых, хиноксалиниевых) [35-36]:



Известно, что реакция прямого фенилирования гетероциклического атома азота в диазинах не осуществима, и только в случае 2,3-диметилхинаксолина возможно получение *N*-фенильного производного, причем лишь в результате реакции циклизации. Использование свободных и высокореакционных нуклеогенных фенил-катионов позволило нам осуществить реакцию прямого фенилирования атома азота в диазинах, причем введение двух метильных заместителей в 2,3-диметилхиноксалине увеличивает радиохимический выход ониевой соли более чем в 3 раза по сравнению с незамещенным хиноксалином. На основании экспериментальных данных и квантово-химических расчетов высказано предположение о возможности дикватернизации в случае 2,3-диметилхинаксолина [37].

В последние годы нами была начата разработка новых, нетрадиционных реакционных частиц – фторзамещенных фенил-катионов. Первые проведенные эксперименты показали, что ядерно-химический метод может быть с успехом применен к новому направлению в синтезе фторированных гетероциклических соединений [38].

Нами было обнаружено, что, как и в случае незамещенного нуклеогенного фенил-катиона, так и в случае с *n*-дифторфенил-катионом происходит реакция прямого фенилирования атома азота в хинолине [39]:



Полученные результаты показывают, что разработанный нами ядерно-химический метод позволяет не только генерировать нуклеогенные частицы различной структуры, но и осуществлять одностадийный синтез труднодоступных гетероциклических производных, меченных тритием.

Необходимо отметить, что использование новых фторированных нуклеогенных фенил-катионов открывает новую эру в использовании ядерно-химического метода для целей синтеза тритиевых биомаркеров, поскольку позволяет одновременное введение тритиевой метки и дифтор-заместителей в бензольное кольцо четвертичного гетероциклического атома азота.

### Выводы

Проведенные исследования показали, что ядерно-химический метод, предложенный в России, с успехом может быть применен для:

1. Целей уникального органического синтеза, создания нового, не имеющего аналогов, ядерно-химического синтеза органических, элементоорганических и гетероциклических фенилзамещенных производных, меченных тритием;

2. Получения ранее неизвестных в классической химии органических и гетероциклических соединений;

3. Осуществления неизвестной ранее реакции прямого фенилирования атома азота в шестичленных гетероциклических соединениях, что приводит к одностадийному синтезу различных *N*-фенильных азиниевых и диазиниевых производных, многие из которых являются перспективными бактерицидными препаратами широкого спектра действия;

4. Получения перспективных и высокочувствительных тритиевых биомаркеров для исследования механизмов бактерицидного и противогрибкового действия.

5. Генерирования новых, необычных нуклеогенных реакционных частиц (дифторфенил-катионов), что позволяет осуществить ядерно-химический синтез ранее неизвестных в классической химии фторзамещенных гетероциклических структур с четвертичным атомом азота, эффективных радиотрейсеров.

### Библиографический список

1. Мухин К.Н. Введение в ядерную физику. М.: Атомиздат, 1965. 588 с.
2. Ерозолимский Б. Г. Бета-распад нейтрона // Успехи физических наук. 1975. Т. 116. № 1. С. 145-164.

3. Green K., Thompson D. The decay of the neutron to a hydrogen atom // *Journal of Physics G: Nuclear and Particle Physics*. 1990. V. 16. No. 4. P. 75-76.
4. Нефедов В.Д., Журавлев В.Е., Торопова М.А. Некоторые полонийорганические соединения // *ЖОХ*. 1964. Т. 34, № 5. С. 3719-3723.
5. Ампелогова Н.И. Радиохимия полония. М., Атомиздат, 1976.
6. Нейдинг А.Б., Соколов В.Б. Соединения благородных газов // *Успехи химии*. 1974. Т. 43, № 12. С. 2146-2194.
7. Нефедов В.Д., Микулай В. Стабилизация дочернего  $^{99m}\text{Tc}$  после  $\beta$ -распада  $^{99}\text{Mo}$  в молекуле гексакарбонила молибдена // *Радиохимия*. 1973. Т. 15, №6. С. 846-852.
8. Нефедов В.Д., Синотова Е.Н., Торопова М.А. Химические последствия  $\beta$ -распада. М.: Атомиздат, 1978. С. 126-179.
9. Нефедов В.Д., Синотова Е.Н., Торопова М.А. Ядерно-химический метод получения свободных карбениевых ионов и радиохимическое изучение реакций этих частиц // *Изв. СО АН СССР, сер. хим. наук*. 1980, № 3. С. 35-43.
10. Speranza M. Tritium for generation of carbocations // *Chem.Rev.* 1993. /V. 93, P. 2933 – 2980.
11. Shchepina N.E., Nefedov V.D., Toropova M.A., Avrorin V.V., Lewis S.B., Mattson B. Ion-molecular reactions of free phenylium ions, generated by tritium  $\beta$ -decay with group V-VII elements // *Tetrahedron Letters*, 2000, 41. P. 5303-5306.
12. Shchepina N.E., Badun G.A., Nefedov V.D., Toropova M.A., Fedoseev V.M., Avrorin V.V., Lewis S.B. Synthesis of arylhalonium compounds {including (4-methylphenyl)phenylfluoronium} by nuclear-chemical method // *Tetrahedron Lett.*, 2002, V. 43, P. 4123-4124.
13. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Бадун Г.А., Александрова Г.А., Уханов С.Е., Федосеев В.М., Льюис С.Б., Бойко И.И. Получение меченных тритием N-фенилзамещенных производных хинолина в результате ядерно-химического синтеза // *XГС*, 2009. № 7. С. 1008-1014.
14. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Бадун Г.А., Льюис С.Б., Федосеев В.М., Уханов С.Е. Реакция фенилирования нуклеогенными катионами как метод синтеза неизвестных и труднодоступных соединений, меченных тритием // *Вестник Московского университета*. 2009. Т. 50, № 5. С. 311-316.
15. Lukevits E. Pyridine derivatives in the drug arsenal (150 years of pyridine chemistry) // *Chemistry of Heterocyclic Compounds*. 1995. V. 31. No. 6. P. 639-650.
16. Carey J.S., Laffan D., Thomson C., Williams M.T. Analysis of the reactions used for the preparation of drug candidate molecules // *Org. Biomol. Chem.* 2006. V. 4. No. 12. P. 2337-2347.
17. Silverman R.B. The organic chemistry of drug design and drug action. Elsevier Inc, 2004. 617 p.
18. Laufer R., Bathori M., Csermery T., Petroiani G., Kuca K., Toth N., Kalasz H. LC Determination of hydrophilicity parametr of some pyridinium aldoximes // *J. of Liquid Chromatography and Related Techlogies*. 2007. V. 30. No. 15. P. 2337-2344.
19. Zhao T., Sun G. Hydrophobicity and antimicrobial activities of quaternary pyridinium salts // *J. Appl. Microbiol.* 2008. V. 104. P. 824-830.
20. Docherty K., Kulpa C.F. Toxicity and antimicrobial activity of imidazolium and pyridinium ionic liquids // *Green Chem.* 2005. V. 7. P. 185-189.
21. Pausacker K.H. Arylation of aromatic compounds. VI. Benzoyl Peroxide with Pyridine and Quinoline // *Australian Journal of Chemistry*. 1958. V. 11. No. 2. P. 200-210.
22. Brody F., Ruby P.R. In: *Pyridine and its Derivatives. Part I*. Edited by Klingsberg. New York, Interscience, 1960. 210 p.
23. Saljoughian M. Synthetic Tritium Labeling p. Reagents and Methodologies // *Synthesis*. 2002. P. 1781-1801.
24. Сидоров Г.В., Мясоедов Н.Ф. Синтез меченных тритием биологически важных диазинов // *Успехи химии*. 1999. Т. 13. № 6. С. 398-401.

25. Шевченко В.П., Негаев И.Ю., Мясоедов Н.Ф. Меченные тритием липофильные соединения. М.: Наука, 2003. 246 с.
26. Balan A., Barness I., Simon G., Levy D., Ashani Y. Tritium labeling of a powerful methylphosphonate inhibitor of cholinesterase synthesis and biological applications // *Anal. Biochem.* 1988. V. 169. No. 1. P. 95-103.
27. Shchepina N. E., Avrorin V. V., Badun G. A., Bumagin N. A., Lewis S. B., Shurov S. N. Pathways of ion-molecular interactions of nucleogenic phenyl cations with the nucleophilic centers of picolines // *Organic and Medicinal Chemistry Letters.* 2012. 2:14.
28. Shchepina N.E., Avrorin V.V., Alexandrova G.A., Badun G.A., Boiko I.I., Shurov S.N. Investigation of the phenylation of methyl-quinolines using tritium-labeled nucleogenic phenyl cations // *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2013. V. 49. No. 3 P. 428-434.
29. Shchepina N.E., Avrorin V.V., Badun G.A., Lewis S.B., Ukhanov S.E. Preparation of fused N-phenyl-substituted pyridinium derivatives by direct phenylation with nucleogenic phenyl cations. *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2012. V. 48, No. 2. P. 301-308.
30. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Бадун Г.А. Способ получения N-фенилзамещенных трициклических азотистых соединений, меченных тритием. Патент РФ № 2439059 от 10.02. 2012 г.
31. Shchepina N.E., Boiko I.I., Alexandrova G.A. Synthesis and antimicrobial activity of quaternary N-aryl-5,6-benzoquinaldinium derivatives // *Pharmaceutical Chemistry Journal.* 2011. V. 45, No. 3. P.159-161.
32. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Александрова Г.А., Курьянова И.Н., Бадун Г.А. Влияние анионной части соли на ход ядерно-химического синтеза и биологическую активность гетероциклических производных азота // *Перспективные материалы.* 2010. № 8. С. 211-215.
33. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Александрова Г.А., Бадун Г.А. Меченные тритием биологически активные N-фениллепидиниевые соли и способ их получения. Патент РФ № 2442776 от 20.02. 2012 г.
34. Александрова Г.А., Щепина Н.Е., Бойко И.И., Баландина С.Ю. Активность N-фенилбензохинальдиниевых солей против *Candida SPP* // *Проблемы медицинской микологии.* 2013. Т. 15, №2. С. 51-52.
35. Shchepina N.E., Avrorin V.V., Badun G.A., Vasyanin A.N., Shurov S.N., Agafonova I.M. Investigation of ion-molecular reactions of nucleogenic phenyl cations with 1,4-diazine derivatives // *Chemistry of Heterocyclic Compounds.* 2015. V. 50. No. 11. P. 1595-1601.
36. Shchepina Nadezhda E., Avrorin Viktor V., Badun Gennadii A. Nuclear-Chemical Synthesis of 1,4-Diazine Quaternary Salts // *Open Journal of Synthesis Theory and Applications (OJSTA),* 2013, V.2, No 2. P. 51-56.
37. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Бадун Г.А. Ядерно-химический способ получения меченных тритием кватернизированных структур диазинового ряда. Патент № 2527115 от 08.07.2014 г.
38. В.В. Аврорин, Н.Е. Щепина. Способ получения дитритийдифторбензола нового источника неизвестных фторированных нуклеогенных фенил-катионов. Патент РФ № 2479561 от 20.05.2013 г. Опубликовано 20.04.2013.
39. Щепина Н.Е., Аврорин В.В., Бадун Г.А., Уханов С.Е. Фторзамещенные нуклеогенные фенил-катионы и ядерно-химический путь синтеза неизвестных гетероциклических производных // *Радиохимия.* 2016. Т. 58, № 1. С. 84-86.

*Научное издание*

**ТЕОРИЯ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ  
В ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУКАХ**

Сборник научных статей по материалам  
Международной научно-практической конференции

Издается в авторской редакции

Дизайн и компьютерная верстка: *И. С. Копылов*

---

Подписано в печать 22.11.2016. Формат 60×84/16  
Усл. печ. л. 15,11. Тираж 100 экз. Заказ 1421

---

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

Отпечатано с оригинал-макета предпринимателем  
Богатыревым П.Г., ОГРН 304 590427400071.  
г. Пермь, ул. Пушкина, 110, офис 122  
Тел./факс 236-53-53  
E-mail: klenprint @yandex.ru