

ISSN 2658-705X



ISSN 2658-705X

# ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 3/2024

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА № 3 2024



# ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА

№ 3 ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 2024

Научный журнал  
Основан в 2008 году  
Выходит 4 раза в год  
ISSN 2658-705X

**Главный редактор**  
академик РАН *В.П. Матвеевко*

**Редакционная коллегия**  
академик РАН *А.А. Барях*  
чл.-корр. РАН *Т.В. Гаврилова*  
д-р мед. наук *С.В. Гейн*  
академик РАН *Н.В. Зайцева*  
академик РАН *И.Б. Ившина*  
академик РАН *А.А. Иноземцев*  
чл.-корр. РАН *Л.Ю. Левин*  
чл.-корр. РАН *В.Ю. Мишланов*  
канд. экон. наук *И.П. Огородов*

д-р физ.-мат. наук *А.И. Мизев*  
чл.-корр. РАН *О.А. Плехов*  
д-р техн. наук *И.А. Санфиоров*  
чл.-корр. РАН *В.Н. Стрельников*  
чл.-корр. РАН *М.И. Соколовский*  
д-р физ.-мат. наук *А.А. Ташкинов*  
чл.-корр. РАН *Е.Г. Фурман*  
чл.-корр. РАН *О.В. Хлынова*  
чл.-корр. РАН *А.В. Черных*

**Ответственный секретарь**  
канд. физ.-мат. наук *А.Г. Вотнинова*

**Адрес редакции журнала:**  
614000, г. Пермь, ул. Ленина, 13А  
тел.: (342) 212-40-64  
e-mail: [vestnik@permisc.ru](mailto:vestnik@permisc.ru)

# PERM FEDERAL RESEARCH CENTER JOURNAL

№ 3 JULY – SEPTEMBER 2024

Scientific journal  
Published since 2008  
Issued quarterly  
ISSN 2658-705X

## **Editor-in-Chief**

Academician *V.P. Matveenko*

## **Editorial Board**

Academician *A.A. Baryakh*

RAS corresponding member *T.V. Gavrilova*

Dr. Sc. (Med.) *S.V. Gein*

Academician *N.V. Zaytseva*

Academician *I.B. Ivshina*

Academician *A.A. Inozemtsev*

RAS corresponding member *L.Yu. Levin*

RAS corresponding member *V.Yu. Mishlanov*

Cand. Sc. (Econ.) *I.P. Ogorodov*

Dr. Sc. (Phys.&Math.) *A.I. Mizev*

RAS corresponding member *O.A. Plekhov*

Dr. Sc. (Tech.) *I.A. Sanfirov*

RAS corresponding member *V.N. Strelnikov*

RAS corresponding member *M.I. Sokolovskii*

Dr. Sc. (Phys.&Math.) *A.A. Tashkinov*

RAS corresponding member *Eu.G. Furman*

RAS corresponding member *O.V. Khlynova*

RAS corresponding member *A.V. Chernykh*

## **Executive Editor**

Cand. Sc. (Phys.&Math.) *A.G. Votnova*

## ***Editorial office address:***

13A, Lenin St., Perm, 614000, Russia

tel.: (342) 212-40-64

e-mail: [vestnik@perm-sc.ru](mailto:vestnik@perm-sc.ru)

# СОДЕРЖАНИЕ

ИЮЛЬ – СЕНТЯБРЬ 3/2024

---

## **ЭТЮДЫ О НАУКЕ**

*Аверкина А.С., Шамсутдинов А.Ш., Кондрашова Н.Б., Вальцифер И.В.,  
Вальцифер В.А., Стрельников В.Н.*

Новые реагенты для технологий искусственных осадков:

гибридные порошковые материалы AgI-SiO<sub>2</sub>..... 6

*Ившина И.Б., Куюкина М.С., Криворучко А.В.*

Совершенство биологической организации и механизмы

стрессоустойчивости *Rhodococcus sensu stricto*..... 15

*Константинов Ю.А.*

Экскурсия по рефлектограмме.....32

*Корчагин П.А.*

Дом Грибушина: место, время и фигуры ..... 41

## **ИЗ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ**

*Шилова Д.А.*

Миссионерские школы у марийцев Красноуфимского уезда

Пермской губернии в конце XIX – начале XX в. .... 64

---

# CONTENTS

JULY – SEPTEMBER 3/2024

---

## **STUDIES ABOUT SCIENCE**

*Averkina A.S., Shamsutdinov A. Sh., Kondrashova N.B., Val'tsifer I.V.,  
Val'tsifer V.A., Strel'nikov V.N.*

New reagents for artificial precipitation technologies:  
hybrid powders AgI-SiO<sub>2</sub> ..... 6

*Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V.*

Perfection of biological organization and mechanisms  
of stress resistance of *Rhodococcus sensu stricto* ..... 15

*Konstantinov Yu.A.*

An Excursion on the Reflectogram ..... 32

*Korchagin P.A.*

Gribushin's house: place, time and figures ..... 41

## **FROM THE HISTORY OF OUR NATIVE LAND**

*Shilova D.A.*

Missionary schools for the mari in the Krasnoufimsk uyezd, Perm province ..... 64

---

# ЭТЮДЫ О НАУКЕ



## НОВЫЕ РЕАГЕНТЫ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННЫХ ОСАДКОВ: ГИБРИДНЫЕ ПОРОШКОВЫЕ МАТЕРИАЛЫ AgI-SiO<sub>2</sub>

А.С. Аверкина, *Институт технической химии УрО РАН*

А.Ш. Шамсутдинов, *Институт технической химии УрО РАН*

Н.Б. Кондрашова, *Институт технической химии УрО РАН*

И.В. Вальцифер, *Институт технической химии УрО РАН*

В.А. Вальцифер, *Институт технической химии УрО РАН*

В.Н. Стрельников, *Институт технической химии УрО РАН*

### Для цитирования:

Аверкина А.С., Шамсутдинов А.Ш., Кондрашова Н.Б., Вальцифер И.В., Вальцифер В.А., Стрельников В.Н. Новые реагенты для технологий искусственных осадков: гибридные порошковые материалы AgI-SiO<sub>2</sub> // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 3. – С. 6–14. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.1>

Методом гидротермальной темплатной соконденсации (далее метод «ГТС») синтезированы гибридные порошковые материалы (далее «ГПМ») типа AgI-SiO<sub>2</sub>, где SiO<sub>2</sub> – мезопористый мезофазный диоксид кремния MCM41 (далее AgI-MCM41), имеющие высокий потенциал применения в технологиях искусственных осадков. Исследована взаимосвязь между концентрацией прекурсоров диоксида кремния и иодида серебра и морфологическими, структурно-текстурными и реологическими характеристиками синтезированных гибридов AgI-SiO<sub>2</sub>. Наибольшее внимание уделено формированию гексагональной кристаллической структуры (β-формы, Iodargyrite) иодида серебра и сохранению максимальной развитости (высоких значений удельной площади поверхности) для системы AgI-MCM41. Методом сканирующей электронной микроскопии изучено фазовое состояние AgI и MCM41 в составе гибрида. Дана оценка оптимального компонентного соотношения, необходимого для формирования гексагональной структуры иодида серебра. При исследовании развитости поверхности взяты во внимание такие параметры, как величина удельной площади поверхности, объем пор и их размер. Описаны изотермы сорбции. Морфологические особенности полученных ГПМ AgI-MCM41 изучены с помощью сканирующей электронной микроскопии. Выполнено исследование ряда реологических показателей (таких как летучесть, текучесть) для синтезированных порошков, позволяющих прогнозировать их эксплуатационные свойства. Описаны конденсационные возможности синтезированных гибридных порошковых материалов AgI-MCM41.

**Ключевые слова:** гидротермальный синтез, порошковые материалы, гибриды, структурные свойства, текстурные свойства, реология, диоксид кремния, иодид серебра, технологии искусственных осадков.

Одним из направлений технологий искусственных осадков является «засев облаков» с целью предотвращения чрезвычайных ситуаций, связанных с градобитием и потопом, вследствие чрезмерных дождей. Засев облаков – это процесс «вкрапления» в облака мельчайших посторонних частиц, таких как сухой лед, иодид серебра или даже обычная поваренная соль, с целью вызвать выпадение осадков или иным образом изменить погоду. Эта практика является достаточно распространенной как на территории Российской Федерации, так и во всем мире. Альтернативным применением «засева облаков» является использование воды, содержащейся в облаке, для тушения лесных пожаров или орошения засушливых районов [1-4].

В атмосфере Земли постоянно присутствуют крошечные частицы пыли (пыльца, минеральная крошка и т.д.). Также в воздушной оболочке земли осуществляется постоянная циркуляция теплых и холодных потоков воздуха. На взвешенных частицах пыли происходит конденсация и образование «облачной» капли. Дождевые и градовые облака образуются, когда миллиарды таких «облачных» капелек собираются вместе. Осадки выпадают в том случае, если подобные скопления становятся достаточно тяжелыми [5]. Водосодержание градовых и дождевых облаков (при объеме среднего облака  $1000 \text{ м}^3$ ) составляет от 50 тонн [6, 7].

Однако дождевые и градовые облака являются достаточно устойчивыми атмосферными образованиями и длительное время могут перемещаться над поверхностью земли под действием ветра. Игнорирование большого скопления дождевых и градовых облаков над посевами может привести к гибели урожая. А пропускание так называемого «облачного» и «грозового» фронта над засушливой территорией или территорией, находящейся в пожароопасном состоянии, может являться причиной техногенной катастрофы.

«Засев облаков» предполагает распространение посторонних твердых частиц в гораздо большей концентрации, чем было

бы в естественном фоне атмосферы, что приведет к контролируемому освобождению конденсированной воды облака. «Засев облаков» может быть выполнен с помощью аэрозольных генераторов на земле, путем запуска твердотопливного заряда с наземной установки или с самолета, посредством сгорания пиротехнического состава в средстве доставки или путем распыления газо-воздушной смеси с помощью беспилотного летательного аппарата (БПЛА) [1-4, 8]. Неоспоримым преимуществом БПЛА является возможность его использования в трудных условиях (нулевая видимость при сильных туманах, задымление) по заранее заданному маршруту, контролируемому по спутниковым системам навигации GPS/ГЛОНАСС. Технические характеристики производимых на сегодняшний день БПЛА типа квадрокоптер позволяют перемещать до 10–15 кг полезной нагрузки на расстояния до 5–10 км с потолком высоты полета до 2000–3000 м. Указанных характеристик в полной мере хватает для единоразовой реализации доставки распылительной системы с реагентом в целевую область атмосферы. Еще одним немаловажным достоинством является относительная простота и низкая стоимость обслуживания БПЛА.

Часто применяемым реагентом, используемым для «засева облаков», является иодид серебра, который играет роль льдообразующего реагента [9–15]. Применение иодида серебра как льдообразующего реагента обосновано тем, что кристаллическая структура  $\beta\text{-AgI}$  (типа вюрцит) похожа на структуру естественного льда  $\text{Ih}$ . По этой причине частицы  $\beta\text{-AgI}$  проявляют эффективность при льдообразовании в атмосфере. На основе результатов многочисленных экспериментов удалось установить, что использование иодида серебра не оказывает неблагоприятного воздействия ни на окружающую среду, ни на человеческое здоровье.

Известно, что на засев облака среднего объема  $1000 \text{ м}^3$  достаточно всего 5–10 г данного неорганического соединения [9–11]. Однако для этого реагента существуют

жесткие требования к характеристикам, среди которых наиболее важными являются дисперсность (от 10 до 100 нм), фазовое состояние (приоритетная  $\beta$ -структура), термостойчивость (способность выдерживать нагрев свыше 750°C без деструкции на металлическое серебро (или его оксид) и изменения агрегатного состояния).

Ранее авторами статьи синтезированы гибридные порошковые материалы на основе AgI и нанодисперсного оксида кремния. Полученные порошки продемонстрировали высокую эффективность во время испытаний в облачной камере, проведенных в ФГБУ «Центральная аэрологическая обсерватория» (г. Долгопрудный Московской области), уполномоченном в принятии решения по оценке реагентов, используемых в технологиях искусственных осадков [16].

Таким образом, возможность повышения эксплуатационных характеристик иодида серебра становится перспективным направлением исследований. Целью данного исследования является разработка условий синтеза иодида серебра в присутствии диоксида кремния (MCM41) для формирования  $\beta$ -кристаллов иодида серебра дисперсностью до 50 нм в составе гибрида AgI-MCM41.

### Эксперимент

#### *Методика синтеза AgI-MCM41*

Гибридные порошковые материалы AgI-MCM41 синтезированы методом «Гидротермальная темплатная соконденсация», что представляет собой синтез в гидротермальных условиях со структурирующим агентом. В качестве предшественника кремнеоксидной матрицы использован тетраэтоксисилан (TEOS) (98%, Sigma Aldrich). Предшественниками иодида серебра, вводимыми в реакционную смесь, являются нитрат серебра (99%, Sigma Aldrich), иодид калия (97%, Sigma Aldrich). В качестве структурирующего агента выбран цетилтриметиламмоний бромид (СТАВ) (98%, Sigma Aldrich), для создания щелочной среды использован гидроксид

аммония (98%, Sigma Aldrich). Выдержка реакционной смеси осуществлялась в термостатном шкафу в течение 48 часов при температуре 100°C. Соотношение компонентов в реакционной смеси  $[H_2O] / [СТАВ] / [NH_4OH] = 100/0,3/10,5$ . Мольная концентрация иодида калия превышает концентрацию нитрата серебра в 1,5–2,0 раза для обеспечения полноты протекания реакции. После гидротермальной выдержки образцы ГПМ AgI-MCM41 промыты, высушены, из них удален структурирующий агент методом прокаливания в муфельной печи при температуре 650°C в течение 5 часов. Таким образом, с помощью метода «ГТС» приготовлена серия образцов ГПМ AgI-MCM41, отличающихся соотношением  $[Ag]/[Si]$  в составе гибрида:  $[Ag]/[Si]=0,003$ ,  $[Ag]/[Si]=0,009$ ,  $[Ag]/[Si]=0,020$ ,  $[Ag]/[Si]=0,045$ ,  $[Ag]/[Si]=0,080$ .

#### *Методы исследования*

Синтезированные образцы гибридных порошковых материалов AgI-MCM41 исследованы различными физико-химическими методами анализа.

Фазовое состояние иодида серебра в составе гибрида и характеристика кремнеоксидной матрицы исследованы методом рентгенофазового анализа (РФА) с использованием картотеки JSPDS. Средний размер кристаллитов был вычислен с помощью метода Селякова–Шеррера.

Морфология синтезированных гибридов описана с помощью сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Распределение кристаллов по поверхности кремнеоксидной матрицы исследовано с помощью энергодисперсионного микроанализа, совмещенного с СЭМ.

Метод низкотемпературной адсорбции-десорбции азота использован для определения текстурных свойств синтезированных образцов AgI-MCM41: удельной поверхности, размера и объема пор.

Реологические свойства гибридных порошковых материалов AgI-MCM41 исследованы путем определения показателей: естественного угла откоса, време-

ни истечения и т.д. Для определения перечисленных показателей использованы методики и стандарты, принятые на территории Российской Федерации.

Исследования способности к влагопоглощению проведены в статических и динамических условиях, согласно стандартной методике и разработанному авторами методу [16].

### Обсуждение результатов

Гибридные порошковые материалы, синтезированные по предложенному методу «ГТС», представляют собой агломерированные частицы мезопористого мезофазного диоксида кремния MCM41, на поверхности которых локализованы кристаллы иодида серебра. Таким образом, иодид серебра выступает в качестве модификатора матрицы, которой является MCM41. Сами частицы модификатора прочно удерживаются на матрице благодаря электростатическим силам, Валь-дер-Вальсовому взаимодействию.

Морфология ГПС AgI-MCM41 описана с использованием сканирующего электронного микроскопа. Результаты исследования показали, что внешний вид синтезированных гибридов AgI-MCM41 полностью соответствует морфологии немодифицированного диоксида кремния типа MCM41, полученного также с помощью гидротермального синтеза в аналогичных режимах (рис. 1).

Кроме того, было установлено, что молярное соотношение  $[Ag]/[Si]$  в составе гибрида не оказывает влияние на его морфологию, и внешний вид частицы синтезированного ГПС AgI-MCM41 соответствует чистому MCM41.

Результаты энергодисперсионного анализа свидетельствуют о равномерности распределения кристаллов иодида серебра по поверхности MCM41-частицы, что проявляется в совпадении областей локализации элементов Si, O, Ag, I (рис. 2).

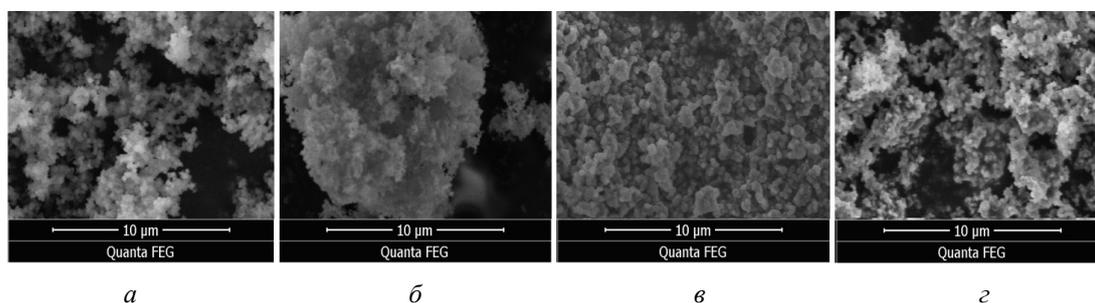


Рис. 1. Микрофотографии образцов ГПС AgI-MCM41: а – немодифицированный MCM41, б –  $[Ag]/[Si]=0,003$ , в –  $[Ag]/[Si]=0,020$ , г –  $[Ag]/[Si]=0,080$

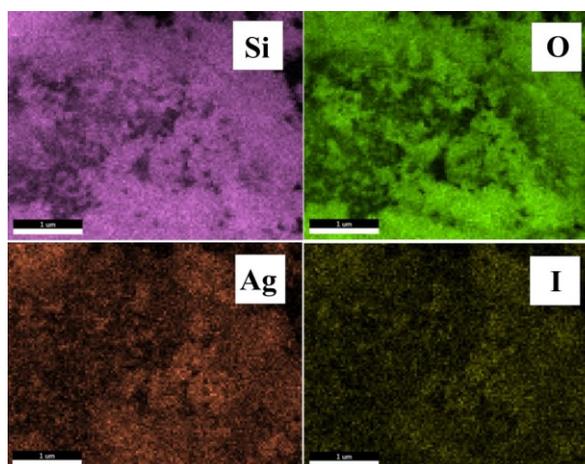


Рис. 2. Микрофотографии образцов ГПС AgI-MCM41 при  $[Ag]/[Si]=0,080$ . Результаты энергодисперсионного микроанализа

Результаты рентгенофазового анализа продемонстрировали, что для формирования определенной кристаллической фазы модификатора в составе гибрида AgI-MCM41 большое значение имеет мольное соотношение  $[Ag]/[Si]$ . Показано, что формирование кристаллических структур иодида серебра осуществляется с концентрацией  $[Ag]/[Si]=0,045$  и полностью реализуется при  $[Ag]/[Si]=0,080$ . Об этом свидетельствуют характеристические пики на полученных рентгенограммах при  $2\theta$  равное  $22-25^\circ, 33^\circ, 39^\circ, 43^\circ, 47^\circ$  (характеристические пики фазы *Miersite* ( $\gamma, \alpha$ ) *Iodargyrite* ( $\beta$ )) (рис. 3). На рис. 3 графическая пометка «кружок» фиксирует характеристический пик для формы *Iodargyrite* ( $\beta$ ), а пометка «треугольник» – *Miersite* ( $\gamma, \alpha$ ).

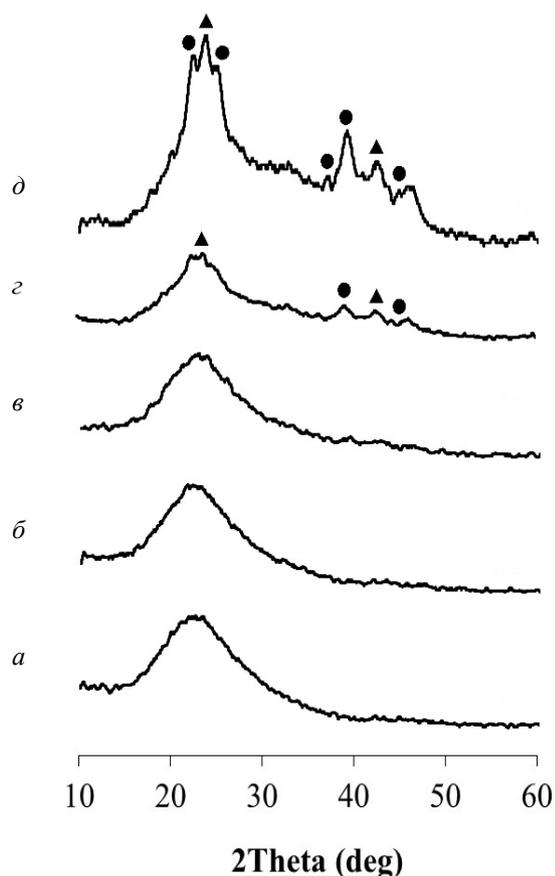


Рис. 3. Рентгенограммы образцов ГПМ AgI-MCM41:  
 а –  $[Ag]/[Si]=0,003$ , б –  $[Ag]/[Si]=0,009$ ,  
 в –  $[Ag]/[Si]=0,020$ , г –  $[Ag]/[Si]=0,045$ ,  
 д –  $[Ag]/[Si]=0,080$

Размеры кристаллитов, рассчитанные по уравнению Селякова – Шеррера для образцов ГПМ AgI-MCM41 при  $[Ag]/[Si]=0,045$ , составляют  $13,52$  нм, а при  $[Ag]/[Si]=0,080$  –  $11,50$  нм.

Структурно-текстурные свойства полученных ГПМ AgI-MCM41 изучены методом низкотемпературной сорбции азота. Результаты исследования отражены в табл. 1. В ходе проведения экспериментов установлено, что соотношение компонентов (модификатора и матрицы) в составе гибрида оказывает существенное влияние на их характеристические особенности. Доказано, что по мере повышения содержания иодида серебра в составе гибрида AgI-MCM41 происходит снижение величины удельной площади поверхности и величины общего объема пор, что связано с частичным заполнением порового пространства кремнеоксидной матрицы кристаллами иодида серебра. Показано, что размер пор мало зависит от соотношения  $[Ag]/[Si]$  в составе гибрида.

Таблица 1.

Структурно-текстурные свойства ГПМ AgI-MCM41

Соотношение $[Ag]/[Si]$	Удельная поверхность, Свет, $m^2/g$	Общий объем, $cm^3/g$	Диаметр пор, нм (десорбц.)
0,003	925	0,72	3,4
0,009	902	0,66	3,4
0,020	869	0,62	3,3
0,045	642	0,57	3,7
0,080	346	0,36	4,1

Изучение изотерм сорбции показало, что согласно международной классификации IUPAC полученные изотермы относятся к IV типу (рис.4), что соответствует наличию в образце мезопор.

Обнаружено, что полученные кривые сорбции-десорбции аналогичны для всех синтезированных гибридов AgI-MCM41. Для образцов в области  $P/P_0=0,45-1$  наблюдается гистерезис, что, предположительно, может свидетельствовать о заполнении мезопор кристаллами иодида серебра и о процессах сорбции-десорбции в

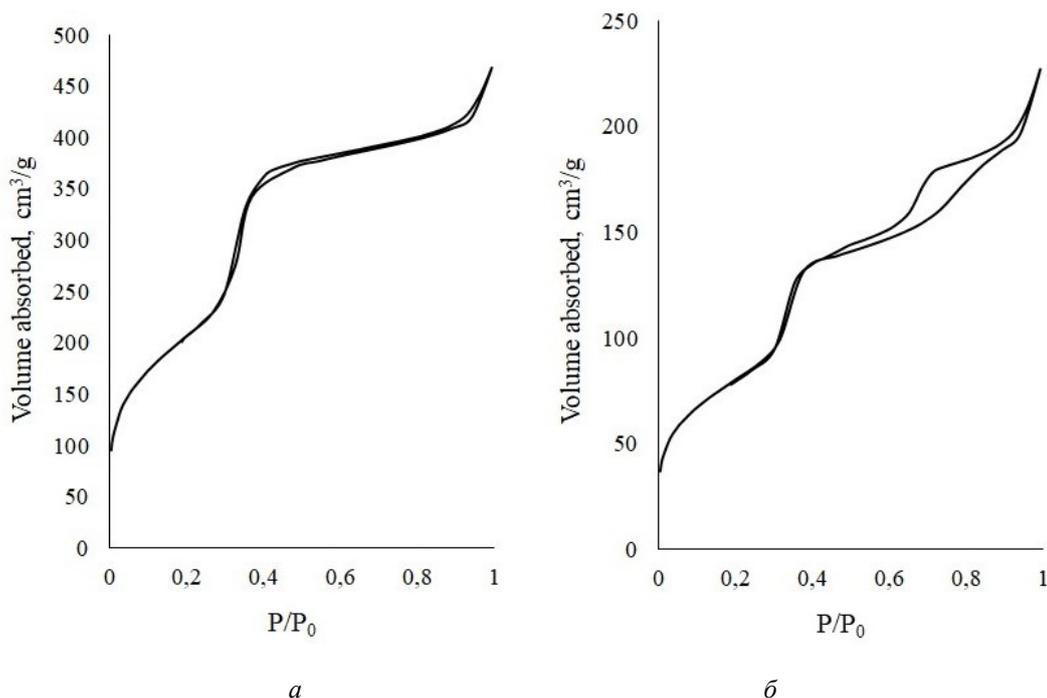


Рис. 4. Изотермы сорбции-десорбции для образцов ГПМ AgI-MCM41: а –  $[Ag]/[Si]=0,003$ , б –  $[Ag]/[Si]=0,080$

микропорах. Исследование распределения пор по размерам продемонстрировало, что данный показатель лежит в узком диапазоне, и это свидетельствует об однородности порового пространства синтезированных гибридов AgI-MCM41.

Прогнозирование эксплуатационных свойств ГПМ AgI-MCM41 выполнено на основе ряда оценки реологических показателей, характеризующих текучесть, летучесть, распыляемость, влагопоглощение. Поскольку значительное внимание при синтезе гибрида уделено фазовой структуре иодида серебра в составе гибрида, то образцы с мольным соотношением  $[Ag]/[Si] < 0,045$  для данного типа гибрида не представляют интерес при их использовании в качестве реагентов для технологий искусственных осадков. В табл. 2 приведены результаты определения реологических параметров для образца ГПМ AgI-MCM41 при  $[Ag]/[Si]=0,080$ . Выбранные методики определения [16–17] позволяют дать качественное ранжирование исследуемого реологического показателя по шкале «очень плохая – очень хорошая» и «очень низкое – очень высокое».

Таблица 2.

Реологические свойства ГПМ AgI-MCM41		
Показатель	Методика определения	Результат измерения
Сыпучесть	Определение времени истечения, угол естественного откоса [17]	Хорошая
Летучесть	Определение объемной массы, среднего размера агломерата в потоке воздуха [16]	Очень хорошая
Влагопоглощение	Определение влажности в статических условиях/динамическом режиме [16, 17]	Низкое/ Высокое

Установлено, что синтезированный гибриды AgI-MCM41 является хорошо сыпучим, легко летучим порошковым материалом, обладающим низким значением влагопоглощения в статических условиях (27,8 масс.% после 30 дней выдерживания) и способным эффективно конденси-

ровать влагу в динамическом режиме (время осаждения пересыщенного влагой объема воздуха в облачной камере 8 м<sup>3</sup> при температуре «минус» 5°C – 45 с, при «плюс» 5°C – 90 с). Увеличение времени конденсации под действием ГПМ AgI-MCM41 при положительной температуре связано с тем, что для формирования пересыщенного состояния воздуха при температурах выше 0°C требуется большее количество воды, а соответственно, и более продолжительный процесс влагопоглощения. Следует отметить, что при использовании гибрида AgI-MCM41 происходит не только непосредственное влагопоглощение влаги из воздуха, но и стимулирование нисходящих потоков.

### Заключение

Гибридные порошковые материалы AgI-MCM41 синтезированы методом «Гидротермальной темплатной соконденсации» с использованием предшественника диоксида кремния – тетраэтоксисилана и предшественников иодида серебра – нитрата серебра и иодида калия.

Установлено, что морфология частиц AgI-MCM41 в основном определяется внешним видом используемой кремнеоксидной матрицы MCM41 и не зависит от соотношения [Ag]/[Si] в составе гибрида. Показано, что распределение иодида серебра по поверхности MCM41 является

равномерным. Предположено, что закрепление и удержание кристаллов иодида серебра на поверхности и в поровом пространстве мезопористого мезофазного диоксида кремния осуществляется за счет сил Ван-дер-Ваальса, электростатических сил и т.д.

Обнаружено, что формирование рентгеноструктурного иодида серебра происходит при соотношении  $[Ag]/[Si] \geq 0,045$ . Ниже указанного соотношения образцы гибрида рентгеноаморфны.

Исследование структурно-текстурных характеристик показало, что существует выраженная взаимосвязь между соотношением  $[Ag]/[Si]$  в составе гибрида и величиной удельной площади поверхности, и объемом пор. Установлена обратно пропорциональная зависимость между указанными параметрами.

Установлено, что синтезированные гибридные порошковые материалы AgI-MCM41 обладают хорошими эксплуатационными свойствами (сыпучесть, летучесть, влагопоглощение), что определяет их высокий потенциал применения в любых типах распылительных установок.

Полученные результаты демонстрируют высокий потенциал применения синтезированных гибридных порошковых материалов AgI-MCM41 как реагента, применяемого в технологиях искусственных осадков.

### Библиографический список

1. Фролов А.В. Современная российская гидрометеорологическая служба: новации и точки // Труды VII Всероссийского метеорологического съезда, 7-9 июля 2014 г., – Санкт-Петербург. Пленарный доклад. – СПб.: ООО «Д'АРТ», 2015. – С. 9–31.
2. Тапасханов В.О., Тебуев А.Д. // Доклады Всероссийской конференции по физике облаков и активным воздействиям на гидрометеорологические процессы, 23-25 октября 2001 г., Нальчик – Санкт-Петербург, Гидрометеиздат, 2005. – С. 67–85.
3. Калов Х.М., Калов Р.Х. Физические основы, методы и средства активных воздействий на грозово-градовые облака и туманы. – Нальчик: Печатный двор, 2010. – 297 с.
4. Колосков Б.П. Современная концепция метеозащиты мегаполисов методами активных воздействий // Метеорология и гидрология – 2010 – № 8. – С. 21–32.
5. Wondie M. Modeling cloud seeding technology for rain enhancement over the arid and semiarid areas of Ethiopia // Heliyo, – 2023 – Vol. 9. – e1. 4974.
6. Prabhakaran T. [et al.] CAIPEEX: Indian Cloud Seeding Scientific Experiment // BAMS Article AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY – 2023. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-21-0291.1>
7. Friedrich K. [et al.] Quantifying snowfall from orographic cloud seeding // PNAS – 2020 – Vol. 117 (10). – P. 5190–5195.
8. Yang J. Idealized numerical simulation experiment of ice seeding in convective clouds using a bin microphysics scheme // Atmospheric and Oceanic Science Letter – 2022. – Vol. 15. – e1. 00258.

9. Zielke S.A., Bertram A.K. A molecular mechanism of ice nucleation on model AgI Surface // J. Phys. Chem. B – 2015. – Vol. 29. – P. 9049–9055.
10. Баханов В.П. Генерация ледяных кристаллов хладореагентов для целей активных воздействий на переохлажденные облака и туманы // Обзор ВНИГМИ-МЦД, 1981. – 50 с.
11. Liu Z., Li C., Goonetilleke E.G. Role of surface templating on ice nucleation efficiency on silver iodide surface // J. Phys. Chem. C – 2021. – Vol. 125. – P. 18857–18865.
12. Huang H. Rock-salt and helix structures of silver iodides under ambient conditions // National Science Review – 2019. – Vol. 6. – P. 767–774.
13. Zipori A. Targeting and impacts of AgI cloud seeding based on rain chemical composition and cloud top phase characterization // Atmospheric Research – 2012. – Vol. 114–115. – P. 119–130.
14. Ким Н.С., Корнеев В.П., Частухин А.В., Шукин Г.Г. Экологические аспекты российских технологий активных воздействий на облака // Ученые записки РГГМУ – 2016. – № 46. – С. 91–99.
15. Аверкина А.С. Физико-химические основы технологии синтеза осадкопреобразующего реагента на основе AgI-SiO<sub>2</sub> / Дисс. канд. техн. наук: 2.6.7. – Пермь, ФГБУН ПНИПУ, 2022. – 197 с.
16. ОФС.1.4.2.0016.15 Общая фармакопейная статья «Степень сыпучести порошков».

### NEW REAGENTS FOR ARTIFICIAL PRECIPITATION TECHNOLOGIES: HYBRID POWDERS AgI-SiO<sub>2</sub>

Averkina A.S., Shamsutdinov A. Sh., Kondrashova N.B.,  
Val'tsifer I.V., Val'tsifer V.A.,  
Strel'nikov V.N.

*Institute of Technical Chemistry of UB RAS*

#### For citation:

Averkina A.S., Shamsutdinov A. Sh., Kondrashova N.B., Val'tsifer I.V., Val'tsifer V.A., Strel'nikov V.N. New reagents for artificial precipitation technologies: hybrid powders AgI-SiO<sub>2</sub> // Perm Federal Research Center Journal. – 2024. – № 3. – P. 6–14. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.1>

Hybrid powder materials (HPs) of the AgI-SiO<sub>2</sub> (AgI-MCM41), where SiO<sub>2</sub> is mesoporous mesophase silicon dioxide MCM41, were synthesized using the method of hydrothermal template co-condensation (HTS method). The HPs have a high potential of application in artificial precipitation technologies. The correlation between the concentration of silicon dioxide and silver iodide precursors and morphological, structural and textural, rheological characteristics of the synthesized AgI-MCM41 HPs was studied. Most attention is paid to the formation of a hexagonal crystal structure ( $\beta$ -form, Iodargyrite) of silver iodide and maintaining maximum development (high values of specific surface area) for the AgI-MCM41 system. The phase state of AgI and MCM41 in the hybrid composition was studied by scanning electron microscopy. The optimal component ratio necessary for the formation of the hexagonal structure of silver iodide was estimated. Such parameters as the value of specific surface area, pore volume and pore size were taken into account in the study of surface development. Sorption isotherms are described. Morphological features of the obtained AgI-MCM41 HPs were studied by scanning electron microscopy. A number of rheological parameters (such as volatility, fluidity) for synthesized powders was investigated, which allow predicting their performance properties. The condensation capabilities of the synthesized AgI-MCM41 HPs are described.

*Keywords: hydrothermal synthesis, powder materials, hybrid, structural properties, textural properties, rheology, silicon dioxide, silver iodide, artificial precipitation technologies.*

#### Сведения об авторах

*Аверкина Анастасия Сергеевна*, кандидат технических наук, научный сотрудник, Институт технической химии УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИТХ УрО РАН»), 614013, г.Пермь, ул. Академика Королева, 3; e-mail: Anastasiya.Av11@yandex.ru

*Шамсутдинов Артем Шамильевич*, кандидат технических наук, научный сотрудник, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: literus12@gmail.com

*Кондрашова Наталья Борисовна*, кандидат химических наук, старший научный сотрудник, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: kondrashova\_n\_b@mail.ru

*Вальцифер Игорь Викторович*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: igor12381@mail.ru

*Вальцифер Виктор Александрович*, доктор технических наук, заведующий лабораторией многофазных дисперсных систем, заместитель директора по научной работе, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: valtsiferv@mail.ru

*Стрельников Владимир Николаевич*, доктор технических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор института, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: svn@itcras.ru

*Материал поступил в редакцию 26.06.2024 г.*

# СОВЕРШЕНСТВО БИОЛОГИЧЕСКОЙ ОРГАНИЗАЦИИ И МЕХАНИЗМЫ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ *RHODOCOCCLUS SENSU STRICTO* \*

И.Б. Ившина, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет*

М.С. Куюкина, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет*

А.В. Криворучко, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;*

*Пермский государственный национальный исследовательский университет*

---

## Для цитирования:

Ившина И.Б., Куюкина М.С., Криворучко А.В. Совершенство биологической организации и механизмы стрессоустойчивости *Rhodococcus sensu stricto* // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 3. – С. 15–31. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.2>

---

## Бактерии разумны

Среди микроорганизмов загрязнённых сред, так называемых стресс-толерантов, особое место принадлежит бактериям рода *Rhodococcus* (класс *Actinomycetes*, порядок *Mycobacteriales*, семейство *Nocardiaceae*), способным эффективно противостоять широкому кругу стрессовых воздействий на фоне резкого снижения качества природной среды. Родококки, обладая комплексом стратегических приемов выживания, занимают доминирующее положение в биоценозах антропогенно нагруженных почвенных и водных экосистем. В работе рассматривается совокупность основных биологических свойств экстремотолерантных *Rhodococcus* spp. и исследуются ответные реакции родококков, запускаемые ими в ответ на присутствие экотоксикантов. Представлена информация, полученная в результате многолетних исследований биоразнообразия *Rhodococcus*-биодеструкторов сложных органических соединений, а также влияния родококков на процессы естественного восстановления нефтезагрязнённых экосистем. Особое внимание обращено на спектр относительно универсальных черт и особенностей *Rhodococcus* в условиях индукции ферментного оксигеназного комплекса, а также на новые факты о взаимодействии родококков с чужеродными соединениями и о многообразных взаимодополняющих механизмах защиты от экологических стрессов. Полученные сведения дают понимание роли *Rhodococcus* в функционировании биосферы, очищении или

---

\* Работа выполнена в рамках государственного задания Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (тема № 124020500028-4 Биоразнообразие микроорганизмов антропогенно загрязнённых экосистем и функционально-генетические механизмы их адаптации к стрессовым условиям окружающей среды)

снижении токсичных компонентов в условиях экологической дестабилизации окружающей среды, создают предпосылки и дополнительные возможности для разработки и реализации более совершенных экобиотехнологий очистки окружающей среды, обезвреживания или эффективного использования отходов, возникающих в ходе промышленного производства. Наблюдая за умением этих умных бактерий переносить стрессовые ситуации, нельзя не восхищаться тем, как относительная простота устройства *Rhodococcus* гармонично сочетается с удивительным совершенством их биологической организации и способностью к формированию разнообразных оборонительных тактик и наступательных стратегий для сохранения экологического конкурентного преимущества.

**Ключевые слова:** микроорганизмы загрязнённых сред, *Rhodococcus*, биодegradация, экополлютанты, механизмы адаптации, стрессоустойчивость, экобиотехнологии.

### Введение

Проблема загрязнения почвенных и водных экосистем нефтепродуктами, тяжёлыми металлами и другими вредными веществами становится всё более острой для большинства крупных ресурсодобывающих регионов РФ, в том числе Пермского края. Вошедшие в сегодняшнюю практику ксенобиотики в самых различных комбинациях друг с другом, а также с факторами окружающей среды, оказывают масштабное негативное воздействие на живые организмы и среду их обитания. Проблема улучшения качества и очистки окружающей природной среды от экополлютантов определяет необходимость интенсивного и глубокого исследования *микроорганизмов загрязнённых сред*, являющихся первичными ответчиками на негативное воздействие экотоксикантов, способными не только легко адаптироваться, но и противостоять искажённым условиям местообитания, «комфортно» существовать в техногенно загрязнённых биотопах и играть существенную роль в обезвреживании высокотоксичных веществ антропогенного происхождения.

Среди таких стресс-толерантов особое место занимают аборигенные актинобактерии рода *Rhodococcus* Zopf 1891 (домен 'Bacteria', субфилум *Terrabacteria*, филум *Actinomycetota*, класс *Actinomycetes*, порядок *Mycobacteriales*, семейство *Nocardiaceae*), характеризующиеся наи-

большим разнообразием деградируемых ксенобиотиков и способные с помощью кометаболизма (с использованием альтернативных источников углерода) полностью минерализовать химические загрязнители до простых веществ, часто с получением полезного продукта [1–8]. Еще до недавнего времени родококки вызывали умеренный интерес научного сообщества. Казалось бы, медленный рост, отсутствие выраженных патогенных свойств, сложная детективная таксономическая история, уникальное строение жесткой, не поддающейся разрушению клеточной стенки и др. не способствовали вовлечению их в круг фундаментальных объектов исследования. Однако по мере накопления данных становилось явным, что они обладают экстраординарным разнообразием ценных свойств и функций, круг которых пока очерчен только примерно.

На протяжении последних нескольких лет родококки, благодаря реальной пользе от их применения, находятся в центре внимания исследователей [6, 9–13]. Сводная характеристика современного статуса *Rhodococcus*, различных аспектов биохимической и генетической индивидуальности родококков, представлена в книге «Biology of *Rhodococcus* (Microbiology Monographs)» (2019) [14], первом в своем роде международном научном издании, претерпевшем два выпуска и полностью посвященном монографи-

ческому описанию одной из наиболее сложных в систематическом отношении групп актинобактерий. Особенности биологии развития и дифференциации, строения и функций стресс-толерантных *Rhodococcus* spp. отражены в атласе «Углеводородокисляющие родококки: особенности биологической организации под воздействием экополлютантов» (2021) [15], в котором осуществлена первая попытка успешно систематизировать особенности морфологии этой довольно своеобразной в своей метаболической универсальности группы бактерий, специализированных в структурном и физиолого-биохимическом отношении для разложения углеводов и других липофильных органических соединений.

В настоящей работе выборочно представлены лишь некоторые факты, полученные в лаборатории алканотрофных микроорганизмов ИЭГМ УрО РАН в результате проведенных систематических многолетних комплексных регионально-ориентированных исследований биоразнообразия *Rhodococcus*-биодеструкторов сложных органических соединений, а также влияния родококков на процессы естественного восстановления нефтезагрязненных экосистем [16–22]. Особое внимание обращено на спектр универсальных черт и особенностей *Rhodococcus* в условиях индукции ферментного оксигеназного комплекса, а также на новые факты о взаимодействии родококков с чужеродными соединениями и на многообразные взаимодополняющие механизмы защиты от экологических стрессов. Приведённые сведения дают понимание роли *Rhodococcus* в функционировании биосферы, очищении токсичных компонентов в условиях экологической дестабилизации окружающей среды, создают предпосылки и дополнительные возможности для разработки и реализации более совершенных экобиотехнологий очистки окружающей среды, обезвреживания или эффективного использования отходов, возникающих в ходе промышленного производства.

**Экологическая география,  
диапазон возможных мест обитания  
и особенности биологии  
*Rhodococcus* – компонентов  
микробиоценозов природных  
и антропогенно загрязнённых  
экосистем**

*Rhodococcus* spp. известны в основном как типичные обитатели почвы, в том числе арктических и антарктических почв, загрязненных нефтью. Они населяют также поверхностные пресные, грунтовые, минеральные и пластовые воды. Обитают они и в донных осадках северных морей, загрязненных нефтепродуктами, а также в ассоциациях с растениями [23–25]. Ассоциируясь с растениями, родококки не только стимулируют их продуктивность [26, 27], но и могут вызывать патологию [28–30]. В настоящий момент достоверно документирована патогенная природа *Rhodococcus equi* для человека и животных [31–34].

Таким образом, *Rhodococcus* spp. занимают практически все ниши, пригодные для существования живых организмов и обнаруживаются на всех континентах. Однако знания о распространении и сезонной динамике пресноводных и морских популяций аборигенных родококков пока еще довольно скудны, мало данных, касающихся изучения их физиологической и экологической роли в пресноводных и морских сообществах бактериопланктона. Не решен вопрос о том, являются ли родококки постоянными их обитателями или занесены из почвы. Есть лишь предположение о том, что родококки в покоящейся кокковидной стадии переходят в пресные и морские среды [35].

Для *Rhodococcus* свойственны гетерогенность популяций и их циклический характер развития, динамическая изменчивость и наличие морфологических переходов. Родококки способны образовывать конкурентоспособные дифференцированные клеточные формы: (1) специализированные цистоподобные клетки («щисты покоя», «резервные» клетки, крайняя стадия изменчивости), приспособленные к

длительному существованию при воздействии факторов, неблагоприятных для роста, или (2) отличающиеся по размеру и конфигурации обособленные клеточные ассоциаты.

Временно покоящиеся формы образуются в жизненном цикле родококков в неоптимальных для роста условиях, например, азотной лимитации (рис. 1, а-г). В отличие от вегетативных клеток (рис. 1, а, б) они характеризуются наиболее экономичной укороченной коккоидной формой (рис. 1, г), уменьшением объёма клеток вследствие обезвоживания, отсутствием признаков деления (рис. 1, в, г) и колониобразующей активностью, сниженным уровнем метаболизма, повышенной устойчивостью к экстремальным факторам внешней среды (например, к действию высоких и низких температур, осмо-

тическому и рН стрессу, УФ-облучению и др.) и отличаются от активных (вегетативных) клеток особенностями ультраструктурной организации (наличие уплотнённой клеточной стенки и наружного капсульного слоя, повышенная плотность и фрагментация цитоплазмы, компактизация нуклеоида) [36].

Наибольшим изменениям подвергается клеточная стенка родококков: снижается текучесть внутрицитоплазматической мембраны, увеличивается степень гидрофобности и адгезивная активность клеток и, как следствие, снижается их чувствительность к действию аутолитических ферментов. При исчерпании источников органического углерода деятельность *Rhodococcus* в открытых экосистемах замирает, бактерии переходят в состояние покоя до нового притока питательных веществ и энергии.

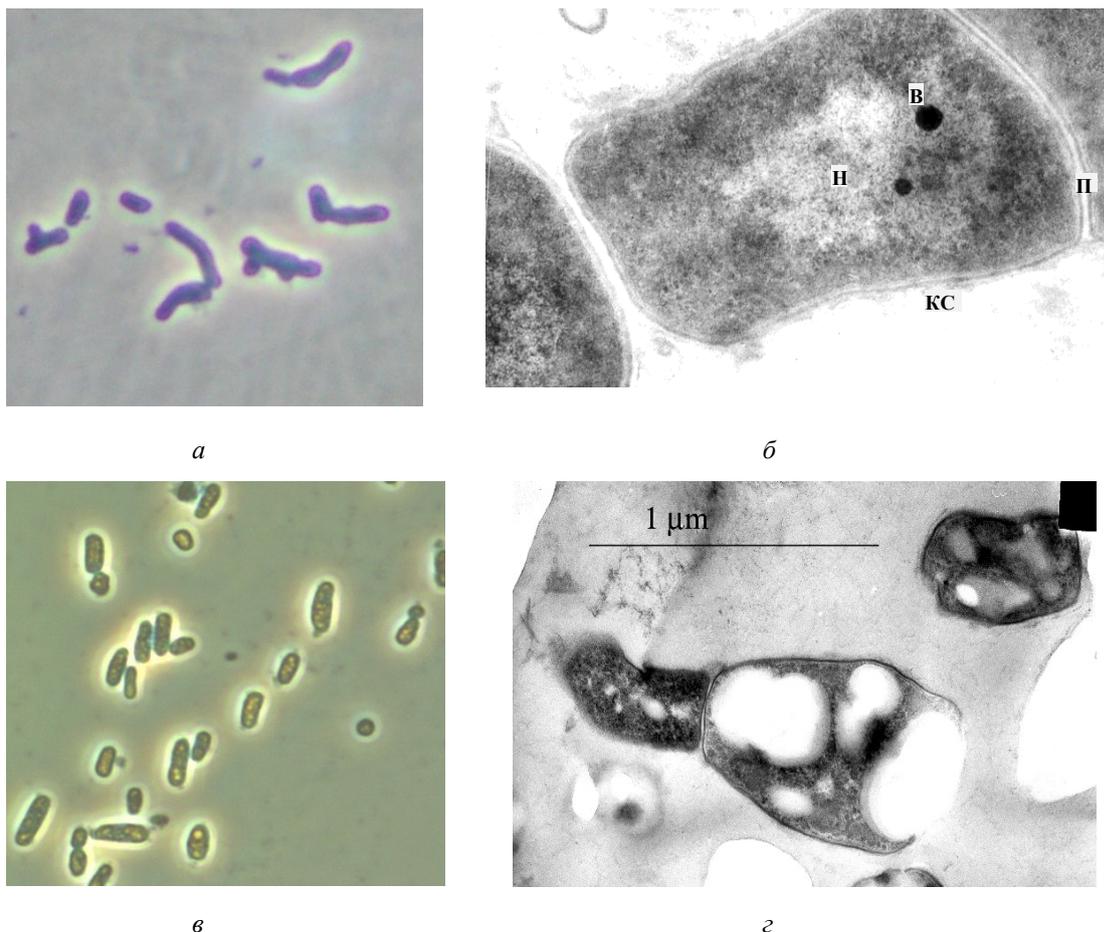


Рис. 1. Вегетативные (а, б) и цистоподобные покоящиеся (в, г) в условиях азотного лимита клетки в фазово-контрастном (а, в) и электронном (б, г) микроскопах [15, 36]:

Н – нуклеоид, КС – клеточная стенка, П – поперечная перегородка, В – волютин (гранулы полифосфатов), Ж – жировые включения

При этом большая часть клеток подвергается лизису, отдельная часть клеток приобретает неактивную переживающую форму (цисты). В виде цист клетки могут находиться длительное время.

Переход родококков в покоящееся состояние, по-видимому, можно рассматривать как крайнюю степень их изменчивости, как особую гибкую форму адаптации к внешним негативным воздействиям. При наступлении благоприятных условий в обогащённой внешней органикой среде родококки восстанавливают численность за счёт этих переживающих форм. Очевидно, такая форма имеет биологическую целесообразность, способствует выживанию и освоению бактериальной популяцией новых ниш при комплексном изменении окружающей среды и воздействию одновременно нескольких неблагоприятных абиотических факторов. При этом следует отметить, что на данный момент особенности персистирующих форм родококков пока ещё изучены недостаточно полно.

Родококки обладают жесткой гидрофобной сложной по структуре клеточной стенкой (IV хемотип), специфическим компонентом которой являются характерные миколовые кислоты – высокомолекулярные гидроксильированные длинноцепочечные (содержащие 28–54 атомов углерода) жирные кислоты с разветвленной цепью [37]. Благодаря наличию миколовых кислот и специфических окислительных мультиферментных систем с разнообразными каталитическими возможностями *Rhodococcus* spp. способны сравнительно легко поглощать и разлагать практически любые гидрофобные загрязнители, в том числе такие предельно восстановленные труднодоступные токсичные и устойчивые соединения, как углеводороды (алканы, циклоалканы, ароматические, полициклические ароматические, нитроароматические, а также широкий спектр предельных и непредельных алифатических хлорированных углеводородов) при раздельном и сочетанном их воздействии [5, 19, 38–41].

Родококки не обладают катаболической репрессией и способны к разложению, детоксикации и инактивированию высокотоксичных эмерджентных загрязнителей, которые аккумулируются и сохраняются в природных экосистемах из-за своей крайней устойчивости: пестициды, фунгициды, инсектициды, сурфактанты, растворители, металлы и металлоиды, лекарства [6, 8, 42–47]. Среди них растущую озабоченность во всем мире вызывают наиболее опасные активные фармацевтические контаминанты, представляющие собой в основном синтетические ароматические соединения, в последние несколько десятилетий повсеместно обнаруживающиеся в водной и наземной средах и относящиеся к группе потенциально опасных мутагенов [6, 48–50]. Вместе с тем родококки активно используются в биокатализе фармацевтических прекурсоров и при разработке новых лекарственных средств. Универсальные стабильные биокатализаторы *Rhodococcus* обеспечивают широкий спектр химико-ферментативных реакций и используются для получения каротиноидов, биофлокулянтов, биосурфактантов, акриламидов и др. [4, 51, 52].

Экологически значимые виды *Rhodococcus* spp. являются типичными доминирующими представителями микробных сообществ нефтезагрязненных почв и отложений [5, 53, 54]. Родококки – признанные супердеструкторы углеводородов разных классов и нефтепродуктов. Углеводороды окисляются ими внутриклеточно при поглощении из водной фазы и/или в результате прямого контакта с бактериальными клетками, обладающими липофильной поверхностью, и при сольубилизации поступающего нерастворимого в воде субстрата в клетку. Индивидуальные низкомолекулярные жидкие *n*-алканы от C<sub>5</sub> до C<sub>11</sub> и некоторые ароматические углеводороды могут незначительно растворяться в воде. Высокомолекулярные гомологи практически нерастворимы. Процесс окисления углеводородов начинается с пассивной диффузии углеводородов по всей поверхности клеточной стенки, здесь они аккумулируют-

ются в неизменённом виде и удерживаются без окисления в значительных количествах – до 50–80% поглощенного углеводородного субстрата. При этом клеткой вырабатываются специфические эндобиосурфактанты гликолипидной природы (трегалолипиды), проявляющие высокую межфазную, эмульгирующую и солюбилизующую активность [55–60]. Биосурфактанты солюбилизуют в своих мицеллах углеводороды, тем самым повышая их биодоступность, и способствуют молекулярно-диффузионному передвижению сквозь клеточную стенку посредством эмульгирования углеводородов до цитоплазматической мембраны – места локализации адаптивных окислительных ферментов (оксигеназ), участвующих в первичной атаке углеводородного субстрата [60, 61]. В процессе оксигенации и последующей минерализации углеводородов в цитоплазме формируются резервные запасы углерода (остаточные углеводороды, высокомолекулярные полифосфаты, специализированные липиды, в том числе фосфолипиды, гликолипиды, полигидроксиалканоаты, триацилглицерин и эфиры воска), что может служить для регуляции текучести клеточной мембраны и её проницаемости для разных молекул и в целом способствовать выживанию родококков, особенно при дисбалансе между углеродом и азотом, лимитировании источников питания, голодании и других экстремальных условиях на протяжении длительного времени [62–65].

Родококки устойчивы к высоким концентрациям органических растворителей, активны в широком диапазоне экстремальных температур, значений pH, способны расти при высоких концентрациях соли [66, 67]. С исторической точки зрения наиболее полно охарактеризован метаболический потенциал почвенных актинобактерий *R. erythropolis* и *R. opacus*, в меньшей степени *R. jostii*, которые находят широкое применение в экологически безопасных технологиях нефтяной биоремедиации, производства биотоплива и биоконверсии отходов в ценные соединения [5, 68–71].

*Rhodococcus* spp. имеют геномы крупных и особо крупных (до 12,7 Mb) размеров необычной топологии и архитектуры, что объясняется тандемной дупликацией и латеральным переносом блоков генов. Они содержат легко переносимые линейные и/или кольцевые мегаплазмиды (>8,5 Mb). Особенности строения генома родококков – его задублированность и высокая пластичность – определяют особенности функционирования генома, что обеспечивает относительно легкую акклиматизацию родококков к различным средам обитания в широком диапазоне температур и значений pH и их катаболическую «безотказность», особенно в отношении гидрофобных «непокорных» ксенобиотиков [3, 10, 72–75].

Таким образом, *Rhodococcus* – перспективная в своей возможности применения в области защиты окружающей среды и биокатализа, своеобразная в своей метаболической универсальности группа актинобактерий, специализированных в структурном и физиолого-биохимическом отношении для разложения углеводородов и других липофильных органических соединений. Перечисленные выше свойства обуславливают приуроченность экологически значимых видов родококков к экстремальным специфическим (необычным) экосистемам, жесткие условия в которых отнюдь не способствуют активной жизнедеятельности многих микроорганизмов. *Rhodococcus* spp. занимают одно из доминирующих положений в антропогенно нарушенных биотопах и таким образом связаны с деятельностью человека и участвуют в восстановлении затронутых этой деятельностью экосистем. Относительно малые размеры *Rhodococcus* spp. (клетки в молодой (9–15 ч) культуре палочковидные, шириной 0,6–0,9 мкм и длиной от 2–5 до 7–12, иногда 15–18 мкм), уникальные свойства и структура их клеточной стенки обеспечивают защиту от поедания протистами. На настоящий момент накоплен значительный материал по биодеградации приори-

тетных поллютантов родококками с пониманием избыточных и универсальных путей их метаболизма, запущены проекты по геномным исследованиям родококков [4, 39]. Всё более документированной становится связь способностей родококков к разложению устойчивых труднодоступных ксенобиотиков, стрессовой выносливости к их воздействию и стратегий выживания *Rhodococcus* в естественных условиях комбинированного действия экотоксикантов и других экзогенных вредных факторов [23, 52, 67, 76–80].

Изучение этой фундаментальной взаимосвязи, раскрытие сложных механизмов защиты родококков от экологических стрессов в условиях усиливающегося антропогенного прессинга на природные экосистемы, более детальная расшифровка результатов различных стрессовых реакций, обеспечивающих перекрёстную устойчивость *Rhodococcus* ко многим химическим соединениям, могут открыть новые перспективы и привести к еще большему разнообразию промышленных и экологических приложений родококков в следующий период времени [8, 16, 20, 81, 82].

Перспективность использования родококков в природоподобных технологиях экологического восстановления загрязненных территорий на фоне описания в последнее десятилетие большого числа новых видов *Rhodococcus* spp. ставит также неотложную задачу определения степени потенциальной опасности при работе с ними с целью выяснения уровня риска при интродукции их в открытые природные экосистемы. Поскольку очевидно, что по мере дальнейшего ухудшения экологической обстановки в целом и патогенизации свободноживущих бактерий родококки с их универсальными механизмами адаптации к любой среде обитания могут проявлять факторы патогенности и со временем пополнить список потенциально патогенных агентов, из которых в техногенных очагах в почве и воде будут формироваться высоковирулентные (эпидемические) формы [17, 75].

### **Родококки – универсальные пластичные биодеструкторы газообразных (C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub>) и жидких углеводородов**

Характерная биологическая особенность актинобактерий рода *Rhodococcus* – способность избирательно осуществлять фиксацию и последующее полное окисление газообразных (этана, пропана, *n*-бутана, но не метана) и жидких углеводородов. Способность к окислительной деструкции углеводородов позволяет *Rhodococcus* успешно конкурировать за источники питания в естественных местах обитания и метаболизировать в условиях экологической дестабилизации природной среды. Вовлекая углеводороды в биотический круговорот, родококки играют важную роль в цикле углерода биосферы [5, 73, 83].

Особый интерес с экологической точки зрения представляет довольно редкое среди других микроорганизмов свойство отдельных видов *Rhodococcus* синтезировать все компоненты клеток не только за счет жидких углеводородов, но и высших газообразных гомологов метана (C<sub>2</sub>–C<sub>4</sub>). Изучение закономерности распространения пропан- и бутанокисляющих бактерий в грунтовых водах и почвах нефтеносных и ненефтеносных районов выявило приуроченность этих специфических устойчивых видовых популяций родококков относительно высокой плотности к контуру нефтеносных структур и установлена возможность использования их в качестве биопоказателей углеводородных залежей [84, 85]. В зоне нефтяных и газовых месторождений индикаторные бактерии образуют мощный биологический окислительный фильтр, оказывающий существенное влияние на диффундирующие от залежи к земной поверхности газообразные углеводороды. Обычно бактериальный фильтр развивается до такой степени, что полностью перехватывает поток газов из генерирующих слоев. Ранее было показано, что численность газоокисляющих родококков не подвержена резким сезонным колебаниям, а основным фактором, регулирующим объем их популяции в эко-

логических нишах, является интенсивность постоянного потока углеводородных газов [86]. Систематическое обнаружение газоокисляющих родококков в разные сезоны года свидетельствует о непрерывности процесса бактериальной ассимиляции газообразных углеводородов, мигрирующих из глубины к земной поверхности. Так, на площадях в пределах контура нефтяных месторождений в пробах снега выявлено относительно высокое содержание тяжелых углеводородных газов и бактерий, окисляющих их. Обнаружение газоокисляющих родококков в зимние периоды, очевидно, объясняется возможностью механического перемещения бактерий в зимние месяцы из нижних горизонтов почвы в верхние под воздействием восходящего газового потока во время замерзания почвы. Снежный покров – хороший сорбционный субстрат для аккумуляции и концентрации бактерий и газообразных углеводородов.

Как правило, родококки определенных видов (*R. rhodochrous*, *R. ruber*) достаточно быстро развиваются над месторождениями нефти и газа, а также в местах утечек горючих газов из подземных резервуаров-хранилищ, в породах и водах, расположенных на загазованных территориях [84–86]. Для выявления специфических мест обитания этих организмов нами в течение многих лет исследовались различные природные субстраты (подпочвенные отложения и подземные воды нефтеносных и ненефтеносных районов, придонные осадки и пресные водоемы, керны структурных скважин, снежный покров и приземный воздух и др.) сопредельных и контрастных эколого-географически удаленных регионов. Полученные изоляты представляли довольно гомогенную группу организмов и отличались однотипностью фенотипических свойств, включая морфологию колоний и микробных клеток [84, 85]. Пропан- и бутаноокисляющие родококки не были обнаружены в субстратах, где наличие газообразных углеводородов обусловлено разложением органического вещества, а именно в образцах

ила, торфа, огородной, лесной и садовой почв. Основными экологическими факторами, лимитирующими их активную жизнедеятельность в составе микробиоценоза, являются наличие молекулярного кислорода и динамика среды. По нашим данным, наиболее благоприятными для жизнедеятельности этой группы организмов являются подпочвенные аэрируемые горизонты до уровня грунтовых вод, а также зоны неотектонической трещиноватости.

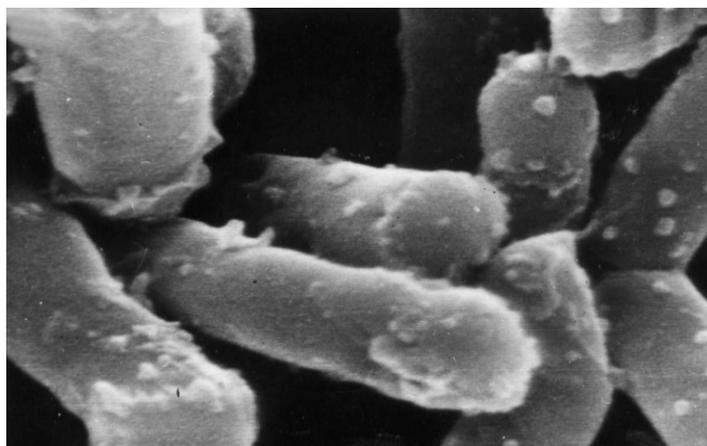
Отличительная черта родококков, характеризующихся способностью ассимилировать тяжелые газообразные *n*-алканы, – специфические придаточные структуры – шишковидные выросты диаметром 40–150 нм, своим основанием прикрепленные к клеточной оболочке, имеющие округлую или продолговатую форму и расположенные нерегулярно на наружной поверхности клетки (рис. 2, *a*). Назначение подобных множественных поверхностных органелл и механизмы межклеточных взаимодействий пока неясны. Можно лишь предположить, что они служат для увеличения относительной площади клеточной поверхности с целью обеспечения лучшего контакта клеток с газообразным ростовым субстратом, имеют высокий уровень вовлеченности в биологические процессы, полифункциональны и обеспечивают, скорее всего, контактное взаимодействие между клетками, удерживание их в микроколониях, биопленках и прикрепление к (а)биотическим субстратам, возможно, защите от хищников (фаготрофных протистов), а также передачу информации («эффекты кворума»). Шишковидные выросты, по-видимому, обладают не только адгезионными свойствами и выполняют агрегатные функции (играть роль в формировании многоклеточных и многослойных агрегатов), но могут быть связаны и с транспортом молекул ДНК при латеральном переносе генетических компонентов между клетками. Очевидно, образование морфофункциональных межклеточных контактов в колониях, способствующих возникновению коммуникаций между контактирующими клетками и эффектив-

ной генерации ответа своеобразной «кооперативной клеточной системы» на возможные экологические ситуации, – характерный приспособительный признак родококков, обеспечивающий их селективное преимущество и сохранение в природных средах.

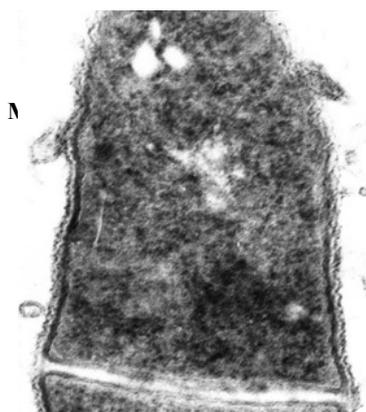
В присутствии газообразных углеводов в популяции родококков одновременно содержатся клетки, имеющие поверхностные структуры в результате выпячивания цитоплазматической мембраны в межклеточное пространство в виде круглых микровезикулоподобных образований (рис. 2, б). Образование их носит адаптивный характер. Пока не ясен механизм, запускающий процесс формирова-

ния таких пространственных структур. Очевидно, секретируемые клетками поверхностно-ассоциированные образования создают микроокружение, способствующее адгезии, пролиферации, многослойной агрегации клеток, стойкой колонизации субстрата и формированию биоплёнки. Кроме адгезивной, они могут выполнять, по-видимому, функцию защиты клеток от токсических эффектов углеводов и других неблагоприятных воздействий извне, а также участвовать в межклеточном сигналинге и транзите генетического материала [87–89].

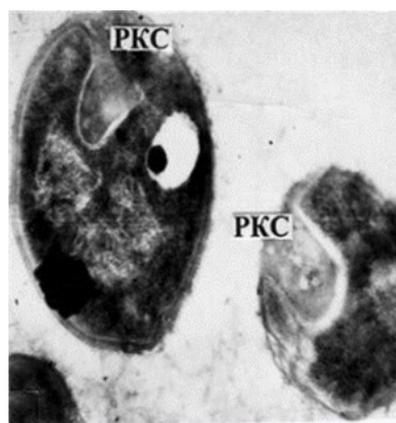
Особый интерес вызывает лабильность клеточной стенки у родококков, культивируемых в присутствии *n*-бутана (рис. 2, в).



а



б



в

Рис. 2. Сканирующая электронная микроскопия (а) и ультратонкие срезы (б, в) клеток *R. ruber* ИЭГМ 333 (а, б) и ИЭГМ 342 (в), выращенных на минеральной среде в атмосфере пропана (а, б) и *n*-бутана (в) [15, 17].

а – х 44 000, стрелкой показаны шишковидные выросты; б – х 50 000; в – х 45 000. МВ – микровезикулы, ЭПВ – электронно-плотные включения, ПКС – разрастание клеточной стенки

В таких клетках наблюдается активный синтез новых участков клеточной стенки. Разрастание клеточной стенки в глубь цитоплазмы, отделённое от протопласта цитоплазматической мембраной, начинается с нарушения целостности клеточной стенки. В ней появляются небольшие ячеистые утолщения, которые постепенно увеличиваются до крупных размеров (рис. 2, в). Эти разрастания часто имеют округлую форму и располагаются одиночно или группами. Около разрастаний клеточной стенки нередко появляются электронно-плотные включения (оксисомы), соответствующие местам локализации окислительных ферментов, участвующих в разложении углеводов (рис. 2, в). Поскольку клеточная стенка и её поверхность являются основным местом накопления углеводов, можно предположить, что избыточный рост клеточной стенки, увеличивающий её поверхность, связан с созданием динамического депо для полного насыщения клетки углеводородом, что обеспечивает фиксацию поступающего газообразного ростового субстрата и последующее его окисление.

Представленные результаты свидетельствуют о функциональной приспособленности родококков к использованию индивидуальных углеводов в качестве субстрата. Инкубация родококков в присутствии газообразных углеводов вызывает характерные изменения в ультраструктуре клеток. Данные ультраструктурные модификации носили обратимый характер – по мере проведения многократных последовательных пассажей культуры и инкубации клеток на стандартных органических питательных средах, наблюдаемые изменения клеточной ультраструктуры нивелировались. Выявленные клеточные адаптации родококков к утилизации углеводородного субстрата отражают метаболическую перестройку, сопряжённую с потреблением газообразных алканов, и могут рассматриваться в качестве одного из проявлений исключительной метаболической пластичности данной группы прокариотов, обеспечи-

вающей их выживание в экстремальных условиях естественных местообитаний. Установленные факты демонстрируют высокую адаптивную способность родококков к использованию газообразных углеводородов в качестве источника питания, что является важным фактором, определяющим их экологическую «успешность» в сложных природных нишах.

По нашим данным, наряду со способностью метаболизировать высшие газообразные гомологи метана ( $C_2-C_4$ ), *R. ruber* окисляют жидкие *n*-алканы ( $C_5-C_{24}$ ). Наиболее доступными и легко усвояемыми ростовыми субстратами являются углеводороды с длиной цепи от  $C_{11}$  до  $C_{16}$ . При росте на  $C_2-C_{16}$  родококки накапливают биомассу от 2,15 до 5,67 г/л АСВ [61]. В отношении потребления *n*-алканов  $C_5-C_{10}$  в большей степени проявляются индивидуальные особенности отдельных штаммов. Например, пропанокисляющий штамм *R. ruber* ИЭГМ 231, выделенный из родниковой воды на территории нефтедобывающего предприятия (<http://www.iegmc01.ru/strains/>), довольно интенсивно растёт на *n*-пентане, но обладает повышенной чувствительностью к токсическому воздействию *n*-гексана ( $C_6$ ) и *n*-октана ( $C_8$ ). При использовании *n*-гептана ( $C_7$ ), *n*-нонана ( $C_9$ ) или *n*-декана ( $C_{10}$ ) рост весьма незначителен и сопровождается относительно невысоким (от 0,34 до 1,24 г/л) выходом сухой биомассы (Philp et al., 2002). Твёрдые индивидуальные парафины от  $C_{19}$  до  $C_{24}$  используют лишь единичные штаммы. Пропанметаболизирующие *R. ruber* способны окислять короткоцепочечные алкены до соответствующих 1,2-эпоксидов. С наиболее высокой скоростью окисляется пропилен. Как показывает практика, среди микроорганизмов, выделенных на богатых питательных средах или средах с жидкими углеводородами, как правило, не удается выявить штаммы, использующие высшие газообразные гомологи метана. Последние, по-видимому, являются селективным фактором, обуславливающим выделение пропан- и бутанокисляющих микроорганизмов.

Для противостояния воздействию высокотоксичных, например, ароматических углеводов родококки способны к формированию обособленных сложных многоклеточных агрегатов. Подобные объединения клеток имеют стратегическое значение и позволяют популяции адаптироваться и расти в условиях, при которых одиночные клетки не способны к размножению и биодеструкции экотоксиканта. В связи с этим очевиден тезис о том, что выживает устойчивое микробное сообщество, формирующееся как защитная система, как защитный механизм (иммунитет), а не множество независимых единичных нередко конкурирующих индивидуумов [90]. Это так же очевидно, как «*один в поле не воин*».

Изолированные из природных образцов штаммы *Rhodococcus* spp. поддерживаются в Региональной профилированной коллекции алканотрофных микроорганизмов (акроним коллекции ИЭГМ, УНУ/ЦКП 73559/480868, номер 285 во Всемирной федерации коллекций культур, <http://www.iegmcol.ru>) уже в течение более сорока лет не только на углеводородсодержащих средах, но и обычных питательных средах с помощью различных методов хра-

нения (субкультивирование, на «голодном» агаре, в дистиллированной воде и 0,5%-ном р-ре хлорида натрия, бумажных фильтрах, лиофилизация, низкотемпературное и сверхнизкое замораживание) [20]. Способность к утилизации газообразных и жидких алканов в процессе многолетнего культивирования в лабораторных условиях на средах с углеводами не утрачивается.

### Заключение

Таким образом, относительная простота устройства по принципу «ничего лишнего и бесполезного» (лат. «*ne quid nimis*») и практическое совершенство биологической организации *Rhodococcus* spp. сочетаются с их способностью к формированию особых защитных механизмов к воздействию неблагоприятных внешних факторов. Это дает возможность рассматривать актинобактерии рода *Rhodococcus* в качестве одних из наиболее активно приспособленных природных агентов, которые прочно закреплены в своей экологической нише. Вся природа и биологические особенности их направлены на то, чтобы использовать углеводороды как углеродные ресурсы, несмотря на стрессовые условия.

### Библиографический список

1. Arahal D.R., Bull C.T., Christensen H., Chuvochina M., Dunlap C., del Carmen Montero-Calasanz M., Parker C.T., Vandamme P., Ventosa A., Ventura S., Young P., Göker M. Judicial Opinion 13 // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2024. – Vol. 74. – Article 006414. DOI: 10/1099/ijsem.0.006414.
2. Goodfellow M., Oren A., Sangal V., Sutcliffe I.C. Is the bacterial genus name *Rhodococcus* Zopf 1891 illegitimate? Request for an Opinion // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2024. – Vol. 74. – Article 006251. DOI: 10/1099/ijsem.0.006251.
3. Larkin M.J., Kulakov L.A., Allen C.C.R. Biodegradation and *Rhodococcus* – masters of catabolic versatility // Current Opinion Biotechnology. – 2005. – Vol. 16. – № 3. – P. 282–290. DOI:10.1016/j.copbio.2005.04.007.
4. Busch H., Hagedoorn P.-L., Hanefeld U. *Rhodococcus* as a versatile biocatalyst in organic synthesis // International Journal of Molecular Sciences. – 2019. – Vol. 20. – Article 4787. DOI:10.3390/ijms20194787.
5. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V. Hydrocarbon-oxidizing bacteria and their potential in eco-biotechnology and bioremediation // In Microbial Resources: From Functional Existence in Nature to Industrial Applications, Ed. I. Kurtböke, Elsevier, New York, 2017. – P. 121–148. – 332 pp. DOI:10.1016/B978-0-12-804765-1.00006-0.
6. Ivshina I., Bazhutin G., Tyumina E. *Rhodococcus* strains as a good biotool for neutralizing pharmaceutical pollutants and obtaining therapeutically valuable products: Through the past into the future // Frontiers in Microbiology. – 2022. – Vol. 13. – Article 967127. DOI:10.3389/fmicb.2022.967127.
7. Krivoruchko A.V., Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Advanced *Rhodococcus* biocatalysts for environmental biotechnologies // Catalysts. – 2019. – Vol. 9. – № 3. – Article 236. DOI: 1.3390/catal9030236.
8. Nazari M.T., Simon V., Machado B.S., Crestani L., Marchezi G., Concolato G., Ferrari V., Colla L.M., Piccin J.S. *Rhodococcus*: A promising genus of actinomycetes for the bioremediation of organic and

- inorganic contaminants // Journal of Environmental Management. – 2022. – Vol. 323. – Article 116220. DOI: 10.1016/j.jenvman.2022.116220.
9. De Carvalho C.C.C.R., da Fonseca M.M.R. The remarkable *Rhodococcus erythropolis* // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2005. – Vol. 67. – № 6. – P. 715–726. DOI: 10.1007/s00253-005-1932-3.
  10. Larkin M.J., Kulakov L.A., Allen C.C.R. Genomes and plasmids in *Rhodococcus* // In Biology of *Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, 2010. – Vol. 16. – P. 73–90. – 365 pp. DOI: 10.1007/978-3-642-12937-7\_3.
  11. Larkin M.J., Kulakov L.A., Allen C.R. Biodegradation by members of the genus *Rhodococcus*: biochemistry, physiology, and genetic adaptation // Advances in Applied Microbiology. – 2006. – Vol. 59. – P. 1–29. DOI: 10.1016/S0065-2164(06)59001-X.
  12. Martínková L., Uhnáková B., Pátek M., Nešvera J., Křen V. Biodegradation potential of the genus *Rhodococcus* // Environment International. – 2009. – Vol. 35. – № 1. – P. 162–177. DOI: 10.1016/j.envint.2008.07.018.
  13. Kim D., Choi K.Y., Yoo M., Zylstra G.J., Kim E.J. Biotechnological potential of *Rhodococcus* biodegradative pathways // Journal of Microbiology and Biotechnology. – 2018. – Vol. 28. – № 7. – P. 1037–1051. DOI: 10.4014/jmb.1712.12017.
  14. Biology of *Rhodococcus*. Microbiology Monographs. Ed. H.M. Alvarez. Springer Nature. Switzerland AG, 2019. – Vol. 16. – 386 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_6.
  15. Углеводородоокисляющие родококки: особенности биологической организации под воздействием экополлютантов. Атлас-монография // Ившина И.Б., Куюкина М.С., Каменских Т.Н., Криворучко А.В., Тюмина Е.А., Елькин А.А. / Под ред. И.Б. Ившиной. – УРО РАН, 2021. – 140 с. ISBN 978-5-7691-2546-1. <https://elibrary.ru/item.asp?id=46512049>.
  16. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Bioremediation of contaminated environments using *Rhodococcus* // In Biology of *Rhodococcus*. Microbiology Monographs. Ed. A. Steinbüchel. Springer Nature, 2019. – Vol. 16. – P. 231–270. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_9.
  17. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V., Tyumina E.A. Responses to ecopollutants and pathogenization risks of saprotrophic *Rhodococcus* species // Pathogens. – 2021. – Vol. 10. – № 8. – Article 974. DOI: 10.3390/pathogens10080974.
  18. Ivshina I.B., Luchnikova N.A., Maltseva P.Yu., Ilyina I.V., Volcho K.P., Gatilov Yu.V., Korchagina D.V., Kostrikina N.A., Sorokin V.V., Mulyukin A.L., Salakhutdinov N.F. Biotransformation of (–)-isopulegol by *Rhodococcus rhodochrous* // Pharmaceuticals. – 2022. – Vol. 15. – № 8. – Article 964. DOI: 10.3390/ph15080964.
  19. Krivoruchko A.V., Kuyukina M.S., Peshkur T.A., Cunningham C.J., Ivshina I.B. *Rhodococcus* strains from the Specialized Collection of Alkanotrophs for biodegradation of aromatic compounds // Molecules. – 2023. – Vol. 28. – № 5. – Article 2393. DOI: 10.3390/molecules28052393.
  20. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V. Extremotolerant *Rhodococcus* as an important resource for environmental biotechnology // In Actinomycetes in extreme and marine environments: An unexhausted source for microbial biotechnology. Ed. by I. Kurtböke. Science Publishers, CRC Press: Boca Raton, 2024. – P. 209–246. – 332 pp. ISBN 978-0-367-25280-9 DOI: 10.1201/9780429293948.
  21. Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Krivoruchko A.V., Peshkur T.A., Cunningham C.J. Treatment of jet fuel contaminated water in a fluidized-bed bioreactor amended with cryogel-immobilized *Rhodococcus* cells and nickel nanoparticles // International Biodeterioration and Biodegradation. – 2021. – Article 105308. DOI: 10.1016/j.ibiod.2021.105308.
  22. Иванова К.М., Гришко В.В., Ившина И.Б. Высокоэффективная биодеструкция дегидроабиеитиновой кислоты нерастающими клетками *Rhodococcus rhodochrous* ИЭГМ 1071 // Микробиология. – 2022. – Т. 91. – № 4. – С. 419–432. DOI: 10.31857/S002636562230022X.
  23. Ma J., Zhuang Y., Wang Y., Zhu N., Wang T., Xiao H., Chen J. Update on new trend and progress of the mechanism of polycyclic aromatic hydrocarbon biodegradation by *Rhodococcus*, based on the new understanding of relevant theories: a review // Environmental Science Pollution Research. – 2023. – Vol. 30. – № 41. – P. 93345–93362. DOI: 10.1007/s11356-023-28894-y.
  24. Táncsics A., Máthe I., Benedek T., Toth E.M., Atasayar E., Sproer C., Máriaigetű K., Felföldi T., Kriszt B. *Rhodococcus sovatisensis* sp. nov., an actinomycete isolated from the hypersaline and heliothermal Lake Ursu // International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. – 2017. – Vol. 67. – № 2. – P. 190–196. DOI: 10.1099/ijsem.0.001514.
  25. Silva L.J., Souza D.T., Genuario D.B., Hoyos H.A.V., Santos S.N., Rosa L.H., Zucchi T.D., Melo I.S. *Rhodococcus psychrotolerans* sp. nov., isolated from rhizosphere of *Deschampsia antarctica* // Antonie van Leeuwenhoek. – 2018. – Vol. 111. – № 4. – P. 629–636. DOI: 10.1007/s10482-017-0983-7.
  26. Ely C.S., Smets B.F. Guild composition of root-associated bacteria changes with increased soil contamination // Microbial Ecology. – 2019. – Vol. 78. – № 2. – P. 416–427. DOI: 10.1007/s00248-019-01326-6.

27. Viesser J.A., Sugai-Guerios M.H., Malucelli L.C. Petroleum-tolerant rhizospheric bacteria: isolation, characterization and bioremediation potential // *Scientific Reports*. – 2020. – Vol. 10. – Article 2060. DOI: 10.1038/s41598-020-59029-9.
28. Stamler R.A., Kilcrease J., Kallsen C., Fichtner E.J., Cooke P., Heerema R.J., Randall J.J. First report of *Rhodococcus* isolates causing Pistachio Bushy Top Syndrome on 'UCB-1' rootstock in California and Arizona // *Plant Disease*. – 2015. – Vol. 99. – № 11. – P. 1468–1476. DOI: 10.1094/PDIS-12-14-1340-RE.
29. Vereecke D., Zhang Y., Francis I.M., Lambert P.Q., Venneman J., Stamler R.A., Kilcrease J., Randall J.J. Functional genomics insights into the pathogenicity, habitat fitness, and mechanisms modifying plant development of *Rhodococcus* sp. PBTS1 and PBTS2 // *Frontiers in Microbiology*. – 2020. – Vol. 11. – Article 14. DOI: 10.3389/fmicb.2020.00014.
30. Vereecke D., Fichtner E.J., Lambert P.Q., Cooke P., Kilcrease J., Stamler R.A., Zhang Y., Francis I.M., Randall J.J. Colonization and survival capacities underlying the multifaceted life of *Rhodococcus* sp. PBTS1 and PBTS2 // *Plant Pathology*. – 2021. – Vol. 70. – № 3. – P. 567–583. DOI: 10.1111/ppa.13307.
31. Majidzadeh M., Fatahi-Bafghi M. Current taxonomy of *Rhodococcus* species and their role in infections // *European Journal of Clinical Microbiology & Infectious Diseases*. – 2018. – Vol. 37. – № 11. – P. 2045–2062. DOI: 10.1007/s10096-018-3364-x.
32. Suzuki Y., Kubota H., Madarame H., Takase F., Takahashi K., Sasaki Y., Kakuda T., Takai S. Pathogenicity and genomic features of *vapN*-harboring *Rhodococcus equi* isolated from human patients // *International Journal of Medical Microbiology*. – 2021. – Vol. 311. – № 6. – Article 151519. DOI: 10.1016/j.ijmm.2021.151519.
33. Rakowska A., Cywinska A., Wikowski L. Current trends in understanding and managing equine rhodococcosis // *Animals*. – 2020. – Vol. 10. – № 10. – Article 1910. DOI: 10.3390/ani10101910.
34. Takai S., Sawada N., Nakayama Y., Ishizuka S., Nakagawa R., Kawashima G., Sangkanjanavanich N., Sasaki Y., Kakuda T., Suzuk Y. Reinvestigation of the virulence of *Rhodococcus equi* isolates from patients with and without AIDS // *Letters in Applied Microbiology*. – 2020. – Vol. 71. – № 6. – P. 679–683. DOI: 10.1111/lam.13386.
35. Anandan R., Dhanasekaran D., Gopinath P.M. An introduction to actinobacteria, in *Actinobacteria – Basics and Biotechnological Applications*. Eds. D. Dhanasekaran, Y. Jiang, IntechOpen, – London, UK, 2016. – P. 3–37. DOI: 10.5772/62329.
36. Ivshina I.B., Mukhutdinova A.N., Tyumina H.A., Suzina N.E., El'-Registan G.I., Mulyukin A.L. Drotaverine hydrochloride degradation using cyst-like dormant cells of *Rhodococcus ruber* // *Current Microbiology*. – 2015. – Vol. 70. – № 3. – P. 307–314. DOI: 10.1007/s00284-014-0718-1.
37. Sucliff I.C., Brown A.K., Dover L.G. The rhodococcal cell envelope: composition, organization and biosynthesis // In *Biology of Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg, 2010. – Vol. 16. – P. 29–72. DOI: 10.1007/978-3-642-12937-7\_2.
38. Cappelletti M., Pinelli D., Fedi S., Zannoni D., Frasconi D. Aerobic co-metabolism of 1,1,2,2-tetrachloroethane by *Rhodococcus aetherivorans* TPA grown on propane: kinetic study and bioreactor configuration analysis // *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*. – 2018. – Vol. 93. – № 1. – P. 155–165. DOI: 10.1002/jctb.5335.
39. Garrido-Sanz D., Sansegundo-Lobato P., Redondo-Nieto M., Suman J., Cajthaml T., Blanco-Romero E., Martin M., Uhlik O., Rivilla R. Analysis of the biodegradative and adaptive potential of the novel polychlorinated biphenyl degrader *Rhodococcus* sp. WAY2 revealed by its complete genome sequence // *Microbial Genomics*. – 2020. – Vol. 6. – № 4. – Article 000363. DOI: 10.1099/mgen.0.000363.
40. Miao L.-L., Qu J., Liu Z.-P. Hydroxylation at multiple positions initiated the biodegradation of indeno[1,2,3-cd]pyrene in *Rhodococcus aetherivorans* IcdP1 // *Frontiers in Microbiology*. – 2020. – Vol. 11. – Article 568381. DOI: 10.3389/fmicb.2020.568381.
41. Gu H., Yan J., Liu Y., Yu X., Yan Feng Y., Yang X., Lam S.S., Naushad M., Li C., Sonne C. Autochthonous bioaugmentation accelerates phenanthrene degradation in acclimated soil // *Environmental Research*. – 2023. – Vol. 224. – Article 115543. DOI: 10.1016/j.envres.2023.115543.
42. Baltazar M.P.G., Gracioso L.H., Avanzi I.R., Karolski B., Tenório J.A.S., do Nascimento C.A.O., Perpetuo E.A. Copper biosorption by *Rhodococcus erythropolis* isolated from the Sossego Mine – PA – Brazil // *Journal Materials Research and Technology*. – 2019. – Vol. 8. – № 1. – P. 475–483. DOI: 10.1016/j.jmrt.2018.04.006.
43. Ivshina I.B., Tyumina E.A., Kuzmina M.V., Vikhareva E.V. Features of diclofenac biodegradation by *Rhodococcus ruber* IEGM 346 // *Scientific Reports*. – 2019. – Vol. 9. – Article 9159. DOI: 10.1038/s41598-019-45732-9
44. Yang C.W., Liu C., Chang B.V. Biodegradation of amoxicillin, tetracyclines and sulfonamides in wastewater sludge // *Water*. – 2020. – Vol. 12. – № 8. – Article 2147. DOI: 10.3390/W12082147.

45. Chuang S., Yang H., Wang X., Xue C., Jiang J., Hong Q. Potential effects of *Rhodococcus qingshengii* strain djl-6 on the bioremediation of carbendazim-contaminated soil and the assembly of its microbiome // Journal of Hazardous Materials. – 2021. – Vol. 414. – Article 125496. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2021.125496.
46. Baek J.H., Kim K.H., Lee Y., Jeong S.E., Jin H.M., Jia B., Jeon C.O. Elucidating the biodegradation pathway and catabolic genes of benzophenone-3 in *Rhodococcus* sp. S2-17 // Environmental Pollution. – 2022. – Vol. 299. – Article 118890. DOI: 10.1016/j.envpol.2022.118890.
47. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Litvinenko L.V., Golysheva A.A., Kostrikina N.A., Sorokin V.V., Mulyukin A.L. Bioaccumulation of molybdate ions by alkanotrophic *Rhodococcus* leads to significant alterations in cellular ultrastructure and physiology // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2024. – Vol. 274. – Article 116190. DOI: 10.1016/j.ecoenv.2024.116190.
48. Tyumina E.A., Subbotina M.V., Polygalov M.A., Tyan S.M., Ivshina I.B. Ketoprofen as an emerging contaminant: occurrence, ecotoxicity and (bio)removal // Frontiers in Microbiology. – 2023. – Vol. 14. – Article 1200108. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1200108.
49. aus der Beek T., Weber F.A., Bergmann A., Hickmann S., Ebert I., Hein, A., Küster A. Pharmaceuticals in the environment—global occurrences and perspectives // Environmental Toxicology and Chemistry. – 2016. – Vol. 35. – № 4. – P. 823–835. DOI: 10.1002/etc.3339.
50. Domingo-Echaburu S., Dávalos L.M., Orive G., Lertxundi U. Drug pollution & sustainable development goals // Science of the Total Environment. – 2021. – Vol. 800. – Article 149412. DOI: 10.1016/J.SCITOTENV.2021.149412.
51. Anteneh Y.S., Franco C.M.M. Whole cell Actinobacteria as biocatalysts // Frontiers in Microbiology. – 2019. – Vol. 10. – Article 77. DOI: 10.3389/FMICB.2019.00077.
52. Cappelletti M., Presentato A., Piacenza E., Firrincieli A., Turner R.J., Zannoni D. Biotechnology of *Rhodococcus* for the production of valuable compounds // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2020. – Vol. 104. – P. 8567–8594. DOI: 10.1007/s00253-020-10861-z.
53. Hamamura N., Arp D.J. Isolation and characterization of alkane-utilizing *Nocardioides* sp. strain CF8 // FEMS Microbiology Letters. – 2000. – Vol. 186. – No. 1. – P. 21–26. DOI: 10.1111/j.1574-6968.2000.tb09076.x.
54. Koma D., Sakashita Y., Kubota K., Fujii Y., Hasumi F., Chung S.Y., Kubo M. Degradation of car engine base oil by *Rhodococcus* sp. NDKK48 and *Gordonia* sp. NDKY76A // Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry. – 2003. – Vol. 67. – № 7. – P. 1590–1593. DOI: 10.1271/bbb.67.1590.
55. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Philp J.C., Christofi N. Oil desorption from mineral and organic materials using biosurfactant complexes produced by *Rhodococcus* species // World Journal of Microbiology and Biotechnology. – 1998. – Vol. 14. – P. 711–717. DOI: 10.1023/A:1008885309221.
56. Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Makarov S.O., Litvinenko L.V., Cunningham C.J., Philp J.C. Effect of biosurfactants on crude oil desorption and mobilization in a soil system // Environment International. – 2005. – Vol. 31. – № 2. – P. 155–161. DOI: 10.1016/j.envint.2004.09.009.
57. Banat I.M., Franzetti A., Gandolfi I., Bestetti G., Martinotti M.G., Fracchia L., Smyth T.J., Marchant R. Microbial biosurfactants production, applications and future potential // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2010. – Vol. 87. – P. 427–444. DOI 10.1007/s00253-010-2589-0.
58. Franzetti A., Gandolfi I., Bestetti G., Smyth T.J.P., Banat I.M. Production and application of trehalose lipid biosurfactants // The European Journal of Lipid Science and Technology. – 2010. – Vol. 112. – P. 617–627. DOI: 10.1002/ejlt.200900162.
59. Ivshina I., Kostina L., Krivoruchko A., Kuyukina M., Peshkur T., Anderson P., Cunningham C. Removal of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil spiked with model mixtures of petroleum hydrocarbons and heterocycles using biosurfactants from *Rhodococcus ruber* IEGM 231 // Journal Hazardous Materials. – 2016. – Vol. 312. – P. 8–17. DOI 10.1016/j.jhazmat.2016.03.007.
60. Kuyukina M.S., Ivshina I.B. Production of trehalolipid biosurfactants by *Rhodococcus* // In Biology of *Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez. Springer Nature. Switzerland. AG, 2019. – Vol. 16. – P. 271–298. 386 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_10.
61. Philp J.C., Kuyukina M.S., Ivshina I.B., Dunbar S.A., Christofi N., Lang S., Wray V. Alkanotrophic *Rhodococcus ruber* as a biosurfactant producer // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2002. – Vol. 59. – № 2–3. – P. 318–324. DOI: 10.1007/s00253-002-1018-4.
62. Yoshida N. Oligotrophic growth of *Rhodococcus* // In Biology of *Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez. Springer Nature. Switzerland. AG, 2019. – Vol. 16. – P. 87–101. 386 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_4.
63. Bequer-Urbano S., Albarracín V.H., Ordoñez O.F., Farias M.E., Alvarez H.M. Lipid storage in high-altitude Andean Lakes extremophiles and its mobilization under stress conditions in *Rhodococcus* sp. A5, a UV-resistant actinobacterium // Extremophiles. – 2013. – Vol. 17. – № 2. – P. 217–227. DOI: 10.1007/s00792-012-0508-2.

64. Chen Z., Zheng Z., Wang F.-L., Niu Y.-P., Miao J.-L., Li H. Intracellular metabolic changes of *Rhodococcus* sp. LH during the biodegradation of diesel oil // *Marine Biotechnology*. – 2018. – Vol. 20. – № 6. – P. 803–812. DOI: 10.1007/s10126-018-9850-4.
65. Alvarez H., Steinbüchel A. Biology of triacylglycerol accumulation by *Rhodococcus* // In *Biology of Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez. Springer Nature, Switzerland, AG, 2019. – Vol. 16. – P. 299–332. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_11.
66. Коршунова И.О., Писцова О.Н., Куюкина М.С., Ившина И.Б. Влияние органических растворителей на жизнеспособность и морфофункциональные свойства родококков // *Прикладная биохимия и микробиология*. – 2016. – Т. 52. – № 1. – P. 53–61. DOI: 10.7868/S0555109916010074.
67. Pátek M., Grulich M., Nešvera J. Stress response in *Rhodococcus* strains // *Biotechnology Advances*. – 2021. – Article 107698. DOI: 10.1016/j.biotechadv.2021.107698.
68. Tajparast M., Frigon D. Genome-scale metabolic model of *Rhodococcus jostii* RHA1 (iMT1174) to study the accumulation of storage compounds during nitrogen-limited condition // *BMC Systems Biology*. – 2015. – Vol. 9. – Article 43. DOI: 10.1186/s12918-015-0190-y.
69. Tajparast M., Frigon D. Predicting the accumulation of storage compounds by *Rhodococcus jostii* RHA1 in the feast-famine growth cycles using genome-scale flux balance analysis // *PLoS One*. – 2018. – Vol. 13. – Article e0191835. DOI: 10.1371/journal.pone.0191835.
70. Castro A.R., Rocha I., Alves M.M., Pereira M.A. *Rhodococcus opacus* B4: a promising bacterium for production of biofuels and biobased chemicals // *AMB Express*. – 2016. – Vol. 6. – Article 35. DOI: 10.1186/s13568-016-0207-y.
71. Anthony W.E., Carr R.R., DeLorenzo D.M., Campbell T.P., Shang Z., Foston M., Moon T.S., Dantas G. Development of *Rhodococcus opacus* as a chassis for lignin valorization and bioproduction of high-value compounds // *Biotechnology for Biofuels*. – 2019. – Vol. 12. – Article 192. DOI: 10.1186/s13068-019-1535-3.
72. Letek M., González P., Macarthur I., Rodríguez H., Freeman T.C., Valero-Rello A., Blanco M., Buckley T., Cherevach I., Fahey R., Hapesh A., Holdstock J., Leadon D., Navas J., Ocampo A., Quail M.A., Sanders M., Scortti M.M., Prescott J.F., Fogarty U., Meijer W.G., Parkhill J., Bentley S.D., Vázquez-Boland J.A. The genome of a pathogenic *Rhodococcus*: cooptive virulence underpinned by key gene acquisitions // *PLoS Genetics*. – 2010. – Vol. 6. – № 9. – Article e1001145. DOI: 10.1371/journal.pgen.1001145.
73. Cappelletti M., Fedi S., Zannoni D. Degradation of alkanes in *Rhodococcus* // In *Biology of Rhodococcus*. Ed. H.M. Alvarez. Springer Nature, Switzerland, AG, 2019. Vol. 16. – P. 137–171. – 386 pp. DOI: 10.1007/978-3-030-11461-9\_6.
74. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V., Barbe V., Fischer C. Draft genome sequence of propane- and butane-oxidizing actinobacterium *Rhodococcus ruber* IEGM 231 // *Genome Announcements*. – 2014. – Vol. 2. – № 6. – DOI: 10.1128/genomeA.01297-14.
75. Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V. Draft genome sequence of propane- and butane oxidizing *Rhodococcus ruber* IEGM 333 able to accumulate cesium // *Microbiology Resource Announcements*. – 2024. – Article e00101-24. DOI: 10.1128/mra.00101-24.
76. Firrincieli A., Presentato A., Favoino G., Marabottini R., Allevato E., Stazi S.-R., Mugnoz G.-S., Harfouche A., Petruccioli M., Turner R.J., Zannoni D., Cappelletti M. Identification of resistance genes and response to arsenic in *Rhodococcus aetherivorans* BCP1 // *Frontiers in Microbiology*. – 2019. – Vol. 10. – Article 888. DOI: 10.3389/fmicb.2019.00888.
77. Hu X., Li D., Qiao Y., Song Q., Guan Z., Qiu K., Cao J., Huang L. Salt tolerance mechanism of a hydrocarbon-degrading strain: Salt tolerance mediated by accumulated betaine in cells // *Journal of Hazardous Materials*. – 2020. – Vol. 392. – Article 122326. DOI: 10.1016/j.jhazmat.2020.122326.
78. Sundararaghavan A., Mukherjee A., Suraishkuma, G.K. Investigating the potential use of an oleaginous bacterium, *Rhodococcus opacus* PD630, for nano-TiO<sub>2</sub> remediation // *Environmental Science and Pollution Research*. – 2020. – Vol. 27. – № 22. – P. 27394–27406. DOI: 10.1007/s11356-019-06388-0.
79. Wang C., Chen Y., Zhou H., Li X., Tan Z. Adaptation mechanisms of *Rhodococcus* sp. CNS16 under different temperature gradients: Physiological and transcriptome // *Chemosphere*. – 2020. – Vol. 238. – Article 124571. DOI: 10.1016/j.chemosphere.2019.124571.
80. Tyumina E.A., Bazhutina G.A., Kostrikina N.A., Sorokin V.V., Mulyukin A.L., Ivshina I.B. Phenotypic and metabolic adaptations of *Rhodococcus cerasii* strain IEGM 1243 to separate and combined effects of diclofenac and ibuprofen // *Frontiers Microbiology*. – 2023. – Vol. 14. – Article 1275553. DOI: 10.3389/fmicb.2023.1275553.
81. Van der Geize R., Dijkhuizen L. Harnessing the catabolic diversity of rhodococci for environmental and biotechnological applications // *Current Opinion Microbiology*. – 2004. – Vol. 7. – № 3. – P. 255–261. DOI: 10.1016/J.mib.2004.04.001.

82. Amouric A., Quéméneur M., Grossi V., Liebgott P.-P., Auria R., Casalot L. Identification of different alkane hydroxylase systems in *Rhodococcus ruber* strain SP2B, an hexane-degrading actinomycete // Journal of Applied Microbiology. – 2010. – Vol. 108. – P. 1903–1916. DOI: 10.1111/j. 1365-2672. 2009. 04592.x.
83. de Carvalho C.C.C.R., Costa S.S., Fernandes P., Couto I., Viveiros M. Membrane transport systems and the biodegradation potential and pathogenicity of genus *Rhodococcus* // Frontiers in Physiology. – 2014. – Vol. 5. – Article 133. DOI: 10.3389/fphys.2014.00133.
84. Ившина И.Б., Оборин А.А., Нестеренко О.А., Касумова С.А. Бактерии рода *Rhodococcus* грунтовых вод района нефтяных месторождений // Микробиология. – 1981. – Т. 50. – Вып. 4. – С. 709–716.
85. Ившина И.Б., Бердичевская М.В., Зверева Л.В., Рыбалка Л.В., Еловицова Е.А. Фенотипическая характеристика алканотрофных родококков из различных экосистем // Микробиология. – 1995. – Т. 64. – Вып. 4. – С. 507–513.
86. Ившина И.Б., Пиеничнов Р.А., Оборин А.А. Пропаноксиляющие родококки. – Свердловск: УНЦ АН СССР, 1987. – 125 с.
87. Iwabuchi N., Sharma P.K., Sunairi M., Kishi E., Sugita K., van der Mei H.C., Nakajima M., Busscher H.J. Role of interfacial tensions in the translocation of *Rhodococcus erythropolis* during growth in a two phase culture // Environmental Science and Technology. – 2009. – Vol. 43. – № 21. – P. 8290–8294. DOI: 10.1021/es901208s.
88. Laczí K., Kis Á., Horváth B., Maróti G., Hegedűs B., Perei K., Rákhely G. Metabolic responses of *Rhodococcus erythropolis* PR4 grown on diesel oil and various hydrocarbons // Applied Microbiology and Biotechnology. – 2015. – Vol. 99. – № 22. – P. 9745–9759. DOI: 10.1007/s00253-015-6936-z.
89. Pen Y., Zhang Z.J., Morales-García A.L., Mears M., Tarmey D.S., Edyvean R.G., Banwart S.A., Geoghegan M. Effect of extracellular polymeric substances on the mechanical properties of *Rhodococcus* // Biochimica et Biophysica Acta. – 2015. – Vol. 1848. – № 2. – P. 518–526. DOI: 10.1016/j.bbame.2014.11.007.
90. Заварзин Г.А. Избранные труды. Институт микробиологии имени С.Н. Виноградского РАН. – М., МАКС Пресс, 2015. – 512 с.

#### PERFECTION OF BIOLOGICAL ORGANIZATION AND MECHANISMS OF STRESS RESISTANCE OF *RHODOCOCCUS SENSU STRICTO*

Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V.

*Institute of Ecology and Genetics of Microorganisms UB RAS  
Perm State National Research University*

**For citation:**

*Ivshina I.B., Kuyukina M.S., Krivoruchko A.V.* Perfection of biological organization and mechanisms of stress resistance of *Rhodococcus sensu stricto* // Perm Federal Research Center Journal. – 2024. – № 3. – P. 15–31. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.2>

Among microorganisms of contaminated environments, the so-called stress-tolerants, a special place belongs to bacteria of the genus *Rhodococcus* (class *Actinomycetes*, order *Mycobacteriales*, family *Nocardiaceae*), which are able to effectively withstand a wide range of stress effects against the backdrop of a sharp decrease in the quality of the natural environment. Rhodococci possessing a complex of strategic survival techniques occupy a dominant position in the biocenoses of anthropogenically loaded soil and aquatic ecosystems. The paper considers a set of basic biological properties of extremotolerant *Rhodococcus* spp. and studies the responses of Rhodococci triggered by the presence of ecotoxicants. The information obtained as a result of long-term research into the biodiversity of *Rhodococcus*, as biodegrader of complex organic compounds, as well as the influence of *Rhodococcus* on the processes of natural restoration of oil-contaminated ecosystems, is presented. Particular attention is paid to the spectrum of relatively universal features and characteristics of *Rhodococcus* under conditions of induction of enzyme oxygenase complex, as well as to new facts about the interaction of *Rhodococcus* with foreign compounds and a variety of complementary mechanisms of protection from environmental stresses. The obtained data provide an understanding of the role of *Rhodococcus* in the functioning of the biosphere, purification or reduction of toxic components under conditions of environmental destabilization. This creates preconditions and additional opportunities for the development and implementation of more advanced eco-

biotechnologies for environmental purification, neutralization, or effective use of waste arising in the course of industrial production. Observing the ability of these smart bacteria to endure stressful situations, one cannot help but admire how the relative simplicity of *Rhodococcus* structure is harmoniously combined with the amazing perfection of their biological organization and their ability to form a variety of defensive tactics and offensive strategies to maintain an environmental competitive advantage.

*Keywords: Microorganisms of polluted environments, Rhodococcus, biodegradation, ecopollutants, adaptation mechanisms, stress resistance, ecobiotechnologies.*

**Сведения об авторах**

*Ившина Ирина Борисовна*, доктор биологических наук, профессор, академик РАН, зав. лабораторией алканотрофных микроорганизмов, Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИЭГМ УрО РАН»), 614081, г. Пермь, ул. Голева, 13, профессор кафедры микробиологии и иммунологии, Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), 614990, г. Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: ivshina@iegm.ru

*Куюкина Мария Станиславовна*, доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории алканотрофных микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН», профессор кафедры микробиологии и иммунологии, ПГНИУ; e-mail: kuyukina@iegm.ru

*Криворучко Анастасия Владимировна*, доктор биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории алканотрофных микроорганизмов, «ИЭГМ УрО РАН», профессор кафедры микробиологии и иммунологии, ПГНИУ; e-mail: nast@iegm.ru

*Материал поступил в редакцию 24.07.2024 г.*

## ЭКСКУРСИЯ ПО РЕФЛЕКТОГРАММЕ \*

Ю.А. Константинов, *Институт механики сплошных сред УрО РАН*

**Для цитирования:**

Константинов Ю.А. Экскурсия по рефлектограмме // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 3. – С. 32–40. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.3>

В данной статье в научно-популярной форме изложены основные принципы распределенных измерений для нужд метрологии и сенсорики, проводимых с помощью методов оптической рефлектометрии временной области и оптической рефлектометрии частотной области. Статья вводит читателя в курс работ лаборатории фотоники «Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук» – филиала Федерального государственного бюджетного учреждения науки Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук («ИМСС УрО РАН»).

**Ключевые слова:** *рефлектометрия, распределённые измерения, волоконно-оптические датчики, фотоника.*

Те из нас, кто постарше, прекрасно помнят, каким был предыдущий век с точки зрения научной романтики: первый искусственный спутник Земли, полёт человека в космос, пилотируемая миссия на Луну, активное исследование Солнечной системы. Мы всё время смотрели в небо, выискивая телескопами ответы на все наши вопросы в тёмной синеве, а целые поколения детей по всему миру мечтали пилотировать звездолёты и осваивать мир за пределами нашего «синего шарика». Об этом пророчили со страниц книг и киноэкранов Герберт Уэллс, братья Стругацкие и Станислав Лем, и всё шло к тому, что уже в следующем столетии ужин с коллегами-марсианами в кафе на Энцеладе станет обыденностью. На деле же – мы, люди, пустились в гонку за количеством транзисторов в одной микросхеме и поселились в виртуальном мире, сменив стёкла телескопов на стёкла экранов гаджетов. Сами

же небозрительные инструменты, пройдя свой романтический пик популярности, сначала остались лишь увлечением одиночек, а потом и вовсе покрылись чердачной пылью прошлого. Неужели самый романтический исследовательский инструмент ушёл так скоро и неожиданно, не оставив преемника? «Конечно, оставил!» – ответит на этот вопрос любой практикующий и увлечённый учёный и тут же начнёт отстаивать неоспоримые преимущества именно своего «боевого орудия». Биолог непременно погрузит задавшего вопрос в свой микромир, открываемый им родимым МБС-10, электронщик же сразу позвёт, как к телевизору в прайм-тайм, к любимому осциллографу. Сколько исследователей, столько и мнений. А вот некоторые фотоники, уже сделавшие свой выбор и не изменявшие ему много лет, могут вполне закономерно назвать одно малоизвестное слово: рефлектометр.

\* Работа выполнена в рамках Государственного задания № 124020600009-2

Как известно, все значительные научно-технические новшества были предсказаны писателями. Не стал исключением и этот самый прибор, фактически описанный Даниилом Граниным в романе «Искатели» во время его учёбы в аспирантуре Ленинградского политехнического института. В книге повествуется о некотором «локаторе», который способен находить места повреждений кабельных линий, что было крайне важно во время энергетического бума в СССР. Рефлектометр для электрических кабелей тем не менее не стал объектом интереса для исследователей, а так и остался рутинным инструментом технического и инженерного персонала – например, монтажников локальных компьютерных сетей. И уже только его «младший брат», представляющий исследователю возможность «заглянуть» в длинное и тонкое оптическое волокно, как в замочную скважину, стал регулярным гостем научных журналов серии Nature.

Почему это так важно? Зачем нужно заглядывать в оптическое волокно и кому это нужно? Итак, обо всём по порядку. Оптическое волокно – это такая тоненькая кварцевая и/или полимерная нить, структура которой позволяет передавать по ней оптическое излучение различных диапазонов. Большинство оптических волокон работает по принципу полного внутреннего

отражения, который был продемонстрирован Джоном Тиндалем королеве Великобритании в 1870 г. Мы же можем видеть опыт британского физика, подойдя к любому светомузыкальному фонтану и наблюдая, как световой луч сохраняется внутри струи воды, отражаясь от границы раздела сред (рис. 1). Так оптическое волокно и «хранит» в себе излучение.

Необходимость «заглядывать» в оптические волокна появилась на самом деле не от хорошей жизни: на заре волоконно-оптических технологий процессы их изготовления были довольно трудно управляемыми, сама процедура и исходные материалы – дорогостоящими. Именно поэтому исследователи-волоконщики по всему миру тогда были гранинскими «искателями» – они в самом прямом смысле искали дефекты в оптическом волокне, после этого корректировали технологический процесс, снова исследовали и снова искали...

Как же работал этот самый таинственный рефлектометр? Представим, что туристы поздним вечером подошли к глубокому ущелью. Ребята подустали, да и темнота не подталкивает к тому, чтобы серьезно обдумывать, как его преодолеть. Тем не менее, туристам хочется хотя бы приблизительно оценить, насколько оно глубокое. Кто-то из них сразу крикнет в него какое-нибудь короткое и энергетически ёмкое



Рис. 1. (а) – опыт Тиндаля (1870 г.); полное внутреннее отражение в воде (б) и оптическом волокне (в)

слово и тут же начнёт прислушиваться – как будет отражаться эхо. Кто-то возьмёт маленький камень или монетку и, бросив вниз, тоже сконцентрирует свой слух. По сути, так мы повторяем опыт братьев наших меньших – летучих мышей, снабжённых природным радаром и способных по времени возвращения зондирующего сигнала понять – каково расстояние до ближайшей преграды. Так работает и самый простой рефлектометр – он посылает в волокно короткий всплеск оптического сигнала и тут же «замолкает», «сосредотачиваясь» на получении информации своим чутким детектором. За время путешествия этого короткого всплеска света по волокну «чуткий детектор» может определить не только то место, где кончается оптическое волокно («дно впадины» – на техническом жаргоне эта локация так и называется – «донный импульс»), но и как этот свет отражается от каждого фрагмента этой тонкой световедущей нити. Это и помогает оценить качество оптического волокна в каждой его точке по сей день – стандартные волокна для оптической связи технологии научились производить очень качественно и стабильно, а вот различные сложные образцы со специальной конструкцией учёные разрабатывают постоянно, поэтому метод остался по-прежнему востребованным [3]. Поскольку метод оперировал величинами времени, его так и назвали –

оптическая рефлектометрия во временной области (англ. Optical time domain reflectometry – OTDR). На рис. 2 представлена типичная рефлектограмма оптического волокна во временной области.

Видно, как сигнал ввиду естественных потерь интенсивности к концу линии становится менее мощным. Наклон рефлектограммы определяет коэффициент затухания оптического сигнала. В современных одномодовых оптических волокнах он не превышает 0,16 дБ/км. Длина оптического волокна определяется расстоянием до резкого всплеска интенсивности, обусловленного отражением излучения от границы раздела сред: кварц и воздух. Также на рефлектограмме видны различные неоднородности, распределение которых по длине может свидетельствовать о дефектах технологии изготовления волокна или укладки волокна в оптический кабель.

Однако, что удивительно, самые интересные свои применения оптическая рефлектометрия нашла за пределами заводской лаборатории. Как только человечество начало широко эксплуатировать оптические волокна для передачи данных, обнаружили их отрицательные и вместе с тем интересные с точки зрения перспектив свойства: они чрезвычайно чувствительны к любым воздействиям, которые на них оказываются. Сигнал, передаваемый по волокнам, менялся по интенсивности, спек-

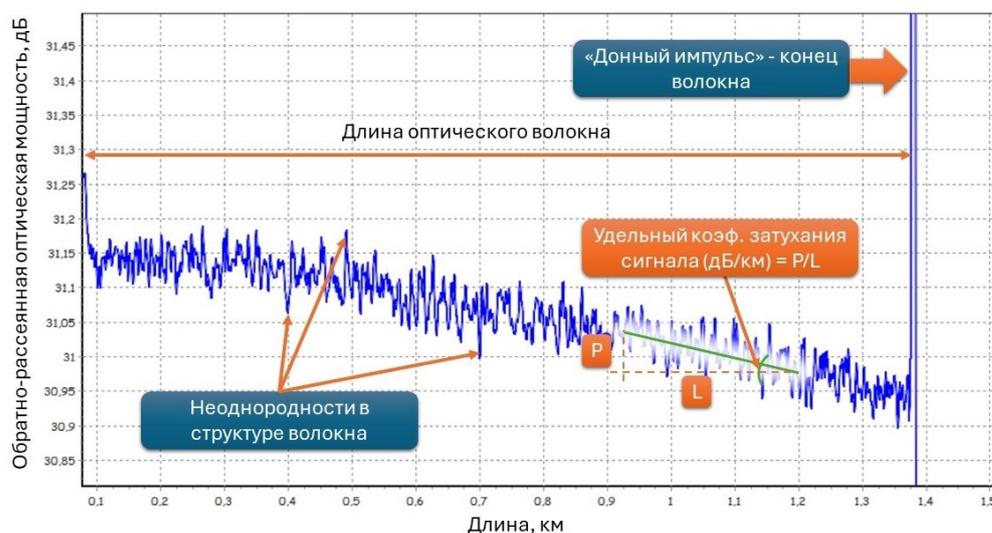


Рис.2. Типичная рефлектограмма оптического волокна во временной области в составе кабеля

трально, после воздействия становилось другим состояние поляризации, фаза и многие другие параметры. Всё это очень сильно искажало передаваемую информацию, поэтому основная часть научно-технического сообщества, занятая в отрасли, продолжила искать способы вибро-, тепло- и другой изоляции оптических волокон в кабелях, оберегая их от встреч с автомобилями, проезжающими неподалёку, тракторами и даже вездесущими полевыми мышами; в то время как группа энтузиастов (на тот момент малая) попыталась обернуть этот недостаток в преимущество и сделать из оптического волокна настоящий распределённый «нерв». Спустя десятилетия можно заключить, что доли средств и исследователей, занятых в телекоммуникациях и в сенсорике, если не поменялись местами, то существенно выровнялись.

Объяснить это можно тем, что основные заказчики крупных сенсорных исследований в наши дни – национальные и транснациональные сырьевые компании [4, 5]. Нефть и газ нужно добывать эффективно и безопасно, а потом так же эффективно и безопасно транспортировать. Всё это позволяет та самая волоконно-оптическая «ниточка», закреплённая в шахте, на трубопроводе. Так мы можем видеть не только температурные и деформационные поля в каждой точке объекта, на котором закреплено оптическое волокно, но и в прямом смысле его, этот объект, слышать. Если сенсор позволяет регистрировать деформации достаточно быстро, такое многокилометровое «ухо» может улавливать звук в каждой своей точке. Если система «слушает» газопровод, то такая информация позволяет определить, какова активность около самой трубы на всём её протяжении – нет ли врезки, диверсии или техногенной катастрофы. Классифицировать данные позволяют вездесущие и постоянно прогрессирующие нейронные сети: ещё 10 лет назад они с трудом отличали звук копки экскаватором от композиции в стиле хеви-метал, сегодня же они успешно классифицируют проезжающие мимо автомобили, а

иные и поломки машин по спектральному составу оценить могут. Кстати, дефектоскопия – ещё одно популярное применение распределённых волоконно-оптических датчиков. Если что-то где-то сломалось, значит, оно гудит, звенит, воет – либо при штатной работе, либо при виброиспытании. На вопросы «что» и «как» с лёгкостью ответит точечный акустический пьезодатчик или микрофон, а вот по поводу вопроса «где» может дать информацию только волоконный чувствительный элемент. Таким образом устройство, прибор или узел какой-либо системы с интегрированным оптическим волокном позволяет построить детальную акустическую картину и по ней определить поломки, потенциальные проблемы при эксплуатации [6]. Распределённые волоконно-оптические датчики уже участвуют в процессе регистрации голоса для его дальнейшего распознавания [7, 8] и даже детектируют полчища мигрирующих под корой пальм красных долгоносиков [9, 10]. Что уж говорить о нарушителях границ и важных периметров – такие сенсоры находят незваных гостей достаточно легко, причём на дальностях до десятков и даже сотен километров.

Но, как выяснилось, далеко не всегда исследователям нужны огромные длины сенсоров. Зачастую стоят задачи, когда несколько метров оптического волокна нужно прикрепить к достаточно компактному объекту, чтобы изучить его свойства с разрешением в несколько десятков микрон. Зачем нужно такое высокое разрешение? Таким образом, например, учёные-механики верифицируют свои модели поведения новых материалов и конструкций в разных температурных и деформационных полях. Но как добиться такой точности по пространственной координате? Если снова рассмотреть ситуацию с туристом, который крикнул своё бравое «Ура!» в тёмную пустоту, то несложно заметить, что метод будет хорошо работать только в том случае, если ущелье действительно очень глубокое. Если голос достигнет дна через несколько метров, то эхо придёт назад практически одновременно с

исходным сигналом. Конечно, любознательный турист может попрактиковаться и как можно сильнее сократить свой возглас, оставив, там, например, всего лишь одну короткую гласную «А!», но это вряд ли поможет. Здесь туристы оказались «заложниками минимальной длительности звука», а рефлектометристы, которые также работают во временной области, в этом случае назвали бы себя «заложниками длительности импульса». Таким образом, рефлектометром, работающим во временной области, мы не сможем разглядеть события воздействия на сенсор мельче, чем длина его импульса. Конечно, сделать короткий импульс можно, но тут в дело вступают уже другие оптоэлектронные тонкости, которые лучше пока оставить за рамками этой статьи.

И тут, представим, один из туристов появляется из палатки и говорит, что «сейчас всё устроит». Он весел, горяч (разумеется, немного «под градусом») и как никто желает в данный момент что-то спеть. Он подходит к краю обрыва и начинает свою заунывную песню, больше похожую на вой сирены. После этого он вслушивается в пустоту и, так ничего и не поняв, с грустным видом снова исчезает в палатке. Неизвестно, что натолкнуло парня на такую мысль – то ли будоражащий кровь горячительный напиток, то ли всплывшая в памяти лекция, на которой преподаватель объяснял странный и с первого взгляда непонятный метод зондирования коротких фрагментов оптических волокон. Так или иначе, мыслил он верно. Так что это за метод, который преподаватель так надёжно записал своему студенту в подсознание? Сорок с лишним лет назад два немецких физика – Эйхопф и Ульрих – тоже задумались о проблемах пространственного разрешения во временной области и решили больше не зондировать волокна импульсами, направив в них непрерывное излучение, меняющееся по частоте [11]. Да-да, именно как тот самый умозрительный студент-турист с «песней-сиреной» четыре десятилетия спустя, но только в области световых частот, а не звуковых. Что это дало? Множественные интерференции в каждой точке пространства, частот-

ные характеристики которых определяются расстоянием до лазера. Почувствовать такие множественные интерференции можно, слушая, как патрульная машина с включённой сиреной движется по уснувшему городу. Представьте, как в ночной тиши вдруг неожиданно появляется целое море сирен, и разум тут же начинает рисовать сцены из американских фильмов или компьютерных игр, где уличного гонщика преследует не один десяток патрульных экипажей. Вам становится интересно, Вы вглядываетесь с балкона высотки вдаль и видите, как по пустому проспекту, поблёскивая маячками, одиноко едет всего один полицейский автомобиль. Почему так происходит? Потому что звук сирены отражается от стен домов, конструкций, заборов в разных местах, в разное время и, как и свет в разных точках волокна, к наблюдателю (детектору) возвращается в виде частотных наложений (интерференций). Сирена, как и свет лазера, является непрерывной, и поэтому в «заложники» импульсу (которого здесь попросту нет) взять больше никого не удастся. Однако, чтобы понять, какое именно эхо этой сирены отразилось от той или иной пространственной неоднородности, нужен некоторый сигнал-эталон. В рефлектометрах для этого используют специальное зеркало, отражающее часть излучения лазера для дальнейшего смешивания с вернувшимся назад сигналом. Так можно исследовать характеристики оптических волокон и компонентов с очень высоким разрешением по длине (порядка десятков микрон) и, самое главное, воспринимать таким оптическим волокном различные воздействия. Этот метод, получивший название оптической рефлектометрии частотной области (англ. Optical Frequency Domain Reflectometer – OFDR), не только применяется в наши дни для построения температурных и деформационных полей объектов, но и позволяет делать волокна сенсорами формы, которые могут её оценивать, когда визуальный контроль над объектом невозможен [12].

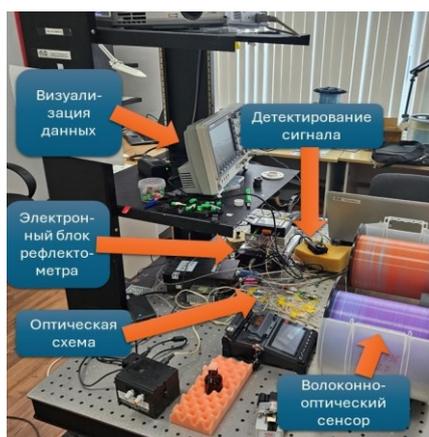
Необходимо отметить, что оба подхода: рефлектометрия во временной и в частотной областях – активно развива-

ются в институтах Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук (ПФИЦ УрО РАН) г. Пермь, причём, как с точки зрения использования этих методов, так и их разработки.

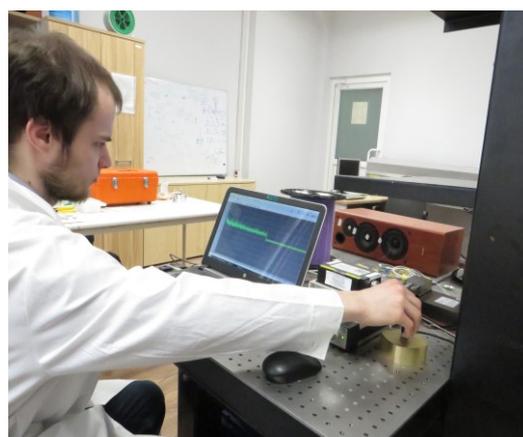
Первое, о чём логично было бы рассказать, это фазочувствительный рефлектометр во временной области, собранный совместной научной группой лаборатории фотоники Института механики сплошных сред Уральского отделения Российской академии наук (ИМСС УрО РАН) и лаборатории агробиофотоники Пермского научно-исследовательского института сельского хозяйства (ПНИИСХ), оба – филиалы ПФИЦ УрО РАН (рис. 3). Такое устройство позволяет «слышать» сенсор длиной в несколько километров, однако его будущее применение не отлов нарушителей на государственной гра-

нице, а наблюдение за насекомыми-вредителями. Сейчас научная группа делает всё возможное для увеличения чувствительности системы на дальней стороне линии и отношения сигнал/шум. За несколько лет команде удалось увеличить этот показатель более чем в 10 раз [13, 14].

Ещё одна разработка – это программно-аппаратный комплекс, позволяющий регистрировать во временной области температуры и деформации фрагментов оптического волокна от десятков до сотен километров. Эта работа ведётся всё той же лабораторией фотоники совместно с двумя малазийскими университетами – UKM (малаз. Universiti Kebangsaan Malaysia) и UNITEN (малаз. Universiti Tenaga Nasional) и Пермским национальным политехническим университетом (ПНИПУ) (рис. 4). Чтобы регистрировать и интерпретировать сверхслабое рас-



а



б

Рис. 3. (а) Распределенный акустический датчик, созданный в лаборатории фотоники ИМСС УрО РАН; (б) сотрудник лабораторий фотоники и агробиофотоники А.Т. Туров за работой



а



б

Рис. 4. (а) – Исследовательский стенд на базе рефлектометра-анализатора, созданный совместно ИМСС УрО РАН и ПНИПУ; (б) – совместное обсуждение результатов коллективами ИМСС УрО РАН и UKM (с российской стороны – сотрудники лаборатории фотоники Константинов Ю.А. и Кривошеев А.И.)

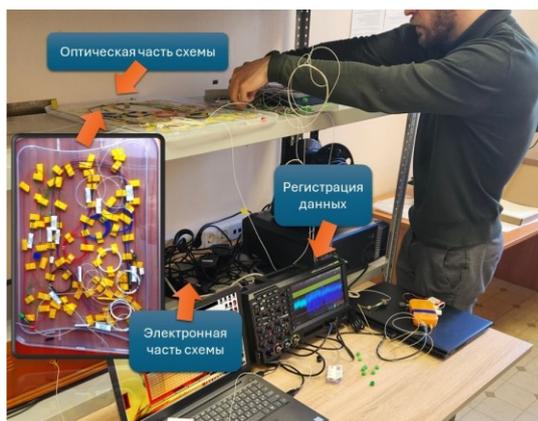
сеяние Мандельштама – Бриллюэна между-народная команда использует новейшие корреляционные и нейросетевые алгоритмы, которые позволяют детектировать сигнал даже тогда, когда, например, здание, где проложено сенсорное оптическое волокно, горит и начинает рушиться [15].

Наконец, в лаборатории фотоники созданная установка той самой оптической рефлектометрии частотной области (рис. 5). Первой задачей, которая была «поручена» первому пермскому OFDR, разумеется, стало исследование внутренней структуры интегрально-оптического чипа, поскольку такие устройства в Перми производят серийно, а значит, есть спрос на подобные исследования. С «боевым крещением» система справилась хорошо: исследователи смогли оценить геомет-

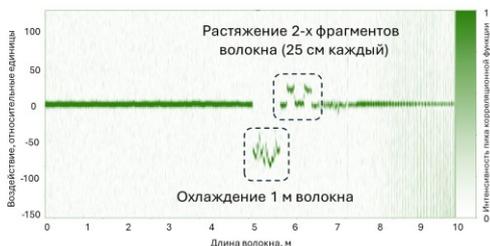
рию, топологию внутренних каналов, коэффициент затухания сигнала и, разумеется, интенсивности отражений в точках соединения такого типа с оптическим волокном. После этого команда начала «разведку» сенсорных возможностей своего устройства, что также было очень важно в контексте научного запроса других подразделений ИМСС УрО РАН, занимающихся задачами интерпретации данных с волоконно-оптических датчиков. Здесь рефлектометр-пермяк не подвёл: он успешно зарегистрировал поля температур и деформаций на десятиметровом сенсоре с разрешением несколько сотен микрон [16, 17]. Что ж, дальнейшее повышение пространственного разрешения и точности – первые задачи команды на ближайшие годы.

Чтобы не замыкаться на проектах этих научных групп, исследователи из ПФИЦ УрО РАН решили создать профильную научную конференцию – «Оптическая рефлектометрия, метрология и сенсорика» (ORMS), которая, пройдя в первый раз в 2016 году, на данный момент стала международной и собирает лучших исследователей в области распределённых измерений и сенсорики со всей страны, ближнего и дальнего зарубежья. Председателем конференции является Борис Георгиевич Горшков, доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института общей физики РАН им. А.М. Прохорова.

Сейчас, работая с внушительным количеством авторитетных научных организаций в стране и за рубежом, пермская академическая фотоника не забывает и о том, что основная подпитка, фундамент, залог многолетнего успешного функционирования научной школы – это подготовленная и «заряженная» на научную работу местная молодёжь. Молодые сотрудники лаборатории фотоники уже не первый раз становятся руководителями школьных проектов «Академии первых», где ребята участвуют в настоящих исследованиях, связанных с оптической рефлектометрией. Чаще всего таким руководителем становится аспирант (в лаборатории фотоники – тради-



а



б

Рис. (а) Стенд оптической рефлектометрии частотной области и сотрудник лаборатории фотоники ИМСС УрО РАН, руководитель Малого инновационного предприятия «Лаборатория оптической рефлектометрии, метрологии и сенсорики» (МИП «ОРМС Лаб»), соучрежденное ПФИЦ УрО РАН, Белокрылов М.Е; (б) Визуализация воздействий на волоконный сенсор

ционно А.Т. Туров). Ведь иногда не так важно, каков у исследователя индекс Хирша и сколько статей первого квартиля он написал единолично – ценно то, сколько детских глаз он направил в небо, в ту неизвестную даль, в которой могут быть и глубины космоса, и рэлеевские центры оптического волокна – каждый выберет сам.

### Библиографический список

1. Любимов М. Практические аспекты применения волоконно-оптических линий связи в системах телевизионного наблюдения [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.tzmagazine.ru/jpage\\_print.php?uid3=1150](http://www.tzmagazine.ru/jpage_print.php?uid3=1150) (дата обращения 29.07.2024).
2. Сайт компании «Носір» [Электронный ресурс]. – URL: <https://nosip.ru/fizika/polnoe-vnutrennee-otrazhenie/> (дата обращения 29.07.2024).
3. Konstantinov Yu.A., Barkov F.L., Ponomarev, R.S. Metrological Applications of Optical Reflectometry: A Review // International Journal of Electrical and Electronic Engineering & Telecommunications. – 2022. – Vol. 11. – № 4. – P. 249–261. <https://doi.org/10.18178/ijeetc.11.4.249-261>
4. Gorshkov B.G., Yüksel K., Fotiadi A.A., Wuilpart M., Korobko D.A., Zhirnov A.A., Stepanov K.V., Turov A.T., Konstantinov Yu.A., Lobach I.A. Scientific Applications of Distributed Acoustic Sensing: State-of-the-Art Review and Perspective // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – № 1033. <https://doi.org/10.3390/s22031033>
5. Alekseev A.E., Gorshkov B.G., Potapov V.T. [et al.] A Fiber Phase-Sensitive Optical Time-Domain Reflectometer for Engineering Geology Application // Instruments and Experimental Techniques. – 2023. – Vol. 66. – P. 843–848 <https://doi.org/10.1134/S0020441223050020>.
6. Stepanov K.V., Zhirnov A.A., Sazonkin S.G., Pnev A.B., Bobrov A.N., Yagodnikov D.A. Non-Invasive Acoustic Monitoring of Gas Turbine Units by Fiber Optic Sensors // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – № 4781. <https://doi.org/10.3390/s22134781>.
7. Gritsenko T.V., Orlova M.V., Zhirnov A.A., Konstantinov Yu.A., Turov A.T., Barkov F.L., Khan R.I., Koshelev K.I., Svelto C., Pnev A.B. Detection and Recognition of Voice Commands by a Distributed Acoustic Sensor Based on Phase-Sensitive OTDR in the Smart Home Concept // Sensors. – 2024. – Vol. 24. – № 2281. <https://doi.org/10.3390/s24072281>.
8. Orlova M.V., Gritsenko T.V., Zhirnov A.A. [et al.] Investigation of the Optimal Parameters of the Distributed Fiber Microphone Circuit Based on  $\phi$ -OTDR for Speech Recognition // Instruments and Experimental Techniques. – 2023. – Vol. 66. – P. 832–836. <https://doi.org/10.1134/S0020441223050202>.
9. Ashry I., Wang B., Mao Y., Sait M., Guo Y., Al-Fehaid Y., Al-Shawaf A., Ng T., Ooi B.S. CNN-Aided Optical Fiber Distributed Acoustic Sensing for Early Detection of Red Palm Weevil: A Field Experiment // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – № 6491. <https://doi.org/10.3390/s22176491>.
10. Ashry I., Mao Y., Wang B., Sait M., Guo Y., Al-Shawaf A., Ng T.N., Ooi B.S. CNN-based detection of red palm weevil using optical-fiber-distributed acoustic sensing // Proc. SPIE 12008, Photonic Instrumentation Engineering IX, 120080U (5 March 2022). <https://doi.org/10.1117/12.2609308>.
11. Eickhoff W., Ulrich R. Optical frequency domain reflectometry in single-mode fiber // Applied Physics Letters. – 1981. – Vol. 39. – № 9. – P. 693–695. <https://doi.org/10.1063/1.92872>.
12. Fu C., Xiao S., Meng Y., Shan R., Liang W., Zhong H., Liao C., Yin X., Wang Y. OFDR shape sensor based on a femtosecond-laser-inscribed weak fiber Bragg grating array in a multicore fiber // Optics Letters. – 2024. – Vol. 49. – P. 1273–1276. <https://doi.org/10.1364/OL.516067>.
13. Turov A.T., Barkov F.L., Konstantinov Yu.A., Korobko D.A., Lopez-Mercado C.A., Fotiadi A.A. Activation Function Dynamic Averaging as a Technique for Nonlinear 2D Data Denoising in Distributed Acoustic Sensors // Algorithms. – 2023. – Vol. 16. – № 440. <https://doi.org/10.3390/a16090440>.
14. Turov A.T., Konstantinov Yu.A., Barkov F.L., Korobko D.A., Zolotovskii I.O., Lopez-Mercado C.A., Fotiadi A.A. Enhancing the Distributed Acoustic Sensors' (DAS) Performance by the Simple Noise Reduction Algorithms Sequential Application // Algorithms. – 2023. – Vol. 16. – № 217. <https://doi.org/10.3390/a16050217>.
15. Nordin N.D., Abdullah F., Zan M.S.D., A Bakar A.A., Krivosheev A.I., Barkov F.L., Konstantinov Yu.A. Improving Prediction Accuracy and Extraction Precision of Frequency Shift from Low-SNR Brillouin Gain Spectra in Distributed Structural Health Monitoring // Sensors. – 2022. – Vol. 22. – № 2677. <https://doi.org/10.3390/s22072677>.
16. Belokrylov M.E., Kambur D.A., Konstantinov Yu.A., Claude D., Barkov F.L. An Optical Frequency Domain Reflectometer's (OFDR) Performance Improvement via Empirical Mode Decomposition (EMD) and Frequency Filtration for Smart Sensing // Sensors. – 2024. – Vol. 24. – № 1253. <https://doi.org/10.3390/s24041253>.

17. *Belokrylov M.E., Claude D., Konstantinov Yu.A.* [et al.] Method for Increasing the Signal-to-Noise Ratio of Rayleigh Back-Scattered Radiation Registered by a Frequency Domain Optical Reflectometer Using Two-Stage Erbium Amplification // *Instruments and Experimental Techniques*. – 2023. – Vol. 66. – P. 761–768 (2023). <https://doi.org/10.1134/S0020441223050172>.
18. Сайт серии конференций «ORMS» [Электронный ресурс]. – URL: <https://orms-conf.permsc.ru/> (дата обращения 29.07.2024).

## **AN EXCURSION ON THE REFLECTOGRAM**

Konstantinov Yu.A.

*Institute of Continuous Media Mechanics of UB RAS*

---

### **For citation:**

*Konstantinov Yu.A.* An Excursion on the Reflectogram // *Perm Federal Research Center Journal*. – 2024. – № 3. – P. 32–40. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.3>

---

In this paper, the basic principles of distributed measurements for the needs of metrology and sensorics, carried out with the help of methods of optical time domain reflectometry and optical frequency domain reflectometry, are presented in popular science form. The article introduces the reader to the work of the Photonics laboratory of the Institute of Continuous Media Mechanics, a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences (ICMM UB RAS).

*Keywords: reflectometry, distributed measurements, fiber-optic sensors, photonics.*

### **Сведения об авторе**

*Константинов Юрий Александрович*, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Институт механики сплошных сред УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИМСС УрО РАН»), 614013, Россия, г. Пермь, ул. Академика Королёва, 1; e-mail: [yuri.al.konstantinov@ro.ru](mailto:yuri.al.konstantinov@ro.ru)

*Материал поступил в редакцию 05.08.2024 г.*

## ДОМ ГРИБУШИНА: МЕСТО, ВРЕМЯ И ФИГУРЫ \*

П.А. Корчагин, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН*

### Для цитирования:

Корчагин П.А. Дом Грибушина: место, время и фигуры // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 3. – С. 41–62. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.4>

ПФИЦ УрО РАН располагается в здании – объекте культурного наследия «Дом купца Грибушина с оградой и воротами», также известном как «Дом с фигурами». История дома изучалась многими историками и литературоведами, поскольку он существует в двух качествах: физическом и литературном. В статье исследуется история здания и легенды, с ним связанные. Особое внимание уделяется «фигурам» дома, его хозяевам и обитателям. В результате исследования удалось установить, что здание возникло много ранее, чем предполагалось, не позднее 1863 г., и имя его первого владельца.

**Ключевые слова:** Дом Грибушина, Дом с фигурами, Пермь, В.В. Хотов, П.Е. Шавкунов, З.В. Кашперова, С.М. Грибушин, А.Б. Турчевич, Ю.С. Клячкин, архитектура модерна, Российская академия наук.

Это пермский дом известен многим горожанам, да и не только им. В официальных документах он именуется «...объект культурного наследия регионального значения – памятник “Дом купца Грибушина с оградой и воротами”». Но еще он – «Дом с фигурами», поскольку именно с ним связывают одноименное здание из романа Б. Пастернака «Доктор Живаго». Дом существует в двух ипостасях:

– как реальный (из лиственницы и кирпича) городской дом в четырехмерном физическом пространстве и имеющий точный адрес по ул. Ленина (Покровская), №13.

– как образ, символ, литературный факт, существующий в общественном сознании, в двухмерном бумажном (или электронном) «пространстве романа» (рис. 1).

История – самая точная из всех общественных наук, но исторические исследования



Рис. 1. Юго-восточный фасад дома Грибушина (современное состояние)

\* Исследование выполнено при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования РФ в рамках соглашения (рег. номер НИОКТР 124021500047-2).

ния вовсе не сводятся лишь к составлению сухих фактологических справок. Вот и мы попробуем исследовать Дом Грибушина, он же Дом с фигурами, с разных сторон.

***Из истории места. Тунцельман, Черепанов, Строганова и другие...***

На «Плане города Перми» 1784 г.<sup>1</sup> показаны абрисы крайних егошихинских усадеб, уже обреченных на снос. С развитием города на его восточной окраине начиналась застройка регулярных улиц, точнее, линий – отдельно четной и нечетной сторон будущей ул. Покровской/Ленина. Нечетная сторона улицы считалась *Тунцельмановой* линией, а четная – *Севоложской* (Всеволожской), поскольку первый участок на ней был выделен «на имя его высокопревосходительства господина тайного советника сенатора и кавалера Всеволода Алексеевича Всеволожского, поверенному Григорью Андрееву сыну Ипанову».

А 15 марта 1783 г. здесь был выделен участок под №52 (20×35 саж.) «Господину Правления советнику и подполковнику Володимеру Андреевичю Тунцелману» «по линии Тунцельмановой»<sup>2</sup>. Советник оставил свой след в топографии Перми, поскольку в его честь была поименована целая линия. Но этим его заслуги перед городом и ограничились, поскольку он вскоре покинул Пермь, перейдя на службу в Иркутское наместничество<sup>3</sup>. 20 августа 1783 г. на другом углу квартала участок №98 (18×35 саж.) был выделен «священнику Дементию Черепанову»<sup>4</sup>, иерею Петропавловского собора. Именно он 17 ноября 1781 г. приводил к присяге первый состав избранных в органы пермского городского и губернского самоуправления<sup>5</sup>.

Промежуток между угловыми участками В.А. Тунцельмана и Д. Черепанова оставался незанятым, пока 5 апреля 1784 г. не был выделен участок под №121 (20×35 саж.) «Госпоже баронесе Марье Артемьевне Строгановой»<sup>6</sup>. Баронесса задумала устроить в Перми дом на проезд, однако намерения своего выполнить не смогла, поскольку вскоре скончалась. Казалось бы, квартал стал непристижным, но по фасаду будущей ул. Петропавловской указаны участки, выделенные «9 – *Гражданской палаты бывшего председателем полковнику Фадее Тихоновичу Жолобову, 11 – Кутицу Кирилу Федорову сыну Ломакину, 12 – Господину Коллежскому ассесору Ивану Михайловичу Лихареву, ... 15 – его протоиерейству протопопу Антону Попову*». Это были обремененные чинами и капиталами пермяки, но нам интереснее всего священник *Антон Иванович Попов*. Сын священника с. Ключевского Кунгурского уезда, он родился 6-го июля 1748 г., учился, а затем преподавал в Хлыновской семинарии. В конце 1775 г. он определился протоиереем Благовещенского собора в Кунгуре, а в октябре 1781 г. – протоиереем Петропавловского собора в новоучрежденной Перми. Так что Антон Иванович был прямым руководителем соседа по кварталу Дементия Черепанова. С того же времени он состоял миссионером среди «инородцев» Пермского края. Поэтому он занимался коми-пермяцким языком и составил «Краткий пермский словарь с российским переводом, собранный и по алфавиту расположенный города Перми Петропавловского собора протоиереем Антонием Поповым 1785 года», оставшийся неопубликованным. Увы, Антон Иванович в новом доме недолго прожил, поскольку 13 августа 1788 г. умер<sup>7</sup>.

<sup>1</sup> ГАПК. Ф. 279. Оп. 7. Д. 148.

<sup>2</sup> ГАПК. Ф. 316. Оп. 1. Д. 53. Л. 56.

<sup>3</sup> Месяцеслов с росписью чиновных особ в государстве, на лето 1785 от Рождества Христова. – В Санкт-Петербурге: При Императорской Академии наук, 1785. – С. 368.

<sup>4</sup> ГАПК. Ф. 316. Оп. 1. Д. 53. Л. 58.

<sup>5</sup> Смышляев Д. Д. Материалы для истории города Перми // Сборник статей о Пермской губернии. – Пермь: Типолитограф. Губернского правления, 1891. – С. 22.

<sup>6</sup> ГАПК. Ф. 316. Оп. 1. Д. 53. Л. 59.

<sup>7</sup> Блажес В. Антон Иванович Попов: Из истории уральской литературы // Веси: провинциальный литературно-художественный, историко-краеведческий журнал. – 2010. – № 6 (63). – С. 33–38.

К сожалению, почти на всех планах Перми перв. четв. XIX в. квартал, который впоследствии получит №74, показан как застроенный, но на отдельные участки не разделен. Поэтому нам ничего не известно о том, как и кем позднее заселялся и обжился юго-восточный фас квартала. Лишь на «Геометрическом специальном плане губернского города Перми»<sup>8</sup> 1822 г. квартал показан с разбивкой на отдельные усадьбы. На южном углу квартала стоит большое деревянное здание, а по периметру двора – Г-образный амбар. Рядом совсем небольшая усадьба, а далее (точно на месте будущего грибушинского дома) обширная усадьба, где, кроме внушительного амбара, вдоль красной линии стояли три жилых дома. На плане нет никаких указаний на владельцев этих усадеб, но, если посмотреть на более поздние планы, то кое-что можно понять.

Усадьбы с плана 1822 г. благополучно простояли до рокового 14 сентября 1842 г., когда в грандиозном пожаре выгорел весь центр Перми. В архиве Министерства финансов сохранилось дело «О пожаре в городе Перми», содержащее «План города Перми»<sup>9</sup>, на котором подписаны сгоревшие городские учебные заведения. На интересующем нас месте выделено деревянное здание, рядом с которым подпись *Приход.[ское] учил.[ище]*. Училище в Перми было открыто 1 октября 1809 г., а после пожара пермский купец 2-й гильдии И.А. Гильков построил для него за свой счет дом и передал его в 1845 г. в собственность данного учебного заведения<sup>10</sup>, но уже в другом месте.

И тут в наших знаниях о хозяевах интересующего нас земельного участка остается сорокалетняя лакуна. До сих пор все-

ми авторами указываются сведения о владельцах усадьбы из «Полного адреса домовладельцев губернского города Перми, составленного в 1886 г. Г.И. Минеевым»: «Шавкунова, Петра Егоровича наследн. 13–16 Покровская и Соликамская». «Приют и общественная столовая 11–7 Покровская и Верхотурская»<sup>11</sup>. Учитывая, что адрес по Соликамской, 16 – это угловой участок, то выходит, что после пожара 1842 г. Шавкуновым принадлежала большая часть территории по юго-восточному фасау квартала, приобретённой после пожара 1842 года.

*Шавкунов Петр Егорович* (1824 или 1825 – 05.06.1885, Царское Село), пермский купец 1-й гильдии. По ревизской сказке 1854 г.: «Занимается выделкою кожевенного товара и практикует торговлею». 17 января 1854 г. П.Е. Шавкунов женился вторым браком на семнадцатилетней купеческой дочери Евдокии Васильевне Хотовой<sup>12</sup>. И в связи с его женитьбой отметим факт, который окажется нам весьма полезен впоследствии. В «Списке купцам и более замечательным промышленникам ... в г. Перми...», опубликованном в «Памятной книжке Пермской губернии...» на 1863 г., первым в списке купцов 2-й гильдии стоял «Потомственный Почетный Гражданин, Василий Венедиктович Хотов, (красными товарами). На Покровской, №79, 18 и 13»<sup>13</sup>. Вот и обнаружился ранее неизвестный владелец участка: *Василий Венедиктович Хотов* (1800 – 11.01.1874).

Это тот самый Хотов, который в составе пермской депутации участвовал 25 июня 1866 г. в поднесении «иконы Государыне Императрице и адреса Государю Императору» по случаю чудесного спасения Алексан-

<sup>8</sup> ГАПК. Ф. 279. Оп. 7. Д. 147.

<sup>9</sup> РГИА. Ф. 733. Оп. 43. Д. 54. Л. 14об-15.

<sup>10</sup> Нечаев М. Г. Пермская модель народного образования XVIII – начала XX вв. // История и школа: традиция, открытая будущему: Материалы научно-практической конференции, Пермь, 12 мая 2008 г. – Пермь, 2008. – С. 39-61.

<sup>11</sup> Минеев Г.И. Полный адрес домовладельцев губернского города Перми. 1886. С. 12, 60.

<sup>12</sup> ГАПК. Ф. 37. Оп. 1. Д. 140.

<sup>13</sup> Памятная книжка Пермской губернии на 1863 год: год первый / ред. С.С. Пенн. – Пермь: Губернская Типография, 1862. – С. 96.

дра II при покушении Д. Каракозова. Известно, что «окончив чтение адреса, Государь обратил взоры свои на покрытого сединами В.В. Хотова и сказал ему: „Ты, конечно, помнишь, когда Я был у вас в Перми. Я постараюсь еще раз быть у вас“»<sup>14</sup>.

Насколько долго усадьба оставалась в руках Шавкуновых, достоверно не известно, но понятно, что угловая часть ее достаточно быстро была продана «жене полковника Веры Петровны Вечей», от которой в 1894 г. перешла к З.В. Кашперовой. Супруги Кашперовы появились в Перми в конце 1880-х гг. Это были люди образованные, культурные, зажиточные и предприимчивые.

*Зинаида Викторовна Кашперова (Коллюбакина)* происходила из старинного дворянского рода, родилась 22 ноября 1856 г. в Москве. В 1877 г. вышла замуж за титулярного советника Василия Васильевича Кашперова, который с 1894 г. служил в управлении Пермской железной дороги заведующим статистикой и счетоводством. В 1897 г. он избирался гласным Пермской городской думы и тогда же сменил А.Б. Турчевича в театральной дирекции. В 1904 г. стал начальником материальной службы Пермской железной дороги. Василий Васильевич умер от плеврита 28 сентября 1909 г. в возрасте 54 лет<sup>15</sup>.

Зинаида Викторовна Кашперова появляется на сцене общественной жизни города Перми в 1892 г. Она числится в «Адрес-календаре...» 1892 г. среди членов комитета Пермского дамского попечительства о бедных, с 1896 г. – в числе старшин Пермского кружка любителей драматического искусства, а еще она состояла членом пермского отделения попечительства о слепых. Ее выдающуюся деятельность на пермских

театральных подмостках подробно проследил по газетным публикациям В.Л. Семёнов<sup>16</sup>. Зинаида Викторовна буквально дышала сценой, однако жила не на подмостках, а в солидном доме. В реестре крепостных дел по г. Перми есть запись о приобретении З.В. Кашперовой дома на углу улиц Покровской и Соликамской: «Имение... на углу Покровской и Соликамской улиц: усадебная земля мерою: по Покровской улице 22<sup>1/3</sup> сажени, а по Соликамской улице 34<sup>1/2</sup> сажени, с деревянным одноэтажным каменном фундаменте домом и надворным строением. Собственник Кашперова Зинаида Викторовна, жена коллежского секретаря, приобретающая имение с торгов... 10 сентября 1894 г., от жены полковника Веры Петровны Вечей, за 7 900 руб.<sup>17</sup>. Участок этот удивительно точно совпадает с линейными размерами современного сквера Грибушинных.

В «Списке владельцев недвижимых имуществ г. Перми, составленном по сведениям городской управы на 1 апреля 1898 г.», указано, что по Покровской улице между Верхотурской и Соликамской расположены под соответствующими номерами: 11/7 – дамское попечительство о бедных, 13 – З.В. Кашперова жена чиновника. Второе домовладение Кашперовой, купленное в 1894 г., указано по улице Соликамской под №16<sup>18</sup>. Стало быть, Зинаида Викторовна с супругом к этому времени уже округлили свои земельные владения в квартале и владели обоими участками. Кашперовы решили строиться на угловом участке и 30 января дня 1902 г. предоставили в городскую управу «проект, в двух экземплярах»<sup>19</sup>, и получили резолюцию: «Пермская городская Управа определяет разрешить жене титулярного советника Зинаиде Викторовне

<sup>14</sup> Дмитриев А. А. Очерки из истории губернского города Перми с основания поселения до 1845 года: С прил. летописи г. Перми с 1845 до 1890 г.: Первый опыт крат. излож. истории Перми. – Пермь: изд. при содействии Пермск. губ. стат. ком., 1889. – С. 266-267

<sup>15</sup> ГАПК Ф. 37. Оп.6. Д. 904. Л. 138об.

<sup>16</sup> Семёнов В. Л. А. Б. Турчевич – актёр и архитектор. Изд. 2-е, доп. – Пермь: Изд. Богатырев П. Г., 2009. – С. 83-84.

<sup>17</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 1015. Л. 325-328.

<sup>18</sup> Список владельцев недвижимых имуществ г. Перми, составленный по сведениям городской управы на 1 апреля 1898 г. – Пермь: Типолиитография Губернского правления, 1898, – С. 70.

<sup>19</sup> ГАПК Ф. 35. Оп. 1. Д. 129. Л. 46.

Кашперовой по прилагаемому плану построить *деревянный двухэтажный с каменным брандмауэром дом А*<sup>20</sup> (рис. 2).

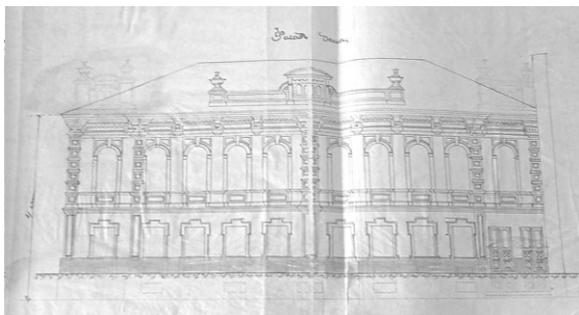


Рис. 2. Проект дома З.В. Кашперовой // ГАПК Ф. 35. Оп. 1. Д. 129

З.В. Кашперова до самой революции продолжала жить в угловом доме. Но 22 февраля 1899 г. продала северо-восточную часть своих земельных владений И.А. Поклевскому-Козелл. Эта операция была зафиксирована в «Реестре крепостных дел по городу за 1899 год»: «Название и состав имения – усадебная земля мерою: в длину по улице 28 сажень, и поперек во дворе и огороде – 35 сажень, с деревянные домом и надворным строением. Собственник – Поклевский-Козелл Иван Альфонсович, потомственный дворянин, приобретший имение по купчей, утвержденной 22 февраля 1899 года от жены титулярного советника Зинаиды Викторовны Кашперовой ценою за 17 090 рублей»<sup>21</sup>.

#### **Поклевские-Козелл**

Поклевские-Козелл – фамилия, в нач. XX в. гремевшая по всему Уралу и Сибири – «владельцы заводов, газет, пароходов» – хотя нет, газет у них не было, они издавали только многочисленные рекламные листки, но больше всего по их заказам печаталось наклеек на пивные и водочные бутылки.

*Альфонс Фомич Поклевский-Козелл* (1810 – 29.08.1890) из потомственных дворян, родился в Витебской губ. Окончил Виленский университет. Основные деловые интересы Альфонс Фомич сосредото-

чивал в сфере производства и торговли алкоголем. Основал и купил в Пермской губернии большую группу водочных и винокуренных заводов. К тому времени в Пермской губернии было семь питейных заводов, в том числе П.Д. Дягилева в Бикбарде. Альфонс Фомич вступил в ожесточенную борьбу с пермскими конкурентами и добился их разорения. В 1891 г. Дягилевы продали завод и имение, после чего покинули Пермь. А.Ф. Поклевский-Козелл скончался 28 августа 1889 г. в имении Быковщине Витебской губернии<sup>22</sup>.

*Викентий-Станислав Альфонсович Поклевский-Козелл* родился 14 января 1853 г. в имении Быковщина Витебской губ. Учился на юридическом факультете Петербургского университета, который в 1874 г. оставил. Был основным продолжателем дела отца, поскольку брат Станислав отошел от дел, сделал успешную дипломатическую карьеру. С 1890 г. член-распорядитель торгового дома «Наследники А.Ф. Поклевского-Козелл», совладелец винокуренных заводов в Сибири и на Урале, золотых и асбестовых приисков и проч.

*Станислав Альфонсович Поклевский-Козелл* (1868 – 1939). Окончил Царскосельский Александровский лицей (1886), после чего состоял в ведомстве Министерства иностранных дел. В 1909 г. его кандидатура выдвигалась на пост товарища министра иностранных дел, однако вместо этого С.А. Поклевский-Козелл был назначен посланником в Тегеране (1908–1913), затем посланником в Румынии (1913–1916). После Февральской революции повторно назначен посланником в Румынии. Октябрьскую революцию не принял. В 1920–1930-х являлся представителем Нансеновского комитета в Румынии. Скончался в Бухаресте.

*Иван Альфонсович Поклевский-Козелл*, 1865 г. рождения, окончил пригготовительный курс императорского Александровского лицея. Иван Альфонсович профес-

<sup>20</sup> ГАПК Ф. 35. Оп. 1. Д. 129. Л. 48.

<sup>21</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 449. Л. 223-224.

<sup>22</sup> Подробнее: Микитюк В.П., Мосунова Т.П., Неклюдов Е.Г. Род. Поклевских-Козелл. – Екатеринбург: Сократ, 2013.

сионально занимался разведением лошадей и даже работал над выведением особой бикбардинской породы, уделяя много времени основанному в Бикбарде конному заводу. Иван Альфонсович из пяти сыновей Альфонса Фомича оказался самым непутевым. Он за короткое время промотал свою долю отцовского наследства. Семьи не создал, умер в 1925 г. в г. Кракове.

После смерти Альфонса Фомича его сыновья Викентий, Станислав и Иван в декабре 1890 г. разделили недвижимое имущество отца и образовали «Торговый дом наследников А.Ф. Поклевского-Козелл». В 1898 г. И.А. Поклевский-Козелл вышел из его состава и получил в собственное владение Холуницкие горные заводы в Вятской губ. и Бикбардинский винокурный завод. Правда, испытание катастрофическим экономическим кризисом 1900 г. Иван Альфонсович выдержать не смог. 8 октября 1902 г. Пермский окружной суд признал его несостоятельным должником. 26 ноября 1903 г. было объявлено о распродаже собственности И.А. Поклевского-Козелл<sup>23</sup>. Чтобы уплатить самые неотложные долги, И.А. Поклевский-Козелл распродал все свое имущество: пермский дом он продал братьям, от которых тот перешел к самым знаменитым своим хозяевам.

### Грибушины

Усадьба перешла к вдове основателя известной купеческой династии Михаила Ивановича Грибушина Антонине Ивановне (1840–1911), которая после смерти мужа в 1889 г. учредила и возглавила торговый дом «М.И. Грибушина наследники»<sup>24</sup>, куда вошли и ее сыновья – Иннокентий, Сергей, Михаил и Николай (рис. 3) Вслед за сыном Сергеем переехала в Пермь, где для нее было решено приобрести дом по Покровской, 13. Акт купли-продажи был оформлен известным пермским нотариусом К.И. Казакевичем 20 апреля 1904 г.:

«Потомственный дворянин Станислав Альфонсович Поклевский-Козелл и действительный статский советник Викентий Альфонсович Поклевский-Козелл, продали, мы потомственной гражданке Антонине Ивановне Грибушиной, собственное свое... недвижимое имение, заключающееся в деревянном доме, с надворным строением и усадебной землей коей мерою: в длину по улице двадцать восемь сажен, а поперег во дворе и огороде – тридцать пять сажен, или сколько в натуре окажется, состоящее в первой части города Перми, по Покровской улице, под № семьдесят седьмым<sup>25</sup>, в межах усадебных мест, входя во двор, по правую сторону – Городского Общества, по левую – Кашперовой»<sup>26</sup>. Фактически сделку осуществлял С.М. Грибушин, который был реальным хозяином усадьбы, включавшей в себя «строения: дом, службы, навес и баня с прачечной»<sup>27</sup>.

И тут на сцене еще раз появляется А.Б. Турчевич. На этот раз не на артистической, а на реальной исторической и практической...



Рис. 2. Антонина Ивановна Грибушина // ГАПК Ф. р-1327. Оп. 1. Д. 168. Л. 3

<sup>23</sup> Уральская жизнь. – 1903. – № 278. – С. 1.

<sup>24</sup> Подробнее: Мушкалов С.М. Грибушины. Пермской губернии династия. — Пермь: Раритет-Пермь, 2007.

<sup>25</sup> Здесь указан не почтовый/полицейский, а учетный номер.

<sup>26</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 449. Л. 10–11.

<sup>27</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 449. Л. 20.

**А.Б. Турчевич**

*Александр Бонавентурович Турчевич* родился 26 февраля 1855 г. в Каневском уезде Киевской губ. в дворянской семье польского происхождения. Учился в Строгановском училище живописи, ваяния и зодчества, но обучение не закончил. Во время учёбы заинтересовался театром (выступал на сцене под псевдонимом «А. Глумов»). Оставив учёбу, он создал актёрскую труппу. В 1883 г. переехал в Пермь и в 1884 г. руководил постановкой драмы «Горе от ума».

Сценическая деятельность не могла обеспечить А.Б. Турчевичу достаточных средств к существованию, и он вернулся к прежней профессии. В 1885 г. сдал экстерном экзамен на право производства строительных работ и стал принимать заказы на проектирование зданий, создав в 1888 г. «Строительно-техническое бюро А.Б. Турчевича». Несмотря на занятость в строительном бюро, до конца жизни Турчевич не прекращал театральную деятельность, хотя и не в качестве профессионального актёра и режиссёра. Но напряжённая работа вынуждала от многого отказываться, в том числе в 1897 г. «от принятой на себя обязанности при Дирекции Пермского городского театра»<sup>28</sup>.

Творческий поиск архитектора Турчевича сочетался в нём с незаурядным талантом инженера-строителя. В некрологе в «Записках Пермского отделения Императорского русского технического общества» за 1910 г. его коллеги сообщали:

«Тридцатого декабря минувшего года скончался действительный член Пермского Отделения ИМПЕРАТОРСКОГО Русского Технического Общества Александр Бонавентурович Турчевич.

...Всего им произведено до 150 построек, между которыми до 40 оконченных и 10 неоконченных церквей. Наиболее выдающиеся из возведенных покойным следующие постройки: а) в г. Перми: дом Н.В. Мешкова, Казенная Палата, дом

Е. И. Любимовой, дом С.М. Грибушина, дом Камчатова, Епархиальное женское училище, церковь Св. Магдалины и б) в уездах церкви: в Лысьвенском и Мотовилихинском заводах, Верхотурье, собор в Осе, церкви в Кунгуре и Ершовке и заводские постройки в Березниках, а равно здание гимназии в г. Сарапуле, Вятской губернии...»<sup>29</sup>.

Именно к такому человеку и специалисту решили обратиться новые хозяева старого дома, купцы Грибушины.

**Сергей Михайлович Грибушин**

Антонина Ивановна в особняке на Покровской прожила остаток жизни, умерев 9 августа 1911 г. За полгода до смерти, 15 января 1911 г. она составила завещание, по которому: «Недвижимое имение, состоящее в I части г. Перми, по Покровской улице и заключающееся в деревянном обложенном кирпичом доме, с каменными службами, прочими надворными постройками и усадебной землей Я завещаю в полную собственность сыну моему Сергею Михайловичу Грибушину»<sup>30</sup>.

*Сергей Михайлович Грибушин* (18.02.1870 Кунгур – 06.01.1915 Пермь). Окончил Кунгурское городское четырехклассное училище. После смерти отца в 1896 г. Сергей Михайлович стал одним из учредителей Торгового дома «М.И. Грибушина Наследники», а в 1900 г. переехал в Пермь. В 1905 г. С.М. Грибушин избирался в состав Пермской городской думы. По доставленным им анкетным данным: ему 34 года, образование домашнее, живет в г. Перми с 1902 г., православный, сословие – из потомственных почетных граждан, имущество – дома в Перми с оценкой в 32 640 руб., состоит церковным старостой при церкви Мариинской женской гимназии<sup>31</sup> (рис. 4).

Семейная жизнь Сергея Михайловича не задалась. Первый раз он женился на Е.В. Краевой. Бракосочетание состоялось 5 июля 1894 г. у них родился сын Влади-

<sup>28</sup> ГАПК. Ф. 35. Оп. 1. Д. 86. Л. 167.

<sup>29</sup> Турчевич А.Б. (некролог) // Записки Пермского отделения Императорского русского технического общества. Вып. 1-5. – Пермь: Тип.- литогр. Губерн. правления, 1910. – С. 58.

<sup>30</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 449. Л. 25.

<sup>31</sup> ГАПК. Ф. 35. Оп. 1. Д. 148. Л. 59.



Рис. 4. Сергей Михайлович Грибушин // ККМ ИК-6162-7

мир, а еще год спустя – дочь Людмила. В семейной жизни, несмотря на появление еще двоих детей, Германа и Ирины, в этот период все чаще стали возникать неурядицы. Закончилось все тем, что 15 мая 1909 г. определением Пермского епархиального начальства брак Сергея Михайловича и Елены Васильевны Грибушиных «по вине прелюбодеяния жены» был расторгнут. Впоследствии С.М. Грибушин вновь женился. Его супругой стала пермский искусствовед Анна Никитична, но семейное счастье продолжалось недолго, 6 января 1915 г. Сергей Михайлович скончался от крупозного воспаления легких.

Кончина сорокачетырехлетнего Сергея Михайловича была неожиданной, и вопрос о наследстве решался в установленном в империи порядке. В «Определении в окончательном виде Пермского окружного суда от 15 августа 1915 года» установлено, что единственными наследниками являются вдова Анна Никитична Грибушина и дети – Владимир, Людмила, Герман и Ирина.

Анна Никитична Грибушина, как законная жена, получила 1/4 из движимого и 1/7 часть из недвижимого имущества. Дети наследовали оставшуюся часть имущества поровну. Пермская часть наследства, по определению Пермского окружного суда, состояла «в недвижимом имении, состоявшем в I части г. Перми, по Покровской улице и заключающемся в деревянном доме с каменными службами, надворными постройками и усадебной землей, приобретенном по купчей крепости 1904 года...»<sup>32</sup>.

8 декабря 1915 г. умер предпоследний из братьев, распорядителей «Торгового Дома М.И. Грибушина наследники», Михаил Михайлович Грибушин. Фирма потеряла руководителей, но продолжала действовать. Несмотря на то, что смерть унесла к 1916 г. почти всех основателей и распорядителей фирмы, Торговый Дом «М.И. Грибушина наследники» просуществовал до самой революции. Жили и жены, и дети...

*Людмила Сергеевна Грибушина (Витернова)* (1895–1988), старшая дочь Сергея Михайловича. Окончила Павловский институт благородных девиц в Петербурге. В годы Гражданской войны она служила в армии Колчака, машинисткой, а затем – журналисткой<sup>33</sup> Главного штаба: «Я прошла курс обучения работе на пишущей машинке и имела очень хорошее место. Жила я в то время в одной комнате с Володей (старшим братом). Он работал в одном со мной учреждении».

Эвакуировалась на восток вместе с Чехословацким корпусом, где познакомилась с капитаном Карлом Витерна. Вышла замуж и обосновалась в г. Злин в Чехословакии. В 1922 г. у них родился сын Владимир, а в 1924 г. – дочь Ирина. Людмила Сергеевна скончалась в 1988 г. в возрасте 93 лет.

*Владимир Сергеевич Грибушин* (05.06.1894, Кунгур – 1960-е гг.). Окончил Михайловское военное училище. В годы Гражданской войны служил у Колчака в звании подпоручика при штабе Верховного правителя. Позднее был дежурным офице-

<sup>32</sup> ГАПК. Ф. 72. Оп. 1. Д. 449. Л. 32.

<sup>33</sup> Т.е. – протоколистом.

ром комендантской части Управления делами Российского Правительства. После разгрома колчаковцев ушёл с отступающими войсками на Дальний Восток. В дальнейшем эмигрировал. Умер в США в конце 1960-х гг.

*Герман Сергеевич Грибушин* (16.09.1902 – 15.06.1978), «Жоржик», после развода родителей остался с отцом. Однако Елена Васильевна настояла на том, чтобы в 1915 г. Герман «из-за слабости здоровья» жил вместе с ней и отчимом в Ялте. В 1918 г. поступил на службу военным писарем Государственной стражи Ялтинского уезда, а после завершения Гражданской войны эмигрировал в Югославию. В годы Второй Мировой войны воевал в составе конного взвода 5-го полка Русского корпуса, входившего в состав вермахта. Летом 1945 г. находился на положении военнопленного в лагере Кляйн-Сант-Вайт (Австрия)<sup>34</sup>. Затем перебрался в США.

*Ирина Сергеевна Грибушина* (1904 – ?) – самый младший ребенок Сергея Михайловича Грибушина, продолжателя рода знаменитой чайной династии. Нет сведений о том, где Ирина, будучи подростком, провела годы революционных событий. В конечном итоге Ирина Сергеевна оказалась в Москве и только перед своей смертью рассказала своей старшей дочери о том, что она из рода Грибушиных.

После революции Грибушины расточились по миру и память о них сохранилась только в названии дома.

#### *Истинная история дома и усадьбы*

До сих пор исследователи грибушинского дома начинали анализ его истории в лучшем случае с 1886 г., когда домовладение было отмечено в «Полном адресе домовладельцев...» Г.И. Минеева за потомками П.Е. Шавкунова. Но нам теперь известно, что домом на «Покровской №13» в 1863 г. владел «потомственный Почетный Гражданин, Василий Венедиктович Хотов»<sup>35</sup>. В фонде Пермской городской управы заявления В.В. Хотова на строительство не найдено, поскольку первые документы фонда датируются 1874 г., когда купец уже скончался. Итак, после пожара 1842 г., но не позднее 1863 г., купец В.В. Хотов выстроил себе дом в 74 квартале.

Как же мог выглядеть дом с фигурами, когда никаких фигур на нем еще не было? Заместитель директора по науке КрайЦОП А.Б. Киселев как-то обратил внимание автора настоящих строк на удивительное сходство планировки грибушинского дома и объекта культурного наследия «Дом жилой Н.И. Михайлова с воротами. г. Пермь, ул. Ленина, 24» (рис. 5). Деревянный дом на каменном фундаменте был построен куп-

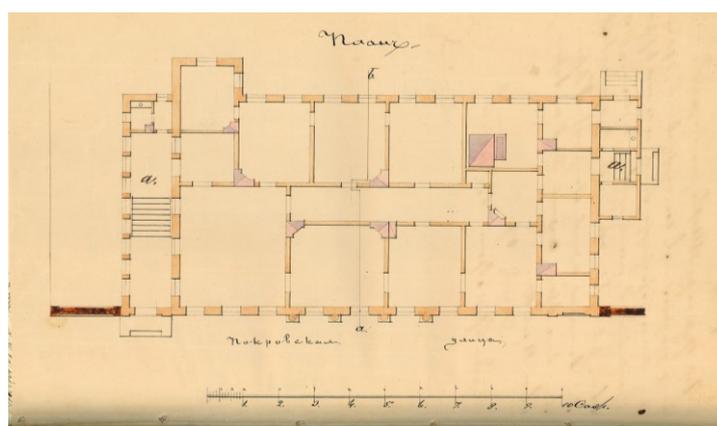


Рис. 5. План дома купца Н. И. Михайлова // ГАПК. Ф. 35. Оп. 1. Д. 17. Л.137об.

<sup>34</sup> Волков С.В., Стрелянов (Калабухов) П.Н. Чины Русского Корпуса: Биографический справочник в фотографиях. – М.: Рейтар, «Форма-Т», 2009. – С. 108.

<sup>35</sup> Памятная книжка Пермской губернии на 1863 год: год первый / ред. С.С. Пенн. – Пермь: Губернская Типография, 1862. – С. 96.

<sup>36</sup> ГАПК. Ф. 35. Оп. 1. Д. 17. Л. 136-138.

цом 1-й гильдии Григорием Степановичем Ташлыковым, по проекту, поданному в Думу в 23 апреля 1874 г. при «объявлении» на строительство<sup>36</sup>. После его смерти новым хозяином дома стал купец Николай Иванович Михайлов (рис. 6).

Под оштукатуренным фасадом дома Ташлыкова/Михайлова легко угадывается широко распространенный в Перми рубежа XVIII–XIX вв. стандартный деревянный дом на 9 окон, разрешение на постройку таких выдавалось еще в Пермском наместническом правле-

нии<sup>37</sup> (рис. 7) Нас не должно смущать, что на чертежах Правления изображен бревенчатый дом. Во-первых, такой чертеж не был догмой, будущий хозяин волен был отделять собственное жилище по личному вкусу. А во-вторых, по сведениям пермского летописца Ф.А. Прядильщикова: «С 1825 года в города нашем введены тротуары; также приказано покрывать деревянные дома тесом и окрашивать в какой-либо колер, чего прежде не делалось хозяевами»<sup>38</sup>. Очевидно, и дом В.В. Хотова был «наштукатурен»,

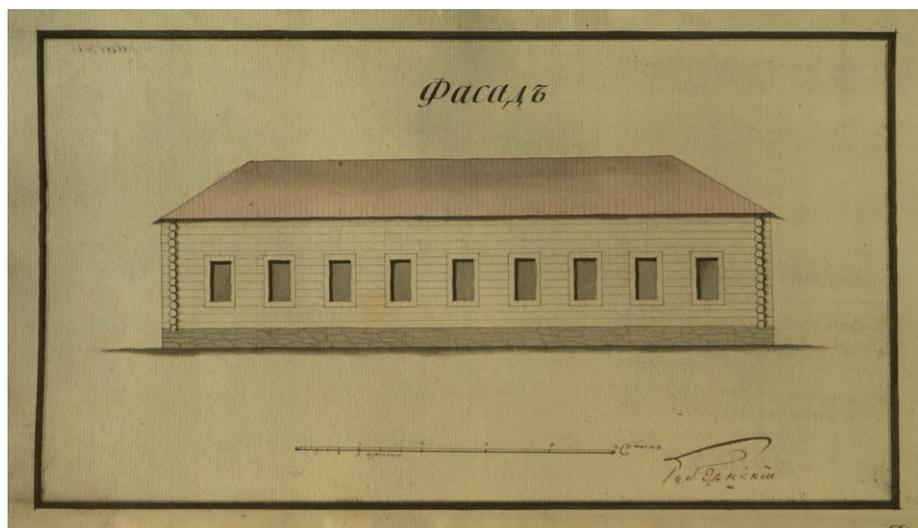


Рис. 6. Фасад дома на 9 окон из «Дела об отводе земельных участков...» // ГАПК Ф. 316. Оп. 1. Д. 53. Л. 84.

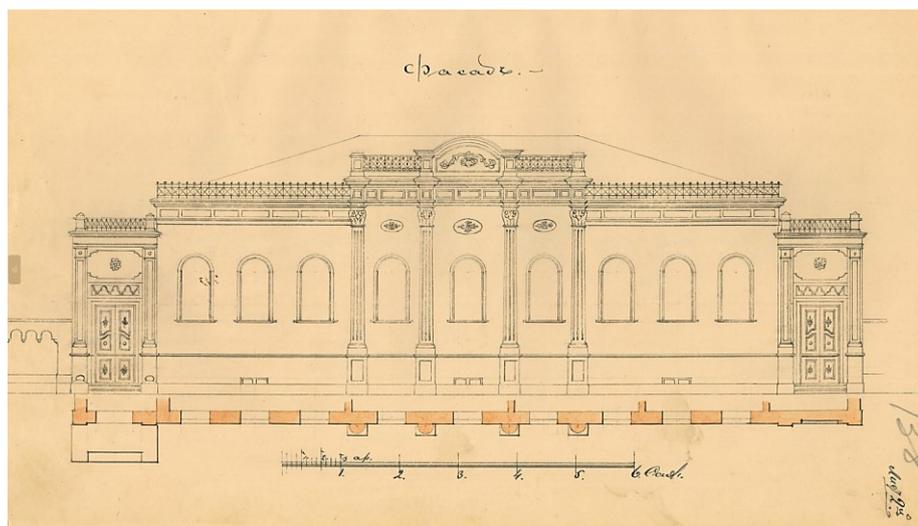


Рис. 7. Фасад дома купца Н. И. Михайлова // ГАПК. Ф. 35. Оп. 1. Д. 17. Л. 138.

<sup>37</sup> ГАПК Ф. 316. Оп. 1. Д. 53. Л. 84.

<sup>38</sup> Прядильщиков Ф.А. Летопись губернского города Перми: (1781–1844 г.); (сообщил Д. Смышляев). – Пермь: Пермская губернская типография, 1874. – С. 32.

а от дома Михайлова он отличался только количеством окон – имел 11, а не 9. Если сравнить дом Михайлова и первый проект грибушинского дома А.Б. Турчевича, то мы вынуждены констатировать явное сходство (рис. 8).

Как только дом перешел к Грибушиным, в рекламной листовке «Строительно-строительного бюро А.Б. Турчевича», выпущенной не ранее 1905 г., помещены два изображения: «Проект дома С.М. Грибушина» и «Дом С.М. Грибушина построен в 1905 г. в г. Перми»<sup>39</sup>. «Проект» чрезвычайно напоминает дом купца Н.И. Михайлова: пятичастное членение фасада, входные группы по бокам здания, колонны в середине, поддерживающие треугольный портик. Это сходство было вызвано тем, что А.Б. Турчевичу не приходилось возводить здание заново, он лишь надевал новую оболочку на уже имеющееся здание с полувековой историей (рис. 9).

Очевидно, первоначально он предложил минимальное вмешательство в уже имевшийся архитектурный декор. Но Грибушины решили не мелочиться и потребовали реконструировать фасад в стиле модерн, который тогда, говоря современным языком, был в тренде. Архитектор удовлетворил желание заказчиков, внося множество модных элементов. Откровенно модерновыми являются лишь кованые решетки ограды, ворот и калитки, рисунок раскладки филленчатых входных дверей, круглые окна мансарды с характерными средниками, очертания рам барельефов с фигурами на аттике центральной части главного фасада, ныне утраченные железные ко-

зырьки-навесы на цепях над входами. А собственно лепные детали существенно уклоняются в барокко, отдельные – в ампир. Так что, у дома с фигурами оказалась более длинная и сложная история, нежели предполагалось ранее, и ему более 160 лет.

### Архитектура дома

Известный исследователь архитектуры Валерия Звагельская в 1988 г. в статье «Архитектура модерна на Урале» писала: «По богатству палитры декоративных средств модерна, по высокой художественной ценности даже второстепенных деталей, будь то рисунок кованых кронштейнов или форма столбов ограды, особняк Грибушина не имеет себе равных среди круга городских особняков Урала... Однако еще раз подчеркнем, что богатая палитра модерна здесь не находит выражения в объемно-пространственных характеристиках особняка. Объем, схема фасада, основанная еще на классицистических способах членения, простая планировочная композиция не соотносятся со стилевыми принципами модерна»<sup>40</sup>.

Различные исследователи описывают архитектурную стилистику грибушинского дома весьма неопределенно: «Турчевич “переплел” барокко и модерн. Видны и элементы классицизма»; «отделка фасадов жилой части в стилистике архитектурной эклектики с активным включением элементов живописного модерна»; «особняк является единственным зданием города, где особенно ярко выражен стиль модерн. Несмотря на стилевые особенности, в усадьбе и самом здании можно наблюдать влияние приемов русско-



Рис. 8. «Проект дома С.М. Грибушина»  
А.Б. Турчевича



Рис. 9. Открытка «Пермь, дом С. М. Грибушина (на Покровской ул.)» // ПОКМ-18496/200

<sup>39</sup> Архив КЦОП. Ф. 11 (Канторович Г.Д.). Коробка № 2 (в россыпи). Рекламные проспекты архитектурного бюро А.Б. Турчевича. Фотокопии.

<sup>40</sup> Звагельская В.Е. Архитектура модерна на Урале // Из истории художественной культуры Урала Сборник научных трудов / Урал. гос. ун-т. – Свердловск: Б. и., 1988. – С. 64–65.

го классицизма». Барокко, классицизм, модерн или просто эклектика? А ларчик просто открывался – А.Б. Турчевич вынужден был, «переодевая» дом, учитывать весьма эклектические вкусы заказчиков (см. рис. 8).

### *Эпоха перемен*

После 25 октября 1917 г. в России, Перми и в 74 квартале все изменилось. 20 августа 1918 г. ВЦИК выпустил Декрет «Об отмене права частной собственности на недвижимость в городах», в котором определялось: «В городских поселениях с числом жителей свыше 10 000 отменяется право частной собственности на все строения, которые вместе с находящейся под ними землей имеют стоимость или доходность свыше предела, установленного органами местной власти». Результаты нам известны из «Списка муниципализированных домов гор. Перми» 1923 г.<sup>41</sup>

Но к Перми подходили белые войска... Утром 24 декабря 1918 г. части полковника Зиневича вступили в Пермь, в составе 3 полков, шли со стороны завода Мотовилиха при 30-градусном морозе<sup>42</sup>. И фигуры грибушинского дома молчаливо наблюдали за происходящим.

#### ПРИКАЗ

по гарнизону города Перми 24-го декабря 1918 г.

№ 1.

§1.

Приказываю всем гражданам г. Перми и его окрестностей начать мирную трудовую жизнь, выбитую из своей колеи большевиками – поправшими все Божеские и человеческие законы.

§2.

...Комендантом г. Перми назначаю Полковника Николаева».

Приказом главного коменданта Перми сотника Рымашевского, сменившего полковника Николаева, был установлен специальный церемониал встречи и пребывания Колчака в Перми, куда тот приезжал 9 февраля: «Во время представления приветствуют хлебом-солью: от населения губернии

Представитель губернской земской правы Дьяков и от населения города Перми Рябинин»<sup>43</sup>. Приезжали ли в Пермь вместе с А.В. Колчаком сотрудники его штаба Людмила и Владимир Грибушины, побывали ли они в отцовском доме, не известно. В многочисленных статьях о доме встречается упоминание, что при Колчаке в грибушинском особняке располагалась гарнизонная офицерская лавка, что верно, но не до конца. В газете «Свободная Пермь» 9 марта 1919 г., действительно было помещено объявление: «**Военная жизнь в г. Перми.** При управлении Коменданта г. Перми (Покровская, 13, д. Грибушина) с 3 марта открыта гарнизонная офицерская лавка, 5 марта открыта гарнизонная офицерская баня, на углу Соликамской и Б.-Ямской ул., №36–28»<sup>44</sup>. То есть, лавка была открыта при управлении Коменданта г. Перми, которое и расположилось в доме по Покровской, 13. В доме обосновалась колчаковская комендатура. В газете «Отечество» от 21 июня 1919 г. на последней странице в рубрике «Местная жизнь» было помещено объявление, появившееся явно без разрешения коменданта Рымашевского:

#### **«Арест бывших коменданта и начальн. гор. милиции.**

За злоупотребления по службе арестованы бывший комендант гор. Перми сотник Рымашевский и начальник городской милиции Данилов. Причина ареста, как одного, так и другого, – злоупотребление по должности»<sup>45</sup>. До взятия Перми красным войсками оставалось 9 дней...

В.В. Каменский в своем «Романтическом дневнике» 1922 г. так опишет свои впечатления о разоренном гражданской войной городе: «Здравствуй, моя захолустная родина, моя вдрызг обнищавшая старуха, моя разоренная гражданской бойней Прикамская Пермь»<sup>46</sup>. А в иной реаль-

<sup>41</sup> Список муниципализированных домов гор. Перми // Жилищный вопрос. – Пермь: Издание Пермского Коммунального Хозяйства. 1923. – С. 41–42.

<sup>42</sup> Ситников М. Г. Пермь пала. – Пермь: [б. и.], 2016. – С. 93, 100.

<sup>43</sup> ГАПК. Ф. Р-656. Оп. 1. Д. 6. Л. 1.

<sup>44</sup> Свободная Пермь. – № 43. – 1919. – 9 мар.

<sup>45</sup> Отечество. 21 июня 1919 г. – № 5. – С. 6.

<sup>46</sup> Антипина З.С. «Поэт Перми и Камы»: Василий Каменский в уральской периодике 1920–1930-х годов // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. 2009. – Вып. 3. – С. 100–104.

ности годом ранее, в конце зимы 1920 г. до Юрятина с трудом добирается Юрий Живаго, вырвавшийся из плена «лесных братьев» Ливерия Миклулицына.

#### *Начало легенды. Кино и другое*

В 1923 г. кинорежиссёр Александр Разумный снял по сценарию поэта-пермяка Василия Каменского немой игровой фильм «Семья Грибушиных» (второе название – «Страна солнцевеющая»). К сожалению, лента не сохранилась, но известен сюжет: «Между фабрикантом Грибушиным и студентом Максимом, репетитором его сына, школьника Джорджа, происходит столкновение. Грибушин увольняет Максима с должности репетитора. Октябрьская революция вынуждает фабриканта бежать за границу, а его детей, Соню и Джорджа, отправляют на работу в Поволжье. В день пятой годовщины Октябрьской революции Грибушин возвращается в СССР за своими драгоценностями...».

В.В. Каменский, несомненно, знал С.М. Грибушина, но в своем сценарии весьма вольно трактовал обстоятельства жизни его семьи. Старшее поколение семьи Грибушиных эмигрировать не успело, умерев до Октябрьской революции. Вымышленный Грибушин сталкивается с «репетитором» реально существовавшего Жоржика (в сценарии – Джордж) Максимом, в котором никак не узнать реального воспитателя младших Грибушиных П.В. Комарова – отнюдь не юного гимназического учителя приготовительного класса. Придуманная Софья и полувымышленный Джордж Грибушины высланы из города как «бывшие». Но мы-то знаем, как было на самом деле...

#### *Продолжение легенды. Дом в Юрятине*

Стало общим местом отождествлять грибушинский дом с пастернаковским «домом с фигурами», стоявшим в романном пространстве напротив дома, в котором проживала Лариса Антипова. В романе «Доктор Живаго» он описывается следующим образом: «Так назывался *темно-серый стального цвета дом с кариатидами и статуями античных муз с бубнами, лирами и масками в руках*, вы-

строенный в прошлом столетии купцом театралом для своего домашнего театра...

Антипова жила на углу Купеческой и Новосвалочного переулков, против *темного, впадавшего в синеву дома с фигурами*, теперь впервые увиденного доктором...

Он по *всему верху был опоясан женскими мифологическими кариатидами в полтора человеческого роста*. Между двумя порывами ветра, скрывшими его фасад, доктору на мгновение почудилось, что из дома вышло всё женское население *на балкон* и, перегнувшись через перила, смотрит на него и на расстилающуюся внизу Купеческую».

Итак, *дом с фигурами* стоял на одной из центральных улиц города внизу «по кривой горке», на которую «заглядывали дома и церкви более возвышенных частей города». Б. Пастернак дважды обращает внимание на наличие у дома «косого, спускавшегося под гору и понижавшегося фундамента», и «на огромных четырехугольных камнях его наклонно скошенного фундамента чернели свежерасклеенные номера правительственных газет». Под почти все перечисленные приметы более подходит пермский *дом Мешкова*.

Но Грибушинский дом расположен не на углу, а в середине квартального фаса. И, если внимательно вчитаться, то выясняется, что и его декор не очень совпадает с «фигурами» пастернаковского здания. Ведь они должны быть «женскими мифологическими кариатидами в полтора человеческого роста», в компании «каменных статуй» «античных муз с бубнами, лирами и масками в руках». На стенах реального здания по Ленина, 13а музы (если они, действительно, музы) присутствуют на боковых нишах-клеймах аттика, но они выполнены в горельефе.

Не будет новостью признать, что романский «дом с фигурами» есть образ собирательный, а Б. Пастернак не был обязан документально воссоздавать пермские реалии в литературном Юрятине. На этом бы сердцу и успокоиться, но ожесточен-

ные споры о месте нахождения в литературных и околослитературных кругах не имеют конца<sup>47</sup>. Хотя Борис Леонидович сам провоцировал читателя отсылками к «пермским» текстам: «Тут у нас были четыре сестры Тунцевы, на одну больше, чем у Чехова, – за ними ухаживали все Юрятинские учащиеся, – Агриппина, Евдокия, Глафира и Серафима Севериновны». А еще намек на историко-приключенческую повесть А.П. Гайдара «Лесные братья (Давыдовщина)», изданной в 1927 г.: «И вот, одною из частей этой многотысячной народной армии, именуемой “Лесными братьями”, командует товарищ Лесных, Ливка, Ливерий Аверкиевич, сын Аверкия Степановича Микулицына»<sup>48</sup>.

### *Детская больница*

После освобождения Перми от белогвардейцев грибушинскую усадьбу занял 280-й трехсводный полевой запасной госпиталь. Но фронт отодвигался, и домом Грибушинных занялся Пермский губздравотдел, точнее его подотдел борьбы с социальными болезнями (туберкулезом, венерическими и др.), возглавляемый энергичным доктором И. Голубевым, который добился передачи 280-го госпиталя от ГубЭвака в ведение губздравотдела.

11 марта 1921 г. комиссия под председательством И. Голубева произвела осмотр дома Грибушинных с целью определения его пригодности для устройства санатория для туберкулезных больных: «Обследование дома Грибушина дало следующие результаты... Кубатура комнат 56 212 куб. футов. Анфилада из 5 комнат общей кубатуры в 20 208 куб. футов находится на солнечной южной стороне и обладает большими зеркальными окнами. Количество света вообще выше среднего. Стены оклеены обоями за исключением двух комнат и коридоров, где они окрашены масляной краской. Ванны, водопроводные и водосточные трубы, уборные в

три отделения, кухня и вентиляция в исправности, двери, окна и электрическая проводка также... Имеются две веранды, одна фронтоном на восток с площадью в 322 кв. фута, другая – на северо-запад с площадью в 120 кв. футов»<sup>49</sup>.

Как следует из этого документа, дом Грибушина хорошо перенес тревожное время революции и гражданской войны. 15 апреля начался ремонт здания, а уже 10 июня 1921 г. санаторий для взрослых легочных больных был, наконец, открыт. Спустя некоторое время заведующий санаторием Сретинский так описывал начало его деятельности: «10 сего месяца открыт в Перми санаторий для взрослых туберкулезных больных на 60 коек, по Покровской ул. №13 в бывшем доме Грибушина...

Дом представляет из себя барский 1-этажный особняк с полуподвалом, с большими зеркальными окнами фасада, служебным флигелем, большим внутренним двором и 2 садами огородами по бокам. Сад, расположенный с левой стороны, примыкает к огороду приюта Магдалины. Ныне заняты концентрационным лагерем.

Вошедши в санаторий через вновь устроенный парадный вход (см. план) (рис. 10), мы проходим по коридору мимо вспомогательных помещений – гардеробной, кабинета врача, ванной для персонала, уборной, парикмахерской, дежурок сестер, внутренней лестнице в подвал. Затем, миновав 3 небольших палаты (в общем 13 коек), проходим в столовую, вмещающую у 4 столов 40 человек. Из столовой одни двери ведут на террасу, откуда спускается лестница в сад, другие в буфетную, третьи – в палату № 1, четвертые – в коридор, в который мы и сворачиваем. По сторонам коридора расположены палаты и с первой стороны ванная для больных на 2 ванны. Коридор упирается в бывшую залу, вмещающую 13 коек... Далее вестибюль парадного входа, он превращен после закры-

<sup>47</sup> Абашев В., Масальцева Т., Фирсова А., Шестакова А. В поисках Юрятина. Литературные прогулки по Перми. – Пермь: Юрятин, 2005. – 255 с.

<sup>48</sup> Гайдар А.П. Лесные братья: Ранние приключен. повести. – М.: Правда, 1987. – 428 с.

<sup>49</sup> ГАПК. Ф. Р-15. Оп. 1. Д. 72. Л. 32.

<sup>50</sup> ГАПК. Ф. Р-15. Оп.1. Д. 323. Л. 80-83.

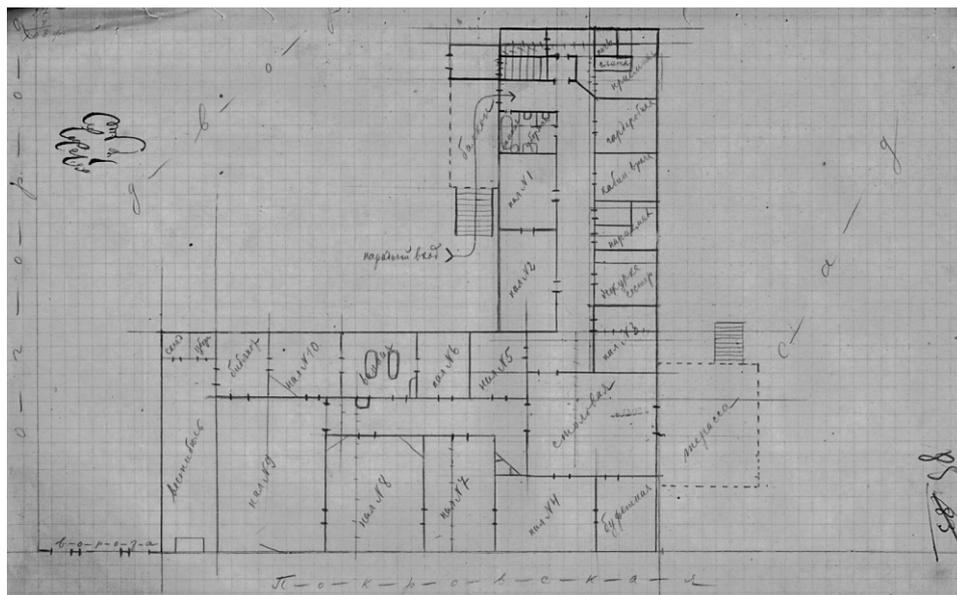


Рис. 10. План детской больницы. 1921. // ГАПК Ф. р-15. Оп. 1. Д. 323. Л. 85.

тия парадных дверей и настилки нового пола в зимний сад, место для отдыха...»<sup>50</sup>. 30 апреля 1922 г. последовал приказ: «Детская больница Оммлада, помещающаяся на Воскресенской улице в доме №66 – переводится с 30 апреля с. г. в дом б. Грибушина и переименовывается в Пермскую губернскую детскую больницу. Пермская губернская детская больница после ликвидации в 1923 г. губернии и образования Пермского округа стала именоваться Пермская окружная детская больница.

В 1939 г. у больницы появилась большая пристройка, имевшая габариты: основание – 23,12×10,66 м; площадь – 246,5 кв. м, высота – 10,7 м; балкон – 17,61×3,12 м. В 1954 г. состоялся капитальный ремонт всего здания<sup>51</sup>. Одной из вех развития больницы стало объединение поликлинической и стационарной служб в 1949 г.: в состав больницы вошло 100 стационарных коек и детская консультация. В доме Грибушина размещалось 1-е стационарное отделение детской клинической больницы №3.

Детская больница просуществовала в бывшем купеческом особняке по ул. Ленина, 13 вплоть до 1987 г., после чего переехала в новое многоэтажное здание

по... ул. Ленина, 13. Этот корпус возвели в глубине 74 квартала, позади и правее грибушинского дома, поэтому было сочтено более удобным сохранить старый юридический адрес за медицинским учреждением, а старому дому с новыми хозяевами присвоили номер 13а.

#### ***Дом становится памятником***

Кажется, что красивейший дом с фигурами всегда высоко оценивался специалистами, общественностью и охранялся государством. Но это лишь кажется... В книге о Перми, выпущенной к сорокалетию юбилею Октябрьской революции, в главе «Застройка и архитектура» написано буквально следующее:

«В городе нет значительных памятников архитектуры, что объясняется его сравнительной молодостью... Значительная часть частных капитальных зданий отражает индивидуальные вкусы заказчика. Такими домами являются бывший дом Мешкова (ныне Управление Камского речного пароходства), Любимова (драматический театр), Грибушина (детская больница) и другие, носящие на себе влияние ложноукрашательских приемов в архитектуре, характерные для периода конца XIX и начала XX веков»<sup>52</sup>.

<sup>51</sup> Архив БТИ. №1445.

<sup>52</sup> Пермь. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1957, – С. 62, 439.

Однако достаточно скоро к дому приходит официальное признание. 28 июня 1967 г. известный пермский историк архитектуры Александр Сергеевич Терехин составил, в связи с постановкой на государственную охрану, паспорт памятника архитектуры «Дом бывш. Грибушина», в котором писал: «Особняк является единственным зданием города, где особенно ярко выражен стиль модерн. Несмотря на стилиевые особенности, в усадьбе и самом здании можно наблюдать влияние приемов русского классицизма. Так усадьба, занятая хозяйственным двором и садом, окружает здание с трех сторон. Территория ее отделена металлической оградой с воротами. Членение фасада здания пятичастное: два крайних выступа одинаковы, средний по своим размерам увеличен, и выше остальных, а промежутки между выступами подчеркнута горизонтальны. Фасад получил плоскостную разработку, ибо здание размещено по красной линии, но тем не менее в нем сохранена строгая симметрия (здания, выполненные в стиле модерн, как правило, имеют ассиметричную композицию объемов)...

Несмотря на регулярное наблюдение за зданием, оно требует восстановления и реставрации. Особенно сильно повреждена лепка на фасаде, утрачены цветные витражи в овальных окнах центральной и полуциркульных окнах крайних частей. Снят перед домом тротуар, состоявший из квадратных каменных плит. Интерьеры здания неоднократно переделывались, но в некоторых комнатах сохранилась высококачественная лепная отделка потолка и изразцовые каминны».

В 1969 г. решением Пермского облисполкома №85 от 23.10.1969 дом Грибушина был поставлен на государственный учет как памятник архитектуры местного (областного) значения «Дом купца Грибушина с оградой и воротами». Л.С. Кашихин в своей «Справке...» зафиксировал состояние грибушинского дома на 1988 г.: «В настоящее время от некогда большой усадьбы

Грибушиных с особняком, со многими надворными, подсобными постройками (конюшни, кузница, гараж, баня с прачечной, ледники, навесы и др.) в наличии остались только особняк и двухэтажный гараж с тремя заложеными кирпичом арочными воротами, который остается вне зоны исследований и реставрации. В 1933 г. были снесены конюшня и навес. В гараже размещается сейчас склад готовой продукции, экспериментальный цех<sup>53</sup>.

18 января 1971 г. в связи с постановкой памятника на охрану был проведен технический осмотр памятника, по результатам которого был составлен «Акт технического осмотра состояния памятника архитектуры...», в котором общее состояние памятника и его отдельных элементов было признано удовлетворительным.

20 мая 1998 г. зав. отделом истории и архитектуры ОЦОП А.Б. Киселевым был составлен паспорт памятника архитектуры «Дом купца Грибушина»: «В 1976 г. здание закрыто на капитальный ремонт и использовалось частично. Распоряжением Пермского горисполкома от 28.12.1987 г. №516-р памятник передан на баланс Институту органической химии УНЦ АН СССР (распоряжением Пермского горисполкома от 05.03.1988 г. №85-р – Пермскому научному центру УрО АН СССР). В настоящее время – Пермский научный центр УрО РАН – “Дом ученых”.

... б) *перестройки и утраты, изменившие первоначальный облик памятника*

Утрачены цветные витражи в овальных окнах центральной и полуциркульных окнах крайних частей главного фасада, металлические козырьки над входами, металлические решетки дверей. Со стороны ул. Ленина грунт поднят до 0,8 м, закрыв часть цоколя. В настоящее время отсутствует доступ в антресоли». В документе констатировалось, что в 1976 г. начались реставрационные работы, но окончательного переезда больницы из здания еще не состоялось.

<sup>53</sup> Памятники истории и культуры Пермской области. – 2-е изд., пере-раб. и доп. – Пермь: Кн. изд-во, 1976. – С. 84.

**Возрождение дома**

В 1979–1980 гг. группа специалистов московского института «Спецпроектреставрация» под руководством арх. Е.Ю. Барановского, в которую входили главный архитектор института «Спецпроектреставрация» Н.Д. Недович, руководитель АРМ-6 Б.В. Гнедовский и руководитель группы О.В. Гурин, обследовала здание и составила «Заключение о техническом состоянии памятника архитектуры начала XX в. дома Грибушина в г. Перми» (М. 1979 г.).

Пользуясь материалами этого заключения, составивший историческую записку Л.С. Кашихин, так обрисовал состояние памятника и неотложные мероприятия по его сохранению: «Дом Грибушина представляет собой в плане прямоугольное, одноэтажное здание с подвалом. Снаружи и изнутри имеет развитый лепной декор, а в помещении №1 на западной стене обнаружена живопись. К восточному фасаду примыкает холодная веранда, к северному – пристроено позднее одноэтажное кирпичное здание. Сохранились кирпичные оштукатуренные ворота и часть ограды. В процессе эксплуатации здания детской больницей дом был внутри частично перепланирован: появились поздние перегородки, закрыт главный, парадный вход и др.

Касаясь конструктивных описаний здания, необходимо отметить: фундаменты – ленточные, бутовые. Стены – сруб из круглого леса 220×220, снаружи облицованы кирпичом на известковом растворе, изнутри оштукатурено. Перекрытия над подвалом – деревянные, доски по деревянным балкам. Пол 1-го этажа выполнен из штучного паркета, в прихожей – из керамической плитки. Чердачные перекрытия – деревянные, накат по деревянным балкам. Сверху обмазка глиной или известью с засыпкой землей, снизу – подшивка из доски.

Стропильные конструкции – наклонные стропила из круглого леса. Кровля – железная на обрешетке.

Обследуя фасад, было установлено, что на южном фасаде наружная входная дверь заложена и оштукатурена, карниз разрушен, лепнина частично утрачена. На восточном фасаде карниз и декоративные элементы разрушены, часть лепнины и штукатурка утрачены, современный уровень тротуара на 200–300 мм выше первоначального. На северном фасаде карниз разрушен, лепнина частично утрачена. На западном фасаде карниз разрушен, штукатурка местами утрачена, в средней части фасада наблюдается выпучивание стен. Кирпичные пилоны ворот местами разрушены, лепнина и штукатурка частично утрачены. В северной части ограды сохранились первоначальные решетки...

В выводах было отмечено, что разрушение части конструкций здания произошло по следующим причинам:

«1. Протечки кровли, разрушения водосточных труб, отсутствие правильно выполненной отмостки.

2. Непосредственного контакта конструкций кровли, перекрытия и сруба с засыпкой чердака.

3. Отсутствия своевременного профилактического ремонта»<sup>54</sup> (рис. 11).

После переезда в 1987 г. детской клинической больницы в новое здание, грибушинский дом был передан на баланс Пермского научного центра Уральского отделения АН СССР. Тяжкую ношу огромных по объему восстановительных и реставрационных работ взял на себя член-кор. РАН Юрий Степанович Клячкин. Он в интервью 1993 г. рассказывал: «Честно скажу, первое время казалось, что нам не поднять это дело. Тем более, что больших денег у науки, как известно, никогда не было. Однако крутились, находили средства... В одной из гостиных собрали остатки «родного», первоначального паркета, для осталь-

<sup>54</sup> Кашихин Л.С. Научно-проектная документация на объект: Архитектурный памятник конца XIX века – особняк купца С.М. Грибушина, г. Пермь, ул. Ленина, 13. Раздел: Комплексные научные исследования. Историческая справка – Пермь: ПСНППМ, 1988. – С. 49–50.



Рис. 11. Дом купца Грибушина в лесах. 1988. // ГАПК Ф. 18п. Оп. 18п. Д. 1094. 1988.

ных помещений заказывали новый узорчатый паркет. Со стен сняли более десятка наслоений обоев, пока добрались до остатков первых, наклеенных при строительстве здания. Изготовили точно такие же – по цвету и рисунку. Словом, интерьер основной части дома максимально приближен к оригиналу»<sup>55</sup> (рис. 12).



Рис. 12. Ю.С. Клячкин демонстрирует результаты реставрационных работ губернатору Ю.П. Трутневу. 1998. // ПГАСПИ Ф. 8043. Оп. 5П. т.6. Д.452

Промежуточный результат реставрационных работ зафиксировал в 1994 г. известный пермский журналист В. Пырси́ков: «Коли внешне Пермский научный центр (бывший дом купцов Грибушиных, бывшая детская больница – ул. Ленина, 13а) выглядит пока не очень привлекательно – реконструкция еще впереди, то зайдя внутрь, удивленно разведешь руками. Здание охранялось государством, но, отданное медикам, сохранило от прошлого лишь стены. Сегодня другое. Восстановлены лепные потолки, настланы на полах паркет и мрамор, появились хрустальные бра и люстры, восстановлена практически прежняя планировка. Изящны и уютны интерьеры всех помещений. По специальному заказу изготовлена даже классического стиля академическая мебель. И второе название ПНЦ – Дом ученых, подтверждает, что рождение идеи зависит не только от умной головы, но и от тех условий, в которых она думает»<sup>56</sup>.

Сменивший Ю.С. Клячкина на посту председателя ПНЦ УрО РАН член-кор. РАН (с 2003 г. академик РАН) В.П. Матвеев продолжил ремонтно-восстановительные работы. Проект реконструкции, выполненный ООО ПСНРУ (арх. Н.Б. Белов), согласован ОЦОП 04.09.1997: на месте старой деревянной веранды по-

<sup>55</sup> Американская песня под балалайку // Меркурий (Пермь). 1993. № 23 (167). 5 июн.

<sup>56</sup> Пырси́ков В. Старые стены, старый рояль. Субботний репортаж // Звезда. – 1994. – № 177. 12 дек. – С. 4.

строен зал заседаний, модернизированы электропроводка и система отопления, поменялись обои на стенах и оснастка окон. При этом неизменным остается расположение комнат и бережно сохраняется воссозданное пермскими мастерами уникальное архитектурно-декоративное убранство исторического здания. В 2020–2022 гг. был произведен еще один ремонт фасада и теперь дом с фигурами, как и в романе Б. Пастернака, «впадает в синеву».

### *И опять легенда: маски*

Очевидно, первой, опубликовавшей легенду о том, что на фасаде грибушинского дома женские маски были разными, скопированными из семейного альбома и соответствовавшими разным возрастам Л.С. Грибушиной, была Е.А. Спешилова: «Однажды на одном из семейных вечеров зашла речь о старой Перми и домах Грибушинных. И вот что поведала одна присутствовавшая на нем гостя: «Я была в туристической поездке по Финляндии. Когда собрались на экскурсию, женщина-экскурсовод обратилась к туристам с вопросом: “Может быть, есть среди вас жители города Перми? Я сама из Перми, я – Грибушина”. Она забросала меня вопросами и, когда узнала, что дом на Покровской, 13 реставрируется, рассказала: “Когда стали оформлять дом лепкой, мастер взял наш семейный альбом и выбрал из него все мои фотографии с 5- до 17-летнего возраста. Вот эти лица с моих фотографий и изображены на этом доме”»<sup>57</sup>.

Очень красивая легенда, но, увы, не выдерживающая критики. В воспоминании есть точная хронологическая привязка: «узнала, что дом на Покровской, 13 реставрируется», то есть встреча пермяков на чужой земле состоялась не позднее 1979 г., когда начались работы института «Спецпроектреставрация». Л.С. Грибушина (Витернова) скончалась в 1988 г., так что теоретически встреча могла состояться, однако представить себе, что восьмидесятипятилетняя жен-

щина приезжала из Чехословакии в Финляндию подрабатывать экскурсоводом, просто невозможно.

С другой стороны, все фото грибушинского особняка, сделанные до реставрации, свидетельствуют о том, что все женские маски были одинаково прекрасны и отлиты с одной формы. Кроме того, на момент постройки дома Людмиле было всего 10 лет, так что вряд ли в семейном альбоме набралось 22 фотографии молодой женщины с волосами, убранными на античный манер.

Так что же – легенда, только выдумка? Нет, если только подойти к ней как к историческому источнику. Известно, что Елена Александровна тесно общалась и дружила с Людмилой Викторовной Терехиной, работавшей в библиотеке им. Горького. Кстати, она была замужем за архитектором А.С. Терехиным. В 1962 г. супруги побывали в туристической поездке по Чехословакии, где и состоялась их встреча с Л.С. Витерновой. Об этом Л.В. Терехина рассказала в интервью В. Кальпиди. И разговор, действительно, мог зайти о лепных детских портретах на фасаде. Только вот не о маскаронах...

Здание по Ленина, 13 – это дом «с фигурами», а не с масками. И фигур на доме много, хотя их и редко замечают, сосредотачивая все внимание на прекрасных женских лицах. В трех клеймах аттика помещены четырехфигурные композиции с одним и тем же сюжетом. На двух крайних, снабженных аллегорическими атрибутами, стоит по одной молодой девушке, вокруг которых в живописных позах располагаются дети – две девочки и мальчик. Причем, в правом клейме детки помладше: девочки облачены в короткие хитоны, а мальчик и вовсе обнажен. В левом – дети старше, девочки в длинных хитонах, мальчик уже в перисоме (набедренной повязке). В центральном клейме и атрибуты серьезнее, и дети постарше. В центре композиции уже не девушка, а молодая женщина, напоминающая Афины, вокруг нее еще хрупкие, но уже подростки (рис. 13).

<sup>57</sup> Спешилова Е. А. Старая Пермь: Дома. Улицы. Люди., 1723-1917. – 2-е изд., доп. и перераб. – Пермь: Курсив, 2003. – С. 192-193.



Рис. 13. Дети Грибушиных и их учитель  
Петр Викторович Комаров //  
Коллекция М. Ю. Кориненко

У С.М. Грибушина было четверо детей, которым в год перестройки дома было: Людмиле – 10, Владимиру – 9, Герману – 2 и Ирине – годик. Так что, ни о каком портретном сходстве с фигурами аттика не может быть и речи. Так что ребячьи компании на аттике – это символическое пожелание отца собственным чадам счастливого будущего и ум-

ного взросления во вновь устроенном доме. У Сергея Михайловича тогда были основания надеяться на долгое семейное благополучие, до развода с Еленой Васильевной оставалось еще целых пять лет (рис. 14).

Все маскароны, фигуры, а также вазоны и многое другое выполнил талантливый мастер-самоучка, форматор Петр Агафьин<sup>58</sup>. П. Агафьин материализовал мечты С.М. Грибушина, и они превратились в вещественные свидетельства, рассказывающие о сокровенных переживаниях главы большого семейства. У всех женщин грибушинского семейства были округлые лица с правильными чертами. А кто, где, когда, от кого и как узнал, рассказал о портретном сходстве каменных и детских лиц – неважно. Легенду не надо доказывать...

#### Заключение

Многое за свои 160 лет повидал пермский старый дом. В его стенах протекала жизнь людей, внесших заметный вклад в историю города, края и страны. И память купцов Хотовых, Шавкуновых, Поклевских-Козелл, Грибушиных, построивших особняк и владевших им на протяжении полувека, заслуженно сохраняется. На смену купеческим династиям, которые не столько созидали, сколько перераспределяли материальные ценности, пришли ученые, интеллигенты, люди, основной функцией которых является решение встающих перед обществом нестандартных, ранее никем не решенных задач.



Рис. 14. Фронтон дома Грибушина (современное состояние)

<sup>58</sup> Надеждин Ю. Как быть с особняком Грибушина? // Вечерняя Пермь. 1981. 10 янв.

Все обитатели дома с фигурами продолжали сохранять и украшать его, попутно созидая и преумножая культуру. И здесь действовал не одинокий гений места, а коллективный гений или, лучше сказать, гениальный коллектив? А дом с фигурами продолжает существо-

вать и на оживленной улице Ленина, обновляясь и украшаясь, и на страницах многочисленных литературных и литературоведческих произведений, в кадрах кинокартин и документальных фильмов. И пусть так будет всегда, гениев в Перми никогда не убудет...

#### Библиографический список

Источники неопубликованные:

1. Архив КЦОП. Ф. 11 (Канторович Г.Д.). Коробка № 2 (в россыпи). Рекламные проспекты архитектурного бюро А. Б. Турчевича. Фотокопии.
  2. ГАПК Ф. 35. Пермская городская управа (г. Пермь).
  3. ГАПК. Ф. 37. Пермская духовная консистория Ведомства православного исповедания (г. Пермь).
  4. ГАПК. Ф. 72. Пермский нотариальный архив Пермского окружного суда Министерства юстиции (г. Пермь).
  5. ГАПК. Ф. 279. Коллекция планов, карт и чертежей Пермской губернской чертежной межевой комиссии и Пермского земельно-устроительного отряда.
  6. ГАПК. Ф. 316. Пермское наместническое правление (г. Пермь).
  7. ГАПК. Ф. Р-15. Пермский губернский отдел здравоохранения Пермского губернского исполнительного комитета Советов рабочих, крестьянских и красноармейских депутатов (г. Пермь Пермской губернии).
  8. ГАПК. Ф. Р-480. Отдел здравоохранения исполнительного комитета Пермского городского Совета народных депутатов (г. Пермь).
  9. ГАПК. Ф. Р-656. Коллекция документов гражданской войны и интервенции на Урале.
  10. ГАПК. Ф. Р-1785. Терёхин Александр Сергеевич (1928-1993) – заведующий кафедрой архитектуры, профессор Уральского филиала Всероссийской Академии живописи, ваяния и зодчества, кандидат архитектуры.
  11. РГИА. Ф. 733. Департамент народного просвещения.
  12. *Кашихин Л.С.* Научно-проектная документация на объект: Архитектурный памятник конца XIX века – особняк купца С.М. Грибушина, г. Пермь, ул. Ленина, 13. Раздел: Комплексные научные исследования. Историческая справка – Пермь: ПСНРПМ, 1988. – С. 49–50.
- Опубликованные источники:
13. *Турчевич А.Б.* (некролог) // Записки Пермского отделения Императорского русского технического общества. Вып. 1-5. – Пермь: Тип.-литограф. Губерн. правления, 1910. – С. 58.
  14. *Волков С. В., Стрелянов (Калабухов) П.Н.* Чины Русского Корпуса: Биографический справочник в фотографиях. – М.: Рейтар, «Форма-Т», 2009. – 528 с.
  15. Месяцеслов с росписью чиновных особ в государстве, на лето 1785 от Рождества Христова. – В Санкт-Петербурге: При Императорской Академии наук, 1785. – 443 с.
  16. *Минеев Г.И.* Полный адрес домовладельцев губернского города Перми, с приложением подробного городского. – Пермь: тип. Губ. зем. управы, 1886. – 71 с.
  17. Отечество. 21 июня 1919 г. № 5. С. 6.
  18. Памятная книжка Пермской губернии на 1863 год: год первый / ред. *С.С. Пенн.* – Пермь: Губернская Типография, 1862. – 205 с.
  19. Памятники истории и культуры Пермской области. – 2-е изд., перераб. и доп. – Пермь: Кн. Изд-во, 1976. – 220 с.
  20. *Прядильщиков Ф.А.* Летопись губернского города Перми: (1781-1844 г.); (сообщил Д. Смышляев). – Пермь: Пермская губернская типография, 1874. – 34 с.
  21. Свободная Пермь. – № 43. – 1919. – 9 мар.
  22. Список владельцев недвижимых имуществ г. Перми, составленном по сведениям городской управы на 1 апреля 1898 г. – Пермь: Типо-литография Губернского правления, 1898, – 533 с.
  23. Список муниципализированных домов гор. Перми // Жилищный вопрос. – Пермь: Издание Пермского Коммунального Хозяйства. 1923. – С. 41-42.
  24. Уральская жизнь. – 1903. – № 278. – С. 1.
- Литература
25. *Абашев В., Масальцева Т., Фирсова А., Шестакова А.* В поисках Юрятина. Литературные прогулки по Перми. – Пермь: Юрятин, 2005. – 255 с.
  26. Американская песня под балалайку // Меркурий (Пермь). 1993. – № 23 (167).

27. Антипина З.С. «Поэт Перми и Камы»: Василий Каменский в уральской периодике 1920–1930-х годов // Вестник Пермского университета. Российская и зарубежная филология. 2009. – Вып. 3. – С. 100–104.
28. Блажес В. Антон Иванович Попов: Из истории уральской литературы // Веси: провинциальный литературно-художественный, историко-краеведческий журнал. – 2010. – № 6 (63). – С. 33–38.
29. Гайдар А.П. Лесные братья: Ранние приключен. повести. – М.: Правда, 1987. – 428 с.
30. Дмитриев А.А. Очерки из истории губернского города Перми с основания поселения до 1845 года: С прил. летописи г. Перми с 1845 до 1890 г.: Первый опыт крат. излож. истории Перми. – Пермь: изд. при содействии Пермск. губ. стат. ком., 1889. – 363 с.
31. Загельская В.Е. Архитектура модерна на Урале // Из истории художественной культуры Урала Сборник научных трудов / Урал. гос. ун-т. – Свердловск: Б. и., 1988. – С. 64–65.
32. Микитюк В.П., Мосунова Т.П., Неклюдов Е.Г. Род Поклевских-Козелл. – Екатеринбург: Сократ, 2013. – 367 с.
33. Мушкалов С.М. Грибушины. Пермской губернии династия. — Пермь: Раритет-Пермь, 2007. – 303 с.
34. Нечаев М.Г. Пермская модель народного образования XVIII – начала XX вв. // История и школа: традиция, открытая будущему: Материалы научно-практической конференции, Пермь, 12 мая 2008 г. – Пермь, 2008. – С. 39–61.
35. Пырсигов В. Старые стены, старый рояль. Субботний репортаж // Звезда. – 1994. – № 177. – 12 дек. – С. 4.
36. Семёнов В.Л. А.Б. Турчевич – актёр и архитектор. Изд. 2-е, доп. – Пермь: Изд. Богатырев П.Г., 2009. – 243 с.
37. Ситников М.Г. Пермь пала. – Пермь: [б. и.], 2016. – 285 с.
38. Смышляев Д.Д. Материалы для истории города Перми // Сборник статей о Пермской губернии. – Пермь: Типо-литогр. Губернского правления, 1891. – С. 16–108.
39. Спешилова Е.А. Старая Пермь: Дома. Улицы. Люди., 1723–1917. – 2-е изд., доп. и перераб. – Пермь: Курсив, 2003. – 570 с.

## GRIBUSHIN'S HOUSE: PLACE, TIME AND FIGURES

Korchagin P.A.

*Institute of Humanitarian Studies UB RAS*

### For citation:

Korchagin P.A. Gribushin's house: place, time and figures // Perm Federal Research Center Journal. – 2024. – № 3. – P. 41–62. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.4>

The Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Science is located in the building that is a cultural heritage site called "the House of merchant Gribushin with a fence and gates", also known as "the House with Caryatids". The history of the house has been studied by many historians and literary scholars, as it exists in two qualities: physical and literary. The article explores the history of the building and the legends associated with it. Special attention is paid to the figures (caryatids) of the house, its owners and inhabitants. As a result of the study, it was possible to establish that the house originated much earlier than expected, no later than 1863, and the name of its first owner.

*Keywords: Gribushin House, House with Figures, Perm, V.V. Khotov, P.E. Shavkunov, Z.V. Kashperova, S.M. Gribushin, A.B. Turchevich, Yu.S. Klyachkin, modern architecture, Russian Academy of Sciences.*

### Сведения об авторе

Корчагин Павел Анатольевич, кандидат исторических наук, старший научный сотрудник, Институт гуманитарных исследований Уральского отделения РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИГИ УрО РАН»), 614013, г. Пермь, ул. Ленина, 13а; e-mail: pakorchagin@gmail.com

*Материал поступил в редакцию 11.09.2024 г.*

## ***ИЗ ИСТОРИИ РОДНОГО КРАЯ***



**Парк истории реки Чусовой**

## МИССИОНЕРСКИЕ ШКОЛЫ У МАРИЙЦЕВ КРАСНОУФИМСКОГО УЕЗДА ПЕРМСКОЙ ГУБЕРНИИ В КОНЦЕ XIX – НАЧАЛЕ XX В.

Д.А. Шилова, *Пермский государственный национальный исследовательский университет*

### Для цитирования:

Шилова Д.А. Миссионерские школы у марийцев Красноуфимского уезда Пермской губернии в конце XIX – начале XX в. // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2024. – № 3. – С. 64–76. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.5>

Пермский комитет Православного миссионерского общества, открытый в 1872 году, поставил себе задачу просвещения «инородческого» населения. Для этой задачи комитет начал открывать миссионерские инородческие школы по всей Российской империи. Такие школы появились и в Красноуфимском уезде Пермской губернии для марийского населения. В статье подробно рассмотрена деятельность девяти подобных учебных заведений уезда и сделана попытка оценить роль этих школ в деле просвещения и обучения марийского населения.

**Ключевые слова:** *Пермский комитет Православного миссионерского общества, миссионерские школы, марийцы, православие, христианизация.*

Территория Российской империи в XIX веке раскинулась от Балтийского моря и до Тихого океана, объединяя в единое государство многонациональное и многоконфессиональное население. Однако по-прежнему актуальными были задачи христианского миссионерства и распространения русского языка среди народов России.

Для этих нужд под высочайшим покровительством императрицы Марии Александровны 16 июля 1865 г. в Санкт-Петербурге было образовано Православное миссионерское общество, главной задачей которого стало просвещение нерусских народов. Особенно важным делом становится открытие отделений общества на территориях, где проживает большое количество не принявшего христианства населения. Примером такого региона с расселением «язычников», прежде всего удмуртов и марийцев [24, с. 64–72], является Пермская губерния, в которой начинает

функционировать открытый 23 ноября 1872 г. Пермский комитет Православного миссионерского общества. Согласно прозвучавшей при открытии комитета статистике, в Пермской епархии насчитывалось мусульман – 88 829 человек (башкиры и татары), язычников – 13 166 (марийцы и манси), иудеев – 250 [4, с. 487].

Пермский комитет, стремясь к распространению христианской веры между народами, не принявшими христианство, признает за лучшее достигать цель путем школьного воспитания подрастающего населения. Деятели комитета уверены, что инородческие миссионерские школы – это, хотя и медленный, но более надёжный путь для ознакомления населения губернии с христианским учением и для предрасположения его к принятию христианства в недалеком будущем [20, с. 127]. Также на страницах Пермских Епархиальных ведомостей излагается мысль о том,

что постоянное соприкосновение некрещенных инородческих детей с детьми русских и школьное товарищество, сближая тех и других как нельзя более, скорее всего может поселить в них здравые понятия, незаметно познакомить их и сблизить с христианством.

Другим важным событием, повлиявшим на процесс миссионерства и христианизации нерусского населения, является разработанная в 1860–1870-е гг. система просвещения мусульман и «инородцев-язычников» профессора Казанской духовной академии Н.И. Ильминского. В основу данной системы была положена проповедь христианства на родном языке, по книгам, напечатанным русскими буквами [22, с. 117–137].

Деятельность инородческой миссии Пермской епархии была сосредоточена преимущественно среди марийцев Красноуфимского уезда и удмуртов Осинского уезда. В этой статье будет рассмотрена деятельность комитета, направленная на марийское население Красноуфимского уезда Пермской губернии. Именно на этой территории среди марийского населения было сильно язычество, несмотря «на давнюю совместную жизнь с русским населением, они сохраняли свои верования и религиозные предания, переданные им от отцов и дедов» [19, с. 5].

Миссионерские инородческие школы начали открываться Пермским комитетом в 1873–1874 гг. В Красноуфимском уезде было открыто пять русско-марийских школ в следующих деревнях: Юве, Карзях, Большом Тавре, Нижнем Потаме и Тебеньково. В дальнейшем происходит увеличение числа миссионерских школ для марийских детей до девяти, и к уже существующим учебным заведениям добавляются новые школы грамоты: Верхне-Потамская, Васькинская, Каринская, Ключевская и женская Нижне-Потамская одноклассная начальная школа. В 1881 году общая численность учеников миссионерских школ составляла 312 человек, в том

числе марийцев и удмуртов – 180 мальчиков [15, с. 91]. В этом же году Тебеньковская марийская школа была передана Красноуфимскому земству. В 1894 г. общая численность учеников возросла до 370 человек, из которых 173 ученика были марийцами\*. В учебном 1912–1913 г. в миссионерских инородческих школах обучалось уже 282 ученика из марийцев.

Активная работа по открытию школ приходилась на период с 1873 по 1892 гг. В дальнейшем эта деятельность приостановилась, по крайней мере данных о новых учебных заведениях не выявлено. Скорее всего, это было связано с ограниченностью финансовых ресурсов Пермского Комитета Православного миссионерского общества в связи с отделением Екатеринбургской епархии в 1885 г. С ее отделением средства Пермской епархии сократились вдвое, т.к. большая часть денежных средств поступала в комитет из зауральских уездов, количество миссионеров тоже с каждым годом уменьшалось [3, с. 133]. Неблагоприятные условия сложились и во взаимоотношениях пермского комитета с Красноуфимской инспекцией народных школ.

Учебная программа миссионерских школ была сопоставима с программой начальной школы, но дополнительно в миссионерской обучали чтению и письму на родном языке. Также миссионерский комитет выпускал литературу на родном для марийцев языке для внеклассного чтения учениками с целью укрепления их грамотности, развития любви к чтению и ознакомления с христианским учением [18, с. 319].

Для более глубокого анализа деятельности миссионерских школ на изучаемой территории, необходимо рассмотреть материал по каждому учебному заведению отдельно.

Ювинская русско-марийская школа была открыта в 1873 г. в деревне Юва Красноуфимского уезда в 22 верстах от Красноуфимска. Открытие школы состоялось в августе месяце, после завершения сельских летних работ. Были составлены

\* Сведения о состоянии инородческих начальных школ от 28.02.1894 г.

списки учеников, нанята квартира для школы, произошло знакомство учителя с марийцами, а также выданы учебные пособия и книги. Само обучение началось в октябре месяце [7, с. 220]. Делом открытия школы занимался член комитета протоирей Евгений Попов [10, с. 15]. Он же пригласил известного купца из марийцев И.М. Горбунова стать попечителем учебного заведения «с тем, чтобы тот своими убеждениями склонял черемис к помещению детей их в открытую школу».

В первые годы работы школы в ней обучалось 15 учеников, из которых 10 были марийцами, а остальные являлись русскими мальчиками, проживающими в марийской деревне [7, с. 220]. Это давало комитету право иметь в подобных учреждениях должность законоучителя для преподавания Закона Божьего [3, с. 133]. В дальнейшем количество учеников возрастало, и к 1887 г. в школе обучалось уже 106 детей, из которых больше половины были марийцами [15, с. 91]. К 1912 г. число учеников сократилось и составило 41 человек, из которых марийцами были лишь 27 учеников [12, с. 183].

Возраст обучающихся составлял от шести до четырнадцати лет. Обучение начиналось в середине сентября и заканчивалось в мае, велось оно ежедневно, за исключением выходных и праздничных дней. Посещение учеников учитель записывал в классный журнал [10, с. 15].

В первые четыре года работы школы учителем в ней состоял мариец Сергей Евгеньев, обучавшийся в Казанской крещено-татарской школе [15, с. 91]. В виду юного возраста учителя, к нему для оказания помощи был назначен опытный местный священник.

В 1882 г. учителем в школе работал Павел Юмашев, сын крестьянина, получивший образование в Казанской учительской семинарии. Он имел свидетельство о праве преподавания в начальном народном училище для марийских детей. В отношении учителей протоирей Остроумов от местных жителей слышал по большей части одобрительные отзывы, и только

учителю Ювинской школы были сделаны должные «внушения» [13, с. 132].

Комитет был заинтересован в том, чтобы должности учителей занимали образованные, готовые к преподаванию специалисты. С этой целью комитет пригласил учителя Бирской инородческой школы Дмитрия Антриева, рекомендованного с лучшей стороны директором Казанской учительской семинарии Н.И. Ильминским [15, с. 91], обучать детей в Ювинской школе. В дальнейшем есть сведения, что на должности учителя состоял Евдоким Адрианов из марийцев Казанской губернии. Знание учителем марийского языка было необходимо для успешной деятельности, т.к. дети, поступающие на обучение в миссионерскую школу, не владели русским языком. Жалование учителям не превышало 200 рублей, наем квартиры брал на себя комитет.

Программа в миссионерских школах сначала сводилась только к изучению грамоты с религиозно-нравственной и миссионерской целью [12, с. 183]. В дальнейшем обучение велось по нескольким направлениям: чтение, письмо, арифметика и Закон Божий. Сперва ученики-марийцы изучали грамоту на своем родном языке. Затем они учились читать и произносить молитвы на марийском языке. Первоначальное обучение грамоте происходило в школе по звуковому способу Евтушевского. Скорее всего, речь идет о методе обучения грамоте, созданном К.Д. Ушинским, в котором знакомство со звуками речи происходит не как с некими абстрактными звуками, а с помощью выделения их непосредственно из речи. Руководством при этом служили более других буквари Столпянского, Тихомирова и архимандрита Викторина [13, с. 132].

В дальнейшем происходило знакомство с русским языком. Состав учебных книг и дух преподавания, по мнению идеологов и организаторов, должны были быть такими, что «постепенно располагают детей к христианскому православию» [7, с. 220]. Чтение проводилось по книгам церковной и гражданской печати.

При объяснительном чтении, как и для рассказов, использовалось «Родное слово» К.Д. Ушинского. По арифметике учащимся необходимо было усвоить первые четыре действия, также ученики приучались к «умственному счислению» и к употреблению счетов. На уроках Закона Божьего священник-миссионер знакомил учащихся с историей Нового и Ветхого Завета, объяснял Символ Веры и молитвы. В учебную программу включалось также пение на церковном языке [10, с. 15]. В Ювинской школе в 1893 г., кроме обычных предметов, введено на средства земства обучение мальчиков гимнастике [23, с. 84]. Комитет приобретал для своих училищ учебные книги, например, буквари, учебники по священной истории на родном языке учащихся, напечатанные русскими буквами [7, с. 220].

Миссионер протоирей Братчиков положительно отзывался об уровне знаний учеников школы. В 1876 г. он писал в своем отчете: «Замечательно, что в минувший учебный год ученики школы старались не пропускать уроков, кроме исключительных случаев, почему и успехи их в минувшем году значительно повысились» [11, с. 200].

В дальнейшем качество образования не снижалось, что отдельно было отмечено в отчете Православного миссионерского общества за 1892 год: «Ювинская школа должна быть поставлена в ряду лучших школ всего Красноуфимского уезда. При посещении школы преосвященным Владимиром, епископом Пермским и Соликамским, как мальчики, так и девочки без всякого стеснения пропели почти всю литургию и разные церковные молитвы на славянском и черемисском наречиях, а на экзамене по Закону Божию давали твердые и вполне осмысленные ответы» [16, с. 170–177].

Марийцы Ювинской волости пожертвовали в безвозмездное владение миссионерского Комитета в деревне Юва общественный дом для помещения в нем Ювинской инородческой школы [13, с. 132]. Надо отметить, что старания

члена комитета Евгения Попова убедить соседей татар-мусульман приступить к обучению в школе не принесли успехов [7, с. 220].

После пожара, в котором сгорело здание школы, сельское общество при постройке волостного правления устроило помещение и для нее. Это говорит о благоприятном отношении местных жителей деревни к деятельности инородческой школы, о понимании значимой роли обучения для будущего своих детей. В учебном заведении имелаась библиотека, которая также сгорела в пожаре, поэтому в 1881–1882 году школа получила в дар 193 экземпляра необходимой литературы.

В том же 1873 г. открылась Карзинская школа и находилась она в деревне Большие Карзи в 55 верстах от Красноуфимска. В отчете о деятельности учебного заведения за 1881 г. приводятся данные, согласно которым обучалось в школе 25 человек, в том числе марийцев 16 человек и русских 9 человек. Кроме того, временно посещали школу и обучались грамоте еще 8 человек. До окончания учебного года из школы выбыло 5 русских мальчиков и 7 марийских. Возраст учащихся от 7 до 15 лет [8, с. 5]. В 1887 г. в школе обучалось 36 детей, в том числе 21 марийский ученик [15, с. 91]. К январю 1913 г. количество учеников возросло до 52 человек. Из них русских было 6 человек, а марийцев 46 (в том числе 25 православных) [19, с. 5].

В 1876–1877 гг. учителем состоял Максим Родюков из послушников Козмодемьянского монастыря [11, с. 200]. Оклад учителя в то время составлял 200 рублей. В дальнейшем учителем работал мариец Николай Кузьмин, не закончивший обучения в Казанской учительской семинарии, но сдавший в 1881 г. экзамен в Педагогическом Красноуфимском реальном училище и получивший свидетельство о звании учителя сельского начального Народного училища. А также преподавал Трофим Андреев из марийцев Казанской губернии, окончивший курсы учения в Михаило-Архангельской второклассной школе Казанской

епархии. Комитет заботился о качестве подготовки преподавателей, поэтому один из учителей этой школы, Фадеев, был направлен на учительский съезд в г. Бирск для практических занятий под руководством опытных педагогов [15, с. 91]. Наблюдатель за школой и законоучитель посещал школу один раз в неделю.

Обучение началось в январе и продолжалось до 24 декабря, шло каждый день, кроме праздничных и выходных дней. Старшими детьми в отчетном 1881 г. было пройдено из Закона Божьего многое: весь молитвенник, Символ Веры, Заповеди Господни, священная история от сотворения мира до Нового Завета, а младшими учениками как первоначальная, так и другая общеупотребительная хрестоматия. На равных с русскими учениками Закон Божий слушали и ученики из марийцев-язычников. В данной школе проводилось чтение молитв и песнопения церковные на русском и марийском языке [13, с. 132].

Изучение русского языка состояло из чтения «Родного языка» и других доступных пониманию детьми книг, которые имеются в школе. Марийские мальчики по желанию обучались грамоте на родном языке. Из арифметики старшими учениками пройдены все четыре первоначальных действия, а младшие изучали цифры. Также дети приучались к «умственному счислению» и к использованию счетов. Старшие ученики хорошо писали на бумаге прописи, а младшие – буквы. Дети приучались излагать письменно прочитанное или рассказанное, описывать знакомые предметы [13, с. 132]. Марийские дети, до этого времени не знавшие русского языка, учились и русскому «диалекту». Первоначальное обучение грамоте велось, как и в Ювинской школе, по звуковому опыту. В отчетном году в библиотеку школы поступило 80 экземпляров книг, итого в учебном заведении по каталогу имелось 413 экземпляров [8, с. 5].

В 1881 г. ученик школы Николай Семенов прошел испытание в знании курса начальных народных училищ комиссией при Больше-Тавринской инородческой

школе и был признан достойным получить свидетельство, дающее право на льготу по 4 разряду при отбывании военной повинности [20, с. 127].

К 1913 году по успехам эта школа являлась одним из лучших миссионерских учебных заведений. В отчете миссионер-проповедник, священник Сергей Багин, отмечает, что это заслуга учителя Андреева и законоучителя дьякона Серебренникова, которые ведут дело обучения и воспитания усердно и умело. Ученики показали высокий уровень знаний: обстоятельно ответили по Закону Божьему на русском и марийском языке, прочитали молитвы на старорусском языке, причем марийские мальчики читали осмысленно и без искажения слов [12, с. 183].

На содержание школы Епархиальным комитетом в 1881 году было выделено 250 рублей. Из этой суммы 45 рублей выплачивалось хозяину дома, в котором располагалась школа. Строительство собственного здания школы было начато в 1884 году. К 1912 году здание школы уже требовало ремонта в сумме до 800 рублей. В здании школы было обустроено молитвенное помещение с алтарной частью, так что в любое время эта часть здания могла служить постоянной или временной походной церковью, для которой комитет имел всю необходимую священную утварь и иконостас. Комитет полагал, что единое помещение школы с церковью придаст первой особое значение в глазах местного марийского населения и заставит их смотреть на школу с уважением [15, с. 91].

Отношение местных жителей к школе можно назвать благоприятным. Марийцы с полным сочувствием и без предубеждения относились к обучению своих детей в подобных учебных заведениях. Представители старшего поколения марийцев даже являлись в школу и с пониманием слушали рассказы из Священной истории Ветхого Завета [8, с. 5].

Больше-Тавринская инородческая школа была открыта 5 декабря 1873 г. в деревне Большая Тавра в шестидесяти верстах от города Красноуфимска. Она

была открыта по ходатайству священника села Ново-Златоустовского о. Михаила Чемесова и при содействии Красноуфимской Уездной Земской управы, отпускавшей на содержание вновь открытой школы по 155 рублей в год [12, с. 183].

С 1887 г. школа располагалась в собственном здании, построенном комитетом по ходатайству бывшего попечителя училища Василия Васильевича Корватовского, являвшегося инспектором народных училищ Красноуфимского уезда, и при деятельном участии бывшего учителя школы Якова Чиркова [12, с. 183].

В отчете наблюдателя о деятельности учебного заведения за 1881 год приводятся данные, что обучалось в ней 43 человека, из которых марийцев было 29 человек. Кроме того, временно посещали школу и учились грамоте 15 человек. До окончания учебного года выбыло двое русских мальчиков и четверо марийских детей и по окончании учения – 1 русский и 2 марийца. В следующем году к обучению приступят 34 ученика, из которых марийцы составят 24 человека [6, с. 1]. С 1 января 1913 г. в школе обучался 41 ученик, из них марийских 32 мальчика и 1 девочка [19, с. 5]. Некоторые из учащихся жили от школы на расстоянии от 3 до 12 вёрст и поэтому нанимали квартиры у своих родственников или знакомых, а не имеющие таковых проживали в самой школе, принося себе пищу из дома [11, 200].

В разные годы учителями Больше-Тавринской школы были крестьянин Михаил Кузьмин, Яков Александрович Чирков, сдавший в октябре 1881 г. экзамен в Красноуфимском реальном училище и получивший свидетельство на право учителя народной школы, мариец из Казанской губернии Николай Беклемышев, окончивший курсы учения в Михайло-Архангельской второклассной школе Казанской епархии.

Обучение в школе начиналось с начала сентября и заканчивалось в первых числах мая. Дети обучались Закону Божьему, русскому и славянскому языку, арифметике и

письму. Первоначальное обучение русской грамоте велось по звуковому способу. Также дети обучались марийской грамоте [11, 200].

Верхне-Потамская школа была открыта в 1874 году. Поначалу успехи учеников были мало удовлетворительные. В феврале 1876 года школу посещал лишь один марийский ученик-язычник, один марийский ученик, недавно принявший православие, и двое русских детей: девочка и мальчик. Священник А. Словцов старался убедить родителей из марийцев отдавать детей в школу для обучения грамоте. Для этого он собрал общественный сход, на котором все собравшиеся остались непреклонны, отказываясь от обучения детей по разного рода маловажным причинам. Священник пришел к выводу, что многие из марийцев опасаются обучать грамоте детей, т.к. понимают, что грамотность рано или поздно заставит их принять крещение.

В 1879 году Верхне-Потамская школа, в виду небольшого числа учащихся, по решению марийских местных жителей переехала в деревню Нижний Потам. Выбор нового месторасположение школы обуславливался ее центральным положением в среде других инородческих селений [13, с. 132]. Деревня Нижний Потам находится в Утинской волости, на расстоянии 30 верст от города Красноуфимска. Учителем в 1876 – 1877 году состоял Кусский-Кутунбаев, обучавшийся в Златоустовском окружном училище [11, с. 200]. По отзыву наблюдателя, священника А. Славцова, учитель Кутунбаев занимался с учениками не слишком усердно, в следствии чего в 1878 году был заменен на Ивана Удюрминского, который был родом из марийцев и обучался в Казанском духовном училище. По отзывам наблюдателя за школой, он с особым усердием занимался своим делом и пользовался доверием местных жителей-марийцев [13, с. 132]. Он выдержал экзамен на право сельского учителя и имел об этом свидетельство. Жалованье его составляло 240 рублей.

В 1881 учебном году число учащихся в школе варьировалось от 47 до 56 человек: русских 31 ученик, марийцев 25, в том числе одна девочка из марийцев и шесть девочек русских [9, с. 17]. В 1883 г. число учеников уменьшилось и составило 39 человек, из которых 19 были марийцами. В 1887 г. обучалось 44 учащихся, в том числе 15 марийцев-язычников от семи до пятнадцати лет. На 1 января 1913 г. в школе обучалось 50 человек: 37 русских и 12 марийцев-язычников [15, с. 91].

Обучение начиналось в сентябре и заканчивалось во второй половине мая. Уроки велись каждодневно, кроме воскресных и праздничных дней. Пропусков занятий со стороны учителя замечено не было [9, с. 17]. Обучение проводилось по программе для начальных народных училищ. На годичных экзаменах в миссионерских школах применялся тот же уровень требований в отношении выполнения программы, как и во всех других начальных училищах [14, с. 134].

Законоучитель Словцов в своем отчете отмечал удовлетворительный уровень обучения: «по Закону Божьему учениками, ныне окончившими курс учения, пройдена вся программа, установленная для 3 годичного курса народных училищ». Со второй половины учебного года ученики старшего и среднего отделения повторили почти все первоначальные молитвы с объяснениями их. Марийские ученики слушали Закон Божий наравне с русскими учениками. Почти все они отчетливо знали молитвы на родном марийском языке и рассказывали события священной истории.

Помимо Закона Божьего, ученики старшего отделения читали по книгам гражданской и церковной печати и справлялись с этой задачей удовлетворительно, с пониманием прочитанного, пересказывая потом то, что они поняли, своими словами. Ученики среднего отделения читали не бойко, но более-менее правильно, приучались читать также по церковной печати. Ученики младшего отделения, поступившие в начале учебного года, читали не бойко. Марийские ученики, кроме чтения

по-русски, приучались читать на своем родном языке. Для этого чтения специально были назначены часы в некоторые дни. Прочитанное по-марийски они практиковались переводить на русский язык. Первоначальное обучение грамоте шло по звуковому способу Ушинского.

По арифметике ученики старшего отделения удовлетворительно решали задачи с простыми числами на все четыре действия до 100 и более, как письменно, так и устно. Ребята из среднего отделения в большей степени учились умственному счислению на все четыре действия до 100, а также решали небольшие задачи на три первых действия. Младшее отделение практиковалось в умственном решении небольших задач.

В отношении качества преподавания комитетские школы стояли несколько ниже народных земских школ [20, с. 127]. Священник А. Словцов в своем отчете о работе Нижне-Потамской школы за 1881 год пишет, что 3 русских деревни просят свое начальство о переводе их детей из местных земских школ в инородческую Нижне-Потамскую с платою в нее тех денег, которые они платят в свои земские школы [20, с. 127]. Данный факт свидетельствует о возросшем авторитете миссионерских школ среди местного населения, чему способствовала деятельность учителя, отвечающего за качество образования, а также деятельность законоучителя, на которого ложилась ответственность за духовное воспитание местных жителей разных возрастов и вероисповедания. На Екатеринбургской научно-промышленной выставке Нижне-Потамская школа была удостоена бронзовой медали за предоставленные ею ученические работы, а учитель-диакон Удюминский получил такую же медаль за доставленную им на выставку модель марийской усадьбы [14, с. 134].

Кроме обучения и воспитания детей, Комитет заботится и о том, чтобы инородческие школы имели влияние на окружающее их местное население, чтобы учителя, занимаясь обучением детей в религиозно-нравственном духе,

действовали и на их родителей, распространяя здравые понятия, способствовали нравственному их улучшению и сближению с русской народностью, христианством. Учитель Удюрминский проводил беседы со взрослым марийским населением, читал Евангелие и рассказы из священной истории, статьи из «Училища благочестия» [13, с. 136]. Помимо религиозной темы, учитель затрагивал вопросы о видимой природе и ее явлениях для ослабления «грубых» верований и предрассудков, утвердившихся среди марийского населения.

К 1882 г. в деревне не было ни одного марийского мальчика школьного возраста, который бы не учился в школе [20, с. 127]. Марийцы посещали школу охотно [9, с. 17]. Об успешной работе миссионерской школы можно также судить по тому, что в 1887 году в деревне был построен и освящен православный христианский храм [14, с. 134]. Ценным является и то, что инициаторами данной постройки являлись сами местные жители марийцы. Также по просьбе местных жителей священником нового храма стал учитель инородческой школы диакон Удюрминский.

В 1883 г., на средства Комитета и благодаря помощи и содействию старшего ревизора Пермского корпуса лесничих Александра Акимовича Надеждина, было построено собственное здание школы [19, с. 5]. По состоянию на 1912 г. здание школы требовало капитального ремонта на сумму до 500 рублей.

Тебеньковская инородческая школа была открыта в 1874 г. Школа располагалась в наемном помещении у местных жителей. В 1881 г. эта школа, в связи с малым количеством учеников из марийского населения, была передана Красноуфимскому земству [20, с. 127]. Первым учителем школы был волостной старшина [7, с. 220], а в 1877–1878 гг. учителем состоял крестьянин Александр Манохин. Оклад учителя составлял 200 рублей [12]. Наблюдателем за школой и наставником учителя в деле обучения являлся Александр Словцов. Учение в школе начина-

лось с начала сентября и заканчивалось в середине мая. Учитель Манохин школу посещал исправно и к делу обучения относился прилежно [21, с. 71].

Число учеников, посещающих школу в первые учебные месяцы 1875 г., составляло 20 человек: 7 марийских детей, поступивших в текущем году, двое марийцев с прошлого года и 11 русских учеников.

На занятиях учеников обучали чтению по гражданской и церковной печати, письму на аспидных дощечках и бумаге, а также арифметике. По Закону Божию занятия состояли из рассказов событий Нового Завета и выучивания некоторых молитв и христианских праздников [21, с. 71].

Помимо положенных программ начальных школ, как и в других миссионерских школах, велись уроки чтения и письма на родном наречии. Система преподавания, впрочем, имела свои особенности. Преподавание в школе шло по звуковому методу Золотова. Мальчики были разделены на три группы, в зависимости от времени поступления в школу. Старшая группа, достаточно ознакомившись с русским алфавитом, начинала складывать многосложные русские и марийские слова. Средняя группа складывала малосложные слова, а младшая знакомилась с русским алфавитом. Таким образом, можно сделать вывод, что некоторые миссионерские инородческие школы применяли дифференцированный метод обучения, который также способствовал более эффективному усвоению материала.

В 1878 г. один из обучавшихся в Тебеньковской школе выдержал экзамен на знание курса начальных школ и получил свидетельство с правом на льготу по воинской повинности [11, с. 200].

Каршинская школа открыта в 1890 г. двумя зажиточными марийцами в небольшом собственном доме. Первым учителем был житель Нижнего Потама Пайбарис Бирюсов, из окончивших курсы начальной школы. Вознаграждение он получал в размере 25 копеек в месяц с каждого ученика. В 1891 г. школе было оказано покровительство со стороны Пермского миссио-

нерского комитета, который назначил жалование учителю из собственных средств в сумме 60 рублей в год. В 1913 г. учителем в школе состоял Алексей Иванов из марийцев Казанской губернии. Образование получил в Унжинской центральной школе Казанской епархии [19, с. 5]. Учащихся на 1913 год было 27 человек: 25 марийских мальчиков, 1 девочка крещеная из марийцев и 1 девочка русская, православная [12].

В своем отчете Сергей Багин оценивает успехи школы как удовлетворительные. Одним из недостатков в обучении миссионер-проповедник полагает недостаточно твердое и не вполне осмысленное знание молитв. Зато события священной истории учащиеся старшей группы рассказывали хорошо.

В 1893 году Комитетом было построено обширное школьное здание. На 1912 год зданию школы требуется ремонт на сумму до 200 рублей.

Еще одним миссионерским учебным заведением в Савинском приходе Красноуфимского уезда являлась Ключиковская школа. Она была открыта в 1891 году священником села Савинова о. Дмитрием Аптевым. Одним из первых учителей в школе был Изибаев Алексей. По объявлении мобилизации 1 июля 1904 года был взят как состоящий в запасе армии на действительную военную службу. В связи с ранением в ногу был уволен с неё и опять вернулся на свое прежнее место работы учителем. Уже в то время действовал закон, предусматривавший для уволенных из армии право занятия прежних должностей. В дальнейшем он был уволен с должности учителя за плохое ведение учебного процесса и поступил на службу полицейским урядником [1, 8].

В 1912 году учителем школы являлся мариец из Казанской губернии Козьма Тадасев, который прошел обучение в Унжинской центральной марийской школе. На момент отчета (1912 год) в школе обучалось 47 человек, в том числе 17 марийских детей, русских православных 25 человек и башкир-магометан 5 человек [12].

Учащиеся посещали школу из трех селений: Ключиков, Шевелинского завода и Сызги. Школа не имела своего здания и поэтому располагалась в наемной квартире, за которую комитет уплачивал по 100 рублей ежегодно. В своем отчете священник Сергей Багин оценил успехи учащихся за отчетный период как средние.

Верхне-Потамская школа была открыта Пермским Епархиальным миссионерским комитетом в 1886 году. В 1892 году, благодаря денежной помощи Комитета, школа переехала в собственное обширное и светлое здание. Учителем в 1912 году являлся Алексей Кугубаев из местных марийцев, окончивший курс учения в Красноуфимской двухклассной школе. Учащихся в школе к 1 января 1913 г. было 30 марийских мальчиков, из них 27 язычников и трое православных [12]. «Успехи учащихся в этой школе в общем удовлетворительные», – констатировал в своем отчете священник Сергей Багин, отмечая при этом, что по Закону Божьему ученики хорошо рассказывают отрывки из священной истории, хотя молитвы и Символ Веры изучили недостаточно. В отчете Сергей Багин предлагает передать заведывание школой местному священнику Василию Федорову, который мог бы чаще посещать это учебное заведение и беседовать с учащимися на их родном языке для большего христианского влияния на них.

Васькинская школа была открыта в 1891 году. Школа помещалась в собственном здании, построенном на остаточные суммы по организации общественных работ в 1891–1892 гг. Здание школы обширное и светлое, но требующее ремонта по состоянию на 1912 г. Школа открыта благодаря заботам священника с. Торговижского Александра Славцова и местного крестьянина из марийцев Николая Яндыгаева.

В начале XX века учителем школы являлся Гавриил Ефремов из марийцев Казанской губернии, окончивший курсы учения в Унжинской центральной черемисской школе.

Успехи школы в обучении были неблагоприятными, отмечает священник Сергей Багин. Он объясняет это эпидемиями кори и тифа, бушевавшими в поселении, из-за чего занятия приостановились на довольно значительное время. Болезни отразились и на числе учащихся, которое в 1912 году сильно уменьшилось. К отчетному 1912 году учащихся из марийцев было 45 человек, а к 1 января 1913 года осталось лишь 18 человек, из которых один русский и 17 марийцев [12].

С начала XX века в учебном году по будним дням в школе проходили учебные занятия, а по воскресеньям и праздничным дням здесь совершались церковные богослужения на марийском языке. Посещали эти мероприятия не только крестные, но и в большом количестве язычники из числа марийцев [19, с. 5], а учащиеся марийские мальчики принимали участие в церковных песнопениях [18, с. 319].

Необходимо отметить тот факт, что благодаря влиянию школы, марийцы единогласно постановили отдать бесплатно десятину лучшей общественной земли для постройки храма.

Сарсинская особая школа-интернат была основана архимандритом Зосимой в 1892 г. в селе Сарсы-Вторые. В школе обучали столярному и токарному ремеслу. К концу 1900 года в школе обучалось 7 недавно крещенных учеников из числа марийцев, магометан и удмуртов [17, с. 81–82]. Располагалась школа в собственном здании, построенном на средства Комитета. Из средств самого архимандрита Зосимы выплачивалась зарплата мастеру в размере 240 рублей. В 1912 году учительницей в школе состояла Любовь Батыгина, окончившая курсы учения в Карлыганской удмуртской центральной школе Вятской епархии. Владела удмуртским и марийским языками. Учащихся к 1 января 1913 года состояло 62 человека, из которых 16 марийских язычников.

В своем отчете Сергей Багин оценил уровень обучения в этой школе как средний, хотя указал, что знания по Закону

Божьему значительно лучше, чем по остальным предметам. Он связывает это с неопытностью в деле преподавания учителя, хотя и отмечает ее усердие. Также миссионер-проповедник отмечает недостаточное количество марийцев, посещающих школу в сравнении с общим количеством проживающих в этом селе язычников [12].

Платы за содержание миссионерских школ от населения не требовалось, школы содержались на средства Пермского комитета Миссионерского общества, а впоследствии и на средства местных уездных земств. Начиная с 1878 г., Красноуфимское земство стало оказывать помощь в деле обучения инородческого населения, которое выражалось в виде материального пособия для миссионерских школ, материальной помощи для покупки учебных пособий и ремонта помещений школ. Материальное пособие в 1878 г. на все пять школ составляло 300 рублей, а в 1887 г. земство выделило уже 500 рублей и поблагодарило комитет за принятое на себя дело просвещения марийцев.

Благодаря энергичной поддержке земского деятеля С.М. Коробова и бывшего инспектора народных училищ В.В. Корватовского в 1895 г. пособие инородческим школам увеличилось и составляло уже 1000 рублей [3, с. 133]. В 1878 г. Красноуфимская земская Управа направила в Карзинскую, Ювинскую и Тавринскую школы 33 экземпляра учебных книг на сумму 9 руб. 20 коп., а также выделила каждой школе по 20 рублей на ремонт помещений и классной мебели [13, с. 132]. Представители земства понимали, что деятельность по обучению - их прямая обязанность, которую они не смогли бы так поставить, как это получилось у комитета [15, с. 91].

В июне 1906 г. в городе Пермь состоялся первый съезд инородческих миссионеров. На нем было принято решение открыть при школах читальни, а также оказывать материальную помощь принявшим крещение инородцам на приобретение необходимой одежды и обуви [18, с. 319].

Бесплатное обучение, поддержка книгами и канцтоварами, а также достойные условия обучения повлияли на то, что многие местные жители из мариЙцев соглашались отдать своих детей в новые школы.

Большую роль в признании населением миссионерских школ играла личность самого учителя, а также его знание мариЙского языка. Преподавание миссионерами-пастырями Закона Божьего в младших группах инородческой школы на родном языке мариЙцев имело весьма важное значение, потому что дети поступали в школу без знания русского языка и не понимали бесед законоучителя на этом языке. Знание мариЙского языка являлось весьма полезным для преподавания Закона Божьего и в старших группах, т.к. учителю часто приходилось делать объяснения непонятных мариЙцам слов и оборотов речи на родном языке учащихся, что способствовало осмысленному и сознательному усвоению преподаваемого [15, с. 91].

Подтверждением мнения о благоклонном отношении коренного населения к данным школам является тот факт, что в центрах проживания не христианского населения с 1887 года было открыто 5 храмов [15, с. 91]. А в 1911 г., в связи с увеличением числа обучающихся, на заседании Красноуфимского уездного миссионерского инородческого съезда было принято решение об открытии второго потока учеников в существующих миссионерских школах, чтобы иметь возможность организовывать прием обучающихся ежегодно [2, с. 62].

Одной из важных проблем в деле обучения коренного населения исследуемых уездов стала нехватка квалифицированных педагогических кадров для миссионерских школ. Комитет надеялся в будущем иметь учителей из среды учащихся миссионерских школ, для этого комитет выделил 100 рублей на обучение двух мариЙских мальчиков в двухклассном Красноуфимском училище. Комитет также обращался в Казанскую учительскую инородческую

семинарию для приглашения на первый раз хотя бы двух учителей из этого учебного заведения [13, с. 132].

С целью подготовки необходимых кадров в Красноуфимском уезде в 1893 году была открыта второклассная учительская школа. На момент составления отчета миссионера-проповедника священника Сергея Багина о состоянии инородческой миссии Пермской епархии за 1912 год школа существовала уже 19 лет, но окончили курсы всего три мариЙских ученика. Автор отчета объяснял это тем, что мариЙские мальчики были не в состоянии справиться с обширной программой второклассной школы, т.к. не обладали достаточным знанием русского языка [5, с. 8]. Это может свидетельствовать о том, что большее внимание в миссионерских школах было направлено на религиозную составляющую обучения, изучение Закона Божьего и молитв на родном языке. Священник Сергей Багин признает данную проблему и видит ее решение в открытии миссионерского подготовительного класса для мариЙских детей с целью поступления во второклассную школу. Данная мера может также, по мнению автора отчета, привлечь большее число учащихся из мариЙского населения. Этим объясняется и тот факт, что учителями в миссионерских школах чаще состояли мариЙцы из Казанской губернии, в которой инородческое образование получило уже достаточное развитие.

Подводя итог исследования о работе миссионерских инородческих школ в Красноуфимском уезде, необходимо отметить большое религиозно-нравственное влияние этих учебных заведений на обучавшихся в них детей, а также и на их родителей. Согласно специальному характеру школ, главное внимание учителей было обращено на распространение среди мариЙских детей христианского вероучения и приобщение их к понятиям о христианской жизни. Помогала учителям и сама атмосфера школы, в которой происходило постоянное общение и сотрудничество детей разных национальностей, оказавшихся под одной крышей.

Свое благотворное влияние оказывала и деятельность законоучителя, на уроках которого иноязычные дети вначале привыкали слушать Закон Божий, а впоследствии изъявляли желание его изучать. Комитет фактически убедился в том, что открытие и содержание им школ – лучший и самый скорый путь к обрусению коренного населения губернии, хотя он и сопряжен с трудностями и препятствиями. Но именно позитивный опыт функ-

ционирования подобных учебных заведений повлиял на открытие новых школ в других деревнях уезда.

Миссионерские инородческие школы сыграли важную роль и в становлении школьного образования. Школы были первыми учебными заведениями для населения, никогда не знавшего грамоты. А качество преподавания в подобных учебных заведениях было нисколько не хуже, чем в народных земских школах.

#### Библиографический список

1. Журнал заседания школьной комиссии Красноуфимского уездного отделения Епархиального училищного совета от 23.03.1905 г. № 6 // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 150. Оп. 1. Д. 28. Л. 8.
2. Журнал Красноуфимского поездного миссионерского инородческого съезда №4 от 17.11.1911 г. // Пермские епархиальные ведомости. – 1912. – № 5. – С. 62.
3. От Пермского епархиального комитета православного миссионерского общества // Пермские епархиальные ведомости – 1900. – №6. – С.133.
4. Открытие Пермского отделения Православного миссионерского общества // Пермские епархиальные ведомости. – 1872. – №50. – С. 487.
5. Отчет Епархиального инородческого миссионера-проповедника священника Сергея Багина о состоянии инородческой миссии Пермской Епархии за 1912 год // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199. Оп.1. Д. 28. Л. 8.
6. Отчет о Больше-Тавринской русско-инородческой школе, открытой и содержимой Пермским Епархиальным Комитетом Православного Миссионерского общества за 1881 г. // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199 Оп. 1. Д. 64. С. 1.
7. Отчет о действии ПЕКПМО за 1-й год существования его с 23 ноября 1872 года по 1 января 1874 года // Пермские епархиальные ведомости. – 1874. – № 22. – С. 220.
8. Отчет о Карзинской русско-инородческой школе, открытой и содержимой Пермским Епархиальным Комитетом Православного Миссионерского общества за 1881 г. // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199 Оп. 1. Д. 65. Л. 5.
9. Отчет о Нижне-Потамской русско-инородческой школе, открытой и содержимой Пермским Епархиальным комитетом Православного миссионерского общества за 1881 год // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199 Оп. 1. Д. 63. Л. 17.
10. Отчет о Ювинской русско-инородческой школе, открытой и содержимой Пермским Епархиальным комитетом Православного миссионерского общества за 1880/1881 учебный год // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199. Оп.1. Д.62. Л. 15.
11. Отчет ПЕКПМО за 1876 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1877. – №17. – С. 200.
12. Отчет ПЕКПМО за 1877 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1878. – №14. – С. 183.
13. Отчет ПЕКПМО за 1878 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1879. – №12. – С. 132.
14. Отчет ПЕКПМО за 1886 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1887. – №8. – С. 134.
15. Отчет ПЕКПМО за 1887 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1888. – №6. – С. 91.
16. Отчет ПЕКПМО за 1892 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1893. – №17. – С. 170-177
17. Отчет ПЕКПМО за 1900 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1901. – №7-8. – С. 81-82.
18. Отчет ПЕКПМО за 1906 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1907. – №17. – С. 319.
19. Отчет ПЕКПМО за 1913 г. // Пермские епархиальные ведомости – 1914. – №14. – С. 5.
20. Отчет Пермского епархиального комитета Пермского миссионерского общества за 1882 г. // Пермские епархиальные ведомости. – 1883. – №11. – С. 127.
21. Рапорт Тисовского завода священника А. Славцова за 1875 год // Государственный архив Пермского края (ГАПК). Ф. 199 Оп. 1. Д. 66. Л. 71.
22. *Сансай А.В.* Участие Православного миссионерского общества в развитии инородческой миссии в Пермской епархии во второй половине XIX в. – н. XXв. // Вестник Екатеринбургской духовной семинарии. – 2018. – №3 (23). – С. 117–137.
23. Сведения о состоянии инородческих начальных школ, открытых и содержащихся Пермским епархиальным комитетом Православного миссионерского общества за 1893 год // Образование

в Пермской губернии XIX – начала XX века. Из истории учебных заведений системы начального образования. – 2017. – С. 84.

24. Черных А.В. Православное миссионерство среди марийцев Пермского Прикамья во второй половине XIX – начале XX в. // Уральский исторический вестник. – 2013. – №2 (39). – С. 64–72.

**MISSIONARY SCHOOLS FOR THE MARI  
IN THE KRASNOUFIMSK UYEZD, PERM PROVINCE**

Shilova D.A.

*Perm State National Research University*

---

**For citation:**

Shilova D.A. Missionary schools for the mari in the Krasnoufimsk uyezd, Perm province // Perm Federal Research Center Journal. – 2024. – № 3. – P. 64–76. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2024.3.5>

---

The Perm Committee of the Orthodox Missionary Society, opened in 1872, set the task of educating the local non-Russian population in order to familiarize them with Russian culture as the foundation of a unified state. For this purpose, the committee began to open missionary schools throughout the Russian Empire. Such schools also appeared in Krasnoufimsk uyezd, Perm province, for the pagan Mari population. The article examines in detail the activities of nine such educational institutions in the district and attempts to assess the role of these schools in the enlightenment and education of the Mari population.

*Keywords: Perm Committee of the Orthodox Missionary Society, missionary schools, Mari, Orthodoxy, Christianization.*

**Сведения об авторе**

Шилова Дарья Андреевна, старший преподаватель, Пермский государственный национальный исследовательский университет (ПГНИУ), 614990, Пермь, ул. Букирева, 15; e-mail: [peromnashchaya.d@gmail.com](mailto:peromnashchaya.d@gmail.com)

*Материал поступил в редакцию 17.06.2024 г.*

Учредитель журнала  
«ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО  
ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА»  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Пермский федеральный исследовательский центр  
Уральского отделения Российской академии наук

Журнал зарегистрирован Федеральной службой по надзору в сфере связи,  
информационных технологий и массовых коммуникаций  
(Регистрационный номер ПИ № ФС77-74977 от 01.02.2019 г.)

---

Выход в свет 03.10.2024. Формат 60×90/8. Бумага ВХИ 80 г/м<sup>2</sup>.  
Гарнитура Таймс. Печать электрографическая. Усл. печ. л. 9,75.  
Тираж 500 экз. Цена свободная. Заказ №156027.

---

Адрес учредителя, издателя и редакции: 614000, г. Пермь, ул. Ленина, д.13а,  
тел.: (342) 212-40-64, e-mail: vestnik@permisc.ru,  
Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Пермский федеральный  
исследовательский центр Уральского отделения Российской академии наук

---

Информация о подписке  
Журнал выходит раз в квартал. Индекс в каталоге АО «Почта России» – ПП975.

Отпечатано в типографии ООО «Ай Кью Пресс»  
614046, г. Пермь, ул. Барамзиной, 42/3, тел.: +7 (342) 240-36-70  
e-mail: zakaz@iqpress.ru, <http://iqpress.ru>

12+