

ISSN 2658-705X



9 772658 705002 >

ISSN 2658-705X

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2/2023

ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА № 2 2023



ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ФЕДЕРАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ЦЕНТРА

№ 2 АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2023

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

Главный редактор

академик РАН *В.П. Матвеевко*

Редакционная коллегия

канд. экон. наук *А.Г. Андреев*
академик РАН *А.А. Барях*
д-р истор. наук *А.М. Белавин*
академик РАН *Н.В. Зайцева*
академик РАН *И.Б. Ившина*
академик РАН *А.А. Иноземцев*
д-р истор. наук *И.К. Кирьянов*
чл.-корр. РАН *Л.Ю. Левин*
чл.-корр. РАН *В.Ю. Мишланов*
канд. экон. наук *И.П. Огородов*

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*
д-р мед. наук *С.В. Гейн*
чл.-корр. РАН *Т.В. Гаврилова*

Ответственный секретарь

канд. техн. наук *В.П. Приходченко*

Адрес редакции журнала:

614000, г. Пермь, ул. Ленина, 13А

тел.: (342) 212-43-75

e-mail: vestnik@permisc.ru

PERM FEDERAL RESEARCH CENTER JOURNAL

№ 2 APRIL – JUNE 2023

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

Editor-in-Chief

Academician *V.P. Matveenko*

Editorial Board

Cand. Sc. (Econ.) *A.G. Andreev*

Academician *A.A. Baryakh*

Dr. Sc. (Hist.) *A.M. Belavin*

Academician *N.V. Zaytseva*

Academician *I.B. Ivshina*

Academician *A.A. Inozemtsev*

Dr. Sc. (Hist.) *I.K. Kiryanov*

RAS corresponding member *L.Yu. Levin*

RAS corresponding member *V.Yu. Mishlanov*

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

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*

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

RAS corresponding member *T.V. Gavrilova*

Executive Editor

Cand. Sc. (Tech.) *V.P. Prihodchenko*

Editorial office address:

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

tel.: (342) 212-43-75

e-mail: vestnik@perm-sc.ru

СОДЕРЖАНИЕ

АПРЕЛЬ – ИЮНЬ 2/2023

ИССЛЕДОВАНИЯ: ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ

Якушев Р.М., Якушева Д.Э., Астафьева С.А.

Микроструктура и механические свойства самоармирующихся сшитых полиуретанов на основе олигобутадиендиола 6

Гаряева Н.А., Завгородний И.Г., Гаряев К.П.

Лимфотропная терапия: история, достижения, перспективы 17

Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г.

Органическое вещество целинной и пахотной дерново-подзолистой почвы Предуралья..... 27

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА

Панов П.В.

Партийно-электоральный ландшафт в регионах РФ: стабильность versus волатильность 42

ПОРТРЕТ УЧЕНОГО

Ившина И.Б.

Миг и блаженство бытия (памяти Оборина Александра Антоновича)..... 54

Черных А.В., Вайман Д.И.

Из истории коми-пермяцкой этнографии: Любовь Степановна Грибова. К 90-летию со дня рождения 61

Корляков К.Н., Зубарев Ю.Н.

Владимир Николаевич Варгин – основоположник агрономической науки в Пермской губернии 68

ЭТЮДЫ О НАУКЕ

Фрик П.Г.

Становление исследований турбулентности в Перми (памяти Валерия Дмитриевича Зимины)..... 81

CONTENTS

APRIL – JUNE 2/2023

RESEARCH: THEORY AND EXPERIMENT

Yakushev R.M., Yakusheva D.E., Astaf'eva S.A.

Microstructure and mechanical properties of self-reinforced cross-linked polyurethanes based on oligobutadiene diol 6

Gariaeva N.A., Zavgorodnii I.G., Garyaev K.P.

Lymphotropic therapy: history, achievements, outlook..... 17

Zavyalova N.E., Vasbieva M.T., Shishkov D.G.

Organic matter of virgin and arable soddy-podzolic soil in the Urals27

ACTUAL PROBLEMS OF DEVELOPMENT OF RUSSIAN SOCIETY

Panov P.V.

Party and electoral landscape in the regions of the Russian federation: stability versus volatility 42

PORTRAIT OF THE SCIENTIST

Ivshina I.B.

The blink and the bliss of being (in memory of Alexander Antonovich Oborin) 54

Chernykh A.V., Vaiman D.I.

From the history of Komi-Permian ethnography: Lyubov Stepanovna Gribova.

To the 90th anniversary of his birth 61

Korlyakov K.N., Zubarev Yu.N.

Vladimir Nikolaevich Vargin – the founder of agronomy science

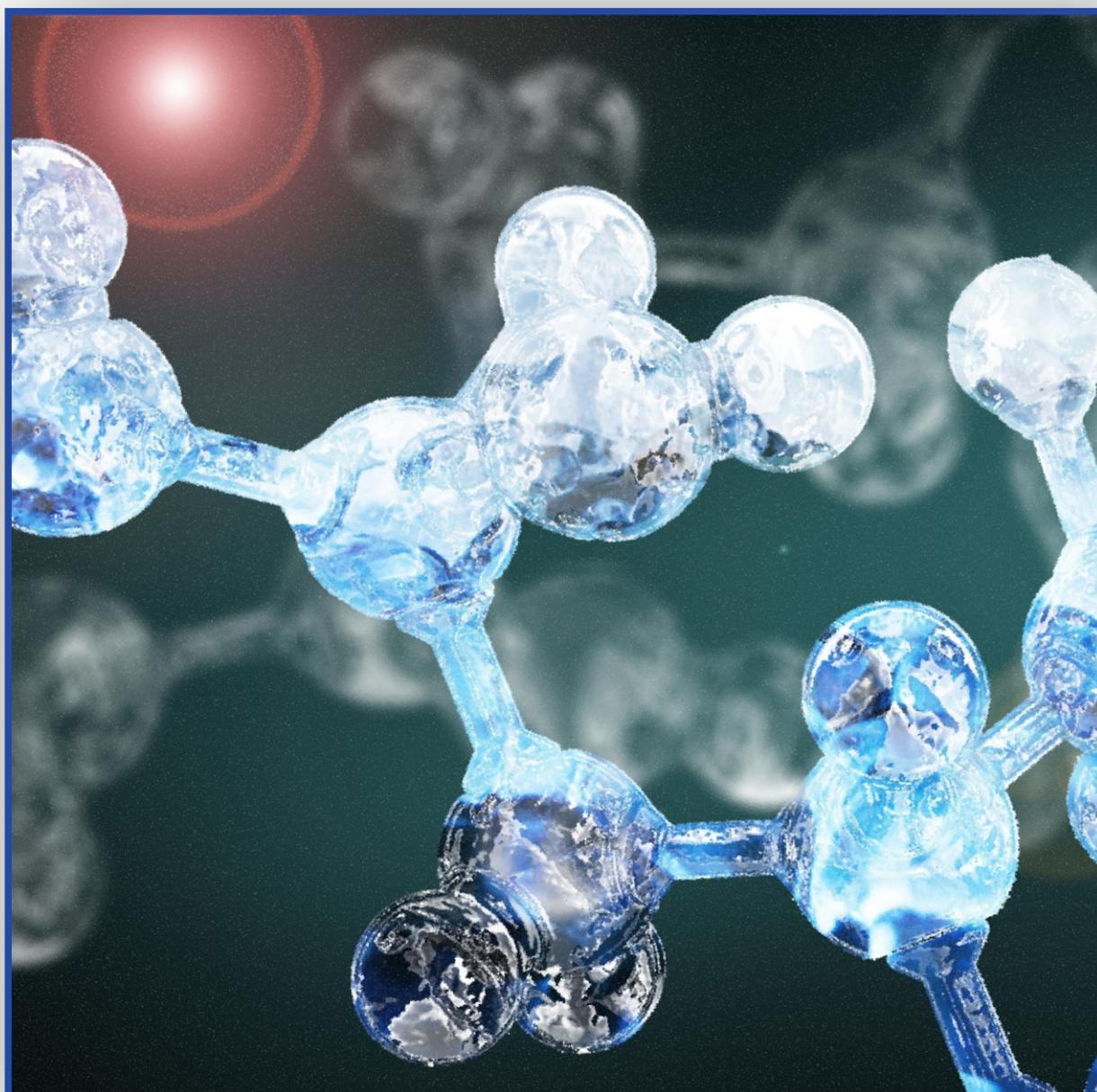
in Perm province 68

STUDIES ABOUT SCIENCE

Frick P.G.

Formation of turbulence research in Perm (in memory of Valery Dmitrievich Zimin)81

**ИССЛЕДОВАНИЯ:
ТЕОРИЯ И ЭКСПЕРИМЕНТ**



МИКРОСТРУКТУРА И МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА САМОАРМИРУЮЩИХСЯ СШИТЫХ ПОЛИУРЕТАНОВ НА ОСНОВЕ ОЛИГБУТАДИЕНДИОЛА

Р.М. Якушев, *Институт технической химии УрО РАН*

Д.Э. Якушева, *Российский химико-технологический университет им. Д.И.Менделеева*

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

Для цитирования:

Якушев Р.М., Якушева Д.Э., Астафьева С.А. Микроструктура и механические свойства самоармирующихся сшитых полиуретанов на основе олигобутадиендиола // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 6–16. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.1>

Синтезированы самоармирующиеся полиуретаны на основе синтетического дивинилового каучука одностадийным и двухстадийным (форполимерным) способами. Методом сканирующей электронной микроскопии изучены некоторые закономерности образования твердой фазы (псевдонаполнителя). Определены предел прочности при разрыве, модуль и относительное удлинение. Установлено, что механические свойства и размер частиц псевдонаполнителя зависят как от содержания низкомолекулярного спирта, так и от метода синтеза. Обработка экспериментальных данных симплекс-методом позволила выявить область оптимального состава.

Ключевые слова: полиуретаны, олигодиендиол, механические свойства, самоармирование, твердая фаза.

Введение

Полиуретаны (ПУ) представляют собой класс синтетических полимеров, часто называемых эластомерами, отличающихся от других видов полимеров сочетанием высокой эластичности и жесткости. Применение материалов на основе полиуретанов началось довольно давно, вместе с зарождением других полимерных технологий. Полиуретаны были впервые получены в 1937 г., и бурное развитие технологии их получения пришлось на время Второй мировой войны, когда полиуретановые покрытия исполь-

зовались для пропитки бумаги и изготовления одежды, устойчивой к горчичному газу. Кроме того, полиуретаны используются в авиационной промышленности и в строительстве, в качестве химически- и коррозионно-стойких покрытий для защиты металла, дерева и кирпичной кладки [1, 2]. Полиуретаны также являются предпочтительным материалом для некоторых деталей и узлов в автомобильной, военно-морской и биологической промышленности. В области медицины эти полимеры применяются для изготовления имплантатов и протезов,

например из ПУ изготавливаются искусственные сердечные клапаны и даже искусственное сердце.

Название «полиуретаны» обозначает огромную группу различных полимеров, общей чертой которых является наличие уретановой группы. Остальные части макромолекулы могут иметь абсолютно разную химическую структуру, поэтому и свойства полиуретанов могут варьироваться в широком диапазоне.

Некоторые специальные методы производства были разработаны, чтобы использовать преимущества полиуретанов. Наиболее важными их свойствами являются гибкость, ударная вязкость, стойкость к истиранию, стойкость к растворителям и хорошая адгезия [3–5]. Характерной чертой полиуретановой технологии является наличие двух реакционных компонентов, которые смешиваются почти в равных объемах.

В настоящее время введение дисперсного наполнителя является наиболее распространенным способом улучшения эксплуатационных свойств ПУ. Введение органических и неорганических нанонаполнителей приводит к значительному или даже резкому изменению вязкости, смачиваемости, электропроводности и других свойств.

Механические и термические свойства полиуретановых пленок, содержащих наночастицы модифицированного диоксида кремния, значительно улучшились по сравнению с исходным материалом. Результаты механических испытаний показали, что прочность при растяжении повышается с увеличением содержания диоксида кремния. При содержании 1,5 масс. % кремнезема прочность при растяжении и модуль Юнга полиуретановых пленок составили 64,2 и 2 535,9 МПа соответственно [6].

В работе [7] описаны полиуретановые композиты, наполненные частицами оксида алюминия (Al_2O_3). Установлено, что как предел прочности при растяжении, так и удлинение при разрыве композитов уменьшались с повышением содержания Al_2O_3 , однако твердость постепенно увеличивалась. Износостойкость композитов

сначала увеличивалась до достижения максимума, а затем снижалась с увеличением содержания оксида алюминия.

После введения 0,003 масс.% наночастиц серебра (4–7 нм) были значительно улучшены термомеханические свойства и биостойкость полиуретана. Неорганические наночастицы могут препятствовать движению полимерных цепей, что приводит к увеличению пиковой температуры разложения композитов. Согласно динамическим механическим измерениям, тангенс угла потерь четырех различных нанокompозитов PU-Ag был выше, чем у исходной полиуретановой матрицы в широком интервале температур [8].

Добавление наночастиц оксида титана (TiO_2) по сравнению с ненаполненными пленками увеличивает прочностные характеристики [9]. Наночастицы TiO_2 являются более жесткими и имеют более высокий модуль, чем исходный полиуретан, поэтому введение наночастиц влияет как на модуль, так и на разрывное удлинение полиуретановых покрытий. При добавлении 2 масс.% модифицированных наночастиц TiO_2 модуль Юнга (E) увеличивается с 350 МПа до 490 МПа, а удлинение – с 4,31% до 6,80%. Это связано с упрочняющим действием наполнителя – оксида титана.

Все большую популярность приобретает использование углеродных нанотрубок (УНТ) для улучшения свойств полиуретановых композитов. Авторами [10] показано, что характер кривых напряжение-деформация указывает на повышение модуля упругости композита за счет добавления УНТ. В точке разрыва на кривых растяжения образцов прочность при разрыве композита заметно выше, чем у ПУ. Экспериментальные данные показали, что УНТ в полимерных матрицах играют важную роль в передаче и распределении нагрузки. Однако удлинение при разрыве композита несколько снижается, что может быть связано с неравномерностью диспергирования УНТ в полимерной матрице [10].

Показана возможность получения композитов полиуретан-углеродные нанотрубки методом сверхкритического анти-

сольвентного осаждения [11]. Исследовано влияние растворителя, концентрации полимера в растворе, диаметра распылительного сопла и скорости потока суспензии на эффективность формирования композитов, а также на их морфологию.

Известно большое количество работ, где изучается формирование так называемых мягких и жестких блоков ПУ матрицы и влияние микрофазного разделения на механические свойства образцов ПУ [12–21]. В частности, исследовано влияние соотношения жестких и мягких блоков, химического состава и надмолекулярной структуры на растяжение полиуретановых эластомеров [12].

В работе [13] описано получение ряда сегментированных полиуретанов (СПУ) на основе 4,4'-дифенилметандиизоцианата и 1,4-бутандиола в качестве жестких блоков (ЖБ) и полипропиленгликоля ($M_n = 1000$) в качестве гибкой фазы. Микрофазное разделение происходило в случае СПУ с содержанием ЖБ выше 50 масс.% и влияло не только на свойства полимера в объеме, но и на свойства поверхности. Модуль Юнга и предел прочности на разрыв резко возросли для СПУ с содержанием ЖБ более 50 масс.%. [13].

Синтезированы алифатические полиуретаны с содержанием твердых блоков от 10 до 80% [14]. Модуль Юнга постепенно увеличивается с увеличением ЖБ, в то время как ударная вязкость повышается до 30%, а затем постепенно снижается. Более крупные кристаллиты в СПУ действуют как упрочняющие частицы в полиуретанах с более высоким содержанием жестких блоков, что обеспечивает более высокую степень кристалличности и снижает пластичность.

Данные реокинетических исследований свидетельствуют об упорядоченности фрагментов полимерных цепей в синтезированном новом типе полиуретанмочевины [15]. Установлена взаимосвязь структуры и свойств данного полимера. Показано, что полиуретанмочевины со смешанными гибкими сегментами примерно в 1,5 раза превосходят по истинной прочности известные ди-блок-полиуретанмоче-

вины с полипропиленоксидными гибкими сегментами. Показано, что прочностные свойства новых тетра-блок-полиуретанмочевин лишь незначительно зависят от скорости деформирования в широком интервале скоростей.

Поликонденсация полимерных смесей может также привести к микрофазному разделению. Однако в этом случае конечный продукт можно рассматривать как полимерную матрицу, наполненную частицами различной химической природы, то есть полимер-полимерный композит.

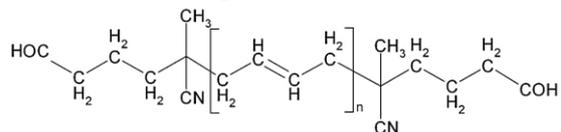
Гибридная полимерная матрица, в которой образовались микрочастицы компонентов вследствие незавершенного микрофазового разделения, может рассматриваться как наполненная дисперсно-упрочненная система, в которой размер, свойства и распределение областей микрофазового разделения являются функциями термодинамической совместимости компонентов. Она определяется фазовой диаграммой бинарной или многокомпонентной системы, условиями перехода системы и механизмом разделения фаз. Таким образом, по своей структуре гибридные матрицы могут фактически рассматриваться как полимерные композиционные материалы со всеми их физико-химическими и механическими характеристиками, которые определяются влиянием межфазных слоев на свойства самой матрицы (по аналогии с армированными полимерами) [16–21].

В настоящей работе описан случай микрофазового разделения в полиуретане. Строго говоря, случай нельзя классифицировать как один из описанных способов упрочнения путем введения наполнителей или разделения фаз. Идея состояла в том, чтобы осуществить разделение фаз путем добавления избытка низкомолекулярного диола и получения стеклообразных полиуретановых микрочастиц, распределенных в полиуретановой матрице. Вторым шагом было установление оптимального соотношения реагентов, когда наблюдается максимальное значение прочности на разрыв и модуля Юнга.

Эксперимент

Материалы

Олигобутадиендиол СКД-ГТР-А с ММ ≈ 2000 , далее именуемый «олигомер» (ФГУП «НИИСК», Россия). Структурная формула этого олигомера, использованного для синтеза образцов ПУ:



Уретановый форполимер на основе дивинилового каучука и 2,6-толуилنديизоцианата (ТДИ). Динамическая вязкость при 25°C не превышала 120 Па•с, общее содержание изоцианатных групп составляло 2,8 – 4,3%. Форполимер синтезировали по стандартной методике.

В качестве сшивающего агента использовали 2,4-толуилنديизоцианат Scuranate T100 (LyondellBasell, Нидерланды). В качестве удлинителя цепи использовали 1,4-бутандиол (БД), а в качестве сшивающего агента – триметилпропан (ТМП).

Было приготовлено 13 композиций и определены такие свойства материала, как истинная прочность на разрыв, относительное удлинение, модуль Юнга и размер частиц.

Методика получения композита

Использовались две методики получения композита – одно- и двухстадийная (форполимерная).

В обеих методиках низкомолекулярные компоненты смешивались предварительно. Раствор БД в ТМП готовили путём нагрева смеси до 60–70°C и продолжительного перемешивания до полного растворения ТМП. Мольное соотношение БД и ТМП составляло 1:0.3.

Одностадийная технология является one-pot процессом. Раствор БД в ТМП, ТДИ и СКД-ГТР-А одновременно загружали в смеситель под вакуумом. Композиции перемешивали в вакуумном смесителе периодического типа, снабжённом термостатирующей рубашкой при температуре не менее 22±2°C и при скорости вращения якорной мешалки 100–300 об/мин в течение 30 минут. В качестве теплоносителя использовались вода и силиконовая

жидкость. Температура поддерживалась с помощью ультратермостата U-8 с точностью 0.1 К. Вакуум (давление меньше 1.33 kPa) достигался с помощью ротационного насоса лопастного типа. Далее композиции отверждались при 80±5°C, время отверждения – не менее 20 часов.

При двухстадийной технологии, или форполимерном синтезе, первый компонент А и компонент В смешиваются отдельно в течение 1 часа. Компонент А состоит из СКД-ГТР-А и ТДИ, а компонент В – из СКД-ГТР-А и смеси спиртов. Соотношение обоих компонентов – 1:1. Компоненты соединяют после тщательного перемешивания. Затем смесь обрабатывают так же, как при одностадийной технологии.

Обсуждение результатов

Варьирование процентных соотношений компонентов при мольном соотношении NCO/OH=1, привело к образованию материалов с различными свойствами и микроструктурой. Изменение процентного содержания связано с изменением мольного соотношения высокомолекулярного диола СКД-ГТР-А и низкомолекулярных полиолов – БД и ТМП. Образование жесткой фазы, распределённой в эластичной полиуретановой матрице, происходит в результате взаимодействия низкомолекулярных спиртов с диизоцианатом с образованием стеклообразных низкомолекулярных полиуретанов. Низкомолекулярный продукт реакции ввиду термодинамической несовместимости с высокомолекулярным продуктом выделяется в отдельную фазу, представляющую сферические частицы, равномерно распределённые в толще ПУ материала. Визуально (по данным сканирующей электронной микроскопии) частицы наблюдаются не на всех составах, а в определённом диапазоне значений соотношения высокомолекулярного и низкомолекулярных полиолов. Материал, полученный в результате фазового разделения и отверждения и содержащий такие частицы, строго говоря, нельзя назвать композитом, так как химическая природа обеих фаз схожа. Размер частиц, распределённых в объеме материала, вы-

полняющих функцию наполнителя, также зависит от соотношения гидроксилсодержащих компонентов.

Часть БД и ТМП взаимодействует со второй изоцианатной группой ТДИ, удлиняя цепь и образуя поперечные связи, другая часть взаимодействует с исходным ТДИ с образованием низкомолекулярных уретансодержащих соединений. Причём реакционная способность низкомолекулярных спиртов выше, чем у СКД-ГТР-А. Теоретически, чем больше доля низкомолекулярных спиртов, тем больше объёмная доля псевдополнителя в материале. Кроме того, заданное условие стехиометрического соответствия -NCO и -ОН означает, что одновременно с увеличением содержания смеси БД и ТМП следует снижать содержа-

ние СКД-ГТР-А. То есть снижается объём дисперсионной среды и повышается объём дисперсной фазы, что при заданной одинаковой для всех образцов скорости перемешивания, означает образование более крупных частиц дисперсной фазы исходной реакционной массы и, соответственно, конечного продукта. Данная закономерность не зависит от технологии смешения и наблюдается как для одностадийной, так и двухстадийной технологии (табл. 1).

Предельно возможное содержание жёсткой фазы в материале, рассчитанное исходя из количества низкомолекулярных спиртов, приведено в табл. 2.

На рис. 1 приведены результаты механических испытаний полученных ПУ в зависимости от теоретического содержания

Таблица 1.

Параметры армирующих частиц в зависимости от методики (порядка смешения) и соотношения компонентов

№	Содержание компонентов, %				Мольное соотношение БД+ТМП/СКД*	Размер частиц, мкм	Степень наполнения
	СКД	БД	ТМП	ТДИ			
<i>Одностадийная технология</i>							
1	68,05	6,12	2,74	23,09	2,6	1-5	высокая
2	74,51	4,47	2,00	19,02	1,7	0,1-1	высокая
3	78,23	3,52	1,57	16,68	1,3	–	–
<i>Двухстадийная технология</i>							
4	68,05	6,12	1,95	23,09	4,3	2–8	высокая
5	74,51	4,47	2,2	19,02	3,0	0,5–3	средняя
6	76,95	3,85	1,72	17,48	2,5	0,5–4	низкая
7	78,23	3,52	1,57	16,68	2,3	0,5–1 (отдельные – 3)	низкая
8	82,34	2,47	1,10	14,09	1,5	0,1–0,5	средняя
9	84,56	1,90	0,85	12,69	1,2	–	–

Примечание: * – для двухстадийной технологии дано мольное соотношение в компоненте А.

Таблица 2.

Физико-механические свойства ПУ в зависимости от содержания низкомолекулярных спиртов в исходной композиции*

№	Мольная доля ОН в спиртах	Теоретическое содержание жёсткой фазы, %	Разрывная прочность, σ, МПа	Относительное удлинение, %	Истинная разрывная прочность, σ _{ист.} , МПа
1	0,74	27,6	14,4	155	36,7
2	0,66	20,2	11,4	220	36,5
3	0,62	17,5	10,0	265	36,5
4	0,59	16,1	9,2	290	35,9
5	0,49	11,3	7,0	400	35,0
6	0,42	8,7	5,9	445	32,2
7	0,37	7,1	5,2	480	30,2

Примечание: * – образцы 1, 3 и 4 соответствует образцу 1, 2 и 3 табл. 1.

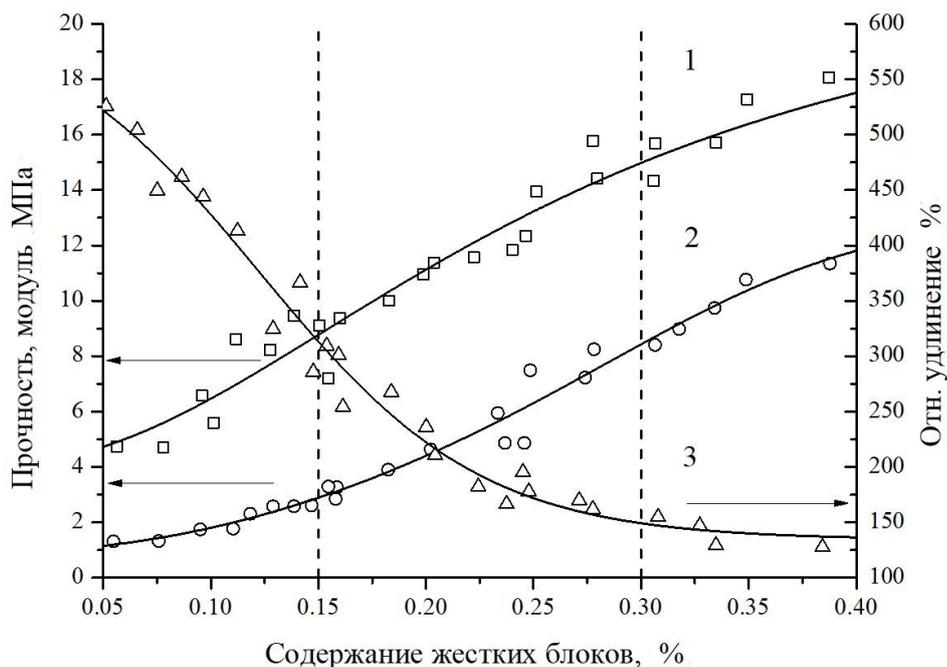
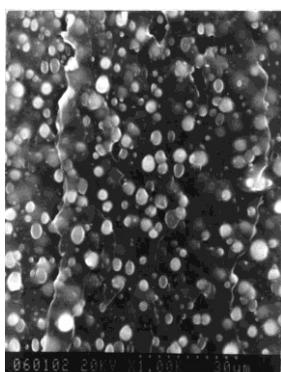


Рис. 1. Физико-механические свойства ПУ образцов в зависимости от содержания твёрдой фазы

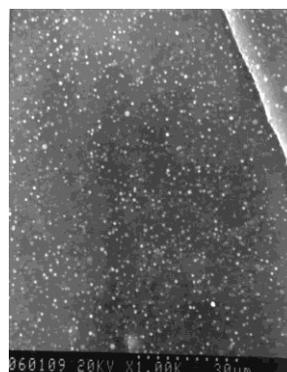
жесткой фазы. Данный график можно условно разделить на 3 области по горизонтальной оси: первая, примерно до 16% жесткой фазы, характеризуется отсутствием псевдополнителя и относительно низкой прочностью. Однако значения истинной прочности, рассчитанной с учетом удлинения (см. табл. 2), лишь немного ниже соответствующих значений второй области. Вторая область – от 16 до 30% – характеризуется достаточно высокими значениями прочности при сохранении эластичности. И, наконец, в третьей области, где содержание жесткой фазы более 30%, удлинение снижается, а прочность еще более повышается, что обусловлено повы-

шенным содержанием жесткой фазы в виде достаточно крупных частиц.

Если рассматривать вопрос практического применения той или иной композиции указанного диапазона, то очевидно, что составы из второй области являются более предпочтительными. Этот вывод вытекает из сочетания эксплуатационных и технологических свойств – высокой прочности при сохранении способности к растяжению, не слишком высокой вязкости исходной реакционной смеси и, наконец, наличия однородно распределённого мелкодисперсного наполнителя (рис. 2). Данные результаты относятся к образцам, полученным по одностадийной технологии.



а



б

Рис. 2. Изображения СЭМ образцов, полученных по одностадийной технологии (см. табл.1): а) состав 1 – 28% жесткой фазы; б) состав 2 – 20% жесткой фазы

Следует отметить, что способ получения исходной реакционной смеси влияет как на размер частиц, если сравнивать одинаковые по соотношению компонентов составы, так и на процентное соотношение, при котором происходит «исчезновение» частиц (частицы стеклообразной фазы не образуются). Таким образом, вторым фактором, оказывающим существенное влияние на структуру и физико-механические свойства материала, является технология получения исходной реакционной смеси.

Сравним результаты, полученные методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ), для материалов, изготовленных по различным технологиям. Во-первых, при одинаковом соотношении компонентов при двухстадийной технологии размеры частиц псевдонаполнителя значительно больше. В этом легко убедиться, сравнив образцы 1 и 4, 2 и 5 табл. 1, а также изображения поверхности данных образцов, приведённые на рис. 2 и 3. Во-вторых, содержание низкомолекулярных спиртов, при котором не происходит разделение фаз, при двухстадийной

технологии ниже, чем при одностадийной, что видно из сопоставления данных для составов 3 и 9 табл. 1.

Чтобы объяснить отличия результатов взаимодействия одинакового количества исходных компонентов при разном порядке смешения, следует рассмотреть особенности двухстадийной технологии. Смещение равновесия из-за объединения исходных соединений сначала в компоненты *A* и *B* и только после в смесь всех компонентов является основной причиной отличия структуры конечных продуктов. Из экспериментальной части понятно, что при одностадийном процессе низко- и высокомолекулярные спирты находятся в равных условиях в смысле доступности молекул диизоцианата, но ввиду большей реакционной способности низкомолекулярных спиртов образование молекул стеклообразной дисперсной фазы является более предпочтительным процессом, чем взаимодействие с СКД-ГТР-А и образование полиуретана. Видимо, по этой причине образцы материалов, изготовленных по одностадийной технологии, выглядят более «наполненными»

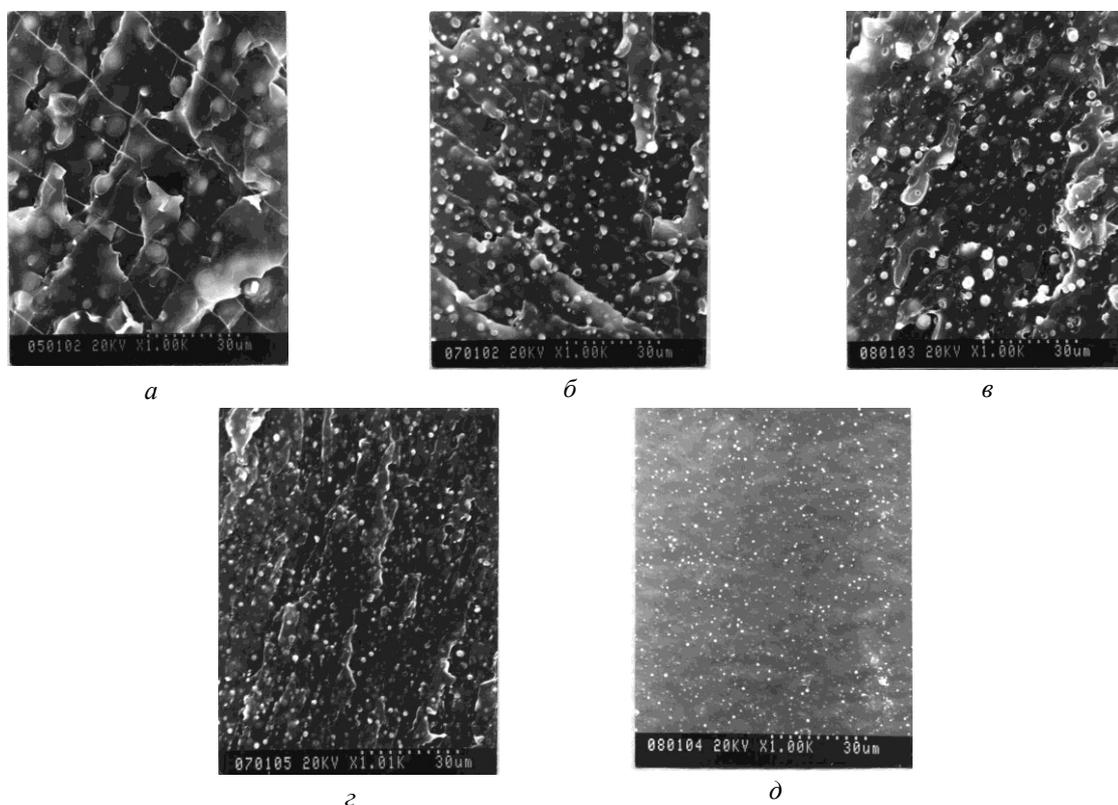


Рис. 3. Изображения СЭМ образцов, полученных по двухстадийной технологии (см. табл.1): а)–д) составы 4–8, содержащие 28, 20, 17.5, 16 и 11 % жёсткой фазы соответственно

жѐсткой фазой (рис. 2 и 3). В случае когда бы структура материала определялась только процессами взаимодействия исходного изоцианата с СКД-ГТР-А и спиртами, осуществлять прогнозирование и интерпретацию полученных результатов было бы значительно проще, чем это происходит в реальной системе. В действительности вторая группа диизоцианата взаимодействует со спиртовой группой низкомолекулярных компонентов, приводя к удлинению и разветвлению полиуретана.

Предварительные испытания позволили определить рабочую область, где материал на основе полиуретана может обладать желаемыми свойствами. Метод симплексного планирования применялся для определения оптимальных с точки зрения физико-механических характеристик соотношений СКД-ГТР-А, БД и ТМП. Симплекс 4-ого порядка построен по 13 экспериментальным точкам. Симплекс-решѐточный дизайн полимерных смесей представлен на рис. 4.

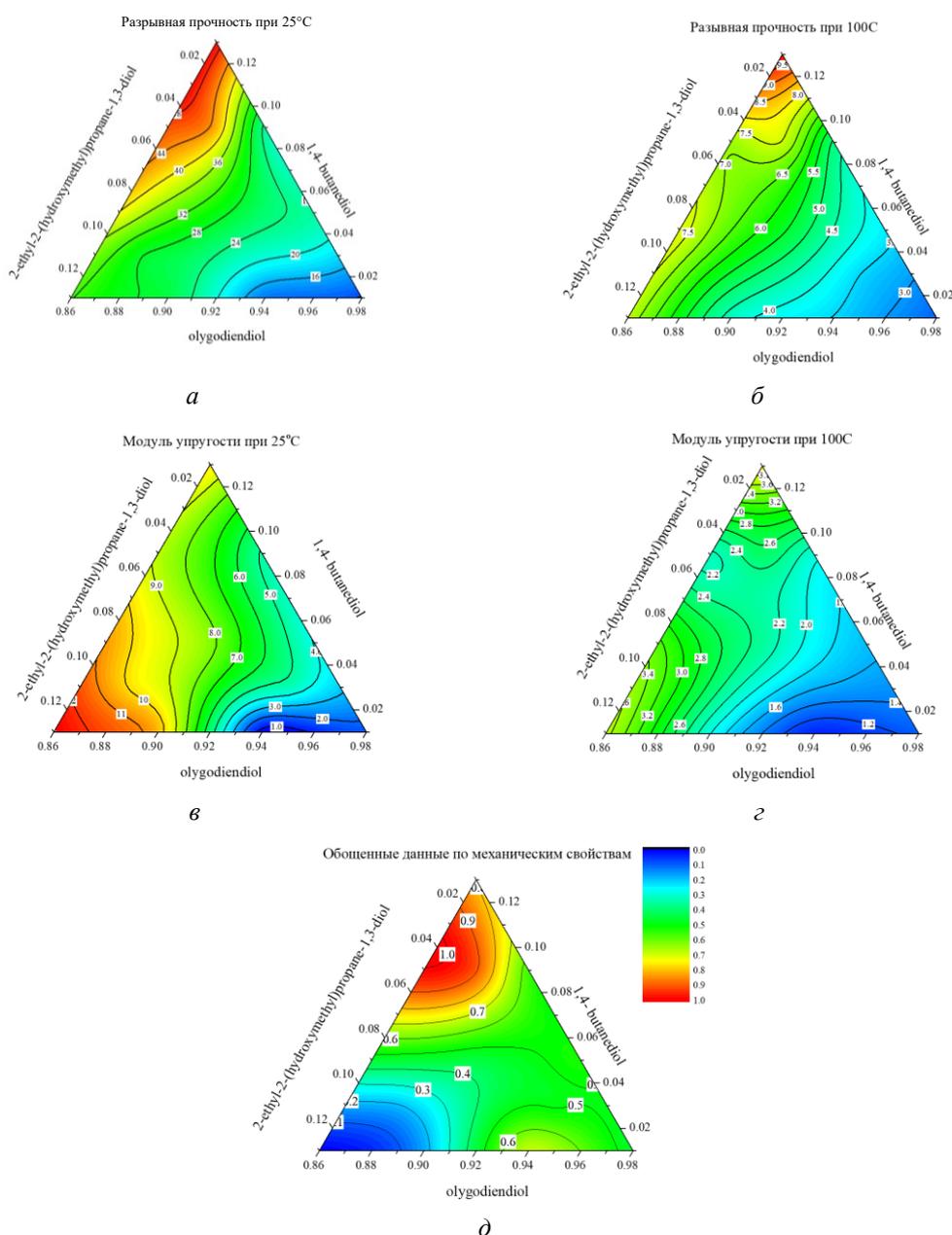


Рис. 4. Симплексное планирование механических свойств при разном содержании компонентов: разрушающее напряжение при 25°C и 100°C; модуль упругости при 25°C и 100°C; обобщѐнные данные по механическим свойствам

В качестве оптимизационных параметров были использованы истинная разрывная прочность, относительное удлинение и модуль Юнга. Истинная разрывная прочность рассчитывается по поперечному сечению предельно растянутого материала (то есть в момент разрыва). 13 точек, полученных в результате деления экспериментальной области симплексным методом восхождения, соответствуют реальным экспериментальным составам [22, 23]. На рис. 4 изображены трёхмерные фигуры, изолинии которых описывают влияние компонентного состава на механические свойства и деформационное поведение ПУ материала при 25 и 100°C. Шкала соответствия значений механических свойств ПУ определённому цвету треугольника концентраций приведена на рисунке. Такой способ обозначения наглядно демонстрирует предпочтительные области соотношений компонентов. Так, верхняя часть треугольников окрашена в красный или зелёный цвет и соответствует высоким значениям физико-механических характеристик и максимальному наполнению эластичной полиуретановой матрицы стеклообразными сферическими полиуретановыми частицами. Выбранное в этой области соотношение компонентов приводит к максимальному армирующему эффекту в сочетании с высокой деформационной способностью и низкой начальной вязкостью. Подобный эффект может быть достигнут при введении наполнителя, такого, как технический углерод, к составам, соответствующим правому углу экспериментальной области. Однако такие наполненные полимерные смеси характеризуются высокой вязкостью, а распределение частиц наполнителя является отдельной экспериментальной проблемой.

Библиографический список

1. Zoran S. Petrović, James Ferguson. Polyurethane elastomers. Progress in Polymer Science. – 1991. – Vol. 16. – Iss. 5. – P. 695-836. [https://doi.org/10.1016/0079-6700\(91\)90011-9](https://doi.org/10.1016/0079-6700(91)90011-9).
2. American Chemistry Council–Center for the Polyurethanes Industry (CPI). Available online: <https://polyurethane.americanchemistry.com/History/> (accessed on 21 August 2021).
3. Strong, A. Brent Plastics: Materials and Processing, Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1996.

Заключение

По одностадийной и форполимерной технологии получены самоармированные полиуретаны на основе синтетического дивинилового каучука, толуилендиизоцианата и низкомолекулярных спиртов – бутандиола в качестве удлинителя цепи и триметилпропана в качестве разветвляющего агента. Изменение соотношения каучук/спирты привело к получению материалов с различными механическими свойствами и микроструктурой. Чем выше соотношение каучук/спирт, тем больше размер частиц псевдонаполнителя, регистрируемый методом СЭМ. Показано, что разрушающая прочность и модуль Юнга увеличиваются, а относительное удлинение уменьшается с ростом содержания низкомолекулярных спиртов, или теоретического процентного содержания жёсткой фазы. Было установлено, что оптимальным является содержание жёсткой фазы 16–30%, так как в этом интервале достаточно высокие значения истинной разрывной прочности в сочетании со способностью к растяжению. Дальнейшее увеличение содержания жёсткой фазы соответствует материалу «наполненному» достаточно крупными частицами. Вторым фактором, влияющим на микроструктуру ПУ, оказался порядок смешения компонентов, или тип технологии. Форполимерная технология приводит к образованию псевдонаполненного материала при более низком содержании смеси спиртов, чем одностадийная. Сравнение СЭМ - изображений ПУ материалов с идентичным компонентным составом, но полученных по разным технологиям, показало важность выбора типа технологии. Обработка экспериментальных данных симплексным методом позволила определить область оптимальных составов.

4. *Fuensanta M., Martín-Martínez J.M.* Structural and Viscoelastic Properties of Thermoplastic Polyurethanes Containing Mixed Soft Segments with Potential Application as Pressure Sensitive Adhesives // *Polymers*. – 2021. – Vol. 13. – № 18. – P. 3097.
5. *Kasprzyk P., EwaGłowińska, Datta J.* Structure and properties comparison of poly(ether-urethane)s based on nonpetrochemical and petrochemical polyols obtained by solvent free two-step method. // *European Polymer Journal*. – 2021. – Vol. 157. – P. 110673. <https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2021.110673>.
6. *Luo Z., Hong R.Y., Xie H.D., Feng W.G.* One-step synthesis of functional silica nanoparticles for reinforcement of polyurethane coatings. // *Powder Technology*. – 2012. – P. 218: 23–30. DOI: 10.1016/j.powtec.2011.11.023.
7. *Zhou R., Lu D.H., Jiang Y.H., Li Q.N.* Mechanical properties and erosion wear resistance of polyurethane matrix composites. // *Wear*. – 2005. – Vol. 259. – Iss. 1–6. P. 676–683. <https://doi.org/10.1016/j.wear.2005.02.118>.
8. *Chou C.W., Hsu S.H., Chang H., Tseng S.M., Lin H.R.* Antibacterial properties of silver nanoparticles in three different sizes and their nanocomposites with a new waterborne polyurethane. // *Polymer degradation and stability*. – 2006. – Vol. 91(5). – P. 1017–1024.
9. *Mirabedini S.M., Sabzi M., Zohuriaan-Mehr J., Atai M., Behzadnasab M.* Weathering performance of the polyurethane nanocomposite coatings containing silane treated TiO₂ nanoparticles. // *Applied Surface Science*. – 2011. – Vol. 257. – P. 4196–4203. DOI:10.1016/j.apsusc.2010.12.020.
10. *Xiong J., Zheng Z., Qin X., Li M., Li H., Wang X.* The thermal and mechanical properties of a polyurethane/multi-walled carbon nanotube composite. // *Carbon*. – 2006. – Vol. 44(13). – P. 2701–2707. DOI: 10.1016/j.carbon.2006.04.005.
11. *Zuev Y.I., Vorobei A.M., Parenago O.O.* Preparation of Polyurethane–Carbon Nanotube Composites via Suspension Supercritical Antisolvent Precipitation. // *Russian Journal of Physical Chemistry B*. – 2021. – Vol. 15. – № 7. – P. 1107–1112.
12. *Buckley C.P., Prisacariu C., Martin C.* Elasticity and inelasticity of thermoplastic polyurethane elastomers: Sensitivity to chemical and physical structure. // *Polymer*. – 2010. – Vol. 51. – Iss. 14. – P. 3213–3224. <https://doi.org/10.1016/j.polymer.2010.04.069>.
13. *Nakamae K., Nishino T., Sudaryanto Asaoka S.* International Microphase separation and surface properties of segmented polyurethane—Effect of hard segment content. // *Journal of Adhesion and Adhesives*. – 1996. – Vol. 16. – Iss. 4. – P. 233–239.
14. *Mishra A., Vinod K. Aswal, P. Maiti. J. Phys. Chem. B.* Nanostructure to Microstructure Self-Assembly of Aliphatic Polyurethanes: The Effect on Mechanical Properties. – 2010. – Vol. 114. – P. 5292–5300.
15. *Lipatov Yu.S.* Structural characteristics of polymeric hybrid matrices caused by microphase separation. // *Mechanics of Composite Materials*. – 1983. – Vol. 19. – Iss. 5. – P. 557–565.
16. *Внутских Ж.А., Терешатов В.В., Сеничев В.Ю. Слободинюк А.И. Астафьева С.А., Волкова Е.Р.* Влияние молекулярной массы гибких сегментов на термодинамическую устойчивость и физико-механические свойства пластифицированного полиэфируретана. // *Журнал прикладной химии*. – 2016 – Т. 89. – Вып. 6. – С. 778–783.
17. *Волкова Е.Р., Терешатов В.В., Астафьева С.А., Внутских Ж.А., Кисельков Д.М., Талин Д.Д.* Применение метода дифференциальной сканирующей калориметрии для изучения структуры жестких полиуретанов. // *Физико-химия полимеров: синтез, свойства и применение*. – 2014. – № 20. – С. 67–70.
18. *Терешатов В.В., Макарова М.А., Внутских Ж.А., Сеничев В.Ю., Борисова И.Л., Ощепкова Т.Е.* Исследование тетра-блок-сополимеров на основе олигоэфирдиолов, 2,4-толуилендиизоцианата, изофорондиизоцианата и метилен-бис-о-хлоранилина. // *Журнал прикладной химии*. – 2018. – Т. 91. – № 2. – С. 267–272.
19. *Иманкулова(Астафьева) С.А., Вальцифер В.А., Хименко Л.Л., Федотов И.А.* Влияние химического строения олигодиеуретанэпоксида на его реологические свойства. // *Журнал прикладной химии*. – 2004. – Т. 77. – № 2. – С. 321–323.
20. *Терешатов В.В., Макарова М.А., Сеничев В.Ю., Внутских Ж.А., Савчук А.В., Слободинюк А.И., Волкова Е.Р.* Влияние пластификаторов на механические свойства уретансодержащих блоксополимеров с полиэфирными гибкими сегментами. // *Уральский научный вестник*. – 2017. – Т. 9. – № 2. – С. 031–034.
21. *Tereshatov V., Makarova M., Senichev V., Vnutskikh Z., Oshchepkova T., Borisova I.* The effect of plasticization on the properties of poly(urethaneureas) based on oligoether diols, 2,4-toluenediisocyanate, and aromatic diamines. // *Journal of Elastomers and Plastics*. – 2019. – Т. 51. – № 4. – С. 337–358.
22. *Atkinson A.C., Donev A.N.* Optimum Experimental Designs. Clarendon Press. Oxford Statistical Science Series. 1992. – 344 p.

23. Anderson M.J., Whitcomb P.J. Design experiments that combine mixture components with process factors. // Chemical Engineering Progress. – 2000. – 96(12). – P. 27–32.

**MICROSTRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES OF
SELF-REINFORCED CROSS-LINKED POLYURETHANES
BASED ON OLIGOBUTADIENE DIOL**

R.M. Yakushev¹, D.E. Yakusheva², S.A. Astaf'eva¹

¹*Institute of Technical Chemistry UB RAS*
²*Mendeleev University of Chemical Technology*

For citation:

Yakushev R.M., Yakusheva D.E., Astaf'eva S.A. Microstructure and mechanical properties of self-reinforced cross-linked polyurethanes based on oligobutadiene diol // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 6–16. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.1>

Self-reinforced polyurethanes based on oligobutadiene diol have been synthesized by one- and two-stage (prepolymer) technique. Some regularities of the hard phase (pseudofiller) formation have been studied by SEM. Breaking strength, modulus and relative elongation have been determined. Mechanical properties and pseudofiller particle size have been found to be dependent both on low molecular alcohol content and synthesis technique. Experimental data treatment by simplex method allowed the optimum composition area to be revealed.

Keywords: polyurethanes, oligodiene diol, mechanical properties, self-reinforcing, hard phase.

Сведения об авторах

Якушев Равиль Максумзянович, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, Институт технической химии УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИТХ УрО РАН»), 614013, ул. Академика Королева, 3.

Якушева Дина Эдуардовна, кандидат технических наук, доцент кафедры Сколтеха «Органические и гибридные материалы для преобразования и запасания энергии», Российский химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева (РХТУ им. Д.И. Менделеева), 125047, г. Москва А-47, Миусская площадь, 9; e-mail: dinayakusheva@yandex.ru.

Астафьева Светлана Асылхановна, кандидат технических наук, заведующий лабораторией, «ИТХ УрО РАН»; e-mail: astafeva.s@itcras.ru.

Материал поступил в редакцию 11.05.2023 г.

ЛИМФОТРОПНАЯ ТЕРАПИЯ: ИСТОРИЯ, ДОСТИЖЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ

Н.А. Гаряева, ООО «Международный Центр Клинической Лимфологии»

И.Г. Завгородний, ООО «Международный Центр Клинической Лимфологии»

К.П. Гаряев, ООО «Международный Центр Клинической Лимфологии»

Для цитирования:

Гаряева Н.А., Завгородний И.Г., Гаряев К.П. Лимфотропная терапия: история, достижения, перспективы // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 17–26.
<https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.2>

В статье приводится роль советской, российской и европейской школ лимфологов в развитии лимфотропной терапии как метода лекарственной коррекции структур и функций лимфатической системы и влияния лимфотропной терапии на патогенез инфекционных, дегенеративных, аллергических и аутоиммунных заболеваний в контексте морфологии и физиологии лимфатической системы. Сообщаются данные об эффективности лимфотропной терапии, основанные на роли лимфатической системы в механизмах развития эндогенной интоксикации; местные и системные эффекты лимфотропной терапии, обусловленные морфофункциональными особенностями самой лимфатической системы. Лимфотропная терапия рассматривается как альтернативный способ доставки модифицированных лекарственных препаратов к очагу поражения по путям сосудистого (лимфатического) и внесосудистого (интерстициального) транспорта. Приводится обзор внедрений лимфотропной терапии в различные области клинической практики. Кроме того, авторы анализируют проблемы и перспективы дальнейших исследований применения метода в России и в мире.

Ключевые слова: лимфология, патогенез, непрямая эндолимфатическая терапия, лимфотропная терапия, лимфатический регион, интерстиций, интерстициальный транспорт, лимфотропная интерстициальная инъекция, лекарственный раствор.

Лимфатическая система и патогенез заболеваний

Лимфология является интегральной медицинской наукой и занимается изучением системы лимфатического сосудистого и внесосудистого транспорта и системы лимфоидных органов, объединяемых учеными в лимфатическую систему. Лимфатическая система обеспечивает важные функции: дренажную, детоксикационную, иммунную, метаболическую и

водный баланс в тканях [20, 41]. Структурное и функциональное состояние органов и систем, а также начало, течение и исход заболеваний зависит от адекватной работы лимфатической системы [23].

Помимо патогенеза бактериальных инфекционных заболеваний, распространения онкологического процесса, развития отеков конечностей и органов уже известны данные, что лимфатическая система связана с развитием атеросклероза,

сердечной недостаточности, внутривенной гипертензии и др. Так, экспериментальная обструкция лимфатических коллекторов у животных достоверно приводила к усилению атерогенеза [45]. Неадекватность лимфатического дренажа из миокарда и увеличение интерстициального давления негативно влияет на сократительную способность мышцы сердца, усиливая сердечную недостаточность [3, 36]. Лимфатические капилляры присутствуют в твердой мозговой оболочке и отвечают за дренаж ликвора, ослабление которого приводит к внутривенной гипертензии [28]. Нарушение иммунной и детоксикационной функции лимфатической системы способствует возникновению глаукомы, ухудшает прогноз при болезни Альцгеймера [34, 35, 37], рассеянном склерозе [40].

Следовательно, воздействие на структуры и функции лимфатической системы должно являться важным компонентом лечения заболеваний. Однако упоминание лимфатической системы в клинических медицинских дисциплинах встречается только в онкологии, когда стадирование заболевания и выбор тактики лечения зависят от наличия метастазов в регионарных лимфатических узлах. Еще реже лимфатическая система упоминается в качестве объекта терапии: первичный рак лимфатических узлов, первичное или вторичное повреждение лимфатических коллекторов (лимфедема).

Перед медицинской наукой стоит проблема внедрения методов терапевтической коррекции структур и функций лимфатической системы как важного участника патогенеза при лечении острых и хронических заболеваний: инфекционных болезней, атеросклероза, диабета, аутоиммунной патологии и других – в качестве самостоятельной терапевтической мишени.

По данным анализа истории фундаментальной и клинической лимфологии, в Советском Союзе первым малоинвазивным лекарственным методом со своим анатомо-физиологическим обоснованием

и широким клиническим внедрением является метод непрямой эндолимфатической терапии (лимфотропной терапии).

Предпосылки возникновения лимфотропной терапии

Предпосылками возникновения метода лимфотропной терапии являются результаты изучения морфологии и физиологии лимфатической системы. Путь от идеи лекарственного воздействия на структуры и функции лимфатической системы до клинического применения проходил в несколько этапов.

Первый этап (1930–1950 гг.) характеризовался проведением контрастирования нетоксичными красителями элементов лимфатической системы в прижизненных условиях; изучением способности лимфатической системы поглощать и транспортировать не только контрастные вещества, но и фармацевтические субстанции; исследованием связи патогенеза инфекционных заболеваний и лимфатической системы.

Полученные данные показали, что существуют вещества, не проникающие в лимфатическую систему (кристаллоиды) и вещества белкового характера, активно транспортируемые по лимфатической системе. Кроме того, показано, что проникновению в лимфатические капилляры способствует сцепление вещества с белками (Goldstein, 1949).

Вещества, транспортируемые по лимфатической системе, условно были названы «лимфотропными». Этот термин впервые встречается в работах чешского исследователя Прокопа Малека, когда он поднимает вопрос о необходимости влияния на инфекционные процессы через пути распространения инфекций по лимфатической системе. Он также обозначает проблему изначального отсутствия «лимфотропности» у большинства антибактериальных препаратов для достижения нужной концентрации в лимфатических узлах [6]. В этот период уже стало известно, что неполное уничтожение микроорганизмов связывают с недостаточностью

концентрации лекарственных веществ в лимфатических узлах (Schachter, 1948; Планелес, 1950 и др.).

В течение второго этапа эксперименты по патофизиологическому обоснованию прямой эндолимфатической терапии (1950 – 1980 гг.) связаны с введением лекарственных веществ интранодулярно (в лимфатический узел) или непосредственно в лимфатический сосуд путем его пункции и катетеризации. В этот период проведены исследования широких групп препаратов: цитостатиков, иммуномодуляторов, антибиотиков [19].

Однако в этот период формирования и развития клинической лимфологии стало понятно, что метод прямой эндолимфатической терапии, несмотря на свой лечебный эффект, достаточно инвазивен, требует навыков микрохирургии, поэтому не может быть широко использован в первичном здравоохранении [24].

В то же время накопленные данные позволили сделать вывод о возможности фармакологической коррекции структур и функций лимфатического региона, не прибегая непосредственно к пункции лимфатического сосуда или лимфатического узла. Этот подход получил название «метод непрямой эндолимфатической терапии» или позднее – «лимфотропной терапии» [11, 12].

Приказом Минздрава СССР № 722 от 23.05.1986 г. рекомендовано широкое внедрение методов практической лимфологии в практическое здравоохранение, в том числе лимфотропной терапии, а в 1987 г. Минздравом СССР издано и утверждено соответствующее инструктивное письмо [24].

Лимфотропная терапия: медицинский смысл

Разработанная Ю.И. Бородиным теория лимфатического региона – фундаментальное обоснование лимфотропной терапии [18]. Суть этой теории сводится к следующему: каждый орган или анатомическая область тела имеют свой лимфатический регион, состоящий из интерсти-

ция (околочлеточное пространство), лимфатических капилляров, сосудов и лимфатических узлов.

Лимфотропная терапия подразумевает интерстициальное введение лекарственной смеси с двумя терапевтическими целями: воздействия на структуры и функции собственно лимфатического региона [23] и создания лекарственного депо приближенно к пораженному органу. Состав лекарственной смеси выбирается в зависимости от характера патологии и искомого терапевтического действия [11].

В фармакологии известны различные способы системного лекарственного введения (например, перорального, внутривенного, внутримышечного) и местного лекарственного воздействия (например, внутрисуставного, внутрикостного введения). Лимфотропное введение по своей технологической и смысловой направленности может быть детализировано как местная интерстициальная лимфотропная инъекция.

«Интерстициальность» указывает на создание лекарственного депо в интерстиции лимфатического региона пораженного органа или скомпрометированной анатомической области для последующего насыщения лимфатической системы из этого лекарственного депо, а также для достижения лекарственной субстанцией пораженного очага по каналам интерстициального транспорта [4].

Местная или локальная инъекция определяет преимущественно местный эффект проводимой терапии. Следует отметить, что интерстициальное введение не обязательно является подкожным в его классическом понимании с точки зрения глубины проникновения иглы (под кожу, но не в мышцу). Интерстициальная инъекция может проводиться ретробульбарно, внутрипузырно, в некоторых случаях – внутримышечно, во время проведения хирургических операций на органах брюшной полости – в образования брюшины (связки, брыжейки, сальник).

«Лимфотропность» накладывает ограничения на параметры самой лекарственной смеси, которая не должна оказывать

повреждающее действие на интерстиций зоны введения и блокировать интерстициальный транспорт. Кроме того, понятие «лимфотропность» указывает на направленность терапевтического действия на лимфатический регион органа.

Эффективный транспорт лимфы и содержащегося в ней лекарственного препарата осуществляется благодаря активным сокращениям лимфангионов – структурно-функциональных единиц лимфатического сосуда. Фармакологически возможно влиять на транспортную функцию, ускоряя продвижение лекарства к регионарному лимфатическому узлу или замедляя моторику лимфангионов, что позволяет обеспечивать большее распространение лекарственной смеси по интерстицию и более длительное нахождение лекарства в инициальном звене лимфатического региона [13].

Таким образом, лимфотропная терапия подразумевает, что целевая лекарственная смесь предварительно прошла исследование *in vitro* на предмет гидравлической проводимости через интерстиций с определением эффектов морфофункционального состояния интерстиция [8]. Предпочтительно также наличие хромотографической оценки концентрации компонентов лекарственной смеси для оценки местной и системной лекарственной нагрузки и планирования дозозависимого эффекта [8]. Таким образом, соблюдение методологии создания модифицированных лекарственных растворов для лимфотропного введения является необходимым условием безопасности и эффективности лимфотропного введения.

Лимфотропная терапия – экспериментальные и клинические данные

В настоящее время распространено применение метода лимфотропной терапии с использованием антибиотиков при ЛОР-патологии с введением лекарственной смеси, преимущественно в зону поднижнечелюстных лимфоузлов [21]. Лимфотропное применение антибиотиков, например цефтриаксона, у детей при лече-

нии бактериальной ангины приводило к значимому сокращению сроков лечения на фоне снижения среднесуточной дозы антибиотика до $\frac{1}{3}$ от рекомендованной [9].

Показана способность гормональных и иммуностропных препаратов при лимфотропном введении в дозировках $\frac{1}{3}$ – $\frac{1}{5}$ от суточной дозы в короткий срок купировать симптомы аллергических заболеваний респираторного тракта у детей, в т.ч. бронхиальной астмы в период обострения [1, 10].

Наряду с другими исследованиями в отношении лимфотропного лечения туберкулеза легких и других бронхолегочных болезней [15, 16, 17], для лечения туберкулеза легкого проводилось исследование лимфотропного введения изониазида. Показано, что лимфотропное введение 1% и 10%-ного изониазида позволило создать значимо более высокие и длительно сохраняющиеся концентрации антибиотика в корнях легкого и регионарных лимфоузлах, превышающие бактериостатические, по сравнению с внутримышечным или внутривенным введением, на фоне меньших токсических эффектов [18, 29].

В онкологии приведена доказательная база возможности лимфотропного введения смеси цитостатиков: циклофосфана, метотрексата, 5-фторурацила на предмет морфофункциональной сохранности интерстиция зоны лимфотропного введения при условии кратно сниженной разовой и курсовой дозы цитостатиков. В результате клинической апробации получены данные о достижении искомого лечебного эффекта у пациентов с низким уровнем побочных эффектов [42].

В хирургии и флебологии получены данные физиологических экспериментов, свидетельствующие о том, что сократительная активность лимфангионов может быть индуцирована фармакологическим воздействием альфа-адреномиметика [27]. Испытания лимфотропного введения лекарственной смеси с вхождением мезатона в клинику продемонстрировали положительный эффект с уровнем ответа на лечение 90% в виде уменьшения лимфатического отека конечности в течение

первого курса лечения [38]. Лимфотропная терапия использовалась в лечении постоперационной лимфедемы нижнечелюстной области [43].

Показана возможность создавать эффективное лекарственное депо лекарственной смеси нестероидных противовоспалительных препаратов, анестетиков, кортикостероидов посредством лимфотропной инъекции в область межкостного пространства у онкологических пациентов с выраженным болевым синдромом, что приводило к значимому уменьшению болевого синдрома на фоне неэффективности перорального приема, становилось доступно снижение дозы или полная отмена наркотических анальгетиков [5].

В кардиологии и сердечно-сосудистой хирургии лимфологический и иммунологический патогенез атеросклероза, при котором перекисное окисление липидов и неадекватность функций лимфатической системы приводят к росту размера атеросклеротической бляшки, обуславливает возможность лимфотропного введения метаболитов, антигипоксантов и антиоксидантов в лимфатический регион пораженных артерий. Клиническая апробация показала высокую корреляцию между количеством проведенных лимфотропных инъекций и уменьшением стеноза артерий [7].

В эксперименте на крысах показано, что при инфицировании патогенной флорой полости матки достоверно снижается корково-мозговой индекс регионарных лимфатических узлов. Несмотря на проведение экспериментальной внутримышечной антибиотикотерапии, происходило разрастание соединительной ткани в лимфатических регионарных узлах матки, а склерозирование последних, безусловно, отражается на иммунологической и лимфодренажной функции лимфатического региона матки. Проведение лимфотропной антибиотикотерапии позволяло восстановить показатель корково-мозгового индекса лимфоузла, фиброзирование соединительнотканного матрикса не происходило [6]. На основании этих и других данных проводилось внедрение

лимфотропного введения в гинекологии с положительным эффектом [14]. Данное клиничко-экспериментальное исследование позволяет понять механизм хронизации бактериальных инфекций. Также известны внедрения лимфотропного введения лекарственных комбинаций в клиническую практику в офтальмологии [32], общей хирургии [31] и других отраслях медицины.

Проблемы и условия развития лимфотропной терапии в России и мире

По теме эндолимфатической терапии в период 1960 – 1980 гг. исследования преимущественно проводились на территории СССР и Чехословакии. Большинство публикаций осуществлялись на русском языке и не переводились на английский язык; они не содержатся в электронных базах медицинских библиотек, о чем свидетельствует сравнительный информационный поиск по Национальной медицинской библиотеке: обнаруживается только 53 вхождения по поисковым запросам «лимфотропная терапия» или «лимфотропная инъекция» – все публикации на русском языке [26].

Дальнейшее развитие концепции лимфотропной терапии в 1990–2010 гг. происходило в ином климате финансирования и межведомственного взаимодействия. Координация исследовательской, образовательной и клинической работы между научными, образовательными и медицинскими учреждениями ввиду их разной подчиненности и разных уставных целей не производилась. В условиях такой конъюнктуры процесс зарождения научной гипотезы, проведение фундаментальных доклинических исследований, клинических исследований, внедрение их в практику лечебных учреждений, внесение необходимых дополнений в программы высшего и последиplomного медицинского образования для дальнейшего распространения технологий и преемственности становится крайне сложной и длительной задачей.

Многоэтапность этого процесса является сдерживающим фактором развития и внедрения новых методов лимфотропной терапии, несмотря на большое количество гипотез, подлежащих тестированию, например, лечения болезни Альцгеймера путем лимфатического дренажа при накоплении бета-амилоида в тканях головного мозга; снижения влияния герпесвирусов на формирование нейровоспаления и внутричерепной гипертензии – вероятных причин симптомов аутизма.

Вторым сдерживающим фактором выступает широта и специфика научного поля, диктующая необходимость наличия оснащенной базы для морфологических, физиологических, патологических, биохимических методов исследований, а не только доступ к клинической базе.

Третьим барьером развития следует отметить существующую в фармацевтической промышленности парадигму необходимости проведения клинических исследований в качестве обязательного условия для внесения изменения в инструкцию. В противном случае применение метода является затруднительным в практике врача. Лимфотропная терапия подразумевает новый объект лечения (назначение) – структуры и функции лимфатической системы пораженного органа; иной путь введения лекарственных веществ (способ применения) – чаще схожий с подкожным; сниженную дозировку используемых лекарственных средств – $\frac{1}{2}$ или $\frac{1}{4}$ рекомендованной разовой дозы. Следовательно, отступление от инструкции будет считаться отступлением от стандартов, вызывать юридические риски, не будет подлежать оплате со стороны страховых компаний.

Причина заключается в правовом поле, сформированном Федеральным законом об обращении лекарственных средств, который требует участия фармацевтической компании. Таким образом, для проведения клинических исследований только одной нозологии, где допустимо использование пяти различных антибактериальных препаратов, необходи-

мо привлечение до пяти различных фармацевтических компаний-производителей для согласования таких исследований в Министерстве здравоохранения. В связи с этим исследования по определению не могут быть независимыми.

Реализация этого процесса возможна только при наличии исследователя, являющегося не только приверженцем лимфологической научной школы, непосредственно вовлеченного в исследования по указанной теме, но и имеющего необходимые финансовые и бюрократические полномочия, как на уровне учреждения, так и на уровне министерства.

Несмотря на это, в условиях современной России разработка и внедрение методов лимфотропной терапии продолжилась отдельными лимфологическими школами на территории Российской Федерации (Москва, Санкт-Петербург, Новосибирск, Омск, Пермь), а также в Узбекистане (Андижан), Кыргызстане (Бишкек), Молдове (Кишинев).

В этом списке отдельно следует отметить роль Научно-исследовательского института Клинической и Экспериментальной Лимфологии Сибирского отделения РАМН (НИИ КиЭЛ), созданного в 1991 в г. Новосибирске, возглавляемого в первые 15 лет академиком Бородиным Юрием Ивановичем, который и выступал интегратором научных исследований института с практической реализацией в клинике института и образовательным процессом на кафедре анатомии человека Новосибирского медицинского университета, где являлся сначала заведующим, а впоследствии профессором кафедры. На дату публикации НИИКЭЛ стал структурным подразделением Института Цитологии и Генетики СО РАН.

Другим примером успешной интеграции научной, клинической и образовательной деятельности в области клинической лимфологии на территории России стала работа Пермской школы лимфологии, где исследования осуществлялись не только на базе медицинской академии, но и в частной научной организации. Кроме

того, с 1997 по 2007 г. при заведовании кафедрой профессором Гаряевой Надеждой Александровной в образовательный процесс была внедрена системная трехуровневая программа по теоретической и клинической лимфологии для студентов, интернов, ординаторов и врачей факультета усовершенствования, а сама кафедра была переименована в кафедру с курсом клинической лимфологии. Впоследствии, даже ввиду сворачивания научной деятельности в рамках медицинской академии, исследования продолжились в частной научной организации ООО «Международный Центр Клинической Лимфологии», в том числе с защитой диссертации и внедрением в клиническую практику на базе частной медицинской клиники ООО «Пермский Медицинский Центр».

Современные исследования чаще посвящены поиску точных молекулярных мишеней и генетических механизмов воздействия на заболевания. Тем не менее, актуальность поиска средств воздействия на патогенез заболеваний через лимфатическую систему набирает рейтинг и за рубежом. Актуальны исследования, направленные на повышение эффективности использования имеющихся лекарственных средств с помощью альтернативных способов применения: изучались возможности подкожного введения всех групп антибиотиков [39], однако, в отличие от наших исследований, не была учтена концентрация, рН лекарственного раствора и возможности интерстициального транспорта [8].

В другой работе показана более высокая эффективность лимфотропного введения цитостатика паклитаксела, связанного с наночастицами, на экспериментальной модели метастатического рака предстательной железы по сравнению с внутривенным введением [33].

Заключение

Лимфотропная терапия является естественным продуктом эволюции физиологических и морфологических исследований лимфатической системы в течение последних 80 лет: от классификации

«лимфотропности» различных диагностических и лекарственных веществ до лимфотропного введения антибиотиков, цитостатиков, гормонов, нестероидных противовоспалительных препаратов и других с лечебной целью.

Метод позволяет осуществлять направленную фармакологическую коррекцию структур и функций лимфатической системы благодаря созданию интерстициального лекарственного депо и повышения концентрации лекарственных веществ в пораженных органах и лимфатических узлах при многих патологиях: от бактериального инфекционного поражения носовых пазух до лекарственного лечения лимфедемы.

С другой стороны, специфика географии проведения исследований лимфатической системы в XX веке, ограниченная странами Восточной Европы и СССР, обуславливает малоизвестность метода за пределами стран СНГ.

Высокие материально-технические требования к проведению исследований на фоне ограниченного количества исследователей-лимфологов создают ситуацию, когда клиническая апробация новых методов лечения, основанных на большом клиническом опыте и понимании роли лимфатической системы в организме, происходит раньше, чем фундаментальные и клинические исследования. Тем не менее, все используемые препараты являются зарегистрированными лекарственными средствами и не несут угрозы для пациента.

Наличие законодательных барьеров ограничивает возможность проведения клинических исследований для более широкого внедрения метода в клиническую практику. Так, лимфотропная терапия болевого синдрома не является распространенным методом, но не противоречит действующим инструкциям к лекарственным препаратам. Лимфотропная химиотерапия, наоборот, не может быть внедрена широко, так как у большинства химиопрепаратов в соответствии с инструкцией недоступно подкожное или даже внутримышечное введение.

Таким образом, наибольшее использование метода лимфотропной терапии происходит в тех случаях, когда характер заболевания и клиническая картина могут обусловить использование лекарственных средств off-label за счет отсутствия эффекта предыдущей терапии и не несут юридических рисков для практикующих врачей.

Проведение исследований по эффективности и безопасности методов лимфотропной терапии в ближайшие 5–10 лет может существенно повысить способность влиять на патогенез заболеваний с использованием существующих на рынке медикаментов в первичном и специализированном звене медицинской помощи.

Библиографический список

1. *Акатова А.А., Гаряева Н.А., Балаболкин И.И.* [и др.] Обоснование и эффективность лимфотропного лечения ринколейкином сочетанной аллергической патологии у детей экологически нагруженных территорий // *Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2003. – С. 24–28.
2. *Выренков Ю.Е.* Клиническая лимфология. Итоги и перспективы развития. // *Вестник лимфологии*, 2012. – № 4. – С. 4–10. https://lymphologyjournal.com/catalog/detail.php?SECTION_ID=788&ID=17955
3. *Гаряева Н.А.* Морфофункциональные особенности лимфангионов сердца в норме и при экспериментальном застое лимфы: автореф. дис... канд. мед. наук – Симферополь, 1987. – 47 с.
4. *Гаряева Н.А.* Основные понятия, определения и термины в лимфологии // *Методические рекомендации к проведению занятий по теме «Лимфатическая система» для студентов и врачей ФУВ медицинских вузов.* – Пермь: ПГМА, 2001. – 18 с.
5. *Гаряева Н.А., Медянцова А.С.* [и др.] Метод лимфотропного лечения болевого синдрома у онкологических пациентов // *Бородинские чтения: материалы науч.-практ. конф., посвящ. 90-летию академика РАН Ю.И. Бородина.* – Новосибирск: ИПЦ НГМУ, 2019. – С. 96–104.
6. *Гаряева Н.А., Голдырева Е.В.* Морфология регионарных лимфатических узлов матки крысы в условиях лимфотропной терапии гнойного метрэндомиометрита // *Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2001. – С. 44–47.
7. *Гаряева Н.А., Завгородний И.Г., Гаряев К.П.* Лимфотропная терапия атеросклероза каротидных артерий // *Бородинские чтения: материалы междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 85-летию НГМУ.* – Новосибирск: ИПЦ НГМУ, 2020. – Т. 1. – С. 108–115.
8. *Гаряева Н.А., Шилов А.Б., Завгородний И.Г.* Технология создания модифицированного лекарственного раствора лимфотропной инъекции / *Междунар. конф., 28–29 октября 2008 года.* – Новосибирск: Манускрипт, 2008. – Т. 1. – С. 79.
9. *Гаряева Н.А., Акатова А.А., Цветкова Т.Ю.* [и др.] Патент РФ № 2001126915/14 от 03.10.2001.
10. *Гаряева Н.А., Акатова А.А., Цветкова Т.Ю.* [и др.] Патент РФ № 2001126916/14 от 03.10.2001.
11. *Гаряева Н.А.* Лимфотропная терапия как технология лимфатического доступа // *Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2001, – С. 40–44.
12. *Гаряева Н.А.* Научное обоснование лимфотропной терапии // *Проблемы лимфологии и интерстициального массопереноса: материалы науч. конф.* – Новосибирск, 2004. – С. 239–244.
13. *Гаряева Н.А., Завгородний И.Г., Пеленева И.М.* Местные и системные эффекты лимфотропной терапии // *Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2001. – С. 54–58.
14. *Голдырева Е.В., Гаряева Н.А.* Целесообразность лимфотропной антибиотикотерапии при хронических воспалительных заболеваниях женских половых органов // *Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы науч.-практ. конф.* – Пермь, 2001. – С. 47–49.
15. *Джугостран В.Я.* Непрямая эндолимфатическая химио- и антибиотикотерапия в лечении туберкулёза и неспецифических заболеваний лёгких // *Туберкулёз сегодня: проблемы и перспективы: сб. докл.* – М., 2000. – С. 128–130.
16. *Джумабаев С.У., Махмуджанов М.А., Маматов В.Ю.* Лимфотропная претрахеальная антибиотикотерапия — эффективный способ профилактики и лечения бронхолегочных осложнений // *Материалы междунар. симпозиума.* – Новосибирск, 1995. – С. 100–102.
17. *Джумабаев С.У., Рахимов М.С., Хакимов В.А.* Региональная лимфотропная терапия // *Хирургия.* – 1990. – № 11. – С. 70–73.

18. *Завгородний И.Г., Гаряева Н.А., Пеленева И.М., Акатова А.А.* Анатомо-топографическое обоснование и применение метода лимфотропной терапии при инфильтративном туберкулезе легких // Проблемы экспериментальной, клинической и профилактической лимфологии: материалы науч.-практ. конф. – Новосибирск, 2002. – С. 156–159.
19. Клиническая лимфология. Первая Всесоюзная конференция (Тезисы докладов). Ред. *Ю.М. Левин*. – М., Подольск, 1985. – 274 с.
20. *Коненков В.И., Бородин Ю.И., Любарский М.С.* Лимфология. – Новосибирск: Изд. дом «Манускрипт», 2012. — 1104 с.
21. *Кротов С.Ю., Путалова И.Н., Кротов Ю.А.* Методы системной и регионарной лимфотропной терапии в оториноларингологии // Российская оториноларингология. – 2020. – Т. 19. – № 4. – С. 82–89.
22. *Левин Ю.М.* Эндозкологическая медицина и эпицентральная терапия. Новые принципы и методы. – М.: Щербинская типография. 2000. – 343 с.
23. *Левин Ю.М.* Основы лечебной лимфологии. – М.: Медицина, 1986. – 287 с.
24. Лимфотропное введение лекарственных препаратов, утверждено Ученым медицинским советом Минздрава СССР, 1987 г. / Инструктивное письмо об использовании методов лимфотропной терапии, сост. *Левин Ю.М.* – 10 с.
25. *Малек Прокон* Вопросы патофизиологии лимфатической системы. – Прага, 1963. – 174 с.
26. Национальная медицинская библиотека [Электронный ресурс] – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/?term=%22lymphotropic+therapy%22> (дата обращения 25.11.2022).
27. *Орлов Р.С., Борисов А.В., Борисова Р.П.* Лимфатические сосуды. Структура и механизмы сократительной активности. – Л.: Наука, 1983. – 254 с.
28. *Пахтусова Н.А.* Роль лимфатической системы в оттоке жидкости из полости черепа у детей раннего возраста // Проблемы лимфологии и интерстициального массопереноса: материалы науч. конф. – Новосибирск, 2004. – С. 12–15.
29. *Пеленева И.М.* Клинико-экспериментальное обоснование оптимизации технологий лимфологического профиля в лечении больных туберкулезом легких: автореф. дис... д-ра. мед. наук. – Новосибирск, 2005. – 38 с.
30. *Пеленева И.М., Гаряева Н.А., Бурухина Л.В.* Эндолимфатическая терапия при туберкулезе и неспецифических заболеваниях лёгких // Метод. пособие. – Пермь: ГОУ ВПО ПГМА им. ак. Е.А. Вагнера, 2009. – 36 с.
31. *Самарцев В.А., Саноаков П.Я., Дьяченко М.И.* Лимфотропная терапия при эндоскопической хирургии холелитиаза и его осложнений // Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы II науч.-практ. конф. – Пермь, 2003. – С. 127–128.
32. *Субботина И.Н.* Регионарная лимфотропная терапия в комплексном лечении постоперационных иридоциклитов // Фундаментальная и клиническая лимфология – практическому здравоохранению: материалы II науч.-практ. конф. – Пермь, 2003. – С. 129–132.
33. *Adjei I.* Nanoparticle-mediated cancer therapy for primary and metastasized tumors. PhD. Thesis, 154 p. https://etd.ohiolink.edu/apexprod/rws_olink/r/1501/10?clear=10&p10_accession_num=case1386342707
34. *Chachaj A., Gąsiorowski K., Szuba A.* [et. al.] Lymphatic system in the brain clearance mechanisms - new therapeutic perspectives for Alzheimer's disease. *Curr Neuropharmacol.* 2022 Apr 11. doi: 10.2174/1570159X20666220411091332.
35. *Da Mesquita S., Louveau A.* [et. al.] Functional aspects of meningeal lymphatics in ageing and Alzheimer's disease. *Nature.* 2018 Aug;560(7717):185–191. doi: 10.1038/s41586-018-0368-8.
36. *Desai K.V., Laine G.A., Stewart R.H., Cox C.S. Jr., Quick C.M., Allen S.J., Fischer U.M.* Mechanics of the left ventricular myocardial interstitium: effects of acute and chronic myocardial edema // *Am. J. Physiol. Heart Circ. Physiol.* – 2008 Jun; 294(6):H2428-34. doi: 10.1152/ajpheart.00860.2007. Epub 2008 Mar 28. PMID: 18375722.
37. *Ding D., Wang X.* [et. al.] Research on the Glial-Lymphatic System and Its Relationship With Alzheimer's Disease. *Front Neurosci.* 2021 Jun 16;15:605586. doi: 10.3389/fnins.2021.605586.
38. *Gariaeva N.A., Zavgornii I.G., Garyaev K.P.* [et. al.] Lymlym Study To Investigate Efficacy And Safety Of Lymphotropic Treatment (Indirect Endolymphatic Injections) Of Secondary And Primary Lymphedema // XVIII Congress of Lymphology. *Lymphology* (54) (2021) suppl. – Athens, 2021. – P. 102.
39. *Hernández-Ruiz V., Forestier E., Gavazzi G.* [et. al.] Subcutaneous Antibiotic Therapy: The Why, How, Which Drugs and When. *Journal of the American Medical Directors Association*, 22(1), 50-55.e6. <https://doi.org/10.1016/j.jamda.2020.04.035>.
40. *Louveau A., Da Mesquita S., Kipnis J.* Lymphatics in Neurological Disorders: A Neuro-Lympho-Vascular Component of Multiple Sclerosis and Alzheimer's Disease? *Neuron.* 2016 Sep. 7;91(5):957-973. doi: 10.1016/j.neuron.2016.08.027.
41. *Michael Foldi.* Foldi's textbook of Lymphology. 3rd ed. – 658 p.

42. Gariaeva N., Zavgorodnii I. [et. al.] 1 Fundamental grounds for lymphotropic chemotherapy // Lymphology journal Progress in Lymphology XXV, Proceedings of the 25th Congress of Lymphology XXV, San Francisco, California September 7-11, 2015, 73–77 pp, 2015.
43. Semkin V.A., Vozgoment O.V., Nadtochiy A.G., Ivanova A.A. Limfotropnaya terapiya pri lechenii patsientov s vtorichnoi limfedemoi chelyustno-litsevoi oblasti [Lymphotropic therapy in the treatment of patients with postoperative secondary lymphedema of the maxillofacial region] // Stomatologiya (Mosk). 2022;101(4):47-52. Russian. doi: 10.17116/stomat202210104147. PMID: 35943500.
44. Vyrenkov Yu.E. Clinical Lymphology Results and development prospects // Vestnik limfologii. 2012;4:4–10. (in Russ.). https://lymphology-journal.com/catalog/detail.php?SECTION_ID=788&ID=17955 10.
45. Xu X., Lin H., Lv H., Zhang M., Zhang Y. Adventitial lymphatic vessels—An important role in atherosclerosis. // Med. Hypotheses. 2007;69:1238–1241.
46. Yeni H. Yücel, Kirsten Cardinell, Shireen Khattak, Xun Zhou, Michael Lapinski, Fang Cheng, Neeru Gupta Active Lymphatic Drainage From the Eye Measured by Noninvasive Photoacoustic Imaging of Near-Infrared Nanoparticles. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2018;59(7):2699-2707. doi: <https://doi.org/10.1167/iovs.17-22850>.

LYMPHOTROPIC THERAPY: HISTORY, ACHIEVEMENTS, PROSPECTS

Gariaeva N.A., Zavgorodnii I.G., Garyaev K.P.

LLC «International Center of Clinical Lymphology»

For citation:

Gariaeva N.A., Zavgorodnii I.G., Garyaev K.P. Lymphotropic therapy: history, achievements, outlook // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 17–26. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.2>

In the article, the role of the Soviet, Russian and European schools of lymphologists is assessed in development of the lymphotropic therapy as a method of medical correction of structures and functions of lymphatic system. The influence of lymphotropic therapy on pathogenesis of infectious, degenerative, allergic, and autoimmune diseases in the context of morphology and physiology of the lymphatic system is described. The paper provides data on the effectiveness of lymphotropic therapy, describes local and systemic effects of lymphotropic therapy. Lymphotropic therapy is considered as an alternative way to deliver modified drug compositions to the lesion site via vascular (lymphatic) and extravascular (interstitial) transport. An overview of the implementation of lymphotropic therapy in various areas of clinical practice is given. In addition, the authors analyze the problems and prospects for further research on the application of lymphotropic therapy in Russia and abroad.

Key words: *lymphology, pathogenesis, indirect endolymphatic therapy, lymphotropic therapy, lymphatic region, interstice, interstitial transport, lymphotropic interstitial injection, drug composition.*

Сведения об авторах

Гаряева Надежда Александровна, доктор медицинских наук, профессор, директор, Общество с ограниченной ответственностью «Международный центр клинической лимфологии» (ООО «МЦКЛ»); e-mail: garyaeva@mail.ru

Завгородний Игорь Геннадьевич, кандидат медицинских наук, профессор, старший научный сотрудник, ООО «МЦКЛ»); e-mail: izavg@mail.ru

Гаряев Константин Павлович, заместитель директора, ООО «МЦКЛ»); e-mail: ceo@lymphatech.ru

Материал поступил в редакцию: 15.02.2023 г.

ОРГАНИЧЕСКОЕ ВЕЩЕСТВО ЦЕЛИННОЙ И ПАХОТНОЙ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПРЕДУРАЛЬЯ

Н.Е. Завьялова, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*
М.Т. Васбиева, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*
Д.Г. Шишков, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Для цитирования:

Завьялова Н.Е., Васбиева М.Т., Шишков Д.Г. Органическое вещество целинной и пахотной дерново-подзолистой почвы Предуралья // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 27–40.
<https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.3>

В длительном стационарном опыте 1978 года закладки изучены содержание и качественный состав органического вещества ($C_{орг}$) пахотной дерново-подзолистой почвы при внесении различных доз НРК и проведено сравнение с целинной почвой под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом. Установлено, что при внесении минеральных удобрений в дозе 60 кг д.в./га и более в почве обеспечивается динамическое равновесие. При этом содержание $C_{орг}$ стабилизировалось на уровне, близком к исходному, и составило 1,14–1,19%. Доля подвижного органического вещества к общему углероду исследуемой почвы составляла 21–24%, что характерно для дерново-подзолистых почв. Распределение углерода по слоям почвы убывающее. Основные запасы органического углерода сосредоточены в слое 0–40 см и составляют 53–65% от запасов в метровом слое (77–101 т/га). В целинной почве запасы $C_{орг}$ в слое 0–20 см составляют 31–41 т/га, в метровом слое – 71–82 т/га. Исследуемые гуминовые кислоты (ГК) по содержанию конституционных элементов (С, Н, N, O, S) соответствуют средним показателям для класса гуминовых кислот дерново-подзолистых почв. При увеличении дозы минеральных удобрений (НРК) интенсивнее идет трансформация свежего органического вещества, в составе гуминовых кислот увеличивается доля ароматических структур. По данным элементного анализа, отношение Н:С в гуминовых кислотах варианта $N_{150}P_{150}K_{150}$ составило 1,25, в целинной почве – 1,43–1,56. По данным ИК-спектроскопии выявлены более интенсивные колебания группы С=О ароматических колец в области 1 605–1 670 $см^{-1}$ при максимальной дозе НРК.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва, органическое вещество, дозы удобрений, элементный состав, гуминовые кислоты, инфракрасная спектроскопия.

Введение

Плодородие дерново-подзолистых почв тесно связано с содержанием и качеством органического вещества (ОВ) [1, 2]. ОВ является одновременно аккумулято-

ром и источником энергии для протекающих в почве процессов, поддерживая нормальный обмен и круговорот энергии и вещества в агроландшафте, обеспечивает жизнедеятельность почвенных организ-

мов, выполняющих значительную механическую работу, а также биохимические и химические реакции, составляющие основу почвообразования [3].

Содержание ОВ в почве зависит от количества и состава поступающих органических остатков, скорости их гумификации и минерализации. Приходная часть баланса ОВ в агроэкосистемах складывается в основном за счет гумификации растительных остатков (пожнивных и корневых) и внесения органических удобрений. Поступающее в почву органическое вещество перерабатывается в трофических цепях, конечным деструктивным звеном которых являются микроскопические грибы и бактерии. Они осуществляют минерализацию органических веществ с возвратом углекислого газа в атмосферу.

В последние десятилетия для большинства почв сельскохозяйственных угодий большое значение приобрела проблема, связанная с увеличением интенсивности разложения органического вещества почв и развитием процессов дегумификации. Основная причина дегумификации окультуренных почв – применение систем земледелия, которые не могут обеспечить положительный или бездефицитный баланс питательных веществ и ОВ. Отрицательный годовой баланс ОВ крайне опасен в экологическом отношении, поскольку ОВ – гарант продуктивности, обеспечивающий экологическую устойчивость биосферы в целом [3, 4].

Методика проведения исследований

Экспериментальную работу проводили на базе длительного стационарного опыта «Влияние доз и соотношений минеральных удобрений на урожай полевых культур в факториальном опыте», заложенного в 1978 г. на опытном поле Пермского НИИСХ ПФИЦ УрО РАН. Почва под опытом дерново-подзолистая тяжелосуглинистая (Eutric Albic Retisols (Abruptic, Loamic, Cutanic)).

Севооборот восьмипольный с чередованием культур: чистый пар, озимая рожь, картофель, пшеница, клевер 1 г.п., клевер 2 г.п., ячмень, овес.

На момент закладки опыта почва имела следующие усредненные агрохимические показатели: рН_{KCl} 5,6; гидролитическая кислотность – 2,0, обменная – 0,025, сумма поглощенных оснований – 21,0 мг–экв/100 г почвы, содержание гумуса по Тюрину – 2,12%, подвижных форм фосфора в пахотном слое 175, обменного калия 203 мг/кг почвы (по Кирсанову). Известкование почвы проводили перед закладкой опыта по 1,0 г.к. Опыт заложен в 2 полевых закладках в 2-кратной повторности, размещение вариантов рендомизированное. Общая площадь делянки 120 м², учетная – 76,4 м².

Пахотные почвы сравнивали с целинной почвой под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом (выделены стационарные участки, примыкающие непосредственно к опытному полю).

Лес смешанный хвойно-лиственный с богатым травяным покровом. В древостое широко представлены береза, осина, реже клен, из хвойных – ель, пихта, сосна. Хорошо развит второй ярус и подлесок из рябины, липы, ольхи, черемухи и др. В напочвенном покрове преобладают кисличные, кислично-папоротниковые и разнотравно-злаково-папоротниковые растительные сообщества. Толщина лесной подстилки под пологом смешанного леса составляет около 3 см.

Видовой состав травостоя естественного злаково-разнотравного луга: 62,0 – злаковые, 13,5 – бобовые, 24,5% – разнотравье. Травостой не отчуждается.

Органическое вещество почвы выражали через углерод (C_{орг}). Содержание C_{орг} в почве оценивали методом бихроматного окисления с титриметрическим окончанием.

Элементный анализ гуминовых кислот выполняли в Институте технической химии ПФИЦ УрО РАН на приборе Vario EL cube CHNS Mode (Elementar, Германия). Количество кислорода вычисляли по разности.

ИК-спектры поглощения регистрировали на Фурье-спектрометре VERTEX-80v (фирмы «Bruker», Германия) в диапазоне

4000–400 см⁻¹ при спектральном разрешении 2 см⁻¹. Для записи анализируемых образцов использовали метод приготовления таблетки с бромидом калия (KBr), т.к. KBr не имеет полосы поглощения в диапазоне 4000–250 см⁻¹, что позволяет получать спектр исследуемого вещества без искажений. Образцы тщательно измельчали в агатовой ступке, затем смешивали с порошком KBr в пропорции 1:100. Приготовленную смесь прессовали под давлением в специальной пресс-форме при комнатной температуре и получали таблетку. Обработку спектров проводили с помощью пакета прикладных программ OPUS.

Результаты исследований

Сравнительные данные, полученные в условиях агроценозов и ненарушенных земель, дают возможность оценить характер изменений, вызываемых антропогенными воздействиями. Наиболее высокое содержание органического углерода (2,69%) отмечено в дерново-подзолистой почве под смешанным лесом (слой 3–20 см). Почва смешанного хвойно-лиственного леса также характеризовалась повышенной кислотностью (рН_{KCl} 3,8), высокой гидролитической кислотностью (7 мг-экв./100 г). Содержание С_{орг} в почве злаково-разнотравного луга в слое 0–20 см составляло 1,25%, что характерно для дерново-подзолистых почв Предуралья.

Анализ экспериментальных данных по содержанию С_{орг} под культурами севооборота в длительном стационарном опыте позволил выявить динамику этого показателя

в зависимости от дозы полного минерального удобрения. Тренды динамики С_{орг} показывают, что в пятой ротации севооборота уровни его содержания установились различными в зависимости от вариантов опыта и гидротермических условий вегетационного периода (табл. 1). Интенсивное падение органического углерода зафиксировано на контроле, убыль по годам варьировалась в интервале 11–19% от исходного. Внесение NPK в дозе 30 кг д.в./га под зерновые культуры не оказало значимого влияния на содержание органического углерода в почве, т.к. внесенные удобрения расходовались, прежде всего, на компенсацию выноса элементов питания культурами севооборота.

При внесении минеральных удобрений в дозе 60 д.в./га устанавливалось динамическое равновесие. За счет повышения урожайности полевых культур и, как следствие, увеличения органического вещества пожнивно-корневых остатков, поступающих в почву, содержание С_{орг} стабилизировалось на уровне, близком к исходному, и составило 1,14–1,19%. Существенного изменения гумусированности почвы в пятой ротации севооборота не наблюдали, по-видимому, в почве изучаемых вариантов после длительного применения возрастающих доз NPK установились стационарные уровни, разные по величине: минимальный – в почве контрольного варианта, максимальный – в варианте NPK 150 кг д.в./га. Сохранение исходного содержания С_{орг} в почве (1,19–1,28%, НСР₀₅ – 0,16) наблюдали на

Таблица 1.

Влияние различных доз минеральных удобрений на динамику органического углерода дерново-подзолистой почвы длительного опыта (V ротация),%

Варианты	Озимая рожь	Картофель	Яровая пшеница	Клевер 1 г.п.	Клевер 2 г.п.	Ячмень	Овес
Без удобрений	1,03	1,08	1,00	1,09	1,00	1,04	1,04
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	1,10	1,07	0,96	1,10	1,05	1,06	1,06
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	1,15	1,13	1,08	1,13	1,17	1,14	1,19
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	1,18	1,19	1,10	1,18	1,20	1,18	1,25
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	1,27	1,26	1,18	1,25	1,25	1,18	1,24
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	1,28	1,38	1,19	1,23	1,28	1,19	1,25
НСР ₀₅	0,16	0,14	0,15	0,15	0,16	0,15	0,19

вариантах с внесением минеральных удобрений под зерновые культуры севооборота в дозах – NPK по 60 – 150 кг д.в./га. Очевидно, небольшие тренды содержания $S_{орг}$ по годам обусловлены различным количеством пожнивно-корневых остатков, поступающих в почву, а также, возможно, наличием аналитической ошибки, пространственной вариабельностью и собственно сезонной составляющей.

Возрастающие дозы NPK не оказали существенного влияния на изменение органо-профиля исследуемой почвы (табл. 2). Распределение углерода по слоям почвы убывающее. Математически не доказано изменение содержания углерода по вариантам опыта на глубине ниже 20 см. Следует отметить тенденцию к увеличению $S_{орг}$ в слое 20–40 см при длительном внесении NPK по 60 кг д.в./га. и более. Основные запасы органического углерода сосредоточены в слое 0–40 см и составляют 53–65% от запасов в метровом слое. В целинной почве наблюдается резкое (в 5,5 раза под лесом и 2,4 раза под лугом) уменьшение органического углерода в горизонте 20–40 см, в нижележащих горизонтах содержание этого элемента практически не меняется.

В соответствии с современными представлениями, органическое вещество состоит из двух основных пулов: активного (трансформируемого) и устойчивого (инертного), роль которых в почвенном

плодородии неодинакова [5–9]. Трансформируемая часть ОВ служит наиболее доступным источником питания растений, определяет биологическую активность и другие агрохимические свойства почв, заметно изменяется под влиянием различных агротехнических приемов. Трансформируемая часть ОВ участвует в круговороте углерода и других элементов, формирует основные функции органического вещества и определяет эффективное плодородие почвы. В состав трансформируемого органического вещества входят подвижные формы углерода, извлекаемые из почвы растворителями различной жесткости (вода, растворы солей и щелочей и др.), содержание которых в почве влияет на урожай возделываемой культуры. Содержание подвижного (лабильного) органического вещества (ЛОВ) в почве зависит от различных природных и антропогенных факторов. В настоящее время накоплен большой экспериментальный материал, свидетельствующий о тесной положительной связи подвижного (лабильного) углерода с плодородием почв [5, 10–13]. Очевидно, что для каждого региона и для каждого типа почвы концентрация лабильного органического вещества будет неодинаковой.

Инертный углерод является своеобразным «органическим скелетом» почвы. По определению М. Кёршенса, эта часть углерода термодинамически и биологически наиболее устойчива и отражает гене-

Таблица 2.

Изменение содержания $S_{орг}$ по профилю почвы при длительном применении различных доз минерального удобрения (V ротация)

Варианты	Содержание $S_{орг}$, %					Запасы $S_{орг}$, т/га		
	0–20	20–40	40–60	60–80	80–100	0–20	0–40	0–100
Без удобрений	1,04	0,76	0,42	0,28	0,19	29	50	77
(NPK) ₃₀	1,06	0,57	0,55	0,44	0,32	29	45	85
(NPK) ₆₀	1,19	0,80	0,39	0,32	0,26	32	53	82
(NPK) ₉₀	1,25	0,86	0,57	0,45	0,39	34	58	101
(NPK) ₁₂₀	1,24	0,71	0,52	0,34	0,29	35	54	89
(NPK) ₁₅₀	1,25	0,80	0,44	0,33	0,32	36	57	91
Смешанный лес	2,69	0,49	0,44	0,49	0,44	41	52	82
Злаково-разнотравный луг	1,25	0,53	0,32	0,26	0,29	31	44	74
НСР ₀₅	0,19	0,23	0,18	0,20	0,25	5	6	20

тические особенности почв. При длительном экстенсивном использовании почвы активная часть ОВ может пополняться за счет инертной, что вызывает деградацию почв. Пул т.н. инертного гумуса учеными почвенного института им. В.В. Докучаева и почвоведомы Германии отождествляется с величиной минимального содержания гумуса в почве.

Внесение в почву возрастающих доз полного минерального удобрения привело к увеличению подвижного углерода в пахотном (0–20 см) слое с 0,21–0,28 на контрольном варианте до 0,28–0,43% к массе почвы на варианте N₁₅₀P₁₅₀K₁₅₀ (табл. 3).

Доля подвижного органического вещества к общему углероду почвы составляет 21–24%, что характерно для дерново-подзолистых почв [14]. Установлена тесная корреляционная связь между содержанием C_{0,1нNaOH} и наличием общего углерода в почве, r=0,96. На накопление подвижного органического углерода в исследуемой почве оказала влияние величина актуальной кислотности, между рН_{KCl} и концентрацией углерода в щелочной вытяжке установлена обратная зависимость, r = – 0,87.

Для дерново-подзолистых почв широкое использование в агрохимических исследованиях в настоящее время получил метод определения лабильного гумуса в 0,1 М нейтральной пирофосфатной вытяжке, предложенный учеными Почвенного института им. В.В. Докучаева. Дан-

ным экстрагентом извлекается органическое вещество, являющееся, по мнению авторов, наиболее «молодым», непрочно связанным с минеральной частью почвы. Отмечается, что в данную вытяжку могут переходить и довольно «зрелые» фракции ОВ [15].

В условиях нашего опыта в нейтральный 0,1 М раствор пирофосфата натрия перешло несколько меньшее количество органического углерода, чем в щелочной. Содержание углерода в данной вытяжке варьировало от 0,13–0,20% до 0,20–0,37% к массе почвы. Доля лабильного органического вещества в составе общего углерода составляет 14,6–16,8%.

Экстрагирование лабильного органического углерода горячим водным раствором позволяет выявить отчетливые различия в содержании их в почве при внесении различных доз минеральных удобрений. При этом в первую очередь происходит извлечение наиболее его подвижной части, а менее подвижная часть, прочно удерживаемая на поверхности почвенных частиц, не переходит в раствор [16]. Максимальное содержание углерода водной вытяжки было определено в почве севооборотного поля после уборки клевера 1 года пользования 168–105 мг/кг.

Методом корреляционно-регрессионного анализа выявлена связь урожайности картофеля с содержанием подвижного углерода в почве, r = 0,72–0,96. Корре-

Таблица 3.

Динамика содержания подвижных компонентов в составе органического вещества, % к массе почвы

Варианты	C _{эв} , мг/кг				C _{0,1н NaOH} , %				C _{0,1M Na4P2O7} , %			
	2012	2013	2014	2018	2012	2013	2014	2018	2012	2013	2014	2018
Без удобрений	106	98	168	114	0,20	0,21	0,28	0,21	0,13	0,15	0,20	0,20
N ₃₀ P ₃₀ K ₃₀	86	108	200	123	0,25	0,16	0,26	0,16	0,15	0,14	0,28	0,18
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	106	158	243	117	0,37	0,23	0,26	0,23	0,15	0,18	0,32	0,19
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	160	204	274	123	0,41	0,24	0,31	0,25	0,19	0,18	0,35	0,19
N ₁₂₀ P ₁₂₀ K ₁₂₀	119	130	293	97	0,42	0,26	0,34	0,22	0,20	0,19	0,41	0,18
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	186	120	305	105	0,43	0,28	0,37	0,27	0,23	0,20	0,37	0,21
Смешанный лес	816	620	–	293	0,66	0,62	–	0,53	0,61	0,57	–	0,34
Злаково-разнотравный луг	336	275	–	152	0,20	0,19	–	0,18	0,19	0,20	–	0,18
НСР ₀₅	15	20	20	24	0,04	0,04	0,03	0,07	0,03	0,04	0,04	0,06

ляционная зависимость между содержанием $C_{эГВ}$, $C_{0,1н NaOH}$, $C_{0,1M Na_4P_2O_7}$ и урожайностью пшеницы, $r = 0,75, 0,60$ и $0,71$ соответственно. Между урожайностью клевера 1 года пользования с содержанием углерода в водной, щелочной и пирофосфатной вытяжках установлена корреляционная зависимость средней силы, $r = 0,41; 0,30; 0,63$ соответственно. Внесение полного минерального удобрения в возрастающих дозах способствовало накоплению подвижных компонентов в составе органического вещества. Выявлена слабая корреляционная зависимость урожайности овса от содержания в почве углерода водной вытяжки, $r=0,45$; средней силы с углеродом щелочной и пирофосфатной вытяжки, $r = 0,60; 0,64$ соответственно.

Почва под смешанным лесом характеризовалась наибольшим содержанием углерода в водной (293–816 мг/кг), щелочной (0,53–0,66 %) и пирофосфатной (0,43–0,61%) вытяжках. Это связано, прежде всего, с большим количеством поступающего в почву органического материала в виде опада хвойных и лиственных деревьев и растительности напочвенного покрова. Дерново-подзолистая почва злаково-разнотравного луга по содержанию подвижного и лабильного органического вещества близка к пахотной почве. Содержание углерода в водной вытяжке выше, чем в различных вариантах пахотной почвы из-за большого количества ежегодно отмирающей надземной массы и отсутствия механической обработки почвы.

С помощью комплекса инструментальных методов анализа (элементный, ИК-спектроскопия) изучены состав и химическая структура гуминовых кислот, выделенных препаративно из дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почвы длительного опыта.

Ранее считалось, что органическое вещество почвы состоит из стабильных и уникальных в химическом отношении соединений. Однако имеющиеся в литературе данные не подтверждают образование стойких «гуминовых веществ» большого размера в почвах. Органическое вещество

почвы подвергается непрерывному разрушению, создавая континуум более или менее разложившихся материалов разного размера, состава и структуры [17, 18].

Гуминовые кислоты (ГК) являются агрономически ценной фракцией органического вещества, так как проявляют высокую функциональную активность, определяют специфику водных, физических, химических и тепловых свойств почвы. Их состав и структура зависят от условий почвообразования и изменяются при антропогенном воздействии на почву [19, 20].

Использование современных методов спектроскопического анализа, в частности методов ядерного магнитного резонанса, позволило более детально охарактеризовать химический состав гуминовых веществ в почвах. Ученые пришли к выводу, что гуминовые вещества, и гуминовые кислоты в частности, не являются гетерополимерами, а представляют собой «супрамолекулярные ассоциации самособирающихся гетерогенных и относительно небольших молекул, образующихся в результате деградации и разложения мертвого биологического материала». Формирование супрамолекулярных агрегатов обеспечивается невалентными взаимодействиями (ароматические π - π и гидрофобные взаимодействия, силы Ван-дер-Ваальса, электростатические и водородные связи) [21–26].

Основным критерием определения гуминовых веществ, по мнению Международного общества по гуминовым веществам (IHSS) и Американского общества почвоведов, на сегодняшний день по-прежнему является растворимость в щелочах [27]. Разная растворимость гуминовых веществ в кислотно-щелочных средах положена в основу их деления на гуминовые кислоты, фульвокислоты и неэкстрагируемый остаток (гумин).

Элементный состав является одной из важнейших характеристик гумусовых кислот как особого класса органических соединений и используется в связи с генетическими почвенными исследованиями. Посредством определения элементного

состава дается оценка особенностей органического вещества типов – подтипов, разновидностей почв (включая культурные варианты). Исходным и априорным основанием для такого рода оценок служит соответствие состава гумусовых кислот условиям почвообразования [19].

Сведения об элементном составе гуминовых кислот используются для определения степени их бензоидности, характеризуют направление процесса гумитрификации и позволяют получить информацию об общих принципах построения макромолекул и некоторых особенностях их свойств [19, 28–30]. Средний элементный состав гуминовых кислот различных типов почв оказывается довольно близким. Содержание углерода варьируется в интервале 36,2–42,5, водорода 32,0–43,5, кислорода 16,7–22,3, азота 1,7–3,2 ат. % [19].

Выражение результатов элементного анализа в атомных процентах позволяет выявить роль отдельных элементов в построении гуминовых кислот и дает информацию о тех изменениях, которые происходят с гумусовыми веществами в ходе почвообразования. Соотношения Н:С, О:С и С:N характеризуют направление процессов трансформации гуминовых кислот при антропогенном воздействии на почву. Соотношение Н:С определяет степень обогащенности структуры ГК ароматическими

фрагментами, О:С – степень окисленности, С:N – отражает роль азотсодержащих компонентов в построении структуры гуминовых кислот [19, 28, 29].

Исследуемые гуминовые кислоты по содержанию конституционных элементов (С, Н, N, О) соответствуют средним показателям [19] для класса гуминовых кислот дерново-подзолистых почв (табл. 4).

Данные элементного анализа ГК целинной дерново-подзолистой почвы под лесом и лугом свидетельствуют о том, что в условиях промывного режима, пониженного содержания обменных оснований из обогащенных целлюлозо-лигнинным комплексом растительных остатков с низким содержанием азота формируются гуминовые кислоты с пониженным содержанием углерода и азота в составе супрамолекулярных агрегатов. Низкая микробиологическая активность приводит к уменьшению скорости минерализации органического материала – растительных остатков, что приводит к возрастанию доли алифатических группировок, отношение Н:С составляет 1,43–1,56.

В пахотной почве исследуемые ГК имели свои особенности и их состав зависел от применяемых доз удобрений. Отмечено увеличение содержания углерода в супрамолекулярных агрегатах ГК с увеличением дозы минерального удобрения от

Таблица 4.

Элементный состав, атомные отношения и степень окисленности (W) гуминовых кислот пахотной и целинной дерново-подзолистой почвы

Вариант	Содержание, %					Атомные отношения			W
	С	Н	О	N	S	Н:С	О:С	С:N	
Без удобрений	<u>50,6</u> 32,7	<u>5,9</u> 46,1	<u>38,3</u> 18,6	<u>4,4</u> 2,5	<u>0,7</u> 0,2	1,41	0,57	13,3	-0,27
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	<u>51,3</u> 33,0	<u>6,0</u> 46,3	<u>37,4</u> 18,1	<u>4,5</u> 2,5	<u>0,9</u> 0,2	1,40	0,55	13,4	-0,31
N ₉₀ P ₉₀ K ₉₀	<u>51,4</u> 33,3	<u>5,9</u> 45,7	<u>37,3</u> 18,1	<u>4,7</u> 2,6	<u>0,7</u> 0,2	1,37	0,54	12,8	-0,28
N ₁₅₀ P ₁₅₀ K ₁₅₀	<u>51,8</u> 34,6	<u>5,4</u> 43,3	<u>38,1</u> 19,1	<u>4,0</u> 2,3	<u>0,7</u> 0,2	1,25	0,55	15,0	-0,15
Лес смешанный	<u>47,9</u> 30,5	<u>6,2</u> 47,5	<u>41,3</u> 19,7	<u>3,8</u> 2,1	<u>0,8</u> 0,2	1,56	0,65	14,8	-0,26
Злаково-разнотравный луг	<u>49,1</u> 32,1	<u>5,8</u> 45,7	<u>40,0</u> 19,6	<u>4,2</u> 2,4	<u>0,8</u> 0,2	1,43	0,61	13,6	-0,20

Примечание: над чертой – массовая доля, под чертой – атомная доля (все расчеты приведены на обеззоленные препараты).

32,7 на контроле до 34,6 ат. % при максимальной дозе НРК; изменения в содержании водорода и азота имели обратную тенденцию. Процесс трансформации органического вещества при внесении минеральных удобрений сопровождался окислением ГК, содержание в них кислорода увеличивалось от 18,6 в варианте без удобрений до 19,1 ат. % при $N_{150}P_{150}K_{150}$.

Во всех вариантах отношение Н:С было больше единицы, что свидетельствует о преобладании алифатических фрагментов в структуре ГК. Отмечена тенденция уменьшения отношения Н:С в составе гуминовых кислот с увеличением дозы НРК. Гуминовые кислоты почвы в варианте $N_{150}P_{150}K_{150}$ имели самое высокое содержание углерода среди исследуемых вариантов опыта и самое низкое – водорода. Полученное соотношение Н:С в ГК этого варианта указывает на более высокую долю ароматических фрагментов в их структуре по сравнению с другими вариантами длительного стационарного опыта (рис. 1).

Количество азота в составе ГК целинной почвы и почвы длительного стационарного опыта варьировалось от 2,1 до 2,6 ат. %. Самое низкое содержание азота наблюдали в ГК целинной почвы под смешанным лесом. В почве длительного

стационарного опыта гуминовые кислоты в варианте $N_{90}P_{90}K_{90}$ были более насыщены азотом, чем гуминовые кислоты других вариантов, и характеризовались самым узким отношением С:N=12,77. Процесс гумификации сопровождается повышением степени окисленности (W) гуминовых кислот. Гуминовые кислоты изучаемых дерново-подзолистых почв имели восстановленный характер (-0,15...-0,31). Степень окисленности гуминовых кислот целинной почвы и пахотной почвы контрольного варианта длительного опыта была на одном уровне. Отмечено увеличение степени окисленности при длительном внесении минеральных удобрений в дозе $N_{150}P_{150}K_{150}$.

Трансформация органического вещества в варианте без удобрений протекала в направлении образования гуминовых кислот с преобладанием в их составе алифатических структур, что свидетельствует о слабой степени гумификации растительных остатков.

Таким образом, в почвенно-климатических условиях Предуралья формируются гуминовые кислоты с преобладанием в их составе алифатических структур. Внесение в почву возрастающих доз минеральных удобрений увеличивает интенсив-

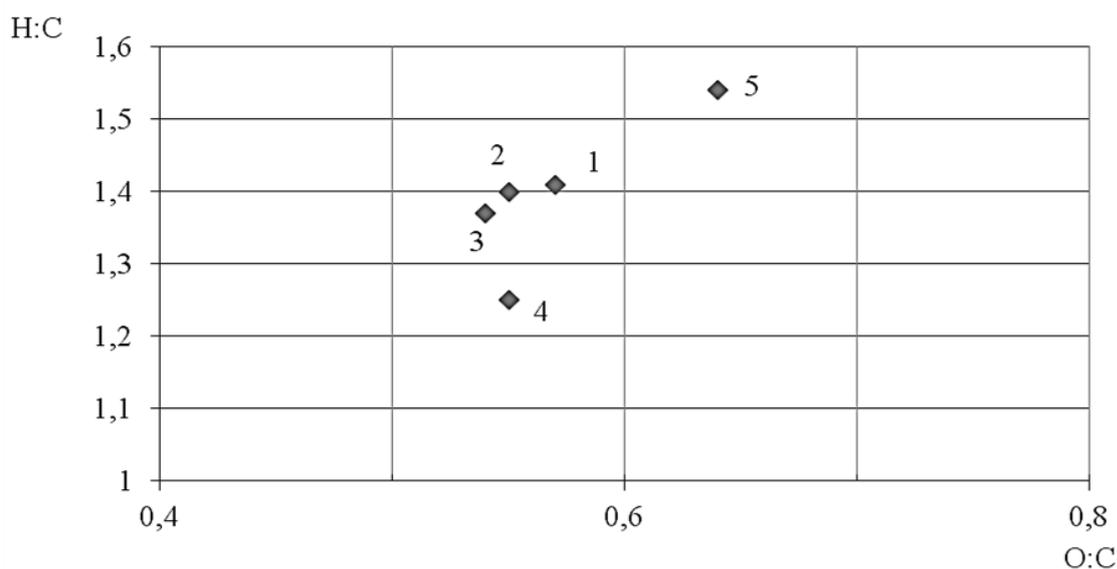


Рис. 1. Диаграмма атомных отношений ГК дерново-подзолистой почвы длительного опыта и смешанного леса: 1 – без удобрений, 2 – $N_{60}P_{60}K_{60}$, 3 – $N_{90}P_{90}K_{90}$, 4 – $N_{150}P_{150}K_{150}$, 5 – лес смешанный

ность процессов минерализации гуминовых веществ и способствует накоплению в составе супрамолекулярных ассоциаций ГК ароматических структур с наиболее высоким содержанием углерода. В этом же ряду нарастает обогащенность гуминовых кислот кислородом, повышается относительная степень окисленности.

Инфракрасная спектроскопия является обязательным и важнейшим диагностическим методом исследования гумусовых веществ. Метод позволяет идентифицировать атомные группировки, дает информацию о типе связей и элементах структуры молекул гуминовых кислот. Совокупность и интенсивность полос поглощения позволяют судить о роли ароматических и алифатических фрагментов в структуре молекул. При сравнительном изучении спектров было выявлено, что гуминовые кислоты из разных типов почв имеют однотипные ИК-спектры, что позволяет говорить об общем мотиве их построения. Общность спектров привела к выводу о существовании особого класса соединений, образование которых обусловлено одинаковыми и направленными закономерностями. ИК-спектры используют как характерный диагностический признак гуминовых кислот [19, 29–37].

Наряду с общностью гуминовых кислот как особого класса соединений инфракрасные спектры позволяют выявить и некоторые особенности, связанные с условиями их образования [19]. Инфракрасные спектры гуминовых кислот почвы под смешанным лесом и злаково-разнотравным лугом типичны для дерново-подзолистых почв (рис. 2, 3). Они характеризуются большим набором полос поглощения. Полосы поглощения в области $2\ 800\text{--}3\ 000\ \text{см}^{-1}$ обусловлены валентными колебаниями C–H метильных (CH₃) и метиленовых (CH₂) группировок. Более сильное поглощение в этой области наблюдается в спектре ГК почвы злаково-разнотравного луга, что указывает на более развитую алифатическую часть макромолекул, чем в ГК под смешанным лесом. Широкая полоса поглощения в области $3\ 300\text{--}3\ 500\ \text{см}^{-1}$ ответственна за водородные связи. Интенсивное поглощение в области $1\ 700\text{--}1\ 720\ \text{см}^{-1}$ обусловлено колебаниями групп >C=O карбоновых кислот.

На присутствие ароматических колец в молекулах ГК указывает полоса поглощения при $1\ 605\text{--}1\ 670\ \text{см}^{-1}$, которая обусловлена валентными колебаниями сопряженных двойных связей углеродных атомов. Очень слабая полоса (плечо) в области

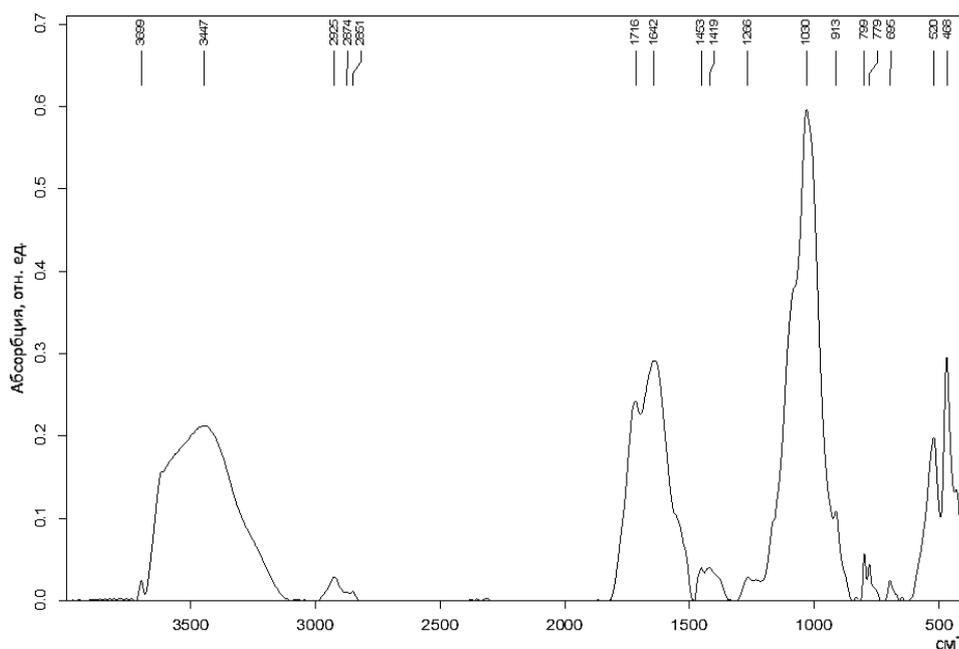


Рис. 2. Инфракрасный спектр гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы под смешанным лесом

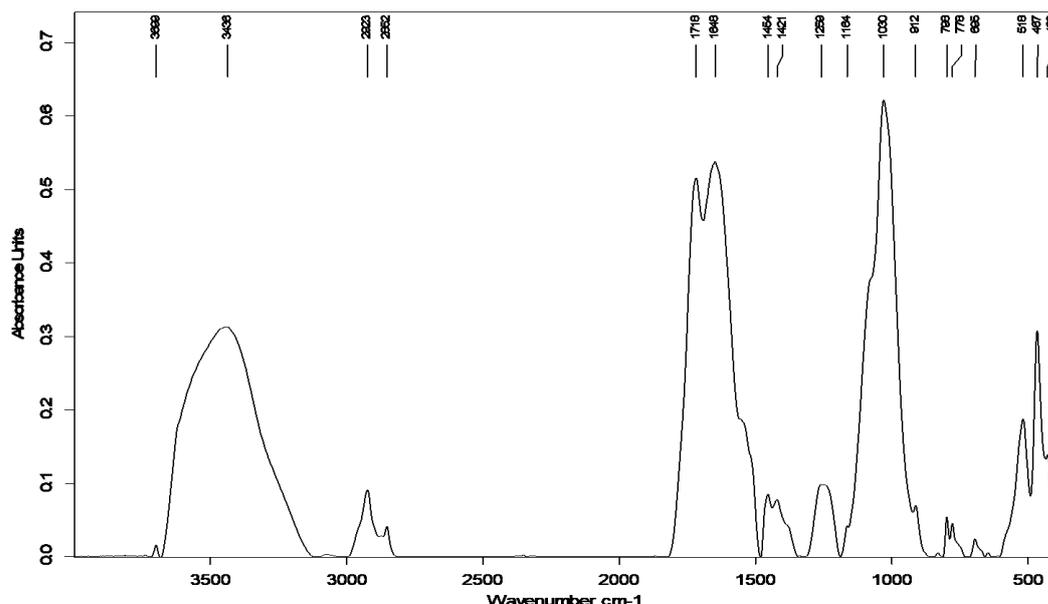


Рис. 3. Инфракрасный спектр гуминовых кислот дерново-подзолистой почвы под разнотравно-злаковым лугом

1 510 cm^{-1} свидетельствует о наличии ароматических $\text{C}=\text{C}$ связей в составе макромолекулы, однако интенсивность ее слабая. Поглощение в области 1 400–1 470 cm^{-1} может быть отнесено к деформационным колебаниям связи $\text{C}-\text{H}$ в группах CH_2 .

Полосы поглощения с максимумом при 1 200–1 280 cm^{-1} обусловлены колебаниями связи $\text{C}-\text{O}$ простых эфиров и им подобных соединений. Возможно, поглощение в этой области вызвано ассимет-

ричными валентными колебаниями в группах $\text{C}-\text{O}-\text{C}$, что подтверждается характерными симметричными колебаниями этой группы в области 1 030 cm^{-1} .

ИК-Фурье спектры гуминовых кислот, выделенные из почвы длительного стационарного опыта, характеризовались аналогичным набором полос, как и ГК целинной почвы, но отличались интенсивностью валентных колебаний группировок и зависели от дозы вносимых удобрений (рис. 4).

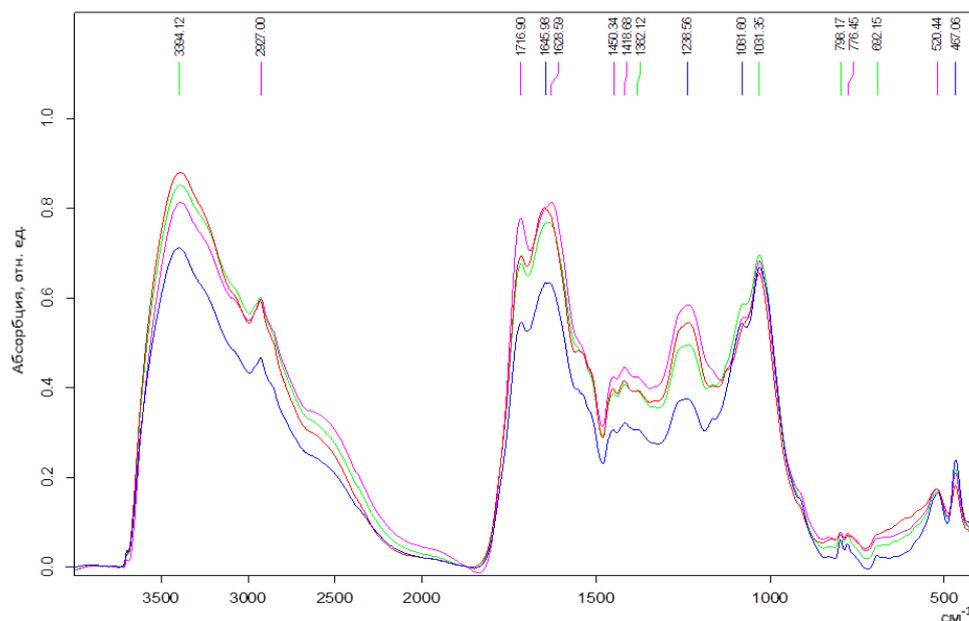


Рис. 4. ИК-спектры ГК дерново-подзолистой почвы длительного опыта: 1 – без удобрений (зеленый), 2 – $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ (синий), 3 – $\text{N}_{90}\text{P}_{90}\text{K}_{90}$ (красный), 4 – $\text{N}_{150}\text{P}_{150}\text{K}_{150}$ (розовый)

Следует отметить более интенсивное поглощение $>C=O$ группы карбоновых кислот в области поглощения $1\ 700\text{--}1\ 720\text{ см}^{-1}$ на всех спектрах ГК пахотной почвы опыта. Максимальное поглощение отмечено для ГК варианта $N_{150}P_{150}K_{150}$. В спектрах почвы различных вариантов длительного стационарного опыта значительно интенсивнее проявились колебания группы $C=O$ ароматических колец в области $1\ 605\text{--}1\ 670\text{ см}^{-1}$, что указывает на более высокую степень гумификации органического вещества в пахотной почве, чем в целинной. Наличие интенсивных полос поглощения при $3\ 394$ и $2\ 927\text{ см}^{-1}$ обусловлено ассиметричными валентными колебаниями $C-H$ метильных (CH_3) и метиленовых (CH_2) группировок. Наличие этих же групп подтверждается полосой поглощения в области $1\ 382\text{--}1\ 450\text{ см}^{-1}$. Полоса поглощения при $1\ 400\text{--}1\ 470\text{ см}^{-1}$ может быть отнесена к деформационным колебаниям связи $C-H$ в группах CH_2 . Полосы поглощения с максимумом при $1\ 200\text{--}1\ 280\text{ см}^{-1}$ обусловлены колебаниями связи $C-O$ простых эфиров и им подобных соединений. Возможно, это вызвано ассиметричными валентными колебаниями в группах $C-O-C$. Симметричным валентным колебаниям в той же группе соответствуют полосы $1\ 030\text{ см}^{-1}$. Судя по интенсивности полос поглощения, гуминовые кислоты варианта $N_{150}P_{150}K_{150}$ характеризуются большим количеством ароматических компонентов в составе супрамолекулярных ассоциаций в сравнении с ГК целинной почвы и почвы контрольного варианта опыта.

Таким образом, длительное применение минеральных удобрений в возрастающих дозах не привело к существен-

ному накоплению органического вещества в дерново-подзолистой почве. При внесении NPK по 60 кг д.в./га и более содержание $C_{орг}$ стабилизировалось на уровне, близком к исходному, и составило $1,14\text{--}1,19\%$. Основные запасы органического углерода сосредоточены в слое $0\text{--}40\text{ см}$ и составляют $44\text{--}58\text{ т/га}$. Чем выше доза минеральных удобрений (NPK), тем интенсивнее идут процессы трансформации свежего органического вещества, в составе гуминовых кислот увеличивается доля ароматических структур, это подтверждают данные элементного анализа (отношение $H:C$ в ГК варианта $N_{150}P_{150}K_{150}$, составило $1,25$) и ИК-спектроскопии (более интенсивные колебания группы $C=O$ ароматических колец в области $1\ 605\text{--}1\ 670\text{ см}^{-1}$).

Для накопления органического углерода в пахотной дерново-подзолистой почве, что является основой регенеративного земледелия, необходима смена условий землепользования: минимальная обработка почвы (наиболее подходящая для условий региона); органо-минеральная или чисто органическая система удобрения; увеличение количества и улучшение качества биомассы, поступающей в почву за счет введения в севооборот бобовых культур (два-три поля бобовых трав); возделывание сельскохозяйственных культур и сортов, активно секвестрирующих углерод атмосферы; замена чистых паров на сидеральные; применение биопрепаратов, стимулирующих рост и развитие растений, и внедрение других элементов агробιοтехнологий.

Библиографический список

1. Сычев В.Г., Налухин А.Н., Шевцова Л.К., Рухович О.В., Беличенко М.В. Влияние систем удобрения на содержание почвенного органического углерода и урожайность сельскохозяйственных культур: результаты длительных полевых опытов географической сети России// Почвоведение. – 2020. – № 12. – С. 1521–1536.
2. Почвы в биосфере и жизни человека / под ред. Г.В. Добровольского, Г.С. Куста, В.Г. Санаева. – М.: ФГБОУ ВПО МГУЛ, 2012. – 584 с.
3. Howarth W. Carbon cycling and formation of organic matter// Soil microbiology, ecology, and biochemistry / eds. E.A. Paul. Amsterdam: Academic Press, 2007. P. 303–340.
4. Розанов Б.Г. Морфология почв. – М.: Акад. Проект. 2004. – 432 с.

5. Семенов В.М., Козут Б.М., Лукин С.М. [и др.] Оценка обеспеченности почв активным органическим веществом по результатам длительных полевых опытов// *Агрохимия*. – 2013. – № 3. – С. 19–31.
6. Оценка почв по содержанию и качеству гумуса для производственных моделей почвенного плодородия / Сост.: Дьякова К.В. и др. – М.: Агропромиздат, 1990. – 28 с.
7. Травникова Л.С., Титова Н.А., Шаймухаметов М.Ш. Роль продуктов взаимодействия органической и минеральной составляющих в генезисе и плодородии почв // *Почвоведение* – 1992. – № 10. – С. 81–96.
8. Мамонтов В.Г., Родионова Л.П. [и др.] Лабильное органическое вещество почвы: Номенклатурная схема, методы изучения и агроэкологические функции // *Изв. ТСХА*. – 2000. – Вып. 4. – С. 93–108.
9. Козут Б.М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // *Почвоведение*. – 2012. – № 9. – С. 944–952.
10. Сдобников С.С., Бойков В.А. Мобильные формы гумуса и плодородие осушаемой почвы // *Земледелие*. – 1993. – № 2. – С. 7–8.
11. Горбылева А.И., Воробьев В.Б. О взаимосвязи урожайности и величины послеуборочных остатков зерновых культур с содержанием гумуса и лабильных гумусовых веществ // *Органическое вещество почв и методы фракционного исследования*. – Л.: 1990. – С. 94–96.
12. Жуков А.И. Оптимальное содержание лабильного гумуса // *Земледелие*. – № 12. – 1990. – С. 38–40.
13. Шпедт А.А., Майборода Н.М., Пурлаус В.К. [и др.] Зависимость урожая яровой пшеницы от содержания в почве гумусовых веществ и азота // *Почвоведение*. – № 8. – 2001. – С. 976–980.
14. Завьялова Н.Е. Методические подходы к изучению гумусного состояния пахотных почв // *Плодородие*. – 2006. – № 1. – С. 11–15.
15. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Родионова Л.П., Быканова О.М. К вопросу о лабильном органическом веществе почв // *Плодородие*. – 2008. – №2. – С. 20–22.
16. Шульц Э., Кершенс М. Характеристика разлагаемой части органического вещества почв и ее трансформация при помощи экстракции горячей водой // *Почвоведение*. – 1998. – № 7. – С. 890–894.
17. Lehmann J., Kleber M. The contentious nature of soil organic matter // *Nature*. – 2015. – Vol. 528. – P. 60–68.
18. Mohinuzzaman M., Yuan J., Yang X. [et al.] Insights into solubility of soil humic substances and their fluorescence characterisation in three characteristic soils // *Science Total Environment*. – 2020. – Vol. 720. – № 137395. – P. 1–14. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137395.
19. Орлов Д.С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. – М.: Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
20. Kholodov V.A., Konstantinov A.I., Kudryavtsev A.V., Perminova I.V. Structure of humic acids in zonal soils from 13C-NMR data // *Eurasian Soil Science*. – 2011. – Vol. 44. – P. 976–983. doi:10.1134/S1064229311090043.
21. Иванов А.Л. Козут Б.М., Семенов В.М. [и др.] // *Бюллетень Почвенного института им. В.В. Докучаева*. – 2017. – Вып. 90. – С. 3–38. doi:10.19047/0136-1694-2017-90-3-38.
22. Baveye P.C., Wander M. The (bio) chemistry of soil humus and humic substances: why is the «new view» still considered novel after more than 80 years? // *Frontiers in Environmental Science*. – 2019. – Vol. 7. – № 27. – P. 1–6. doi:10.3389/fenvs.2019.00027.
23. Kholodov V.A., Farkhodov Yu.R., Yaroslavseva N.V. [et al.] Thermolabile and thermostable organic matter of chernozems under different land uses // *Eurasian Soil Science*. – 2020. – Vol. 53. – P. 1066–1078. doi 10.1134/S1064229320080086.
24. Olk D.C., Bloom P.R., Perdue E.M. [et al.] Environmental and agricultural relevance of humic fractions extracted by alkali from soils and natural waters // *J. Environ. Qual.* – 2019. – Vol. 48(2). – P. 217–232. doi: 10.2134 / jeq2019.02.0041.
25. Piccolo A. The supramolecular structure of humus substances: A novel understanding of humus chemistry and implications soil science, *Advances in agronomy*. – 2002. – Vol. 75. – P. 57–134. doi:10.1016/s0065-2113(02)75003-7.
26. Semenov V.M., Tulina A.S., Semenova N.A., Ivannikova L.A. Humification and nonhumification pathways of the organic matter stabilization in soil: a review // *Eurasian Soil Science*. – 2013. – Vol. 46. – № 4. – P. 355–368. doi:10.1134/S106422931304011X.
27. Kleber M., Lehmann J. Humic substances extracted by alkali are invalid proxies for the dynamics and functions of organic matter in terrestrial and aquatic ecosystems // *J. Environ. Qual.* – 2019. – Vol. 48. – P. 207–216. doi:10.2134/jeq2019.01.0036.
28. Черников В.А. Изменение гумусовых соединений почвы в длительном стационарном опыте ТСХА // *Плодородие*. – 2002. – № 4 (7). – С. 34–36.

29. Горбов С.Н., Безуглова О.С. Элементный состав гуминовых кислот почв урбанизированных территорий (На примере Ростова-на-Дону) // Почвоведение. – 2013. – № 11. – С. 1316–1324.
30. Мотузова Г.В., Дерхам Х.М., Степанов А.А. Сравнительная характеристика гуминовых кислот пахотных почв таежной, степной и полупустынной зон // Почвоведение. – 2012. – № 11. – С. 1171–1180.
31. Черников В.А. Комплексная оценка гумусового состояния почв // Изв. ТСХА. – 1987. – Вып. 6. – С. 83–94.
32. Шевцова Л.К., Рябченко С.И. Содержание метоксильных групп в гуминовых кислотах при длительном применении удобрений // Агрохимия. – 1985. – № 8. – С. 76–80.
33. Панкратов К.Г., Щелоков В.И., Сазонов Ю.Г. Обзор современных методов исследования гуминовых кислот // Плодородие. – 2005. – № 4. – С. 19–24.
34. Старых С.Э., Куприянов А.Н., Белопухов С.Л., Мазиров М.А. Изучение влияния длительного применения удобрений на органическое вещество дерново-подзолистой почвы методом ИК-спектроскопии // Агрохимический вестник. – 2019. – № 2. – С. 17–22.
35. Шевцова Л.К., Черников В.В., Вычев В.Г. [и др.] Влияние длительного применения на состав, свойства и структурные характеристики гумусовых кислот основных типов почв. Сообщение 1. // Агрохимия. – 2019. – № 10. – С. 3–15.
36. Жеребцов С.И., Малышенко Н.В., Вотолин К.С. [и др.] Структурно-групповой состав и биологическая активность гуминовых кислот, полученных из бурых углей России и Монголии // Химия твердого топлива. – 2019. – № 3. – С. 19–25.
37. Мамонтов В.Г., Афанасьев Р.А., Соколовская Е.Л. Лабильные гумусовые вещества, особая группа органических соединений чернозема обыкновенного // Плодородие. – 2018. – № 5 (104). – С. 15–19.

ORGANIC MATTER OF VIRGIN AND ARABLE SODDY-PODZOLIC SOIL IN THE URALS

Zavyalova N.E., Vasbieva M.T., Shishkov D.G.

Perm Scientific Research Institute of Agriculture

For citation:

Zavyalova N.E., Vasbieva M.T., Shishkov D.G. Organic matter of virgin and arable soddy-podzolic soil in the Urals // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 27–40. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.3>

In a long-term stationary experiment in 1978, the content and qualitative composition of organic matter (C_{org}) in arable soddy-podzolic soil were studied with the application of various rates NPK, and also compared with virgin soil under mixed forest and grass-forb meadow. It was established that when mineral fertilizers were applied at a dose of 60 kg a.i./ha or more, dynamic balance is ensured in the soil. At the same time, the C_{org} content stabilized at a level close to the initial level and varied from 1,14 to 1,19%. The share of mobile organic matter in the total carbon of the studied soil was 21–24%, which is typical for soddy-podzolic soils. The distribution of carbon over soil layers is decreasing. The main reserves of organic carbon are concentrated in the 0–40 cm layer and account for 53–65% from stocks in the meter layer (77–101 t/ha). In virgin soil, C_{org} stockpile in the layer of 0–20 cm are 31–41 t/ha, in the meter layer – 71–82 t/ha. The studied humic acids (HA) in terms of the content of constitutional elements (C, H, N, O, S) correspond to the average values for the class of humic acids in soddy-podzolic soils. With an increase in the rates of mineral fertilizers (NPK), the processes of mineralization of fresh organic matter is more intense, and the proportion of aromatic structures also increases in humic acids composition. According to elemental analysis, the H:C ratio in humic acids of the N150P150K150 variant, was 1,25, and in virgin soil it was 1,43–1,56. According to IR spectroscopy data, vibrations of the C=O group of aromatic rings were revealed in the region of 1 605–1 670 cm^{-1} at the maximum dose of NPK.

Keywords: soddy-podzolic soil, organic matter, fertilizer doses, elemental composition, humic acids, infrared spectroscopy.

Сведения об авторах

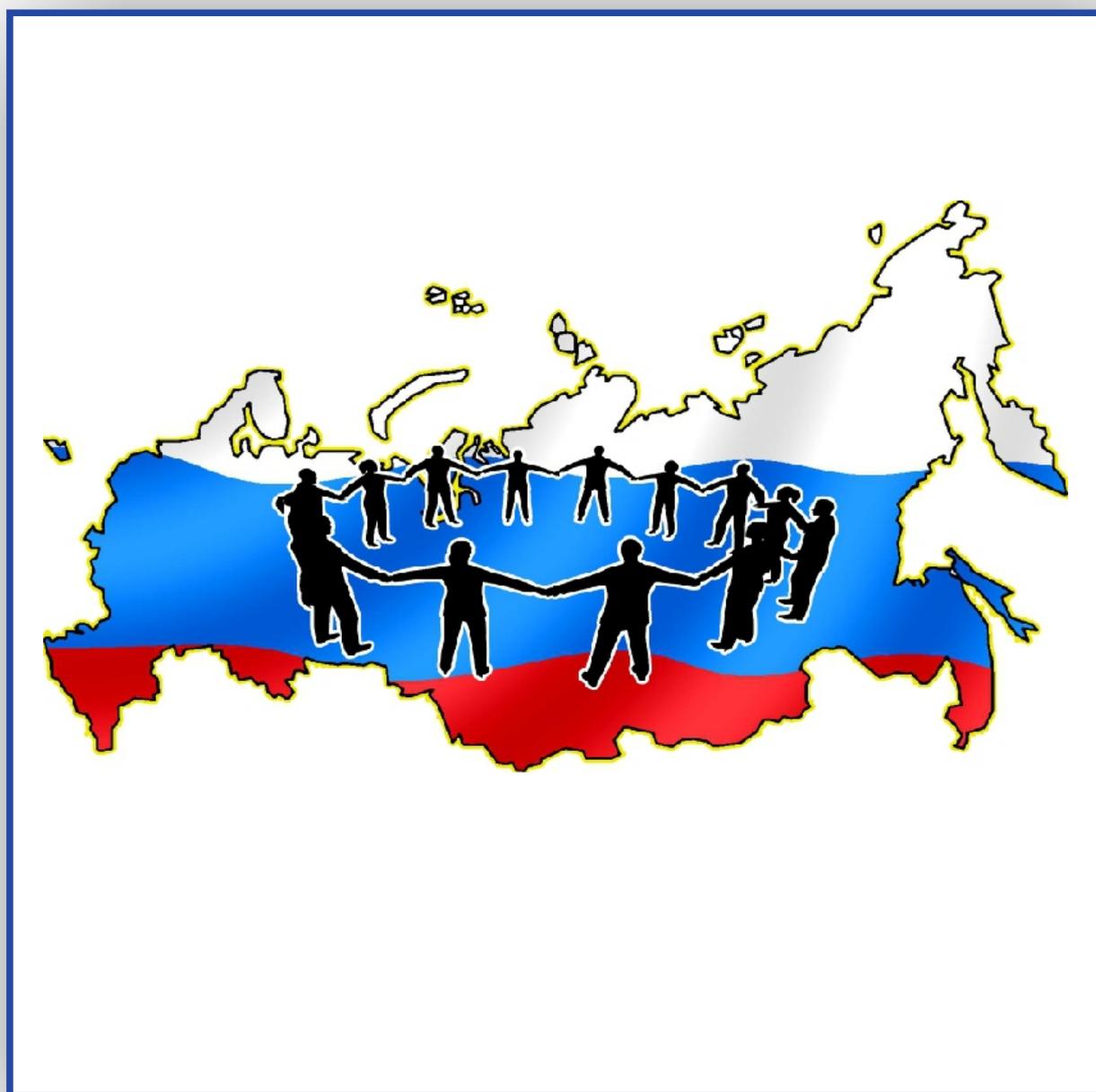
Завьялова Нина Егоровна, доктор биологических наук, главный научный сотрудник лаборатории агротехнологий, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: nezavyalova@gmail.com

Васбиева Марина Тагирьяновна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории агротехнологий, «Пермский НИИСХ»; e-mail: vasbieva@mail.ru

Шшиков Данил Глебович, младший научный сотрудник лаборатории прецизионных технологий в сельском хозяйстве, «Пермский НИИСХ»; e-mail: danil.shishkov@gmail.com

Материал поступил в редакцию 16.02.2023 г.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА



ПАРТИЙНО-ЭЛЕКТОРАЛЬНЫЙ ЛАНДШАФТ В РЕГИОНАХ РФ: СТАБИЛЬНОСТЬ VERSUS ВОЛАТИЛЬНОСТЬ *

П.В. Панов, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН*

Для цитирования:

Панов П.В. Партийно-электоральный ландшафт в регионах РФ: стабильность versus волатильность. // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 42–52. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.4>

Регионы России демонстрируют высокую степень вариативности в голосовании за политические партии на выборах разного уровня. Это объясняется тем, что в регионах с более «жестким» политическим режимом партия власти «Единая Россия» доминирует в политическом пространстве, тогда как в более «мягких» режимах имеет место определенная степень электоральной конкуренции. В данной работе на основе итогов голосования за партийные списки на выборах Государственной Думы РФ и региональных парламентов за период с 2007 по 2021 г. проанализировано, насколько стабильна вариативность партийно-электорального ландшафта в субъектах РФ, и как влияет степень доминирования партии власти на волатильность региональных партийных систем.

Исследование показывает, что наибольшую стабильность демонстрируют регионы с «жестким» политическим режимом, тогда как самая высокая волатильность региональных партийных систем характерна для регионов с наиболее «мягким» режимом. Это объясняется тем, что в большинстве субъектов РФ ни одна из партий системной оппозиции не воспринимается в качестве явной альтернативы партии власти. В результате «протестные голоса» распределяются либо между всеми оппозиционными партиями, либо уходит то одной, то другой, причем по-разному и в разных регионах, и на разных выборах. Вместе с тем, в отдельных регионах есть достаточно сильные региональные отделения той или иной оппозиционной партии, которая становится в регионе «главной оппозицией» и, как правило, получают голоса, потерянные другими партиями.

Ключевые слова: партии, выборы, регионы, политический режим, волатильность, кроссрегиональные различия.

Высокая степень вариативности политических процессов в регионах России – хорошо известный феномен, которому посвящены десятки, если не сотни исследований. Несмотря на то, что в целом партийная система с доминирующей пар-

* Работа выполнена в рамках государственного задания; номер государственной регистрации темы АААА-А19-119032590065-5.

тией власти «Единая Россия» (ЕР) и несколькими ведущими партиями «системной оппозиции» (КПРФ, ЛДПР и «Справедливая Россия» – СР) воспроизводится на региональном уровне практически во всех субъектах РФ, констелляция политических партий и результаты выборов, как федеральных, так и региональных, существенно различаются [см., например, 2; 4; 10]. Исследования показывают, что под влиянием разнообразных социально-экономических, социокультурных и иных факторов в регионах России сложились различные политические режимы [3; 5; 8]. Они отличаются по разным измерениям [1], но с точки зрения партийно-электорального ландшафта наиболее важной представляется степень конкурентности [7; 9]. Если взять в качестве точки отсчета общероссийские показатели голосования за партию власти, регионы демонстрируют отклонения (девиации) от них в противоположных направлениях. В более «мягких» режимах имеет место определенная степень конкуренции на выборах, и ЕР набирает относительно меньше голосов, чем по стране в целом. В регионах с более «жестким» политическим режимом, где политическое пространство достаточно сильно контролируется, уровень партийно-электоральной конкуренции значительно ниже и ЕР получает большую поддержку, чем в среднем по России [13; 14].

Несмотря на то, что кроссрегиональные вариации голосования за партию власти хорошо изучены, не до конца исследованным остается вопрос, насколько стабильна эта вариативность. Кроме того, не вполне ясно, как отклонения в голосовании за ЕР влияют на волатильность региональных партийных систем в целом. В поисках ответа на эти вопросы в данной работе, во-первых, проанализированы выборы разного уровня с точки зрения партийно-электоральной конкурентности, то есть степени доминирования на выборах пар-

тии власти. Во-вторых, измерена волатильность региональных партийных систем в целом, а также волатильность отдельных политических партий. Это позволяет провести кроссрегиональное сравнение стабильности versus волатильности партийных систем в регионах России в динамике (по электоральным циклам) в сопоставлении между уровнями выборов (региональные и федеральные) и по отдельным партиям. В-третьих, проанализирована взаимосвязь между партийно-электоральной конкурентностью и стабильностью/волатильностью партийно-электорального ландшафта в субъектах РФ.

Эмпирическая база исследования

Для повышения уровня надежности результатов в качестве эмпирических данных взяты выборы разного уровня и за достаточно длительный период, а именно с 2007 г., поскольку к этому времени в стране сложилась существующая до настоящего времени партийная система¹. Во-первых, итоги голосования (доли голосов в процентах) по пропорциональной системе за партийные списки 4 основных политических партий (ЕР, КПРФ, СР и ЛДПР) на выборах депутатов Государственной Думы РФ в 2007, 2011, 2016 и 2021 г. Во-вторых, итоги голосования (доли голосов в процентах) по пропорциональной системе за партийные списки этих же партий на выборах депутатов региональных парламентов. Поскольку региональные выборы проходят не одновременно, они были разбиты на 3 цикла, «привязанные» к выборам депутатов Думы: 1) 2007–2011 гг.; 2) 2012–2016 гг.; 3) 2017–2021 гг. Так как речь идет о голосовании по партийным спискам, из исследования исключена Москва, где, начиная с 2014 г., голосование по партийным спискам на региональных выборах не практикуется. Крым и Севастополь исключены из-за невозможности применить к ним результаты выборов до 2014 г. Таким образом, эмпирическая база исследования – ре-

¹ Источник всех данных - официальный сайт Центральной избирательной комиссии Российской Федерации. Информация о выборах и референдумах. <http://www.izbirkom.ru/region/izbirkom> (дата обращения: 14.02.2023).

зультаты 4 циклов федеральных и 3 циклов региональных выборов в 82 субъектах РФ.

Для того, чтобы оценить специфику партийно-электоральной конкуренции в регионах, по всем выборам депутатов Думы была рассчитана разница (девиация) между результатами голосования за «Единую Россию» (ЕР) в регионе и по России в целом. Поскольку региональные выборы проходят в разное время, здесь для аналогичных расчетов вместо общероссийских результатов использовалось среднее по регионам значение голосования за ЕР. Во многих случаях девиации имеют разный знак, поэтому просто взять среднее значение отклонений по всем циклам выборов было бы не вполне некорректно, по крайней мере для тех случаев, когда вследствие большого разброса положительные и отрицательные значения компенсируют друг друга. Вместо этого был разработан ранговый показатель.

Сначала были сопоставлены региональные значения девиации на разных электоральных циклах, что позволило выделить несколько групп регионов. Первая группа – 31 субъект РФ, где девиация всегда отрицательная. К ним примыкают 12 случаев, где девиация почти всегда отрицательная (1 исключение из 7 циклов или 2, но в первых по времени циклах). Вторая группа – 17 субъектов РФ, где девиация всегда положительная. К ним примыкают 5 регионов, где девиация почти всегда положительная (1 исключение из 7 циклов). Таким образом, направление девиации в подавляющем большинстве регионов достаточно стабильно, и для них были рассчитаны средние значения девиации по всем 7 электоральным циклам. Есть, однако, и третья группа из 17 субъектов РФ, где направление девиации существенно меняется на протяжении рассматриваемого периода. Среди них можно отдельно выделить 8 регионов, где некая тенденция все же просматривается: 1) от позитивной девиации к негативной (Мари Эл, Ульяновская и Челябинская области, Чукотка); 2) от негативной девиации к позитивной (Волгоград-

ская, Нижегородская, Тульская области и Ставропольский край).

Затем, опираясь на эту группировку, был рассчитан ранговый показатель девиаций голосования за ЕР в регионах – «Dev-RANGE». Регионам третьей группы было присвоено значение «0», а при наличии тенденции позитивной девиации «1» и негативной – «-1». Регионам первой группы – от 2 до 10 в соответствии интервалами в 5%: если девиация до «4,99» – «2», от «5» до «9,99» – «3», от «10» до «14,99» – «4» и т.д. Максимальное значение девиации здесь составляет 40,82% в Чечне, которая получила ранг «10». Аналогично присваивались ранговые значения регионам второй группы: девиация до «-4,99» – «-2»; от «-5» до «-9,99» – «-3» и т.д. Минимальное ранговое значение составило «-5» для Кировской области и Карелии. Группировка и ранговые значения всех субъектов РФ представлены в приложении.

Волатильность региональных партийных систем

Для измерения волатильности региональных партийных систем использован индекс волатильности Педерсена [11], который широко применяется в сравнительных исследованиях [см., например, 6; 12]. Разница в итогах голосования за каждую партию на двух последовательных выборах берется по модулю, затем полученные результаты суммируются и во избежание «двойного счета» делятся на «2»:

$$\text{Volatility} = \frac{\sum_{i=1}^n |p_{it} - p_{i(t+1)}|}{2},$$

где p_{it} – процент голосов, полученных партией на выборах «t», а $p_{i(t+1)}$ – процент голосов, полученных партией на следующих выборах.

Поскольку у нас 4 электоральных цикла федеральных выборов и 3 – региональных, всего получается 5 показателей волатильности (их значения рассчитывались на основании итогов голосования только за 4 партии):

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОССИЙСКОГО ОБЩЕСТВА

1) «*VolatDuma-1*»: волатильность между выборами Думы в 2007 и 2011 гг.;

2) «*VolatReg-1*»: волатильность между региональными выборами, которые состоялись в 2007–2011 и 2012–2016 гг.;

3) «*VolatDuma-2*»: волатильность между выборами Думы в 2011 и 2016 гг.;

4) «*VolatReg-2*»: волатильность между региональными выборами, которые состоялись в 2012–2016 и 2017–2021 гг.;

5) «*VolatDuma-3*»: волатильность между выборами Думы в 2016 и 2021 гг.

Для обобщения было также рассчитано среднее значение всех 5 показателей – «*Volat-Aver*». Описательная статистика по всем показателям волатильности приве-

дена в табл. 1, а на рис. 1 представлены ящичные диаграммы. Кроме того, аналогичные показатели волатильности были рассчитаны для каждой из четырех политических партий отдельно.

Анализ показывает, что с точки зрения сравнения электоральных циклов, в целом характеристики волатильности остаются достаточно стабильными, за исключением, пожалуй, «*VolatDuma-1*», где она явно выше. Вероятно, это объясняется общими характеристиками выборов в Думу 2011 г., когда поддержка ЕР существенно снизилась. Во всех остальных циклах средние значения и медианы волатильности колеблются в районе 10%, а

Таблица 1.

Описательная статистика показателей волатильности

Показатель	Volat Aver	Volat Duma 1	Volat Reg 1	Volat Duma 2	Volat Reg 2	Volat Duma 3
Среднее	12,21	17,23	9,73	11,26	11,58	11,23
Медиана	12,31	18,68	9,07	11,49	10,72	11,57
Ст.откл.	5,47	7,76	4,27	4,39	6,51	4,41
Минимум	1,02	0,16	1,37	2,11	0,87	0,59
Максимум	28,66	30,34	21,73	21,10	45,70	24,45

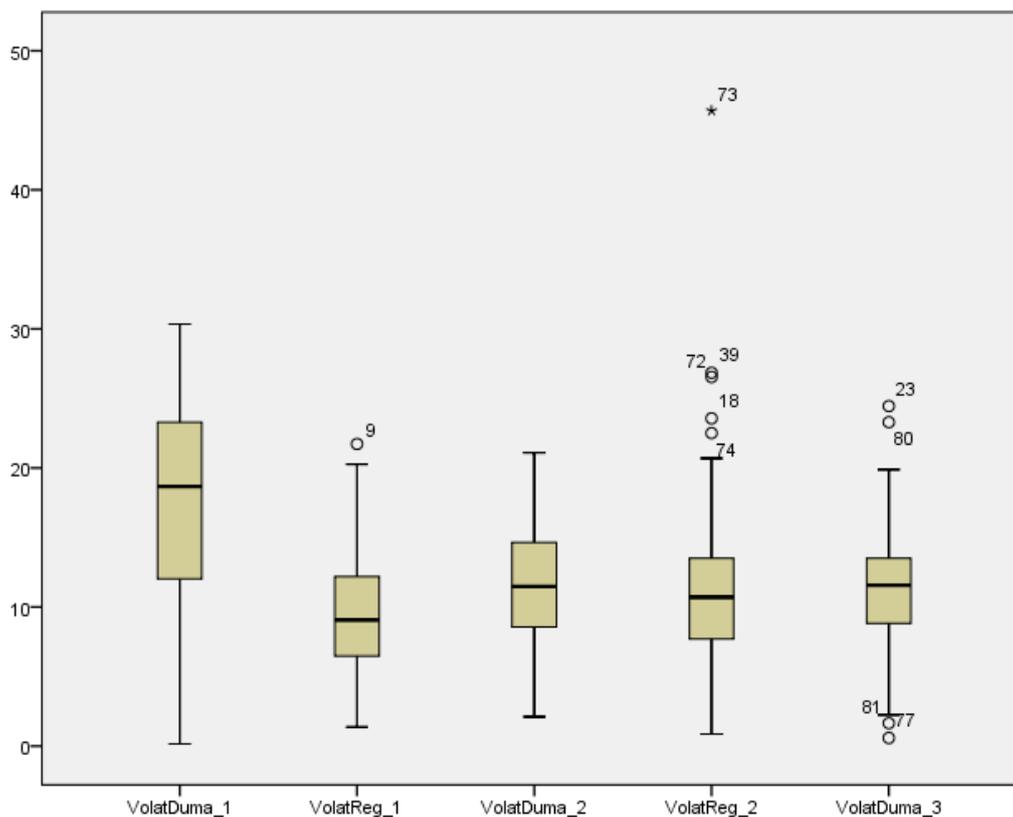


Рис. 1. Ящичные диаграммы волатильности по электоральным циклам

стандартные отклонения составляют около 5%. Это хорошо видно на ящичной диаграмме. На региональных выборах волатильность несколько ниже, чем на федеральных, но не существенно.

Есть регионы, где значения волатильности близки к «0». По «VolatReg-1» это Челябинская область (1,37), Тюменская область (2,51); «VolatReg-2» – Чечня (0,87) и Кабардино-Балкария (1,45), «VolatDuma-2» – Чечня (2,11), ЯНАО (2,63) и Северная Осетия (2,96), «VolatDuma-3» – снова Чечня (0,59) и ЯНАО (1,65), а также Брянская область (2,25), Кабардино-Балкария (2,36), Тыва (2,71). Тем не менее, в последних двух циклах обнаруживается достаточно много аутлайеров, особенно по показателю «VolatReg-2». Здесь обращает на себя внимание Хабаровский край (№73 на диаграмме – 45,70%), и это, очевидно, связано с победой кандидата ЛДПР С. Фургала на губернаторских выборах и последовавшим за этим превращением ЛДПР в региональную партию власти, что сопровождалось экстраординарными результатами этой партии на выборах регионального парламента в 2019 г. (56,12% голосов). Без этого случая максимальное положительное значение составляет примерно столько же, сколько в других циклах (26,85 в Мари Эл).

Вместе с тем, в кроссрегиональном измерении показатели волатильности от цикла к циклу весьма нестабильны. Об этом говорят низкие значения коэффициентов корреляции между циклами. На региональных выборах корреляция между двумя циклами всего «0,135» и не имеет статистической значимости. На выборах в Думу корреляция между «VolatDuma-1» и «VolatDuma-2» составляет «0,505**»; между «VolatDuma-1» и «VolatDuma-3» – «0,322**», а между «VolatDuma-2» и «VolatDuma-3» – всего «0,203». Невысокая корреляция и между волатильностью на региональных и федеральных выборах.

У «VolatReg-1» коэффициент равен «0,228*» с «VolatDuma-1» и «0,491**» с «VolatDuma-2»; у «VolatReg-2» – «0,151» с «VolatDuma-2» и «0,430**» с «VolatDuma-3»².

Таким образом, можно говорить о том, что регионы радикально различаются по степени волатильности партийно-электорального ландшафта, значительная часть субъектов РФ демонстрирует высокую волатильность, при этом она сильно меняется от одного электорального цикла к другому.

Для того, чтобы отследить взаимосвязь между партийно-электоральной волатильностью и конкурентностью в регионах РФ, были, прежде всего, сопоставлены два индекса: «Dev-RANGE» и «Volat-Aver». Коэффициент ранговой корреляции Спирмена оказался достаточно высоким – «-0,685**». Это говорит о том, что при увеличении степени доминирования ЕР в регионе (возрастании девиации голосования за ЕР в положительную сторону) волатильность существенно снижается. Иными словами, в более «жестких» режимах региональная партийная система более стабильна.

Однако остается вопрос, не оказывает ли такого же влияния увеличение девиации в отрицательную сторону. Для ответа на него была создана номинальная переменная «Dev-CODE», закодированная как «0» для третьей группы регионов, а также для тех регионов из первой и второй групп, где средняя девиация по модулю не слишком велика (не превышает 10%). Самым девиантным регионам были присвоены значения «2» (девиация более 10% в пользу ЕР) и «1» (девиация более 10%, но в обратную сторону). Разделив регионы на эти три категории, мы обнаруживаем (см. ящичную диаграмму на рис. 2), что волатильность снижается только в регионах с сильной девиацией в пользу ЕР. Регионы категории «1», напротив, демонстрируют даже более вы-

² Здесь и далее: * - корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя); ** - корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя).

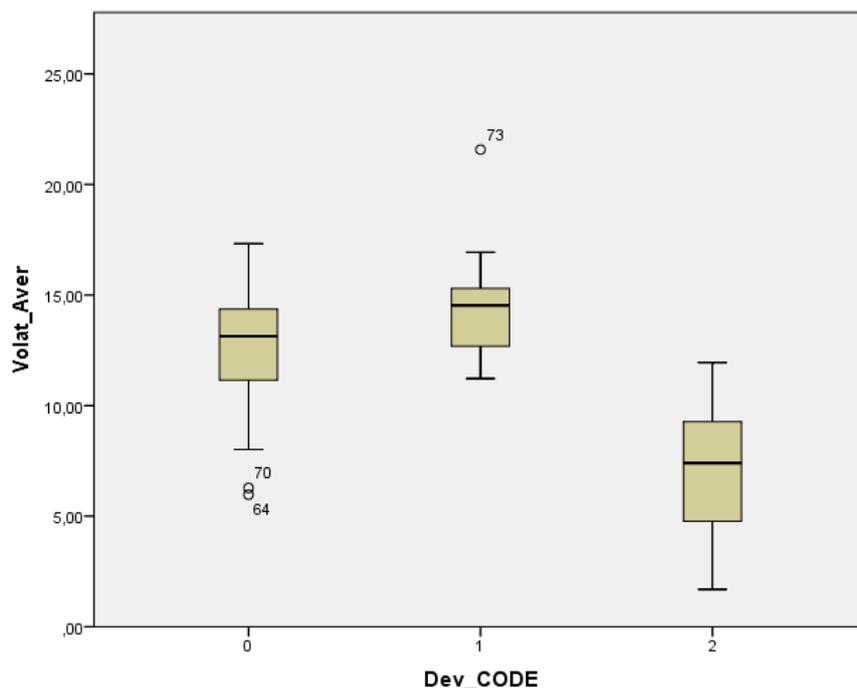


Рис. 2. Ящичные диаграммы волатильности по категориям регионов

сокую волатильность по сравнению с «нулевой категорией». Следовательно, волатильность связана исключительно с девиантностью регионов от общероссийских показателей в пользу доминирования партии власти.

Об этом же свидетельствует и перечень регионов с 10 минимальными и 10 максимальными значениями волатильности партийной системы (см. табл. 2). Среди регионов с минимальной волатильно-

стью нет ни одного с ранговым показателем девиаций голосования за ЕР ниже «4». И наоборот, среди регионов с максимальной волатильностью немало тех, где очень низкое ранговое значение, включая Кировскую область, одну из тех, что имеют минимальное значение «Dev-RANGE».

Поскольку регионы с наиболее «жестким» режимом стабильно голосуют за ЕР, а доля голосов за другие партии достаточно низкая, волатильность региональной

Таблица 2.

Регионы с минимальными и максимальными значениями волатильности партийной системы

Минимальные значения / ранг			Максимальные значения / ранг		
Чечня	1,69	10	Мурманская область	15,87	-4
ЯНАО	4,48	5	Волгоградская область	15,89	1
Тыва	4,58	8	Липецкая область	16,18	0
Карачаево-Черкесия	4,73	7	Владимирская область	16,55	-3
Дагестан	4,81	7	Кировская область	16,67	-5
Кабардино-Балкария	5,94	6	Ярославская область	16,74	-4
Тамбовская область	5,97	3	Ленинградская область	16,89	-3
Тюменская область	6,27	3	Архангельская область	16,93	-4
Татарстан	7,09	7	Ульяновская область	17,32	-1
Краснодарский край	7,40	4	Хабаровский край	21,58	-4

партийной системы, разумеется, будет слабой. Но в данном случае заслуживает внимания то, что волатильность оказывается самой сильной в регионах с наиболее «мягким» режимом. Это говорит о том, что избиратели, не поддерживающие ЕР, голосуют не стабильно за какую-то одну из оппозиционных партий, а меняют свои предпочтения от выборов к выборам. Чтобы подтвердить этот вывод, необходимо проанализировать волатильность отдельных политических партий.

Волатильность политических партий в регионах

Следует заметить, что сравнивать абсолютные значения волатильности (в процентах) политических партий некорректно, поскольку очевидно, что при прочих равных условиях более высокие абсолютные значения сопровождаются и более высокой волатильностью. Иначе говоря, у ЕР они будут неизбежно выше, чем у других партий. Однако можно проанализировать (а) – корреляции между волатильностью в разных циклах у отдельных партий; (б) – корреляции между волатильностью разных политических партий в одном цикле.

Коэффициенты корреляции между волатильностью результатов отдельных партий в разных циклах представлены в табл. 3.

Больше всего статистически значимых корреляций у ЛДПР: в 7 из 10 возможных вариантов корреляций коэффициенты ста-

тистически значимы. Следовательно, в кроссрегиональном разрезе у этой партии наблюдаются наиболее синхронные колебания в результатах. Меньше всего статистически значимых корреляций (две) у ЕР, то есть эта партия демонстрирует наиболее асинхронные изменения в электоральной поддержке. Эта тенденция сохраняется и в том случае, если не учитывать 3 наименее вероятных варианта корреляций (выделены серой заливкой), когда речь идет о взаимосвязи между циклами, отдаленными друг от друга по времени, например, корреляция между «Volat Reg 1» (волатильность между региональными выборами 2007–2011 гг. и 2012–2016 гг.) и «Volat Duma 3» (волатильность между выборами Думы 2016 и 2021 гг.). В этом случае у ЛДПР статистически значимы коэффициенты в 4 случаях из 7; у ЕР – 2 из 7; КПРФ и СР – по 3 из 7.

Чаще всего статистически значимые корреляции наблюдаются между хронологически «близкими» циклами региональных и федеральных выборов. Между «Volat Reg 1» (волатильность между региональными выборами 2007–2011 гг. и 2012–2016 гг.) и «Volat Duma 2» (волатильность между выборами Думы 2011 и 2016 гг.). достаточно высокие коэффициенты у всех партий. Примерно та же ситуация, за исключением СР, между «Volat Reg 2» (волатильность между региональными выборами 2012–2016 гг. и 2017–2021 гг.) и «Volat Duma 3» (волатильность между выборами Думы 2016 и 2021 гг.). В значительной ме-

Таблица 3.

Коэффициенты корреляции между волатильностью результатов политических партий в разных электоральных циклах

Партия	Volat Reg 1 / Volat Reg 2	Volat Reg 1 / Volat Duma 1	Volat Reg 1 / Volat Duma 2	Volat Reg 1 / Volat Duma 3	Volat Reg 2 / Volat Duma 1	Volat Reg 2 / Volat Duma 2	Volat Reg 2 / Volat Duma 3	Volat Duma 1 / Volat Duma 2	Volat Duma 1 / Volat Duma 3	Volat Duma 2 / Volat Duma 3
ЕР	0,085	-0,087	0,311**	-0,130	-0,059	0,056	0,392**	-0,053	-0,043	0,049
КПРФ	0,028	0,161	0,486**	0,080	0,345**	-0,027	0,415**	0,499**	0,273*	0,083
СР	-0,003	0,531**	0,630**	-0,100	-0,030	-0,030	0,207	0,757**	-0,066	0,023
ЛДПР	0,148	0,175	0,360**	0,336**	0,482**	0,299**	0,499**	0,080	0,563**	0,524**

* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя);
 ** Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя)

ре это связано не только с хронологической близостью, но и с тем, что в 39 субъектах РФ выборы региональных парламентов проходят одновременно с выборами Государственной Думы, и это ведет к тому, что партии получают схожие результаты на региональных и федеральных выборах.

Между волатильностью последовательных циклов региональных выборов («Volat Reg 1 / Volat Reg 2»), напротив, корреляции отсутствуют у всех партий. Это еще раз говорит о том, что в кроссрегиональном разрезе волатильность голосования за партии неустойчива, то есть в одном цикле она выше или ниже в одних регионах, а в следующем – в других субъектах РФ. На думских выборах (три крайних столбца справа в табл. 3) подобная ситуация только у ЕР, тогда как у КПрФ и ЛДПР два коэффициента из трех имеют статистическую значимость

Коэффициенты корреляции между волатильностью у разных политических партий в одном цикле представлены в табл. 4.

Поначалу («VolatDuma-1», то есть волатильность между выборами Думы в 2007 и 2011 гг.) наблюдаются весьма высокие и статистически значимые коэффициенты корреляции у всех политических партий. Вероятно, это опять-таки связано со спецификой выборов 2011 г., когда поддержка ЕР существенно снизилась, а протестные голоса распределились между всеми партиями системной оппозиции: КПрФ получила 19,19% голосов (по сравнению с 11,57% в 2007 г.), СР – 13,24% (7,74% в 2007 г.), ЛДПР – 11,67% (8,14% в 2007 г.).

Но затем значения коэффициентов

резко падают. В цикле «VolatDuma-2» статистически значимая корреляция обнаруживается только между волатильностью у КПрФ и СР, что, вероятно, связано с «перетоком голосов» от СР к КПрФ в 2016 г. В цикле «VolatDuma-3» статистически значимая корреляция наблюдается у КПрФ как с ЕР, так и в ЛДПР, то есть достаточно высокий результат КПрФ на выборах 2021 г. (18,93% по сравнению с 13,34% в 2016 г.) был достигнут за счет резкого падения у ЛДПР (с 13,14% до 7,55%) и некоторого снижения у ЕР (с 54,20% до 49,82%).

Взаимосвязь между волатильностью КПрФ и ЕР прослеживается и на региональных выборах, где статистически значимые коэффициенты обнаруживаются в обоих циклах («VolatReg-1» и «VolatReg-2»). Кроме того, в первом случае значимый коэффициент есть еще и между КПрФ и ЛДПР, а во втором – между ЕР и ЛДПР.

Все это подтверждает вывод, что в целом по России волатильность итогов голосования за партию власти связана не с какой-то конкретной партией системной оппозиции, а с разными. Иными словами, «протестные голоса» распределяются либо между всеми оппозиционными партиями (как в 2011 г.), либо уходит то одной, то другой, причем по-разному и в разных регионах, и на разных выборах. Хотя именно у КПрФ волатильность чаще коррелирует с ЕР, но и она отнюдь не всегда и не везде рассматривается как «главная» альтернатива партии власти. Существенная часть избирателей меняет свои предпочтения, голосуя то за КПрФ, то за

Таблица 4.

Коэффициенты корреляции между волатильностью результатов разных политических партий в одном электоральном цикле

Volat	ЕР / КПрФ	ЕР / СР	ЕР / ЛДПР	КПрФ / СР	КПрФ / ЛДПР	СР / ЛДПР
VolatDuma-1	0,698**	0,736**	0,700**	0,237*	0,391**	0,329**
VolatDuma-2	0,189	0,127	0,080	0,388**	-0,115	0,052
VolatDuma-3	0,403**	0,152	-0,181	0,100	0,294**	0,076
VolatReg-1	0,266*	0,101	0,036	0,111	0,391**	-0,035
VolatReg-2	0,348**	0,113	0,332**	0,111	0,090	-0,002

* Корреляция значима на уровне 0,05 (двухсторонняя);
 ** Корреляция значима на уровне 0,01 (двухсторонняя)

ЛДПР, о чем говорит наличие корреляции между ними в ряде случаев.

Вместе с тем, если анализировать отдельные регионы, то в некоторых случаях обнаруживаются специфические «источники» волатильности, когда она связана с какой-то одной партией. Например, в Хабаровском крае, где значения волатильности максимальные (21,58%), она «достигается» за счет ЕР и ЛДПР, тогда как у КПРФ и СР волатильность довольно низкая. Это объясняется тем, что, хотя в целом по России партии системной оппозиции намного слабее, чем партия власти, некоторые регионы обладают специфическим партийно-электоральным ландшафтом, а именно относительно сильными региональными отделениями той или иной оппозиционной партии. Если партия обладает достаточно сильными позициями в регионе, именно она в первую очередь «приобретает» голоса, потерянные другими партиями. В том же Хабаровском крае ЛДПР еще в 2007 г. получила на выборах 13,39% голосов (четвертое место среди регионов), в 2011 – 19,82% (третье место), в 2016 – 25,01% (снова третье место).

Похожая картина в Ульяновской области, второго по степени волатильности партийной системы региона страны, где традиционно сильные позиции у КПРФ. Поскольку именно КПРФ в первую очередь получает «протестные голоса», у нее увеличиваются и показатели волатильности. Если ранжировать все регионы по средним значениям волатильности отдельных партий, ЕР в Ульяновской области занимает 5-е место, КПРФ – 3-е место, тогда как СР только 23-е, а ЛДПР 35-е.

Следовательно, высокие показатели волатильности партии не обязательно говорят о ее слабости, может быть и наоборот, так что их надо сопоставлять с абсолютными показателями партии на выборах разного уровня. При этом анализ показывает, что в большинстве регионов явного превосходства какой-то одной пар-

тии среди системной оппозиции не наблюдается. Например, во Владимирской области (7-й регион по степени волатильности партийной системы) наиболее высокую волатильность демонстрирует КПРФ (4-место по регионам), но результаты этой партии на выборах достаточно скромные, так что вряд ли можно говорить, что КПРФ здесь рассматривается как явная альтернатива ЕР. Косвенно это подтверждается и тем, что у других партий здесь также достаточно высокая волатильность: владимирские ЛДПР и СР находятся в двадцатке самых волатильных по регионам.

* * *

На основе проведенного анализа можно сделать вывод, что субъекты РФ радикально различаются по степени стабильности / волатильности партийно-электорального ландшафта. Наибольшую стабильность демонстрируют регионы с «жестким» политическим режимом. Напротив, самая высокая волатильность региональных партийных систем обнаруживается в регионах с наиболее «мягким» режимом. Это объясняется тем, что в большинстве субъектов РФ ни одна из партий системной оппозиции не воспринимается в качестве явной альтернативы партии власти. В результате «протестные голоса» распределяются либо между всеми оппозиционными партиями, либо уходят то одной, то другой, причем по-разному и в разных регионах, и на разных выборах. Вместе с тем, в отдельных регионах есть достаточно сильные региональные отделения той или иной оппозиционной партии, которая становится в регионе «главной оппозицией» и, как правило, «приобретают» голоса, потерянные другими партиями. Поэтому для характеристики партийно-электорального ландшафта в отдельных регионах показатели волатильности следует рассматривать в комбинации с результатами отдельных партий.

Группировка регионов России по девиациям голосования за ЕР

Регион	Средняя девиация	Ранговое значение	Регион	Средняя девиация	Ранговое значение
<i>Первая группа (стабильно положительная девиация)</i>					
Чечня	40,82	10	Саратовская область	13,21	4
Тыва	30,42	8	Пензенская область	11,94	4
Ингушетия	30,38	8	Краснодарский край	10,69	4
Мордовия	29,51	7	Северная Осетия	10,17	4
Дагестан	27,77	7	Адыгея	9,91	3
Татарстан	26,91	7	Тамбовская область	8,76	3
Карачаево-Черкесия	25,93	7	Брянская область	8,40	3
Кабардино-Балкария	23,94	6	Ростовская область	7,58	3
Кемеровская область	21,97	6	Воронежская область	6,96	3
Башкортостан	17,88	5	Белгородская область	6,38	3
ЯНАО	16,54	5	Тюменская область	5,12	3
<i>Третья группа (нестабильная девиация)</i>					
Волгоградская область	–	1	Липецкая область	–	0
Нижегородская область	–	1	Магаданская область	–	0
Ставропольский край	–	1	Рязанская область	–	0
Тульская область	–	1	Удмуртия	–	0
Астраханская область	–	0	Мари Эл	–	-1
Еврейская АО	–	0	Ульяновская область	–	-1
Калмыкия	–	0	Челябинская область	–	-1
Коми	–	0	Чукотка	–	-1
Курганская область	–	0			
<i>Вторая группа (стабильно отрицательная девиация)</i>					
Бурятия	-3,28	-2	Оренбургская область	-10,61	-4
Якутия	-4,00	-2	Новосибирская область	-10,97	-4
Курская область	-4,18	-2	Иркутская область	-11,55	-4
Калужская область	-4,83	-2	Архангельская область	-11,62	-4
Сахалинская область	-4,96	-2	Пермский край	-11,64	-4
Алтай	-5,34	-3	Костромская область	-11,99	-4
Ивановская область	-5,86	-3	Ненецкий АО	-12,60	-4
ХМАО	-6,11	-3	Томская область	-12,67	-4
Самарская область	-6,38	-3	Ярославская область	-12,81	-4
Чувашия	-6,64	-3	Красноярский край	-13,03	-4
Камчатский край	-6,83	-3	Свердловская область	-13,13	-4
Ленинградская область	-7,45	-3	Хабаровский край	-13,23	-4
Забайкальский край	-8,57	-3	Новгородская область	-13,59	-4
Орловская область	-8,81	-3	Омская область	-13,62	-4
Смоленская область	-9,11	-3	Приморский край	-13,64	-4
Московская область	-9,20	-3	Мурманская область	-13,91	-4
Владимирская область	-9,68	-3	Вологодская область	-14,00	-4
Тверская область	-10,08	-4	Санкт-Петербург	-14,13	-4
Хакасия	-10,08	-4	Алтайский край	-14,55	-4
Калининградская область	-10,13	-4	Кировская область	-16,16	-5
Псковская область	-10,15	-4	Карелия	-17,14	-5
Амурская область	-10,28	-4			

Библиографический список

1. Гайворонский Ю.О. Региональные политические режимы в России: концептуальные новации и возможности измерения // Полития. – 2015. – № 2. – С. 21–37.
2. Кынев А.В. Выборы региональных парламентов в России 2014–2020. – М.: Фонд «Либеральная миссия», 2021. – 1216 с.
3. Туровский Р.Ф. Концептуальная электоральная карта постсоветской России // Полития. – 2005. – № 4. – С. 161–202.
4. Туровский Р.Ф. Электоральное пространство России: от навязанной национализации к новой регионализации? // Полития. – 2012. – № 3. – С. 100–120.

5. Щербак А.Н., Сенников Е.В., Лисовский Т.А. Экономическое голосование на выборах 2011–2012 гг. // Вестник Пермского университета. Политология. – 2013. – № 4. – С. 168–183.
6. Chiaramonte A., Emanuele V. Party system volatility, regeneration and de-institutionalization in Western Europe (1945–2015) // Party Politics. – 2017. – № 4. – P. 376–388.
7. Howard M., Roessler P. Liberalizing Electoral Outcomes in Competitive Authoritarian Regimes // American Journal of Political Science. – 2006. – № 2. – P. 365–381.
8. Libman A. Subnational Political Regimes and Formal Economic Regulation: Evidence from Russian Regions // Regional and Federal Studies. – 2017. – № 2. – P. 127–151.
9. Obydenkova A., Libman A. National autocratization and the survival of sub-national democracy: Evidence from Russia's parliamentary elections of 2011 // Acta Politica. – 2013. – № 4. – P. 459–489.
10. Panov P., Ross C. Volatility in Electoral Support for United Russia: Cross-Regional Variations in Putin's Electoral Authoritarian Regime // Europe-Asia Studies. – 2019. – № 2. – P. 268–289.
11. Pedersen M.N. The dynamics of European party systems: Changing patterns of electoral volatility // European Journal of Political Research. 1979. – № 7. – P. 1–26.
12. Powell E., Tucker J. Revisiting Electoral Volatility in Post-Communist Countries: New Data, New Results and New Approaches // British Journal of Political Science. – 2014. – № 1. – P. 123–147.
13. Ross C., Panov P. The Range and Limitation of Sub-National Variations under Electoral Authoritarianism: The Case of Russia // Regional & Federal Studies. – 2019. – № 3. – P. 355–380.
14. Saikkonen I. Variation in subnational electoral authoritarianism: evidence from the Russian Federation // Democratization. – 2016. – № 3. – P. 437–458.

PARTY AND ELECTORAL LANDSCAPE IN THE REGIONS OF THE RUSSIAN FEDERATION: STABILITY VERSUS VOLATILITY

P.V. Panov

Institute of Humanitarian Studies UB RAS

For citation:

Panov P.V. Party and electoral landscape in the regions of the Russian federation: stability versus volatility: stability versus volatility // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 42–52. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.4>

The regions of Russia demonstrate a high degree of variability in voting for political parties in elections at various levels. This is explained by the fact that in regions with a «hard» political regime, the ruling party dominates the political space, while in «softer» regimes there is a certain degree of electoral competition. In this paper, based on the results of voting for party lists in the elections of the State Duma of the Russian Federation and regional parliaments for the period from 2007 to 2021, it is analyzed how stable the variability of the party and electoral landscape in the constituent entities is, and how the degree of dominance of the ruling party affects the volatility of regional party systems. The analysis shows that the greatest stability is demonstrated by the regions with a «hard» political regime, while the highest volatility of regional party systems is characteristic of the regions with the most «soft» regime. This is explained by the fact that in most constituent entities of the Russian Federation none of the parties of the systemic opposition is perceived as an obvious alternative to the party of power. As a result, «protest votes» are distributed either among all opposition parties, or go to one or the other party, and differently in different regions and in different elections. At the same time, in some regions there are fairly strong regional branches of one or another opposition party, which becomes the «main opposition» in the region and, as a rule, receives the votes lost by other parties.

Keywords: parties, elections, regions, political regime, volatility, cross-regional variations.

Сведения об авторе

Панов Петр Вячеславович, доктор политических наук, доцент, главный научный сотрудник отдела по исследованию политических институтов и процессов, Институт гуманитарных исследований Уральского отделения РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИГИ УрО РАН»), 614990, г. Пермь, ул. Генкеля, 4; e-mail: panov.petr@gmail.com.

Материал поступил в редакцию 06.03.2023г.

ПОРТРЕТ УЧЕНОГО



МИГ И БЛАЖЕНСТВО БЫТИЯ (памяти Оборина Александра Антоновича)

И.Б. Ившина, *Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН;
Пермский государственный национальный исследовательский университет*

Для цитирования:

Ившина И.Б. Миг и блаженство бытия (памяти Оборина Александра Антоновича). // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 54–60. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.5>

Родился в Перми. В 1956 г. окончил с отличием геологический факультет Пермского государственного университета. Работал в геологических экспедициях в Казахстане и Читинской области. В 1962 г. – сотрудник Пермского геологоразведочного треста Уральского геологического управления, 1958 г. – зав. отделом геохимических исследований Камского филиала ВНИИГНИ Министерства геологии СССР, 26.06.1975 г. – зав. лабораторией геологической микробиологии Отдела селекции и генетики микроорганизмов Института экологии растений и животных УНЦ АН СССР. В 1964 г. – кандидат геолого-минералогических наук, 1993 г. – доктор геолого-минералогических наук, 2003 г. – профессор. Область научных интересов – биогеохимия, геомикробиология, биотехнология. Удостоен бронзовой медали ВДНХ СССР. Автор и соавтор 250 научных публикаций. Награжден значком «Изобретатель СССР», медалью «Ветеран труда».



Оборин Александр Антонович
*Потомственный учёный-геолог,
доктор геолого-минералогических наук (1993),
профессор по специальности
«Геохимия, геохимические методы поисков
полезных ископаемых» (2003), руководитель
лаборатории геологической микробиологии
Института экологии и генетики
микроорганизмов УрО РАН (1975–2006)*

Ключевые слова: нефтегазопроисходящая биогеохимия, геомикробиология, биоиндикаторы, *Rhodococcus*.

Прошло уже 15 лет, как нет с нами Александра Антоновича Оборина, с именем которого связано развитие геомикробиологических исследований на Урале. Как вчера помню первое знакомство с ним. Начало 1973 года – это было время, когда все мы были молоды, а жизнь каза-

лась долгой, вообще бесконечной. Красивый молодой тогда 40-летний Александр Антонович собрал вокруг себя выпускников горного факультета ППИ (Бачурин Борис, Галкин Владислав, Шишкин Михаил) и биологического факультета ПГУ (Ившина Ирина), делился смелыми грандиозны-

ми планами по созданию нового направления научного поиска – нефтегазопроисковой биогеохимии и внедрению в практику геологоразведочных организаций геохимических, геофизических и дистанционных методов. Он считал, что в комплексе поисковых геохимических исследований наиболее эффективным и экономически выгодным является геомикробиологический метод прогнозирования нефтяных и газовых месторождений.

Для доказательства такого предположения необходимо было детально исследовать биогеохимические процессы в районе формирования геохимических и геофизических полей над нефтяными и газовыми месторождениями, выявить постоянные, доминирующие и наиболее информативные компоненты естественных микробиоценозов в подземных водах и подпочвенных отложениях разведочных и нефтегазоносных площадей, определить качественный состав и динамику общей численности газоассимилирующих бактерий в зависимости от сезонов года и ансамбля факторов среды (температуры, влажности, инсоляции, показателей pH и Eh, концентрации питательных веществ в почве, агрегатного состава почвы и др.), проанализировать содержание тяжелых газообразных *n*-алканов в водных и почвенных образцах, отобранных в разные сезоны года в контуре нефтяных месторождений и за его пределами, а также в (контрольных) районах известных разбуренных непродуктивных структур.

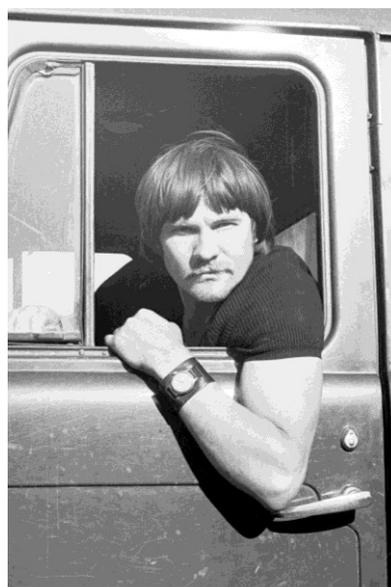
Для проведения такой работы необходимо было отобрать тысячи образцов пластовых, грунтовых и поверхностных вод, донных осадков, почв разных типов, кернов из геохимических скважин, снежного покрова, атмосферного воздуха из контрастных природно-климатических зон, в том числе районов нефтяных загрязнений, нефтепромыслов и нефтеразведочных площадей бывшего Советского Союза.

Как нам тогда казалось, Александр Антонович ставил безграничные порою фантастические и нерешаемые задачи, но мы,

молодые и беспечные, не сомневались в их успешном осуществлении.

Итак, в 1975 г. Александр Антонович был приглашен зав. Отделом селекции и генетики микроорганизмов Института экологии растений и животных Уральского научного центра АН СССР (ИЭРЖ УНЦ АН СССР) профессором Пшеничным Робертом Алексеевичем организовать в составе отдела лабораторию геологической микробиологии. В то время кандидат геолого-минералогических наук А.А. Оборин являлся сотрудником Камского отделения ВНИИГНИ Министерства геологии СССР (в настоящее время преобразованного в Камский научно-исследовательский институт комплексных исследований глубоких и сверхглубоких скважин АО «Росгеология»), руководил отделом геохимических исследований и занимался вопросами поиска и разведки газонефтяных залежей, прогнозом нефтегазоносности отложений и количественной оценкой ресурсов нефти и газа на территории Пермской области.

Сначала была выделена всего лишь одна ставка, и 25 апреля 1975 г. я была принята на должность младшего научного сотрудника в новую лабораторию, получила в распоряжение старый «УАЗик», профессиональным водителем которого был Алексей Севастьянов, и начались наши



Севастьянов Алексей Федорович, 1983 г.

первые экспедиции по исследованию широким фронтом поверхностных (реки, озера, пруды, болота) и подземных (грунтовые и межпластовые воды, ключи, родники) водоисточников геохимических провинций Пермского Предуралья, обозначенных на карте Александром Антоновичем.

Шло время... существенно расширился фронт научного поиска, в геометрической прогрессии увеличивались общий объем и география выполняемых работ. Для решения поставленных задач необходимы были практикующие специалисты для определения гидрохимических показателей отобранных образцов, проведения дегазации водных проб и анализа растворенных углеводородных газов. Постепенно расширялся персональный штат лаборатории, и уже в течение первых пяти лет Александру Антоновичу удалось увеличить число сотрудников, участвующих в комплексных нефтегазопысковых исследованиях и имеющих специальность химик-аналитик, химик-технолог, геохимик-нефтяник, а также опыт инженерной практики и геологической работы, до 20 человек (Белый В.И., Благиных А.В., Будусов Н.Ф., Гачегова М.П., Гусев В.А., Казакова Е.Н., Каменских Т.Н., Козынец И.Б., Козырева Г.И., канд.техн.наук Королев В.К., Кузнецова Н.А., Максимова В.А., Рубинштейн Л.М., Севастьянова Л.И., Суханова Е.А., Шеховцев В.П., канд.геол.-минерал.наук Шишкин М.А., Эберзин Г.А.).

Это стало возможным за счет выполнения больших объемов относительно доходных хозяйственных исследований,



Полевые работы, 1983 г.

осуществляемых по заказу производственных организаций, ведущих поисково-разведочные работы на нефть и газ в различных геолого-тектонических и ландшафтно-геохимических условиях нефтегазоносных регионов страны. Добываемые средства использовались на поддержание необходимых кадровых ресурсов, а также на приобретение полевого снаряжения, химических реагентов, лабораторной посуды, научной литературы.

Каждый сотрудник подразделения, в зависимости от своей профессиональной квалификации, отвечал за определенный раздел исследований. Для работы в полевых и экспедиционных условиях была создана специализированная передвижная лаборатория, представляющая собой грузовой автомобиль ГАЗ-66 повышенной проходимости, оснащенный пробоотборниками, набором элективных питательных сред для обнаружения микроорганизмов определенных физиологических групп, научным оборудованием для проведения аналитических исследований непосредственно в точках забора природных образцов. Благодаря колоссальным усилиям Александра Антоновича, у нас появилась небольшая полевая стационар (биостанция «Ключи») в Добрянском районе Пермского края и были созданы достаточные условия, чтобы сочетать полевые и натурные исследования с лабораторными экспериментами.

И началась разъездная жизнь в жестких условиях экспедиционной работы в широком географическом диапазоне по нефтепромыслам – от Пермского Предуралья,



Оборин А.А. на биостанции

Коми края, Таймыра, Восточной и Западной Сибири до районов Центральной России, а также Белоруссии, Казахстана, Средней Азии. Искали углеводородокисляющие бактерии, способные служить биоиндикаторами месторождений нефти и газа.

С особой теплотой вспоминаю прошедшие 75-80-85-е годы – это были годы невыносимо трудной упорной работы, но она была счастливая в самом своем процессе. А начиналась она с анализа нефтегазопроисводительности тогда еще малоизвестных микроорганизмов, окисляющих высшие газообразные гомологи метана (пропан, *n*-бутан). Это было начало 80-х – время, когда все процессы микробной трансформации углеводородов рассматривались как экзотика и нередко как биологические курьёзы.

В сравнительно короткий промежуток времени в результате изучения газовых компонентов и микробиоты подпочвенных отложений, подземных вод была установлена приуроченность отдельных индикаторных видов пропан- и бутанокисляющих бактерий к контуру нефтеносных структур, разработан экспрессный метод их обнаружения с использованием полученных видоспецифических поликлональных иммунных сывороток и совместно с геологами-поисковиками, преимущественно Производственного объединения «Беларусгеология» и Гомельского университета, проведены экспедиционные работы по обнаружению новых залежей углеводородов. Например, по результатам проведенных комплексных поисково-геохимических и микробиологических исследова-

ний на территории Белоруссии было разбурено шесть нефтеносных структур промышленного значения.

Чудесная страница истории. Потрясающее время восхитительной жизни, когда тебе 30 и вся жизнь впереди. В 80-х годах, когда только начиналась наша работа, биология алканотрофных микроорганизмов была изучена очень слабо, а систематика находилась в столь плачевном состоянии, что идентификация выделенных из природы штаммов была крайне затруднительна. Пришлось разворачивать исследования с изучения экологических закономерностей их расселения, характера взаимодействия со средой обитания и сопутствующей микрофлорой, разработки методов выделения и культивирования (особенно это касалось газоокисляющих бактерий, относящихся к традиционно трудно изолируемой из природной среды группе микроорганизмов), разработки методов экспрессной диагностики в чистых культурах и непосредственно в природных популяциях, выделения доминантных видов, выявления механизмов адаптации бактерий к экстремальным факторам среды, а также с тщательного исследования таксономической структуры ранее идентифицируемых другими авторами и вновь выделенных нами штаммов с привлечением не только традиционных методов бактериальной таксономии, но и современных хемотаксономических подходов.

Применение хемотаксономических критериев, основанных на использовании химико-структурного анализа бактериальной клетки: изучении пептидогликанов,



Отбор образцов снега, 1979 г.



Снежная съемка, Пермская обл., 1984 г.

менахинонов, сахаров, аминокислот, миколовых кислот, идентификации липидов и т.д., позволило установить, а в некоторых случаях пересмотреть родовое название изучаемой группы углеводородокисляющих бактерий. Оказалось, что многие бактерии, использующие тяжелые газообразные углеводороды и идентифицированные ранее другими авторами как *Proactinomycetes*, *Nocardia*, *Mycobacterium*, являются представителями нового рода *Rhodococcus*. Надо заметить, что вся систематика нокардиоформных бактерий подобна детективной истории, продолжающейся до сей поры.

Затем оказалось, что разграничение отдельных видов внутри рода *Rhodococcus* тоже очень затруднительно. Это потребовало разработки точных, быстрых и объективных методов видовой дифференциации родококков. Так, в цикле работ по иммунодиагностике родококков нами был создан банк специфических поликлональных иммунных сывороток против всех известных видов родококков и рекомендованы особо чувствительные методы иммунохимического анализа для идентификации родококков не только в чистых культурах, но и непосредственно в среде их обитания, в смешанных природных популяциях.

На протяжении ряда лет были получены ранее неизвестные данные о морфологии, физиологии, антигенной структуре родококков. Так, на основании иммунохимических исследований в клетках этих бактерий в условиях переключения их с углеводного на углеводородный тип питания впервые были выявлены функциональные антигены, наличие которых подтверждало адаптивную природу ферментов окисления газообразных *n*-алканов, формирующихся только после появления данного субстрата в среде. Оказалось, что алканотрофный тип питания обуславливает устойчивость родококков к большой группе антибиотических веществ, продуцируемых в природе актиномицетами. Особый интерес представлял экологический аспект этой проблемы. Очевидно, устойчивость к антибиотикам в условиях переключения родококков

на углеводородное питание является свидетельством важного для жизнедеятельности этой группы микроорганизмов эволюционно выработанного (наряду со способностью ассимилировать индивидуальные углеводороды) преимущества, обеспечивающего их высокую конкурентоспособность, а отсюда и выживаемость в занимаемых экологических нишах.

Итогом многолетних теоретических и трудоемких экспериментальных исследований явилось приобретение уникального опыта работы с культурами алканотрофов и создание реально действующей сегодня Коллекции углеводородокисляющих микроорганизмов, выделенных из различных ареалов их обитания с охватом контрастных эколого-климатических зон. Сопоставление полученных многочисленных разнородных фактов (геологических, биологических, математических, физико-химических), выявленная при этом корреляция между количеством и составом газов, мигрирующих к дневной поверхности, и частотой обнаружения, численностью и интенсивностью развития бактерий, использующих тяжелые газообразные углеводороды в качестве единственного источника углеродного питания, подтвердила факт существования своеобразного окислительного «бактериального фильтра» в зоне газовых и нефтяных месторождений.

Необходимо особо подчеркнуть, что идея о возможном существовании в подпочвенных отложениях своеобразного биологического «фильтра» из бактерий, потребляющих углеводородные газы миграционного потока из недр, принадлежит советскому ученому-геологу Григорию Абрамовичу Могилевскому. Она была сформулирована им еще в 1953 г. при проведении разведки залежей нефти и газа методом поверхностной газовой съемки. В результате этих исследований были обнаружены сезонные изменения количественного и качественного состава углеводородных газов, мигрирующих от углеводородной залежи к дневной поверхности, и нередко полное исчезновение их в теплый период года. Помимо использования

этого уникального природного явления в поисковых целях Г.А. Могилевским было сделано также предположение о возможной ключевой роли «бактериального фильтра» в формировании безуглекислотной атмосферы Земли. Эти суждения были горячо поддержаны А.А. Обориным, который высшей задачей своей почитал обеспечение преемственности близких ему идей Г.А. Могилевского путем усовершенствования и развития теоретической и методологической базы геомикробиологического метода прогнозирования новых залежей нефти и газа, а также биологического окислительного «фильтра» в зоне нефтегазовых месторождений.

Поскольку научные интересы Александра Антоновича касались прежде всего детального и комплексного изучения геохимической деятельности этого «фильтра», то по его инициативе с целью дальнейшего развития исследований биологии конкретной группы бактерий – окисляющих *n*-алканы, и возможности использования их для решения ряда других практических задач в 1988 г. (с момента преобразования Отдела селекции и генетики микроорганизмов, возглавляемого Робертом Алексеевичем Пшеничным, в Институт экологии и генетики микроорганизмов УрО РАН, первым директором которого стал Валерий Александрович Черешнев) было организовано новое научное подразделение – лаборатория алканотрофных микроорганизмов.

Одновременно на базе лаборатории геомикробиологии были организованы еще два новых структурных подразделения – лаборатория техногенных экосистем и группа нефтяной микробиологии. В 2006 г. в связи с реструктуризацией РАН и сокращением штатов научных сотрудников академических институтов они были расформированы, а лаборатория геомикробиологии трансформирована в группу. Но это другая история.

Спектр данного очерка – конкретный исторический этап развития только одного из всего многообразия разрабатываемых Александром Антоновичем Обори-

ным стратегических направлений, касающегося проблемы широкого применения микробиологического метода поисков нефти и газа в общем комплексе нефтегазопоисковой геохимии.

Для каждого Александр Антонович – свой. Был свой. Хотя слово «был» до сих пор невозможно представить с его именем. Для меня он – прежде всего Учитель – мудрый, умеющий, как никто другой, слушать и понимать, великодушный, деликатный, человечный, подлинно русский интеллигент. Александр Антонович практически никогда не вмешивался в работу своих учеников, оставляя им право самим целеустремленно и продуманно определять задачи своей деятельности и планировать эксперименты. Лишь в редких случаях контролировал ход и результаты исследований. Он научил очень важному – любить по-настоящему то, что ты делаешь, самостоятельности и строгой дисциплине в работе, смелости в принятии сложных и ответственных решений, умению здраво мыслить, подчинять работе любые обстоятельства, продуктивно работать в команде на основе принципов открытости, взаимного уважения и доверия, воспитывать достойных учеников, помогающих нести груз ответственности за дело. В этом и есть, наверное, один из общих смыслов Бытия – передача «огня»: *“Долг ученика учителю отдается своим ученикам. Даром получили – даром отдайте”* (Мейен, 2007. 15–15).

В 1993 г. Александр Антонович Оборин защитил докторскую диссертацию по теме «Нефтегазопоисковая геомикробиология», написал две обобщающие монографии (1996, 2008), в течение ряда лет вел интенсивную преподавательскую деятельность в Пермском государственном, Пермском политехническом и Пермском педагогическом университетах (читал спецкурсы «Геохимия окружающей среды», «Биогеохимия», «Основы геохимии нефти и газа»), подготовил 7 кандидатов и 3 доктора наук, собрал обширную научную библиотеку и всегда щедро и великодушно снабжал нас свежими научными

статьями и книгами. Александр Антонович прожил большую человеческую жизнь, отмеченную бесчисленными поездками (нередко с сильными перегрузками), а также встречами с интересными людьми. Более 30 лет он руководил лабораторией геологической микробиологии, годами не знал отпусков. Разработанный им метод прогнозирования нефтегазоносности локальных объектов по биогеохимической и вероятностно-статистической модели АТС (аномалия типа залежь) отмечен бронзовой медалью ВДНХ СССР.

А.А. Оборина отличали неизменное желание познавать новое и глубокое (глобальное) видение многочисленных решаемых проблем – от оценки роли “бактериального фильтра Земли” в эволюции состава атмосферы

и в формировании подземной гидросферы, исследования природы процессов нефтяных загрязнений, структуры и фундаментальных закономерностей функционирования нефтезагрязненных биогеоценозов, а также бальнеологических свойств минеральных вод подземных источников на территории Пермского края до разработки гипотезы зарождения нефтегазовых месторождений на основе изучения ядра пород из сверхглубоких скважин, а также природоохранных мероприятий, направленных на сохранение окружающей природной среды и экологической безопасности.

А в той, другой жизни, что важно? Это наши добрые воспоминания. Пока мы живы, мы будем поддерживать память об этом Человеке.

Библиографический список

1. Оборин А.А., Стадник Е.В. Нефтегазопроисковая геомикробиология. – Екатеринбург: УрО РАН, 1996. – 408 с.
2. Нефтезагрязненные биогеоценозы (Процессы образования, научные основы восстановления, медико-экологические проблемы) / Оборин А.А., Хмурчик В.Т., Иларионов С.А., Маркарова М.Ю., Назаров А.В. – УрО РАН. Перм. гос. ун-т; Перм. гос. техн. ун-т. – Пермь, 2008. – 511 с.
3. In memoriam. С.В. Мейен: палеоботаник, эволюционист, мыслитель / Отв. ред. И.А. Игнатьев. – М.: ГЕОС, 2007. – 348 с.

THE BLINK AND THE BLISS OF BEING (in memory of Alexander Antonovich Oborin)

Ivshina I.B.

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

For citation:

Ivshina I.B. The blink and the bliss of Being (in memory of Alexander Antonovich Oborin) // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 54–60. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.5>

The spectrum of this essay represents a specific historical stage in the development of only one direction of the whole variety of scientific areas developed by Prof. A.A. Oborin, concerning the problems of widespread use of the microbiological method of oil and gas prospecting in the general complex of oil and gas prospecting geochemistry.

Keywords: Oil and gas prospecting biogeochemistry, geomicrobiology, bioindicators, *Rhodococcus*.

Сведения об авторе

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.

Материал поступил в редакцию 13.01.2023 г.

ИЗ ИСТОРИИ КОМИ-ПЕРМЯЦКОЙ ЭТНОГРАФИИ: ЛЮБОВЬ СТЕПАНОВНА ГРИБОВА. К 90-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ

А.В. Черных, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН*
Д.И. Вайман, *Институт гуманитарных исследований УрО РАН*

Для цитирования:

Черных А.В., Вайман Д.И. Из истории коми-пермяцкой этнографии: Любовь Степановна Грибова. К 90-летию со дня рождения. // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 61–67.
<https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.6>

В статье на основе архивных и опубликованных источников рассматривается биография известного исследователя этнографии народов коми – Любви Степановны Грибовой. Приводятся основные сведения о биографии ученого, в том числе рассматриваются особенности полевых исследований у коми-пермяков, дается анализ основных научных трудов исследователя.

Ключевые слова: Л.С. Грибова, этнография коми-пермяков, пермский звериный стиль, декоративно-прикладное искусство, история этнографии.



*Любовь Степановна Грибова
(05.08.1933–12.10.1986)*

В 2023 г. исполняется 90-лет со дня рождения известного исследователя этнографии народов коми – Любви Степановны Грибовой (5.08.1933–12.10.1986). Она родилась в 1933 г. в коми-пермяцком селе Большая Коча Кочевского района Коми-Пермяцкого национального округа. В 1938 г. семья Грибовых переехала в соседнюю деревню Петухово, в которой прошли детство и юность исследователя. С восьмого класса Любовь Степановна училась в школе в районном центре селе Кочево, возвращаясь на выходные дни домой [17, с. 58]. В 1950 г., после завершения обучения в Кочевской средней школе, Л.С. Грибова была зачислена на исторический факультет Кудымкарского учительского института. По его окончании в 1952 г. Любовь Степановна несколько лет работала в системе образования, преподавала историю, немецкий язык, географию в Отопковской, а затем в

Петуховской семилетних школах Кочевского района [16, с. 164]. Помимо педагогической деятельности Л.С. Грибова вела большую общественную работу как внештатный лектор Отдела пропаганды и агитации Коми-Пермяцкого окружкома КПСС и член бюро Кочевского райкома ВЛКСМ, одновременно занимаясь сбором материалов по истории и фольклору коми-пермяков [16, с. 164–165].

Важным этапом в становлении исследователя явилась учеба Л.С. Грибовой на историческом факультете Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, куда она была зачислена в 1956 г. В университете Л.С. Грибова специализировалась по кафедре этнографии, занимаясь изучением истории и традиционной культуры коми-пермяков. Немаловажную роль в становлении исследователя сыграли лекции ведущих преподавателей Московского университета того времени, повлиявших на формирование методологических подходов к сбору и анализу историко-этнографического источника [16, с. 165]. Об учебе в Московском университете Л.С. Грибова так пишет в автобиографии: «В 1956 году поступила в Московский государственный университет. Училась на кафедре этнографии исторического факультета, руководимой С.А. Токаревым. Училась у видных ученых, среди них: академик Б.А. Рыбаков, академик [С.Д.] Сказкин, академик В.А. Арциховский, проф. Авдиев, Дебец, Неструх, Сафронов, Ковальченко и др. В этнографии считаю себя ученицей проф. С.А. Токарева и членов кафедры: К.И. Козловой, Г.Г. Громова, Г.Е. Маркова. Во время учебы старалась больше читать по специальности, участвовала в 4 экспедициях, на последнем курсе – самостоятельно ездила в экспедицию по Коми-Пермяцкому национальному округу» [КПКМ. ОФ. 3139-2 Автобиография Л.С. Грибовой. Л. 3].

В студенческие годы Л.С. Грибова активно сотрудничала с Коми-Пермяцким окружным музеем им. П.И. Субботина-Пермяка, участвовала в этнографических экспедициях с сотрудниками музея

[17, с. 58]. Так, в летний период она принимала активное участие в этнографических и археологических полевых исследованиях, в том числе собирая материал для будущей дипломной работы. После одной из экспедиций в районы Коми-Пермяцкого национального округа между Любовью Степановной Грибовой и художником Аркадием Васильевичем Мошевым возникла симпатия, и в скором времени пара поженилась [17, с. 58]. Аркадий Васильевич Мошев (29.09.1936 – 01.05.2012) в тот период работал сотрудником Коми-Пермяцкого окружного музея. Уроженец деревни Демино Кудымкарского района Коми-Пермяцкого округа, он стал известным художником-графиком, книжным иллюстратором, одним из ведущих графиков Республики Коми [10, с. 222–227]. А.В. Мошев известен в Коми-Пермяцком округе как иллюстратор книг В. Климова «Чивылёк – чавылёк» [21], двухтомника коми-пермяцкого фольклора «Оласо да вöласо» [12], «Кыгчö тийö мунатö?» [14], «Парма Прикамская: Фотоальбом» [19], «Заветный клад» [13]. В дальнейшем он неоднократно принимал участие в экспедициях Л.С. Грибовой, создавал рисунки, которые также отложились в экспедиционных материалах и представлены в настоящем издании.

Л.С. Грибова подготовила дипломную работу «"Культ древних" у коми-пермяков и его исторические корни» на кафедре этнографии; в ней исследовано одно из интереснейших явлений истории и духовной культуры коми-пермяков. Защита дипломной работы состоялась в 1961 г. По окончании университета Любовь Степановну Грибову направили на работу в отдел этнографии и археологии Коми филиала Академии наук СССР в Сыктывкар на должность младшего научного сотрудника [16, с. 164].

В начале 1960-х гг. молодой исследователь активно проводила сбор фольклорно-этнографических материалов о традиционной культуре коми-пермяков, в это время в поле зрения Л.С. Грибовой оказалась тема чуди [15, с. 64–79]. Во время экспедиций 1959–1964 гг. исследователь

собрала значительное количество (более ста вариантов) преданий о чуди в различных районах Коми-Пермяцкого национального округа, а также среди язынских и зюздинских коми-пермяков Пермской и Кировской областей [4, с. 93]. По этой теме в 1964 г. на основе доклада, сделанного на VII Международном конгрессе антропологических и этнографических наук, вышла ее статья «Культ „древних“ у коми-пермяков» [2]. В работе автор выдвигает положение о связи культа предков («культ древних») с преданиями о чуди, а конкретных обрядов этого культа – с древними могильниками и святилищами коми-пермяков. Необходимо упомянуть, что еще в 1962 г. Л.С. Грибова подготовила статью «Чудь по коми-пермяцким преданиям и верованиям», которая по каким-то причинам так и не была опубликована [15, с. 66]. В этой работе исследователь впервые рассматривает феномен чуди в аспекте религиозности [15, с. 66]. Л.С. Грибова раскрывает феномен чуди через положение об автохтонности коми-пермяцкого населения, считая чудь непосредственными предками коми-пермяков. Выдвинутые положения обосновываются материалами, фиксирующими обряд поминовения чуди (так называемые «*важжэсö касьтылём*» – «поминки древних»), почитаемой местным населением в качестве своих предков.

С 1963 по 1968 г. Л.С. Грибова училась в заочной аспирантуре при Коми филиале АН СССР по специальности «Этнография народов СССР». Первоначально ее научным руководителем являлся известный исследователь этнографии народов коми кандидат исторических наук Любомир Николаевич Жеребцов, а с 1964 г. Любовь Степановна работала под руководством доктора исторических наук С.А. Токарева, профессора Московского государственного университета [17, с. 55].

В этот же период ею опубликованы научные работы по фольклору и народному изобразительному искусству коми-пермяков [2; 3; 5]. В 1969 г. на историческом факультете Московского государст-

венного университета им. Ломоносова Л.С. Грибова защитила диссертацию «Исторические традиции в народном искусстве коми-пермяков», в которой сформулировала гипотезу о значительном влиянии пермского звериного стиля на все виды народного изобразительного искусства финно-угров, проживающих на европейском северо-востоке и в Приуралье. В этой работе Л.С. Грибова обобщила и систематизировала результаты изучения традиционного и современного декоративно-прикладного искусства коми-пермяков, разработала комплексный подход к изучению изобразительного искусства народов коми [9]. В последующих исследованиях Л.С. Грибова анализировала семантику древней металлической пластики Прикамья и архаичных представлений о животных у финно-угорских народов.

В 1975 г. в издательстве «Наука» вышла монография Л.С. Грибовой «Пермский звериный стиль» [4]. В издании автор рассматривает вопросы происхождения древнего искусства Прикамья. Чтобы проанализировать символику пермского бронзового литья, исследователь обращается к изучению социальной структуры древнего населения Урала. В частности, в работе раскрываются вопросы символики пермского звериного стиля, проявления в них идеологических представлений древнего населения региона. Книга сразу стала востребованной не только среди учёных финно-угроведов, но и в научном сообществе в целом; она вызвала множество обсуждений в научной среде. В работе были высказаны некоторые гипотезы, касающиеся отражения в образах металлической пластики сложной структуры родового общества и тотемистических представлений; они не получили широкой поддержки в научной среде и вызвали определенные дискуссии, что вполне закономерно для научного дискурса. Тем не менее, ученому во многом удалось не только раскрыть специфику одного из сложных явлений духовной культуры, но и ввести в научный оборот огромный корпус фольклорного и этнографического

материала, раскрывающего особенности древнего искусства коми-пермяков и соседних народов. Вклад Л.С. Грибовой в развитие этой научной темы переоценить крайне сложно.

Выход одной из фундаментальных монографических работ исследователя Пермского звериного стиля стал важной вехой профессионального пути ученого: избрания на должность старшего научного сотрудника, а затем руководителя творческой лаборатории по изучению декоративно-прикладного искусства народов коми. В этот период под руководством Л.С. Грибовой началось изучение археологических коллекций художественного бронзового литья (раннего железного века и средневековья), а также систематизация этнографических материалов по традиционной культуре народов коми в Эрмитаже и Музее антропологии и этнографии. В лаборатории изучали коллекции народного изобразительного искусства из фондов Пермского, Кудымкарского, Гайнского, Сыктывкарского и Салехардского краеведческих музеев. В дальнейшем Л.С. Грибова исследовала тематику народного искусства.

В 1980 г. опубликована монография по декоративно-прикладному искусству народов коми [6]. В книге представлен историко-этнографический обзор традиционного изобразительного искусства коми с древнейших времен до конца XX в. Работа интересна с точки зрения рассмотрения вопросов генезиса различных видов народного изобразительного искусства коми, особенностей художественной обработки дерева и бересты, меха, кости и металла, изделия из глины. Кроме того, в монографии рассматриваются такие виды декоративно-прикладного творчества, как узорное ткачество и вязание, орнаментирование ткани, вышивка, набойка. Отдельная глава посвящена геометрическому орнаменту в народном искусстве коми. В последнем разделе рассматривается современное народное декоративно-прикладное искусство.

В 1993 г. был опубликован альбом, посвященный народному изобразительному искусству коми, работу над которым Л.С. Грибова начала еще в 1980-х гг. Однако в связи со смертью ученого завершили ее сотрудники Республиканского краеведческого музея Сыктывкара, в настоящее время – Национального музея Республики Коми [8].

В своей работе Л.С. Грибова не только руководствовалась получением новых научных данных, но и настаивала на их популяризации и дальнейшем практическом применении, отстаивала идею сохранения и развития самобытной коми-пермяцкой культуры. Всего за научную карьеру она подготовила около 50 и опубликовала 35 научных работ [17, с. 57], в том числе 3 обобщающих монографии [4; 6; 7].

Сбор нового материала и экспедиционные исследования являлись важнейшими составляющими научной работы Л.С. Грибовой. За более чем 20 лет научной работы Любовь Степановна провела многочисленные полевые исследования во всех районах расселения коми-пермяков в Коми-Пермяцком национальном округе (Кудымкарский, Юсьвинский, Косинский, Кочевский, Гайнский районы), Красновишерском районе Пермской области, Афанасьевском районе Кировской области, а также во многих районах расселения народа коми в Коми АССР, Архангельской и Тюменской областях.

Несомненно, некоторые особенности этнографии коми-пермяков были известны Л.С. Грибовой с детства; часть материалов собрана ею в годы работы школьным учителем. Первые экспедиции состоялись еще в студенческие годы. Сама исследователь так характеризует их в дипломной работе: «Работа по сбору этнографических данных, в частности, фольклора, начата в 1953–1956 гг., в годы работы в Петуховской семилетней школе того же района [Кочевского], когда мне приходилось вести краеведческий кружок среди учащихся. В этот период написаны легенды о чуди, о богатырях и их карах /городищах/, сказки и т.д. К этому же времени от-

носятся знакомство с археологическими памятниками Кочевского района. Но все прошлые наблюдения и записи производились без специальной подготовки, безотнositельно и определенной тематики и только в пределах одного района. Этот пробел значительно восполнен был во время экспедиций: в августе–сентябре 1959 г. от Коми-Пермяцкого краеведческого музея и в июле-августе 1960 г. от кафедры этнографии МГУ; в январе 1961 г. во время преддипломной практики среди коми-пермяков...» [КПКМ. Ф. 940. Д.3. Л. 4]. Согласно отчету об экспедиции 1959 г. Коми-Пермяцкого краеведческого музея, подготовленного Л.С. Грибовой, исследования проводились с 15 августа по 15 сентября 1959 г. в селах и деревнях Юксеево, Кочево, Большая Коча, Малая Коча, Пелым, Петухова, Отопкова, Вершинина, Митина, Куделькино, Урья, Борино, Маскаль, Воробьево, Дёма, Васькино [КПКМ. Ф. 940; Оп. 1. Д. 2. Л.1-2. Отчет Кочевской историко-этнографической экспедиции 1959 г.]. Участники этой экспедиции, скорее всего, не делали фотосъемку, а лишь создавали рисунки, так как в отчете в разделе «затруднения в работе экспедиции и предложения» указано: «фотоаппарат в экспедиции необходим».

В 1960 г. экспедиция вновь проводилась совместно с Коми-Пермяцким краеведческим музеем, и Л.С. Грибова подготовила краткий отчет по ее итогам. Из него мы узнаем, что выезд состоялся с 25 июля по 25 августа 1960 г. в Косинский район Коми-Пермяцкого округа. Л.С. Грибова отмечает, что экспедиция явилась продолжением предыдущего полевого исследования 1959 г. в Кочевском районе, и намечает его перспективу: «Эти экспедиции являются началом дальнейшего детального научного исследования жизни коми-пермяков всех групп. Уже эта экспедиция имела возможность собрать некоторые сведения по Гайнскому и Юсьвинскому районам Коми-Пермяцкого национального округа, а также по язьвинским пермякам» [КПКМ Ф. 940. Оп. 1. Д. 6. Л.1-2.]. В со-

ставе экспедиции работали сотрудники Коми-Пермяцкого краеведческого музея А.В. Мошев и А.Ф. Быков.

Новый этап в экспедиционной работе начался во время работы Л.С. Грибовой в Отделе истории, этнографии и археологии Коми филиала АН СССР. В предисловии к монографии «Декоративно-прикладное искусство коми» Л.С. Грибова так характеризует свой экспедиционный опыт: «...автору удалось совершить четыре экспедиции по районам расселения коми-пермяков (Коми-Пермяцкий автономный округ, Красновишерский и Соликамский районы Пермской обл., Афанасьевский район Кировской обл., а также пять экспедиций по районам Коми АССР» [6, с. 9]). В 1962 г. Л.С. Грибова приняла участие в полевой работе на р. Печоре в Коми АССР [Научный архив Коми НЦ УрО РАН: Ф.1. Оп.13. Д,79]. Однако уже в следующем 1963 г. отдел расширил территорию исследований и включил в нее районы расселения коми-пермяков. Как отмечают исследователи биографии и наследия ученого, «это стало возможно не без личного участия Любови Степановны, известно ее обращение к председателю Президиума Коми филиала АН СССР П.П. Вавилову» [18, с. 333]. В этом обращении она отмечала важность изучения коми-пермяцкого народа: «Наименее изучены северная (бывшие чердынские, настоящие косинские и верхне-язьвенские) коми-пермяки. Именно эти группы в ближайшем будущем, очевидно, исчезнут... Поэтому особенно важно заняться изучением их незамедлительно... Они, коми-пермяки, самый близкий, родственник коми-зырянам народ, могут раскрыть многие явления, неясные в этногенезе, этнических связях, взаимоотношениях с другими народами коми и вообще народов пермской группы... Я не сомневаюсь, будут открыты новые тайники фольклора, языка, народного искусства» [1, с. 88].

Летом 1963 г. Л.С. Грибова организовала экспедицию в Коми-Пермяцкий национальный округ, темой которой стала «Историческая традиция в современном

быту и духовной культуре коми-пермяков» [18, с. 333]. В 1963–1969 гг. Л.С. Грибова осуществила серию полевых исследований на территории расселения всех этнографических групп коми-пермяков. Согласно отчетам из научного архива Коми научного центра УрО РАН, в 1964 г. состоялась экспедиция в Коми-Пермяцкий национальный округ, в 1966 г. – в Кировскую область.

Несомненно, что часть материалов по этнографии коми-пермяков Л.С. Грибова собрала во время приездов на родину – в результате общения с родственниками, знакомыми и земляками.

Отчеты, дневниковые записи экспедиций хранятся сегодня в архивах нескольких научных учреждений – Коми-Пермяцкого краеведческого музея им. П.И. Субботина-Пермяка и научного архива Коми НЦ УрО РАН. Несомненно, они заслуживают отдельного исследования. И если биография Л.С. Грибовой уже освещалась в целом цикле публикаций [11; 16; 17], то собранные во время поездок материалы, маршруты, научные итоги экспедиций еще ждут своего исследователя.

Сокращения:

КПКМ – Коми-Пермяцкий краеведческий музей.

ОФ – Основной фонд.

Библиографический список

1. Бровина А.А., Лисевич Н.Г. Личный фонд исследователя народной культуры Л.С. Грибовой в Научном архиве Коми НЦ УрО РАН // Финно-угроведение. – 2010. – № 1. – С. 87–93.
2. Грибова Л.С. Культ «древних» у коми-пермяков. – М.: Наука, 1964. (7-й Междунар. конгресс антропол. и этногр. наук, Москва, авг. 1964 г.). – 9 с.
3. Грибова Л.С. Традиционная резьба на сельских постройках у коми-пермяков // Советская этнография. – М.: АН СССР. – 1968. – № 6. – С. 107–116.
4. Грибова Л.С. Пермский звериный стиль. Проблемы семантики. – М.: Наука, 1975. – 148 с.
5. Грибова Л.С. Историческая традиция в современном искусстве коми-пермяков // V Уральское археологическое совещание: тез. докл. и сообщ. – Сыктывкар, 1967. – С. 83–86.
6. Грибова Л.С. Декоративно-прикладное искусство народов коми. – М.: Наука, 1980. – 240 с.
7. Грибова Л.С. Пермский звериный стиль как часть социально-идеологической системы. Его стадийный характер. – Сыктывкар, 1980. – 27 с.
8. Грибова Л.С., Савельева Э.А. Народное искусство коми: Альбом на коми, рус. и англ. яз. – Сыктывкар, 1992. – 140 с.
9. Дерябин В.С. Научные заслуги Л.С. Грибовой в развитии российской этноархеологии // Этнокультурное наследие пермских финнов. – Разд. 1 / URL: <https://permk.wordpress.com/tag/грибова-л-с/> [дата обращения: 16.01.2023].
10. Жданова А.Д. Художники Пармы // Коми-Пермяцкий автономный округ на рубеже веков. – Кудымкар, 2000. – С. 222–227.
11. Жеребцов И.Л., Шаранов В.Э. Любовь Степановна Грибова // Очерки по истории изучения этнографии коми. — Сыктывкар, 2007. – С. 138–140.
12. Жили-бэли: коми-пермяцкие сказки, легенды, сказы, предания, былички и бывальщины / сост. В.В. Климов. – Кудымкар: Перм. кн. изд-во, Коми-Перм. отд., 1990. – 366 с.
13. Заветный клад: избранная коми-пермяцкая народная проза и поэзия / сост. В.В. Климов. – Кудымкар: Коми-Перм. кн. изд-во, 1997. – 389 с.
14. Куда же вы уходите?: коми-пермяцкие сказки, песни, частушки, дет. фольклор, заговоры, малые жанры фольклора / сост. В.В. Климов. – Кудымкар: Перм. кн. изд-во, Коми Перм. отд., 1991. – 287 с.
15. Лимеров П.Ф. Легенды о чуди: предки, не принявшие новую веру / Словесность и история. – СПб., 2020. – № 2. – С. 64–79.
16. Мальцева Н.А. О жизни и деятельности известного финно-угорского этнографа Любови Степановны Грибовой // Грибова Л.С. Пермский звериный стиль. Стереотипное изд. – Кудымкар: Коми-пермяцкий этнокультурный центр. – 2014. – С. 162–167.
17. Мальцева Н.А. Этнограф Любовь Степановна Грибова: страницы биографии // Коми-пермяцкий этнографический сборник / под. ред. А.В. Черных, А.С. Лобановой (Труды Ин-та языка, ист. и trad. культуры коми-перм. народа. Вып. X) – СПб.: Маматов, 2014. – С. 54–68.
18. Миронова Н.П., Лисевич Н.Г., Оседых А.Г. Экспедиционная повседневность женщины-этнографа Коми филиала АН СССР в 1960-е гг. (по личным дневникам Л.С. Грибовой) // Природно-географические факторы в повседневной жизни населения России: история и современность (региональный аспект). Материалы междунар. науч. конф. – 2019. – С. 331–337.

19. Парма Прикамская: фотоальбом / сост. А. Истомин; худ. А. Мошев. – Кудымкар: Коми-Перм. кн. изд-во, 1995. – 160 с.
20. Ученые Института языка, литературы и истории Коми научного центра УрО РАН. Биографический справочник. – Сыктывкар, 2000. – 212 с.
21. Чивылёк-чавылёк: из коми-перм. фольклора, для детей дошк. и мл. шк. возраста / сост. В.В. Климов. – Кудымкар: Перм. кн. изд-во, Коми-Перм. отд., 1988. – 48 с.

**FROM THE HISTORY OF KOMI-PERMIAN ETHNOGRAPHY:
LYUBOV STEPANOVNA GRIBOVA.
TO THE 90TH ANNIVERSARY OF HIS BIRTH**

A.V. Chernykh, D.I. Vaiman

Institute of Humanitarian Studies UB RAS

For citation:

Chernykh A.V., Vaiman D.I. From the history of Komi-Permian ethnography: Lyubov Stepanovna Gribova. To the 90th anniversary of his birth // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 61–67. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.6>

The article considers the biography of the well-known researcher of ethnography of the Komi peoples, Lyubov Stepanovna Gribova, on the basis of archival and published sources. The basic information about the scientist's biography is given, including the peculiarities of field research among the Permian Komi. The article analyzes the main scientific works of the researcher.

Keywords: L.S. Gribova, ethnography of the Komi-Permyaks, Perm animal style, decorative and applied art, history of ethnography.

Сведения об авторах

Черных Александр Васильевич, доктор исторических наук, член-корреспондент РАН, главный научный сотрудник, Институт гуманитарных исследований Уральского отделения РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИГИ УрО РАН»), 614013, г. Пермь, ул. Генкеля, 4; e-mail: atschernych@yandex.ru.

Вайман Дмитрий Игоревич, кандидат исторических наук, старший главный научный сотрудник, «ИГИ УрО РАН»; e-mail: dmitrii-vaiman@yandex.ru.

Материал поступил в редакцию 29.05.2023 г.

ВЛАДИМИР НИКОЛАЕВИЧ ВАРГИН – ОСНОВОПОЛОЖНИК АГРОНОМИЧЕСКОЙ НАУКИ В ПЕРМСКОЙ ГУБЕРНИИ

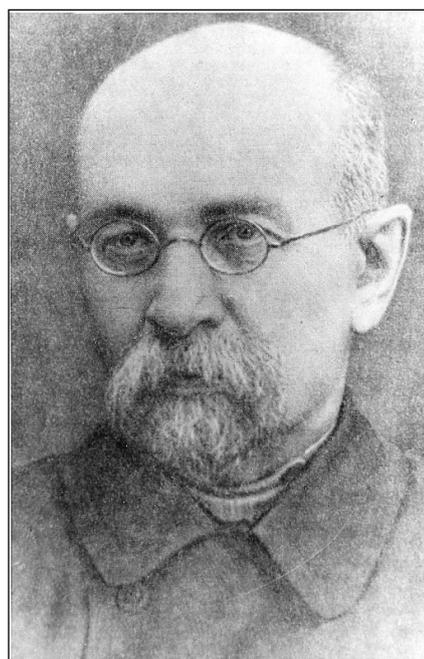
К.Н. Корляков, *Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства*

Ю.Н. Зубарев, *Пермский аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова*

Для цитирования:

Корляков К.Н., Зубарев Ю.Н. Владимир Николаевич Варгин – основоположник агрономической науки в Пермской губернии // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 68–79. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.7>

В статье рассказано о жизненном пути и научном наследии выдающегося ученого в области земледелия и организатора сети опытных учреждений в Пермской губернии Владимира Николаевича Варгина. Главными достижениями всей агрономической и научной деятельности учёного агронома и профессора В.Н. Варгина являются организация государственной агрономической службы в Пермской губернии; разработка научно-методической базы исследований – программы и методики закладки полевых опытов по окультуриванию бедных дерново-подзолистых почв Предуралья; создание сети опытных с.-х. учреждений в Пермской губернии, пропаганда и внедрение посевов многолетних трав, рационального применения удобрений, плодосменных и многопольных севооборотов с клевером красным вместо экстенсивных трёхпольных систем земледелия, а также многолетняя преподавательская деятельность в Пермском университете. Владимир Николаевич Варгин является автором учебника «Элементарный курс общего земледелия», который долгое время был широко распространённым пособием в сельскохозяйственных школах России, четырех монографий. Всего он опубликовал более 150 трудов по агрономии, организации и экономике сельского хозяйства.



ВАРГИН
Владимир Николаевич
(1866 – 1936 гг.)

Ключевые слова: *Пермская губерния, агрономическая служба, В.Н. Варгин, губернская с.-х. опытная станция, Пермский университет.*

Первые попытки научного ведения сельского хозяйства на Урале относятся к 60-м годам прошлого столетия, на волне реформ Александра II, отменившего крепостное право. Далее катастрофическая засуха 1891 года заставила Пермское губернское земство искать пути получения устойчивых урожаев. В 1899 году на должность губернского агронома был приглашен видный ученый – агроном Владимир Николаевич Варгин. Он сумел расширить показательные опыты в крестьянских хозяйствах, поощрял клеверосеяние и кормопроизводство, при нем впервые испытали и стали применять зяблевую вспашку, а также проводить опыты с заводскими удобрениями. Владимир Николаевич разработал проект создания сети опытных учреждений в Пермской губернии и стал организатором Пермской губернской сельскохозяйственной опытной станции [1].

Владимир Николаевич Варгин родился 20 января (по новому стилю 1 февраля) 1866 года в городке Спаске Казанской губернии в семье мещанина, сына бывшего крепостного крестьянина, вышедшего в люди. Рос в провинциальной мещанской семье. Его отец, Николай Андреевич Варгин, держал в Спаске бакалейную лавку и слыл известным в округе оптовым торговцем спиртными напитками.

Родители послали его учиться в Екатеринбург, где Владимир в 1884 году окончил с серебряной медалью местную классическую гимназию. Затем он отправился в Москву и поступил на агрономический факультет Петровской земледельческой и лесной академии (в настоящее время МСХА имени К.А. Тимирязева). В 1888 году успешно окончил академию и уже вскоре был удостоен степени кандидата сельскохозяйственных наук за научную работу «Зелёное удобрение и значение его для крестьянских хозяйств Пермской губернии» [2].

Работать он отправился в Красноуфимское реальное училище (сейчас оно носит его имя), где уже функционировали сельскохозяйственные классы и профильное

отделение с набором 48 учащихся. На первых порах ему было поручено преподавать учение о машинах, орудиях и счетоводство, одновременно заведовать сельскохозяйственной фермой, руководить летними практическими занятиями учащихся. Варгин осваивает практически все предметы агрономического цикла, зоотехнии и бухгалтерского учёта (счетоводства).

Красноуфимский период (1889–1899) стал для него весьма плодотворным. Здесь на учебной ферме, превращённой в опытное поле и полигон агрономических новаций, он прошел хорошую практику как молодой учёный-новатор, профессиональный педагог, агроном и организатор. Здесь он впервые на Урале применяет летне-осеннюю зяблевую вспашку, меняет традиционное трёхполье на многопольные и плодосменные севообороты, пропагандирует минеральные туки и пермский местный клевер, внедряет результаты своих опытов в крестьянских хозяйствах во всей округе [2].

В 1899 г. В.Н. Варгин был приглашен на работу в Пермское губернское земство на должность губернского агронома (до него в этой должности с 1888 года работал В.А. Владимирский). На этом ответственном посту всесторонне раскрылась личность Владимира Николаевича – агронома-новатора и прогрессивного учёного-практика. В этой должности он занимался проведением мероприятий в русле аграрной политики П.А. Столыпина. В 1910 г. Петр Аркадьевич посетил Пермскую губернию с целью проверки хода выполнения разработанных им реформ в сельском хозяйстве. В ходе визита он побывал на сельскохозяйственной и кустарно-промышленной выставке, где с работой опытных учреждений и положением в сельском хозяйстве губернии его ознакомил именно В.Н. Варгин. Высокие гости остались довольны и показанными им экспонатами выставки, и обсуждением насущных хозяйственных проблем.

Несмотря на благоприятное, в целом, впечатление от Перми, пермяки не нашли поддержки у Столыпина по вопросу соз-

дания высшего учебного заведения с двумя отделениями: сельскохозяйственным и горным. Как выяснилось из беседы, гости отдавали предпочтение Самаре, где находится центр сельского хозяйства, и Екатеринбургу, как горнозаводской столице. Господин премьер-министр обещал продумать другие проекты, предложенные пермскими земцами.

Но на обдумывание у него времени уже почти не осталось: ровно через год после посещения Пермской губернии Столыпин был убит в Киеве. Как и многие, пермяки были потрясены этим трагическим, зловещим событием-предзнаменованием. Сотни наших земляков приняли участие в сборе средств на памятник погибшему премьеру.

Большое внимание Варгин уделял постановке опытов с минеральными удобрениями и пермским клевером, в том числе и в крестьянских хозяйствах. В этой работе он опирался на своих помощников – агрономических смотрителей, в основном своих учеников и выпускников сельскохозяйственного отделения училища, которые в дальнейшем станут участковыми и уездными агрономами. Это продуктивное пятнадцатилетие (1899–1913) станет ключевым в биографии учёного [4].

Не имея возможности остановиться на всех областях многообразной деятельности В.Н. Варгина как губернского агронома, упомянем главнейшие мероприятия, осуществленные им. Прежде всего следует сказать о роли Варгина в развитии клеверосеяния.

Пермская губерния была одной из тех, где клеверосеяние получило значительное развитие уже в конце XIX века. На начальном этапе возделывание клевера в губернии получило не столько кормовое, сколько семеноводческое направление.

В.Н. Варгин высоко ценил пермский стародавний клевер, выведенный крестьянами Кунгурского уезда и прилегающих к нему территорий. Клевер, который прекрасно приспособлен к суровым уральским условиям: зимостоек, долговечен, урожаен. Семена клевера, собранные в

этих уездах, были свободны от примеси повилики (паразитного растения и злостного карантинного сорняка), которая была распространена в центральных районах России и европейских странах. Владимир Николаевич проводил исследования по совершенствованию агротехники клевера, способствовал расширению посевов клевера, организации его семеноводства. Благодаря этому сформировалась ценная популяция пермского красного (лугового) клевера, на основе которого позже был создан сорт Пермский местный. За семенами пермского стародавнего клевера приезжали из центральных и западных районов нашей страны (Подмосковье, Прибалтика). Этим клевером очень интересовались и иностранные покупатели. В 1902 г. семена Пермского клевера были впервые проданы за границу. Из Кунгурского уезда в другие районы страны и на экспорт вывозилось до ста тысяч пудов (1,6 тыс т) клеверных семян в год. За прекрасные качества пермский клевер на международной выставке в Милане в 1906 году был удостоен золотой медали, а в 1908 году – серебряной медали на выставке в Петербурге.

Товарное клеверное семеноводство существенно повлияло на денежные доходы крестьян во многих уездах Пермской губернии. На юбилее В.Н. Варгина в 1923 г. один из представителей областных организаций, оценивая деятельность Варгина, образно выразился: «Благодаря Вам, Владимир Николаевич, благодаря Вашей деятельности, пермский крестьянин стал ходить в сапогах» [3].

И вместе с тем Варгина очень волновало, что кунгурские крестьяне, стремясь продать возможно больше клеверных семян, оставляют себе так называемые «высевки», то есть мелкие семена, от которых трудно получить хорошее потомство. «Выйдет, – писал В.Н. Варгин, – что хозяева сами зарежут курицу, несущую им золотые яйца». К сожалению, часто безысходная нужда заставляла крестьян поступать именно так – во вред себе. Не вина Варгина, что многие дельцы и спе-

кулянты воспользовались клеверной горючкой в своих интересах и стали закабалить крестьян долгосрочными обязательствами, не приносившими реальных улучшений в хозяйстве. Такой метод «отрицательного отбора» в семеноводстве неизбежно должен был привести и привел к вырождению популяции, резкому снижению качества семян и снижению продуктивности культуры. Начавшаяся в 1914 году первая мировая война, а далее революция и гражданская война поставили окончательную точку в непродолжительной «клеверной лихорадке».

К вопросу о получении высоких и устойчивых урожаев клеверных семян В.Н. Варгин часто возвращался и в последующие годы. В 1925 году в Москве тиражом сто тысяч экземпляров вышла его книга «Клевер на семена». Простым языком уральский агроном рассказывал об основных свойствах клеверных растений, об агротехнике клевера на семена. В книге приведено много примеров из практики крестьян бывшего Кунгурского уезда, использованы данные Оханского опытного поля. В 1929 году в Свердловске бесплатным приложением к уральской «Крестьянской газете» вышла брошюра В.Н. Варгина «Культура клевера на семена». В работах В.Н. Варгина содержится масса ценных практических указаний по агротехнике клевера [3].

Селекционная работа по улучшению ярославских, печорских и пермских кряжей дикорастущего клевера лугового привела к созданию так называемых местных сортов клевера, которые не потеряли своего значения и до настоящего времени. Они используются как самостоятельные кормовые культуры, отличающиеся повышенной устойчивостью к неблагоприятным условиям, так и в качестве исходного материала для селекции, как доноры целого ряда хозяйственно ценных свойств. Не случайно ученые Всероссийского института генетических ресурсов растений имени Н.И. Вавилова (ВИР) включили образцы популяций клевера в Пермском крае в коллекцию института и

неоднократно проявляли интерес к расширению этой части коллекции.

Разрешая кормовую проблему для всей области, Варгин обратил внимание на необходимость посевов люцерны в степном Зауралье, а также выращивания зернобобовых культур для сбалансированного по белку кормления. Это привело к массовым испытаниям гороха, чечевицы, чины (в Зауралье), вико-овсяной смеси. В качестве сочных кормов Варгин еще в те годы, т.е. в первом десятилетии нашего века, широко популяризировал картофель и кормовые корнеплоды. В Зауралье, с его полусасушливым климатом, клевер растет хуже. Крестьянам Зауралья агроном Варгин рекомендовал сеять люцерну – долговечное и высокоурожайное кормовое растение, также из семейства бобовых. «Хорошее поле люцерны – чистый капитал», – говорил он.

Варгин советовал сеять люцерну и вне севооборота, оставляя поле под ней без перепашки до тех пор, пока она не выродится. А люцерна может и десять лет на одном месте давать высокий урожай. Это ярко показали долгие исследования одного из учеников Владимира Николаевича – профессора Пермского государственного университета А.И. Оборина в Челябинской области, а также на некоторых почвах Предуралья.

В люцерне Варгин видел не только прекрасное кормовое растение, а еще и культуру, которая может улучшить – «рассолить» солонцы, которые так обычны в лесостепном Зауралье: на территории Челябинской и Курганской областей их площадь составляет один миллион восемьсот тысяч гектаров [3].

В.Н. Варгин на протяжении всей его трудовой жизни отстаивал мысль, что многолетние травы очень нужны в районах достаточного увлажнения. Вот что по этому поводу он писал в 1914 году: «...Травосеяние в связи с применением минеральных удобрений составляет основу коренного улучшения хозяйства в Предуралье» [2].

Второй большой раздел работы В.И. Варгина на должности губернского

агронома – изучение и применение удобрений. Уже в своем «Элементарном курсе земледелия» Владимир Николаевич обращает серьезное внимание на удобрения, в частности на правильное хранение и применение навоза. С самых первых лет своей агрономической деятельности В.Н. Варгин ставил массовые показательные опыты с удобрениями в крестьянских хозяйствах [4]. В период с 1892 по 1906 год в Пермской губернии было проведено свыше 600 опытов с применением удобрений. Испытывались навоз, торф, зеленое удобрение, но главное внимание было обращено на испытание минеральных удобрений: суперфосфата, фосфоритной муки, томасшлака, селитры, калийной соли, извести [3].

Еще больше, около 1400 опытов с минеральными удобрениями было поставлено в период с 1907 по 1911 годы (данные этих показательных опытов опубликованы в 1912 году). Опыты охватывали все уезды, всевозможные почвенные условия. Методика этих опытов была хорошо продумана и отвечала реальным возможностям крестьянского хозяйства.

Варгинские показательные опыты с удобрениями сыграли огромную роль в выяснении потребности почв в питательных веществах, в оценке эффективности удобрений. Будучи хорошим экономистом, Владимир Николаевич не забывал при каждой публикации результатов опытов с удобрениями давать экономическую оценку (в рублях и копейках) их применения, что было весьма доходчиво для крестьян.

Массовыми опытами была доказана, прежде всего, высокая эффективность суперфосфата (пуд зерна на пуд удобрения!). Учитывалось даже и последствие удобрения. Было доказано, что даже привезенный издалека суперфосфат (Рижского завода) вполне оправдывал себя, если применять его под рожь с последствием удобрения на овсе и клевере. Однако для того чтобы применение суперфосфата оправдывалось на первой культуре, необходимо было снизить цену на удобрение.

Выводы из показательных опытов послужили веским основанием к тому, что Пермское и Вятское земства на совместных началах, до революции начали строить Пермский суперфосфатный завод, который должен был давать более дешевый суперфосфат, чем Рижский завод. Пермский суперфосфатный завод рассчитан был на переработку к тому времени открытых Вятских фосфоритов. В этом вопросе деятельность Варгина очень тесно соприкасается с деятельностью академика Д.Н. Прянишникова. Прянишников считал производство суперфосфата из отечественного сырья национальной проблемой России и обосновал такую возможность технологическими и агрохимическими исследованиями. Недаром почти во всех своих основных работах двадцатых годов Д.Н. Прянишников ссылался на результаты массовых опытов с удобрениями, проводившихся Варгиным, и на инициативу Пермского и Вятского земств в строительстве Пермского суперфосфатного завода [3].

Работа В.Н. Варгина на посту губернского агронома, столь тесно связанная с проведением опытно-исследовательской работы, непосредственно подводит нас ко второму этапу его благородной деятельности – руководству опытными учреждениями Пермского земства.

Ему принадлежит инициатива создания первого на Урале опытного сельскохозяйственного научного учреждения – Пермской центральной губернской с.-х. опытной станции, проект которой был лично разработан В.Н. Варгиным и утверждён Пермским земством в декабре 1912 г. Данный проект предусматривал также организацию целой сети опытных учреждений Пермской губернии и является образцом для такого рода работы.

В январе 1913 года состоялось официальное открытие Пермской губернской сельскохозяйственной опытной станции, которой передали принадлежавшую земству обширную усадьбу на окраине Перми напротив загородного сада (сейчас – детский парк культуры и отдыха

им. Горького). В 1914–1915 гг. было построено трехэтажное каменное здание станции с химической лабораторией, помещениями для контрольно-семенной лаборатории и других отделов. В настоящее время в нем располагается химический корпус Пермского государственного аграрно-технологического университета им. акад. Д.Н. Прянишникова. При опытной станции был построен вегетационный домик из металлических конструкций на 1 000 сосудов. Был создан лабораторно-полевой участок. На небольшом земельном участке около здания станции разместились коллекционные, мелкоделяночные посевы и питомники. Отделы полеводства и технологии льна развернули работы на землях пос. Архирейка. В феврале 1914 г. были отведены земли для Камышловского и Шадринского опытных полей. К 1916 г. на усадьбах этих хозяйств уже были необходимые сооружения и инвентарь. Несмотря на трудности, связанные с империалистической войной, укомплектовали и штат. В 1915 г. приобретены земли для Оханского (позже Менделеевского) опытного поля. Оборудование его началось в 1916 г. Работа была прервана гражданской войной: колчаков-

цы разрушили помещения, разогнали персонал, переправили рабочий скот в Сибирь. Только в 1921 г. было начато восстановление опытного поля.

Владимир Николаевич занял посты заведующего опытными учреждениями Пермского губернского земства и, одновременно, директора опытной станции. В качестве руководителя опытной сетью В.Н. Варгин выступает как вдумчивый исследователь и талантливый организатор.

В 1914–1915 годах сотрудники опытной станции разработали под руководством Владимира Николаевича программы и методики закладки опытов, их ведения и сопутствующих исследований. Первая программа научных исследований касалась главным образом вопросов окультуривания бедных дерново-подзолистых почв Предуралья.

Пермская губерния, образованная в 1761 г., представляла собой огромную территорию по обе стороны Уральского хребта – более 319 тыс. кв. км, или вдвое больше, чем занимает Пермский край сейчас. Вся бывшая Пермская губерния делилась на 6 природных зон, пять из которых должны были иметь опытные поля: Северное Предуралье, Центральное



Рис. Здание Пермской с.-х опытной станции (корпус химического факультета Пермского ГАТУ)

Предуралье, Южное Предуралье, Среднее Зауралье и Южное Зауралье. Не предполагалось создавать опытное поле только для Северного Зауралья, малоосвоенного в сельскохозяйственном отношении. В соответствии с намеченным планом были организованы и в 1916 г. уже работали Шадринское и Камышловское опытные поля в Южном и Среднем Зауралье. В Предуралье тогда же начали организацию Оханского (Менделеевского) опытного поля, которое в связи с войной приступило к закладке опытов только в 1922 году. На севере Предуралья намечено было организовать Чердынское опытное поле. Позднее на отведенной для него территории, в связи с открытием Соликамских калийных месторождений, была организована Соликамская опытная станция. Не удалось только создать опытное поле в Южном Предуралье (Сарапульское). В какой-то степени его отсутствие компенсировала Красноуфимская сельскохозяйственная опытная станция Свердловской области, организованная в тридцатые годы, и Удмуртская сельскохозяйственная опытная станция в Ижевске [2].

Позднее в связи с организацией Уральской области (в 1927–1929 гг.) сеть опытных учреждений Урала, которой продолжал руководить в роли консультанта В.Н. Варгин, расширилась за счет организации Троицкого опытного поля (существующего теперь), Челябинского (сейчас Челябинский НИИСХ), Ялуторского опытного поля (существовало 7 лет), Зауральской (Курганской) опытной станции, Свердловского опытного поля (Уральский НИИСХ).

Для сети опытных учреждений Пермской губернии Варгин разработал подробнейшую методику проведения полевых опытов и сопутствующих наблюдений и исследований. Эта методика вначале существовала в рукописном виде, а позднее, уже после революции, была опубликована («Приемы производства работ при полевых опытах и сопутствующих опытам наблюдений на опытных полях сети опытных учреждений Уральской области». Пермь, 1927).

Многие предложенные приемы ведения полевых опытов не потеряли своего значения и в настоящее время.

Организуя сеть опытных полей, Варгин неоднократно говорил, что эта сеть не исключает организации небольших опытных участков при сельскохозяйственных обществах, кредитных товариществах, при сельских школах, постановки опытов на крестьянских полях. Он неоднократно публиковал свои рекомендации по методике проведения таких опытов, (сейчас называемых производственными) подчеркивая при этом их демонстрационное значение.

При всем этом Владимир Николаевич не доверял полностью данным, полученным в опытах, проведенных в крестьянских хозяйствах. Он писал: «Такие грубые опыты могут дать определенный вывод при двух условиях: если данных имеется значительное число, и если результат получается резко выраженный. Как мало дали нам все эти бесконечные опыты практика – хозяина. Нужны опыты на специально к тому приспособленных полях и станциях». Эти мысли не потеряли своей актуальности и в настоящее время, когда коммерческими фирмами проводятся опыты с нарушением базовых методических принципов, а в учебных программах большинства вузов отсутствуют курсы по организации экспериментальной работы и методике опытного дела. Выпускники биологических (и не только) факультетов университетов часто проводят исследовательскую работу, полагаясь на свою интуицию (которая может подвести), опыт и здравый смысл (которого может и не быть), что в итоге может привести к совершенно некорректным выводам и ошибочным результатам.

В.Н. Варгин разработал не только методику работы опытных учреждений, но и основную программу исследований для каждого опытного учреждения в соответствии с природными и хозяйственными (экономическими) условиями той или иной зоны. Для Центрального Предуралья основой программы были вопросы удобрения, способы применения навоза, известкование,

фосфоритование, применение суперфосфата совместно с навозом и известью; при этом эти вопросы разрешались в связи с возделыванием клевера, а потому ставились обязательно в многопольных севооборотах. Проведены опыты с возделыванием гороха, чечевицы, кормовых бобов, картофеля и корнеплодов. Ставились опыты по обработке почвы, подбору сортов и изучению новых культур.

Для зауральских опытных полей в центре программы были вопросы кормопроизводства: подбор однолетних кормовых растений, в частности зернобобовых (горох, чина, чечевица), многолетних кормовых культур (клевер, люцерна); агротехника зерновых культур (озимой ржи, озимой и яровой пшеницы), в том числе сроки посева, нормы посева, обработка и удобрение пара, предшественники. Проводилось сравнение севооборотов: трехполья и четырехполья с выводным люцерновым клином.

В двадцатые годы, когда В.Н. Варгин получил первые долгожданные результаты стационарных опытов с удобрениями в Предуралье, устанавливается тесный контакт между ним и Д.Н. Прянишниковым. Д.Н. Прянишников дважды (в 1924 и 1926 гг.) приезжал в Пермь знакомиться с опытами Варгина на Пермской станции (вегетационные опыты) и на Менделеевском опытном поле (полевые опыты с известкованием и фосфатами), а также на Шадринском опытном поле, где Прянишников интересовался зернобобовыми культурами.

Вместе с результатами многих сотен ранее проведенных опытов в крестьянских хозяйствах к концу двадцатых годов для Предуралья вырисовывается более или менее ясная картина основных мероприятий по повышению урожайности и, в частности, по применению удобрений. Это известкование, применение навоза, суперфосфата, обязательно в севооборотах с клевером, т.е. с биологическим азотом, так как о техническом азоте в то время говорить было еще трудно [3].

Следует отметить, что успешной деятельностью В.Н. Варгина в двадцатые годы

способствовало назначение в 1920 г. директором опытной станции Николая Григорьевича Кудрявцева, который много сил и энергии отдал осуществлению Варгинского плана создания опытных учреждений в новых условиях в Уральской области, которая была еще больше по территории, чем старая Пермская губерния.

С.-х. опытная станция работала в тесном сотрудничестве с учеными и преподавателями Пермского университета, а впоследствии также с учеными Пермского сельскохозяйственного института.

Созданный в 1926 году отдел агрохимии и земледелия работал под методическим руководством кафедры агрохимии Пермского университета и ее руководителя Александра Федоровича Тюлина, ученика Д.Н. Прянишникова. Профессор А.Ф. Тюлин разработал теорию группового состава почвенных коллоидов, предложил методику их разделения, участвовал в разработке классификации почв.

Зав. кафедрой физиологии растений Пермского университета Дмитрий Анатольевич Сабинин в вегетационном домике станции провел исследования по минеральному питанию растений, принесшие ему мировую известность.

Период строительства новой государственности (1914–1935 гг.) после первой мировой войны, двух революций, гражданской войны и массовой коллективизации, отличался появлением новых опытных полей и частыми реорганизациями станции. В 1924 г. начало свою работу Ялуторовское, в 1928 – Чердынское, в 1929 – Вишерское опытные поля. Таким образом, была создана сеть опытных учреждений в Пермской губернии. Пермская опытная станция стала центральной. После создания Свердловской центральной сельскохозяйственной опытной станции (Уральской области) Пермская станция в 1926 г. реорганизована в районную Предуральскую, что, в целом, понизило статус учреждения. В ее состав вошли отделы агрохимии и почвоведения, селекции и семеноводства, животноводства и

массового колхозного опытничества. Некоторые отделы областного значения были переведены на Свердловскую станцию.

В конце 1930 г. Предуральская (Пермская) опытная станция была реорганизована в селекционно-опытную и переведена на Менделеевское опытное поле, а в 1931 г. получила название Уральская зональная льняная опытная станция (УЗЛОС), просуществовав в таком статусе до 1956 г. После этого она была вновь преобразована в опытное поле. В освобожденном здании Пермской опытной станции в 1931 г. открыта Уральская мелиоративная опытная станция, вскоре преобразованная в лугово-болотное опытное поле. В 1933 г. был открыт Пермский опорный пункт Свердловской животноводческой опытной станции, который в 1938 г. был присоединен к Пермскому лугово-болотному опытному полю [3].

По распоряжению Совета Министров СССР и решением облисполкома в 1945 г. была образована Пермская государственная сельскохозяйственная опытная станция на землях бывшего совхоза им. Решетникова (пос. Архирейка) и Заюрчимского участка. Пермской опытной станции в 1956 году было передано Вишерское опытное поле, в том же году (после ликвидации УЗЛОСа) – Менделеевское опытное поле. С 1967 года по настоящее время опытная станция находится в с. Лобаново Пермского района, на территории бывшего совхоза Лобановский. После ряда реорганизаций в 1988 г. на базе опытной станции был создан Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, с 2017 года – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения РАН.

Наконец, последний (третий) десятилетний этап работы В.Н. Варгина – это его профессорская деятельность в Пермском университете. Еще работая земским агрономом, В.Н. Варгин представил в правительство ходатайство земства об открытии в Перми сельскохозяй-

ственного высшего учебного заведения, мотивируя это необходимостью подъема сельского хозяйства и благосостояния края. Однако этому проекту, как и многим другим мероприятиям, при царском режиме не суждено было осуществиться. Высшее учебное заведение в виде агрономического факультета Пермского университета было создано только после революции, в 1918 г. В последующие годы, когда над агрономическим факультетом нависла опасность закрытия, Варгин опять выступил в роли его настойчивого защитника.

После организации агрономического факультета Пермского университета Владимир Николаевич Варгин был приглашен профессором А.Г. Генкелем на должность декана сельскохозяйственного и лесного факультета. В 1922 году учёные вуза избрали его профессором и заведующим кафедрой организации производства и счетоводства, которую он и создал. Снова, как и в начале своей трудовой деятельности, он ушёл в педагогическую работу – читал студентам первых курсов «Основы агрономии», для студентов старших курсов – «Организацию хозяйства и счетоводство», а также курс общественной агрономии.

Большую известность получил «Элементарный курс общего земледелия» В.Н. Варгина, написанный еще в 1898 году. За этот учебник его наградили 600 рублями из средств Министерства народного просвещения. В дальнейшем книга переиздавалась 7 раз (6-е изд. – в 1921 году), была отмечена золотой медалью. Этот доходчиво написанный учебник долгое время был широко распространённым пособием в сельскохозяйственных школах России.

В 1921–1922 гг. книги Варгина «Почвоведение», «Питание и размножение растений», «Удобрение» и «Обработка почвы» были изданы в Берлине в издательстве А. Девриена. В России пользовались популярностью также статьи В.Н. Варгина в журналах по различным вопросам сельского хозяйства и сельско-

хозяйственного машиностроения. Всего он опубликовал более 150 трудов по агрономии, организации и экономике сельского хозяйства.

Передавая свои знания будущим учёным-агрономам, Владимир Николаевич при этом не терял тесной связи с производством. Начиная с 1923–1924 гг. по предложению В.Н. Варгина в хозяйствах стали внедряться девятипольные севообороты с трехгодичным использованием смеси клевера и тимофеевки [5].

Общественность края высоко ценила большого энтузиаста агрономической науки, его вклад в уральское сельское хозяйство. И поэтому исполнившееся в 1923 году тридцатипятилетие агрономической и научно-педагогической деятельности Владимира Николаевича Варгина вылилось в большой праздник. Чествовали ученого в городском Оперном театре. Поступило более ста приветствий из различных районов не только Урала, но и со всей страны, и даже из-за океана, из далекой Бразилии.

В том же 1923 году на Всероссийской сельскохозяйственной выставке В.Н. Варгин получил, в числе трех старейших популяризаторов сельскохозяйственных знаний в республике, пожизненную пенсию по высшему разряду. А детищу Варгина – Пермской сельскохозяйственной опытной станции – была присуждена первая премия.

В 1924 году Владимиру Николаевичу Варгину было присвоено высокое звание Героя Труда. В 1927 году он был избран кандидатом в члены Уральского областного исполнительного комитета [3].

Нередко Владимира Николаевича спрашивали: «Когда это вы успеваете все делать?» В самом деле, когда В.Н. Варгин успевал и вести большую работу в университете, и консультировать на опытной станции, и писать книжки для крестьян, и выезжать в различные места Урала?

Удивительно собранным человеком был В.Н. Варгин, вел размеренный образ жизни, всегда стремился строго чередовать труд и отдых. После обеда он обязательно отдыхал, затем садился работать. А перед сном выходил на улицу

и неторопливо шагал за несколько кварталов к Каме. И так в любую погоду. Лишь в случае отъезда – в дороге, в пути нарушался строго установленный порядок.

Владимир Николаевич был большим оптимистом, жизнелюбом. Кажется, никогда не приходило к нему уныние. И горе не могло сломить его работоспособности – даже в тяжелую пору гражданской войны, когда смерть унесла горячо любимую им супругу, Анастасию Михайловну Шавкунову и сына Николая. Всегда В.Н. Варгин думал о жизни, и это придавало ему силы. Прогрессировавшая глухота очень мешала общению с людьми. И все-таки Владимир Николаевич долго не выходил на пенсию. Ведь «жить – значит работать» – были любимые его слова. Лишь когда и слуховой аппарат перестал помогать, а домашние стали объясняться с ним записками, В.Н. Варгин подал в отставку. Это произошло в 1931 году. Но, оставив работу в вузе, Владимир Николаевич продолжал трудиться дома.

Семья для Владимира Николаевича была тихой гаванью, где всегда спокойно, доверительно и светло. До революции Варгины жили в доме №16 на ул. Малой Ямской (сегодня этот дом уже снесен, на его месте находится ДК Всероссийского общества слепых).

В семье росли четверо детишек – три сына и дочь. Глава семьи, несмотря на занятость, не обделял их вниманием. Часто выходил с ними на прогулки, обязательно прихватив фотоаппарат – фотография была одним из его увлечений. А когда дети укладывались спать, Владимир Николаевич садился за подготовку к очередным занятиям или принимался за литературную работу. Часто далеко за полночь горел огонек в окнах его комнаты. И так было почти всю его жизнь. Умер Владимир Николаевич Варгин от туберкулеза легких 15 марта 1936 года в возрасте 70 лет [6].

Похоронили его в Перми на Егошихинском кладбище. В 1944 году рядом с Владимиром Варгиным похоронили его дочь – Марию Владимировну, а в 1960 году – сы-

на Сергея Владимировича (1896–1960). Мария Владимировна, была врачом, занималась вопросами клинической характеристики дифтерии, иммунизации и т.п. Защитила кандидатскую диссертацию в январе 1937 г. Известны ее научные работы, вышедшие в 1940 г.: «Брюшной тиф» и «Дифтерия и как с ней бороться». Сергей Владимирович Варгин являлся создателем и первым заведующим кафедрой металлургии и термической обработки Пермского университета (1949–1960). Младший сын Владимира Николаевича Варгина Владимир Владимирович (1899–1983) –

выдающийся ученый, химик-технолог, крупнейший специалист в области разработки составов и технологии отечественных цветных, радиационно-устойчивых и фотохромных стекол и ситаллов. Лауреат Ленинской премии СССР (1963), лауреат Государственной премии СССР (1948); доктор технических наук (1941) [7].

Здание бывшей сельскохозяйственной опытной станции (химического факультета Пермского ГАТУ), где работал В.Н. Варгин (ул. Краснова, д. 10), является объектом культурного наследия регионального значения.

Библиографический список

1. Герасимов Г.А., Мирскова О.Н. Деятельность земских агрономических смотрителей в бывшей Пермской губернии по оказанию агрономической помощи крестьянским хозяйствам в 80–90-х гг. XIX // Тр. Пермского СХИ. – Пермь, 1970. – Т. 67. – С. 29.
2. Гриценко С.В. Жаворонкова Г.И. Варгин Владимир Николаевич / под общ. ред. Ю.Н. Зубарева, С.Л. Елисеева. – Пермь: ИПЦ «ПрокростЪ», 2017. – 267 с.
3. Волошин В.А. Вопросы полевого кормопроизводства в Предуралье. – Пермь: Изд-во «ОТ и ДО», 2012. – 470 с.
4. Зубарев Ю.Н., Елисеев С.Л., Гриценко С.В., Жаворонкова Г.И., Олехов В.Р. и др. Без малого сто: Пермская государственная сельскохозяйственная академия с 1918 года в высшем сельскохозяйственном образовании – время выбрало нас / под общ. ред. Ю.Н. Зубарева. – Пермь: Изд-во ФГОУ ВПО Пермская ГСХА, 2013. – 302 с.
5. Николаев С.Ф. Учёный-агроном В.Н. Варгин. (Замечательные люди Прикамья)– Пермь: Пермское книжное издательство, 1966. – 70 с.
6. Прокошев В.Н. В.Н. Варгин. (К 100-летию со дня рождения. 1866–1966). Вопросы растениеводства. – Пермь: Пермское книжное издательство, 1970. – 65 с.
7. Варгин Владимир Николаевич [Электронный ресурс]. – URL: <https://www//ru.wikipedia.org/wiki>.

VLADIMIR NIKOLAEVICH VARGIN – THE FOUNDER OF AGRONOMY SCIENCE IN PERM PROVINCE

K.N. Korlyakov¹, Yu. N. Zubarev²

¹Perm Scientific Research Institute of Agriculture

²Perm State Agro-Technological University named after Academician D.N. Pryanishnikov

For citation:

Korlyakov K.N., Zubarev Yu.N. Vladimir Nikolaevich Vargin – the founder of agronomy science in Perm province // Perm Federal Research Center Journal. – 2023. – № 2. – P. 68–79. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.7>

The article looks into the life path and scientific heritage of Vladimir N. Vargin, the outstanding scientist in the field of agriculture and the organizer of experimental institutions in Perm province. The main achievements of all agronomic and scientific activities of Professor V.N. Vargin are the organization of state agronomic service in Perm province, development of scientific and methodological base for research, programs and methods for field experiments on the cultivation of poor soddy-podzolic soils in the Urals, creating a network of experimental agricultural institutions in Perm province, promotion and implementation of perennial grasses, rational use of fertilizers, multi-field crop rotations with red clover instead of extensive three-field farming systems, as well as many years of teaching at Perm University. Vladimir Vargin is the author of the textbook «Elementary

Course of General Agriculture», which for a long time was a widespread manual in agricultural schools in Russia, and four monographs. In total, he published more than 150 works on agronomy, organization and economics of agriculture.

Key words: Perm province, agronomic service, V.N. Vargin, provincial agricultural experimental station, Perm University.

Сведения об авторах

Корляков Константин Николаевич, кандидат сельскохозяйственных наук, зам. директора, Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («Пермский НИИСХ»), 614532, Пермский край, Пермский район, с. Лобаново, ул. Культуры, 12; e-mail: korlyakovkn@rambler.ru

Зубарев Юрий Николаевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующий кафедрой общего земледелия и защиты растений, Пермский аграрно-технологический университет им. академика Д.Н. Прянишникова (Пермский ГАТУ), 614990, Россия, Пермский край, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 23; e-mail: yn-zubarev@mail.ru

Материал поступил в редакцию 28.03.2023 г.

ЭТЮДЫ О НАУКЕ



СТАНОВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ТУРБУЛЕНТНОСТИ В ПЕРМИ (памяти Валерия Дмитриевича Зимина)

П.Г. Фрик, *Институт механики сплошных сред УрО РАН*

Для цитирования:

Фрик П.Г. Становление исследований турбулентности в Перми (памяти Валерия Дмитриевича Зимина) // Вестник Пермского федерального исследовательского центра. – 2023. – № 2. – С. 81–94.
<https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.8>

Валерий Дмитриевич Зимин работал в лаборатории физической гидродинамики ИМСС УрО РАН с момента ее основания в 1971 году до 1990 года и сыграл очень важную роль в формировании научной тематики лаборатории. В статье дается ретроспективный анализ работ лаборатории в области исследования турбулентных течений с упором на оригинальные идеи В.Д.Зимина, определившие направления работы лаборатории, развиваемые до сегодняшнего дня. К таким направлениям относятся иерархические и каскадные модели турбулентности, вейвлет-анализ самых различных физических систем, пространственно-временной анализ турбулентных потоков, исследование спиральных крупномасштабных вихрей и спиральной мелкомасштабной турбулентности.

Ключевые слова: турбулентность, модели турбулентности, вейвлет-анализ, крупномасштабная циркуляция, спиральность.



ЗИМИН
Валерий Дмитриевич
(11.09.1941 – 22.12.2019)

Родился в ст. Клетская Волгоградской области. В 1965 г. окончил физический факультет Пермского университета. Доктор физико-математических наук с 1984 г., с 1965 г. до 1967 г. – служба в армии. С 1967 г. – преподаватель Пермского государственного университета. С 1971 г. – старший научный сотрудник, в 1986–1991 гг. – заведующий лабораторией физической гидродинамики Института механики сплошных сред УрО РАН. В 1989–1990 гг. – научный руководитель экспедиций «Тайфун 89» и «Тайфун 90» в тропическую зону Тихого океана на научно-исследовательском судне «Академик Королев». С 1984 г. – профессор Пермского государственного университета.

Работая в Перми, подготовил 8 кандидатов наук. Автор 75 научных статей, 4 патентов и 4 книг.

С 1991 г. работал в США, в университете Хьюстона на инженерно – механическом факультете научным сотрудником, с 1995 г. – профессором.

Область научных интересов – гидродинамика, гравитационная конвекция с приложениями к тропическим циклонам и реакторам, электровихревые течения, вейвлет-представление многомерных полей и изображений, вейвлеты в моделях турбулентности, применение оптических методов исследования в гидродинамике, некогерентные оптические процессоры.

К началу 70-х годов в Перми турбулентностью не занимался никто, а первый интерес к ней был обусловлен запросами на выполнение договорных работ, побудившими Е.М. Жуховицкого формулировать «турбулентной темы» одному из своих аспирантов. К этому времени в «Перми на фронтах» гидродинамической устойчивости уже сражался небольшой батальон хорошо подготовленных бойцов, и идея закрыть всю турбулентную брешь силами одного, пусть даже очень одаренного и упорного, аспиранта, говорит о сильной недооценке масштаба задачи. На «амбразуру» в 1973 году был брошен Г. Файнбург, которому была поставлена задача построения **полуэмпирических моделей** для расчета **свободноконвективных турбулентных течений**. Перипетии этой драматической истории описаны в воспоминаниях основного действующего лица (Г.З. Файнбург, воспоминания о Е.М. Жуховицком в сб. «Конвективные течения», 2003), который, проделав огромную подготовительную работу, был вынужден переключиться на задачи вентиляции шахт (тоже турбулентные потоки, но совсем в другом контексте). Результатом разработки полуэмпирических подходов стали первые численные расчеты турбулентных конвективных течений (Bayandin et al., HTSR, 1991). Наиболее масштабной задачей этого направления стала задача о конвекции в подземных резервуарах газонефтепродуктов, подробно описанная в книге (Казарян и др., 2008).

Первые весомые «турбулентные результаты» получили в Перми экспериментаторы, занимавшиеся надкритическими конвективными течениями. В это время набирало обороты всеобщее увлечение «аттракторостроением» (построением странных аттракторов динамических систем), в котором задачи свободной конвек-

ции занимали особое место, и пермская школа конвекции в стороне остаться не могла. Не касаясь задач устойчивости и малоразмерного хаоса, отметим пионерские экспериментальные работы по исследованиям **турбулентной конвекции в замкнутых областях**, инициатором и локомотивом которых стал молодой кандидат наук **Валерий Дмитриевич Зимин**.

Сначала были надкритические течения в кубе (Зимин, Кетов, МЖГ, 1974; Зимин, Шайдуров, 1975). Экспериментальные исследования надкритических течений в коротком горизонтальном цилиндре (Богатырев, Гилев, МЖГ, 1980) и желание разобраться с их непростой временной динамикой привели В.Д. Зимины к идее рассмотрения пространственно-временных спектров течений, приведшей в работе (Богатырев, Гилев, Зимин, Письма в ЖЭТФ, 1980) к обнаружению последовательности выделенных частот (в обиходе – «Зиминские циклы»), отличающиеся квадратичной зависимостью частоты от номера пика в спектре). Подобные серии выделенных частот были обнаружены в целом ряде конвективных и МГД-течений, причем не только в надкритических, но и в развитых турбулентных течениях (все данные были собраны в препринте ИМСС Баранников, Богатырев, Зимин и др., 1982). В. Зимин предпринял попытки найти подобные закономерности в последовательности описанных наблюдателями циклов солнечной активности. Все эти результаты были обобщены в книге В.Д. Зимины и П.Г. Фрика (1988).

Исследование конвекции в кубе имело длительное продолжение и не завершилось и по сей день. Стоит отметить, что исследования турбулентной конвекции давно стали самостоятельной областью, в которой заняты очень сильные коллективы в разных странах. Однако основные

усилия большинства групп изначально были направлены на изучение законов теплопереноса в турбулентной среде (зависимость числа Нуссельта от чисел Рейлея и Прандтля). Тепловые измерения в турбулентных режимах представляют собой сложную экспериментальную задачу, за которую в Перми никто не брался, и исследования были направлены больше на изучение структуры (в первую очередь крупномасштабной) возникающих турбулентных течений. Были изучены осредненные поля температуры и спектры пульсаций крупномасштабной моды при турбулентной конвекции в кубе при подогреве снизу (Зимин, Кетов, МЖГ, 1978) и при одновременном подогреве снизу и сбоку (Зимин, Фрик, Шайдуров, МЖГ, 1982). Стоит отметить, что на западе исследования крупномасштабной циркуляции (КМЦ), возникающей в замкнутых полостях на фоне конвективной турбулентности, начались лет на двадцать позже.

Активные исследования турбулентной конвекции в замкнутых областях возобновились в Перми в ИМСС в 2000-х гг. после появления современных комплексов полевых исследований скорости в прозрачных потоках. Причем инициированный В.Д. Зиминим интерес к динамике крупномасштабной циркуляции в турбулентных конвективных системах остается в центре внимания лаборатории физической гидродинамики по сегодняшний день. В лаборатории получены приоритетные результаты в части исследований динамики плавающего на фоне конвективной турбулентности погруженного тела (Попова и Фрик, МЖГ, 2003), обнаружения различных режимов крупномасштабной циркуляции при турбулентной конвекции в полостях с различной геометрией (Васильев, Фрик, Письма в ЖЭТФ, 2011), объяснения динамики спонтанных перебросов крупномасштабной циркуляции в кубе (Vasiliev et al., *Int. Com. Heat and Mass Transfer*, 2019), изучения особенностей крупномасштабной циркуляции при конвекции

в жидких металлах (Frick et al. *EPL*, 2015,

Васильев и др. Письма в ЖЭТФ, 2015; Khalilov et al. *Phys.Rev.Fluids*, 2018; Zwirner et al. *JFM*, 2020).

Отдельно стоит отметить работы по исследованию **турбулентных течений во вращающихся слоях**, имеющих различные геофизические приложения. Эта тематика появилась в Перми в конце 80-х годов в рамках сотрудничества ИМСС с Институтом космических исследований РАН (ИКИ) в части исследований физических механизмов генерации тропических циклонов, возглавляемых в ИКИ С.С. Моисеевым. В Перми были начаты лабораторные исследования процессов формирования циклонических вихрей во вращающихся системах. Великолепно поставленный и выполненный Г.П. Богатыревым эксперимент по изучению циклонического вихря, возникающего над нагретой областью во вращающемся слое (Богатырев, Письма в ЖЭТФ, 1990), положил начало длинной серии экспериментов в подобной постановке, ведущихся до сегодняшнего дня. Богатырев и Смородин (Письма в ЖЭТФ, 1996) изучили зависимость скорости вращения вихря от скорости вращения слоя, Богатырев и др. (ФАО, 2006) исследовали влияние геометрии полости, Баталов и др. (GAFD, 2010) изучали закономерности формирования дифференциального вращения во вращающемся неоднородно нагретом слое. Привлечение современных полевых методов реконструкции скорости позволили в деталях изучить возникающие в таком течении вторичные структуры (Баталов и др., МЖГ, 2007; Сухановский и др., *EuroPhysJ*, 2012; Сухановский и др. *Physica D*, 2016). Эксперименты по изучению условий возникновения выделенных циклонических вихрей в турбулентном конвективном слое без локализованной зоны нагрева (Зимин и др. *Chaos*, 1991) помогли построить физические модели генерации таких вихрей (Зимин и др. ДАН, 1989; Зимин и др. МЖГ, 1996; Левина, Моисеев, Письма в ЖТФ, 1998; Левина и др. *NPG*, 2000).

Роль пермской команды в изучении циклонов не ограничилась лабораторными экспериментами и их интерпретацией. Со-

трудничая с С.С. Моисеевым, невозможно было не заразиться его увлечением спиральностью и желанием разобраться со спиральными механизмами генерации крупномасштабных структур. Будучи научным руководителем организованной в рамках этой научной программы экспедиции 1989 года в тропическую часть Тихого океана, В.Д. Зимин инициировал первую попытку измерений крупномасштабной спиральности в реальных условиях формирования тропического циклона. Идея использования спиральности не только для объяснения механизмов генерации циклонов, но и для идентификации начальных стадий их формирования была развита в работах Левиной (ДАН, 2006), Левиной и Монгомери (ДАН, 2010, 2014). Важно, что и эта огромная исследовательская работа, появившаяся в Перми благодаря В.Д. Зимину, продолжается в лаборатории до сегодняшнего дня – упомянем лишь пару недавних работ по лабораторному моделированию атмосферной циркуляции (Evgrafova, ИЖМТ, 2019, Sukhanovskii, Boundary Layer Meteorology, 2020).

Возвращаясь в конец 70-х, нельзя не выделить еще одну оригинальную работу В.Д. Зимина, связанную с построением специального функционального базиса, наиболее точно соответствующего структуре турбулентного потока. Ключевая идея базиса состояла в использовании функций, локализованных и в физическом пространстве, и в пространстве Фурье. Идея была встречена научной общественностью с большой настороженностью и только личная поддержка А.М. Обухова, обратившего внимание на доклад Зимина на съезде по механике в Алма-Ате в 1980 году, позволила опубликовать и тем самым за столбить **«иерархическую модель турбулентности»** (В.Д. Зимин, ФАО, 1981).

К разработке этого подхода к описанию турбулентных потоков подключились Т. Шайдунова (модели конвективной и МГД-турбулентности), П. Фрик (модели двухмерной турбулентности – МГ, 1983), Н. Колпаков (иерархический базис для

спиральных полей). Изначально базис был задуман как альтернативный путь к численному описанию турбулентных течений. Именно в таком ключе он был использован для моделирования двумерной турбулентности с линейным трением (Микишев, Фрик, МГ, 1990) и для изучения особенности развития перемежаемости в идеальной двумерной МГД-турбулентности (Микишев, Фрик, МГ, 1989). Появление первых параллельных компьютеров позволило рассмотреть развитое иерархическое дерево с 5,5 млн вихрей, реализованное в центре параллельных вычислений Королевского технологического института в Стокгольме (Aurell et al., Physica D, 1994), воспроизводящее динамику инерционного интервала переноса энтропии в двухмерной турбулентности. Модель оказалась интересной с точки зрения понимания физических механизмов спектрального переноса, но конкурировать с прямыми численными методами при расчете любого реального течения не могла. История собственно иерархических моделей на этом завершилась, но «иерархическая деятельность» вывела пермяков на два активно развивающиеся по сегодняшний день направления: вейвлет-анализ турбулентных полей и каскадные модели турбулентности.

Слово **вейвлет** появилось в научной литературе в конце 80-х, а первый контакт пермяков с большим энтузиастом этой новой науки – Мари Фарж состоялся во время исторической паровой конференции 1990 года (международная конференция «Генерация крупномасштабных структур» прошла на теплоходе, движущемся из Перми в Москву). Поскольку иерархические базисы прямо попадали под определение вейвлетов, то контакт возник сразу и уже в конце того же года П. Фрик принял участие в конференции в Марселе, где работал «отец вейвлетов» А. Гроссманн.

Новая для пермяков идея *анализа* с помощью самоподобных функций легла на подготовленную почву. П. Фрик взял аспирантов (В. Захаров, и чуть позже,

Д. Галягин и Р. Степанов), нацеленных на использование и развитие методов вейвлет-анализа. В 1995 году, во время очередной Зимней школы по механике сплошных сред, был организован семинар по вейвлет-анализу с участием А. Гроссмманна, на котором состоялось знакомство с Д. Соколовым и А. Шукуровым (МГУ), учениками и коллегами Я.Б. Зельдовича. Эта встреча положила начало многолетнему плодотворному сотрудничеству, значительно расширившему круг решаемых в лаборатории физической гидродинамики задач в сторону исследования космических магнитных полей и теории МГД-динамо. Появилось много новых контактов с астрономами-наблюдателями.

Среди первых «вейвлетных» достижений можно отметить выполненный совместно с французскими астрономами вейвлет-анализ солнечной активности (Nesme-Ribes et al., CRASP, 1995; Frick et al., A&A, 1997), анализ хромосферной активности звезд (Frick et al., AstroPhys.J. 1997), климатической изменчивости (Baliunas et al., Geophys.Res.Let., 1997), анализ вариаций геомагнитного поля (Галягин и др., Доклады РАН, 1998; Галягин и др., Физика Земли, 2000). Работа с звездными данными велась в сотрудничестве с Гарвардским астрофизическим центром и потребовала разработки новых алгоритмов вейвлет-анализа (Frick, Grossmann, JMPH, 1998; Soon et al., AstroPhysJ.Let., 1999; Frick et al., new Astronomy, 2004; Baliunas et al., MNRAS, 2006).

Большой цикл работ по галактическому магнетизму, выполняемых в сотрудничестве с институтом радиоастрономии (г. Бонн), стартовал с работ по анализу спиральных структур галактики NGC6946 (Frick et al., MNRAS, 2000) и структуры фарадеевского небосклона (Frick et al., MNRAS, 2001a). Были разработаны вейвлет-методы спектрального и корреляционного анализа галактических изображений (Frick et al., MNRAS, 2001b) и методы вейвлет-томографии галактического магнитного поля (Stepanov et al., A&A, 2002).

Для анализа спиральных галактических структур впервые были применены анизотропные вейвлеты (Patrikeyev et al., A&A, 2006). Разработанные методы были использованы для исследования магнитных полей различных галактик (Stepanov et al., A&A, 2008; Tabatabae et al., A&A, 2013; Stepanov et al., MNRAS, 2014; Frick et al., A&A, 2016;). Одной из последних разработок этого направления является вейвлет-метод реконструкции данных многоканальных радиотелескопов (Frick et al., MNRAS Letters, 2010; Frick et al., MNRAS, 2011; Beck et al., A&A, 2012; Sun et al., Astronom.J. 2015). Развитие методов вейвлет-анализа подробно описано в обзоре Фрик и др., УФН, 2022.

Каскадные модели турбулентности (английское название **Shell models**), предложенные независимо А.М. Обуховым и Е. Лоренцом в начале 70-х годов, приобрели широкую популярность среди исследователей турбулентности в 90-х, после того, как было показано, что, несмотря на предельную простоту, они с удивительной точностью воспроизводят достаточно тонкие статистические свойства развитой турбулентности. Можно уверенно утверждать, что пермская школа наиболее последовательно продвигала эти модели как в период их очень непростого продвижения в турбулентные научные круги, так и после их широкого признания. Связь иерархической модели с каскадными моделями была показана уже в работе В. Зимины 1981 года.

В 1983 году была построена первая нелокальная каскадная модель, включающая взаимодействие всех масштабов со всеми, – такое построение удалось выполнить для двумерного случая (Фрик, МГ, 1983). Двумерная турбулентность замечательна наличием второго положительно определенного интеграла движения, который позволил избежать неоднозначности при построении модели. Это преимущество было использовано для написания модели двумерной МГД-турбулентности (Фрик, МГ, 1984) и двумерной конвективной турбулентности (Фрик, ПМТФ, 1986). Чисто

двумерные турбулентные течения реализовать невозможно и интересны они только для теории, однако двумерные модели удалось обобщить на широкий класс квазидвумерных турбулентных течений, возникающих в вертикальных щелях (Бараников и др., ПМТФ, 1988), горизонтальных неоднородно нагретых слоях (Аристов и Фрик, МЖГ, 1989), в том числе, вращающихся (Аристов и Фрик, МЖГ, 1988; Аристов и Фрик, ПМТФ, 1991), а также турбулентных слоях проводящей жидкости в магнитных полях (Аристов и Фрик, МГ, 1988, 1989).

В начале 90-х наиболее популярной каскадной моделью стала модель, получившая название GOY, замечательная тем, что у нее есть параметр, который определяет вид второго интеграла движения (первым является энергия). При этом интеграл может быть и знакопостоянным (типа энстрофии), и закононеопределенным (в этом случае его предложили считать аналогом спиральности). Появление второго интеграла движения позволило снять неопределенность в построении моделей трехмерной турбулентности. К пермским достижениям 90-х можно отнести исследование законов скейлинга в классе каскадных моделей (Frick et al., PRE, 1995) и численной двумерной турбулентности (Babiano et al., PRE, 1995, 1997), построение каскадной модели МГД-турбулентности (Frick Sokoloff, PRE, 1998) и модели конвективной турбулентности (Ложкин, Фрик, МЖГ, 1998), исследование особенностей МГД-турбулентности при низких числах Прандтля (Ложкин и др., *Astronomical Journal*, 1999; Antonov et al., *Magnetohydrodynamics*, 2001), исследование особенностей поведения самих каскадных моделей (Frick et al., *EuroPhys Lett.*, 2000), построение каскадной модели для турбулентности в жидком ядре Земли (Фрик и др., ДАН, 2003). Как некий компромисс между каскадными и иерархическими моделями была построена модель на бинарном дереве (Aurell et al., PRE, 1997).

В 2000-х в Россию пришли компьютерные кластеры и возникла идея их использо-

вания для расчета статистических характеристик на ансамбле реализаций решений каскадных уравнений со случайными начальными условиями (Антонов и др., ДАН, 2000). Сегодня эта методика стала стандартной при проведении численных экспериментов с каскадными моделями.

Нашей команде принадлежит и идея **каскадно-сеточного метода**, впервые сформулированная в работе (Frick et al., EPL, 2002) на примере задачи о конвекции в сферической оболочке. Для крупномасштабной конвекции использовались численные методы решения уравнений Буссинеска, в которых турбулентная вязкость определялась из решений каскадных уравнений. Идея сопряжения каскадных уравнений с уравнениями для крупномасштабных полей была реализована и в простой модели альфа-квадрат динамо (Соколов, Фрик, Астр.Ж., 2003). Такая комбинированная модель была развита и использована для исследования разнообразных режимов динамо в широком диапазоне управляющих параметров (Frick et al., PRE, 2006). Следующий шаг был сделан в задаче о дисковом динамо (Stepanov et al., *Astr.Nach.*2006; Степанов и др., ВМСС, 2008), в которой решались одномерные уравнения для крупномасштабных компонент поля (поперек галактического диска) и каскадные уравнения для мелкомасштабной МГД-турбулентности. В качестве примера приложения каскадных моделей к достаточно специальным случаям отметим модель холловской турбулентности (Frick et al., МН, 2003; Frick et al., NJP, 2007), которая может возникать в нейтронных звездах. Каскадная модель с нелокальными взаимодействиями была рассмотрена в работе (Plunian, Stepanov, NJP, 2007).

В последнее десятилетие усилия лаборатории в значительной мере были направлены на изучение роли спиральностей в турбулентных системах (обычной гидродинамической спиральности, перекрестной и магнитной спиральностей в МГД-системах). Имевшиеся каскадные модели в том или ином виде описывали

все интегралы движения, но спиральности разного знака были привязаны в них к различным ярусам (масштабам). Этот недостаток удалось преодолеть в новых «спиральных» каскадных моделях, написанных как для стандартной турбулентности (Степанов и др., МЖГ, 2009), так и для МГД-турбулентности (Мизева и др., ДАН, 2009). Именно с помощью этих моделей удалось исследовать роль спиральностей на поздних стадиях свободного вырождения МГД-турбулентности (Frick, Stepanov, EPL, 2010), влияние перекрестной спиральности на спектральный перенос (Мизева и др., ДАН, 2009), каскадные процессы во вращающейся МГД-турбулентности (Plunian, Stepanov, PRE, 2010), особенности диссипации спиральности (Lessinnes et al., PoF, 2011) и каскада спиральности во вращающихся потоках (Шестаков и др., ВМСС, 2012), каскад магнитной спиральности (Stepanov et al., МН, 2013). В работе (Stepanov et al., APJL, 2015) впервые рассмотрен независимый источник мелкомасштабной магнитной спиральности и показано, что даже флуктуации магнитной спиральности с нулевым средним могут обусловить обратный спектральный поток магнитной энергии и приводить к появлению в спектре эффекта бутылочного горлышка.

Полная история работ по каскадным моделям турбулентности, с упором на МГД-турбулентность, содержится в недавнем обзоре Plunian, Stepanov, Frick, Phys.Reports, 2013.

Исследования спиральностей не ограничились каскадными моделями. Выше уже упоминались спиральные механизмы генерации крупномасштабных вихрей. Эти механизмы были предложены по аналогии с механизмами генерации крупномасштабных магнитных полей. Именно попытки объяснения происхождения солнечного магнитного поля привели Ю. Паркера к мысли, что недостающий элемент динамо-цикла могут обеспечить спиральные (винтовые) конвективные вихри. Эта идея была доведена до статистической модели в рамках теории дина-

мо средних полей, основы которой были заложены работами М. Штеенбека, Ф. Краузе и К.-Х. Рэдлера (1966).

Для пермской турбулентной диаспоры подарком судьбы явилась возможность отправить в 1999 году стажера (Р. Степанова) к младшему представителю этой замечательной тройки, К.-Х. Рэдлеру, бывшему в эту пору директором института астрофизики в Потсдаме. Прямым результатом этой стажировки стала многолетняя работа, завершившаяся исчерпывающим анализом структуры турбулентных электродвижущих сил в потоке проводящей жидкости (Raedler, Stepanov, PRE, 2006). Вклад пермяков в теорию динамо оставим для главы о магнитной гидродинамике, хотя провести границу очень сложно, так как все реалистичные динамо развиваются в развитой турбулентной среде, а к важнейшим пермским результатам, относящимся к МГД-динамо, следует отнести первые лабораторные измерения турбулентных коэффициентов переноса магнитного поля (Stepanov et al., PRE, 2006; Frick et al., PRL, 2010; Noskov et al., PRE 2012). Здесь же коснемся только некоторых сугубо «спиральных» работ.

Многолетние исследования особенностей каскадных процессов в спиральной гидродинамической турбулентности (Степанов и др., МЖГ, 2009; Шестаков и др., ВМСС, 2012) завершились построением простой феноменологии спирального каскада в развитой турбулентности (Stepanov et al., PRL, 2015) и ее подтверждением в прямом численном моделировании (Kessar et al., PRE, 2015). Много усилий было направлено на разработку методов измерения спиральности в реальных турбулентных полях. В лабораторных гидродинамических экспериментах отработывались методики измерения спиральности по данным PIV измерений (Полудницин и др., «Гидродинамика», 2006). Для верификации различных моделей генерации космических магнитных полей очень важно научиться количественно оценивать спиральность наблюдаемых полей. На возможность идентификации

магнитной спиральности астрофизических полей по характеристикам радиоизлучения впервые было указано в работе (Волегова, Степанов, Письма ЖЭТФ, 2009), а методика оценки магнитной спиральности галактических магнитных полей по степени деполяризации радиоизлучения представлена в работе (Brandenburg, Stepanov, APJ, 2014).

В заключение вспомню еще раз своего учителя, Валерия Дмитриевича Зимина, и перескажу очень важную и часто повторяемую им мысль, актуальность которой сегодня стала еще более ясной. Состоит она в том, что широкое распространение коммерческих вычислительных пакетов, оснащенных встроенными моделями расчета мелкомасштабной турбулентности, кардинально расширило круг специалистов, за-

нимающихся расчетами турбулентных потоков для самых различных приложений. Сегодня, наверное, уже нет человека, который был бы в курсе всех турбулентных исследований и расчетов, проводимых даже в пределах одного крупного научного центра. Как всякое следствие прогресса, этот бурный рост рядов «турбуленщиков» имеет и плюсы, и минусы. Расчеты турбулентных течений перестали быть уделом узкого круга избранных – это хорошо. Турбулентные течения стали моделировать люди, не очень знакомые даже с феноменологией Колмогорова, – это не только плохо, но может быть и опасно, учитывая серьезность многих приложений, для расчета которых используются коммерческие пакеты. А познание турбулентности еще далеко не завершено.

Библиографический список

Книги

1. *Зимин В.Д., Фрик П.Г.* Турбулентная конвекция. – М.: Наука, 1988. 178 с.
2. *Фрик П.Г.* Турбулентность: подходы и модели. Изд. 2-е, испр. и доп. – М. – Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2010. – 332 с.

Обзоры

3. *Plunian F., Stepanov R., Frick P.* Shell Models of Magnetohydrodynamic Turbulence // *Physics Reports*, 2013. – Vol. 523. – №. 1. – P. 1.
4. *Соколов Д.Д., Степанов Р.А., Фрик П.Г.* Динамо на пути от астрофизических моделей к лабораторному эксперименту // *Успехи физических наук*, 2014. – Т. 184. – №. 3. – С. 313.
5. *Фрик П.Г., Соколов Д.Д., Степанов Р.А.* Вейвлет-анализ пространственно-временной структуры физических полей // *Успехи физических наук*. 2022. – Т. 192. – № 1. – С. 69–99.

Статьи

6. *Антонов Т.Ю., Фрик П.Г., Соколов Д.Д.* Долговременная эволюция свободно распадающейся МГД-турбулентности // *Доклады РАН*. 2001. – Т. 377. – №. 2. – С. 170.
7. *Аристов С.Н., Фрик П.Г.* Адвективные течения в плоском вращающемся слое проводящей жидкости // *Магнитная гидродинамика*, 1988. – №. 1. – С. 13.
8. *Аристов С.Н., Фрик П.Г.* Крупномасштабная турбулентность в тонком слое неизотермической вращающейся жидкости // *Изв. АН СССР: МЖГ*, 1988. – №. 4. – С. 48.
9. *Аристов С.Н., Фрик П.Г.* Крупномасштабная турбулентность в конвекции Релея-Бенара // *Изв. АН СССР: МЖГ*, 1989. – №. 5. – С. 43.
10. *Аристов С.Н., Фрик П.Г.* Нелинейные эффекты взаимодействия конвективных вихрей и магнитного поля в тонком слое проводящей жидкости // *Магнитная гидродинамика*, 1990. – № 1. – С. 82.
11. *Аристов С.Н., Фрик П.Г.* Нелинейные эффекты влияния экмановского слоя на динамику крупномасштабных вихрей в «мелкой воде» // *ПМТФ*, 1991. – № 2. – С. 49.
12. *Баранников В.А., Фрик П.Г., Шайдуров В.Г.* Спектральные характеристики двумерной турбулентной конвекции в вертикальной щели // *ПМТФ*, 1988. – №. 2. – С. 42.
13. *Баранников В.А., Богатырев Г.П., Зимин В.Д.* [и др.], Препр. ИМСС, 1982.
14. *Баталов В.Г., Сухановский А.Н., Фрик П.Г.* Экспериментальное исследование спиральных валов в адвективном потоке, натекающем на горячую горизонтальную поверхность // *Известия РАН: МЖГ*. 2007. – №. 4. – С. 39–49.
15. *Богатырев Г.П.* Возбуждение циклонического вихря или лабораторная модель тропического циклона // *Письма в ЖЭТФ*, 1990. – Т. 51. – № 11. – С. 557.

16. *Богатырев Г.П., Гилев В.Г.* Надкритические конвективные движения в коротком горизонтальном цилиндре // Изв. АН СССР: МЖГ, 1980. – № 4. – С. 137.
17. *Богатырев Г.П., Гилев В.Г., Зимин В.Д.* Пространственно-временные спектры стохастических колебаний в гидродинамических системах // Письма в ЖЭТФ, 1980. – Т. 32. – № 3. – С. 229.
18. *Богатырев Г.П., Колесниченко И.В., Левина Г.В., Сухановский А.Н.* Лабораторная модель процесса образования крупномасштабного вихря в конвективно-неустойчивой вращающейся жидкости // Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана. 2006. – Т. 42. – № 4. – С. 460.
19. *Богатырев Г.П., Смородин Б.Л.* Физическая модель вращения тропического циклона // Письма в ЖЭТФ, 1996. – Т. 63. – № 1. – С. 25.
20. *Большухин М.А., Васильев А.Ю., Будников А.В., Патрушев Д.Н., Романов Р.И., Свешиников Д., Сухановский А.Н., Фрик П.Г.* Об экспериментальных тестах (бенчмарках) для программных пакетов, обеспечивающих расчет теплообменников в атомной энергетике // Вычислительная механика сплошных сред, 2012. – Т. 5. – № 4. – С. 469.
21. *Васильев А.Ю., Фрик П.Г.* Инверсии крупномасштабной циркуляции при турбулентной конвекции в прямоугольных полостях // Письма в ЖЭТФ, 2011. – Т. 93. – № 6. – С. 363.
22. *Васильев А.Ю., Колесниченко И.В., Мамыкин А.Д., Фрик П.Г., Халилов Р.И., Рогожкин С.А., Пахолков В.А.* Турбулентный конвективный теплообмен в наклонной трубе, заполненной натрием // ЖТФ, 2015. – Т. 85. – № 9. – С. 45.
23. *Волегова А.А., Степанов Р.А.* Определение спиральности астрофизических магнитных полей по статистическим характеристикам радиоизлучения // Письма в ЖЭТФ, 2009. – Т. 90. – № 10. – С. 707.
24. *Галягин Д.К., Решетняк М.Ю., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Скейлинг геомагнитного поля и шкалы геомагнитной полярности // Доклады РАН, 1998. – Т. 360. – № 4. – С. 541.
25. *Галягин Д.К., Печерский Д.М., Решетняк М.Ю., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Вейвлет-анализ характеристик геомагнитного поля в неогее // Изв. РАН: Физика Земли, 2000. – Т. 36. – № 4. – С. 82.
26. *Денисов С.А., Носков В.И., Соколов Д.Д., Фрик П.Г., Хрипченко С.Ю.* О возможности лабораторной реализации нестационарного МГД динамо // Доклады РАН, 1999. – Т. 365. – № 4. – С. 478.
27. *Денисов С.А., Носков В.И., Сухановский А.Н., Фрик П.Г.* Нестационарные турбулентные винтовые течения в кольцевом канале // Изв.РАН: МЖГ, 2001. – № 6. – С. 73.
28. *Денисов С.А., Носков В.И., Степанов Р.А., Фрик П.Г.* Измерения эффективной проводимости турбулентной проводящей жидкости // Письма в ЖЭТФ, 2008. – Т. 88. – № 3. – С. 198.
29. *Зимин В.Д.* Иерархическая модель турбулентности // Изв. АН СССР, Физика атмосферы и океана. 1981. – Т. 17. – № 12. – С. 1265.
30. *Зимин В.Д., Кетов А.И.* Надкритические конвективные движения в кубической полости // Изв.АН СССР: МЖГ, 1974. – № 5. – С. 110.
31. *Зимин В.Д., Кетов А.И.* Турбулентная конвекция в подогреваемой снизу кубической полости // Изв.АН СССР: МЖГ, 1978. – № 4. – С. 133.
32. *Зимин В.Д., Левина Г.В., Моисеев С.С., Тур А.В.* Возникновение крупномасштабных структур в подогреваемом снизу вращающемся слое на фоне турбулентной конвекции // Доклады Академии наук. 1989. – Т. 309. – С. 88.
33. *Зимин В.Д., Левина Г.В., Моисеев С.С., Старцев С.Е., Шварц К.Г.* Известия Российской академии наук. Механика жидкости и газа. 1996. – № 5. – С. 20.
34. *Зимин В.Д., Фрик П.Г., Шайдуров В.Г.* Турбулентная конвекция в кубической полости при одновременном подогреве сбоку и снизу // Изв. АН СССР. МЖГ, 1982. – № 2. – С. 147.
35. *Зимин В.Д., Шайдуров В.Г.* Неустойчивость конвективного пограничного слоя в замкнутой прямоугольной полости // Изв.АН СССР: МЖГ, 1975. – № 5. – С. 188.
36. *Казарян В.А., Тарунин Е.Л., Мызникова Б.И., Вертгейм И.И., Цыбульский П.Г.* Тепло- и массообмен в подземных резервуарах газонефтепродуктов. – М. – Ижевск: НИЦ «РХД», 2008. – 304 с.
37. *Колесниченко И.В., Мамыкин А.Д., Павлинов А.М., Пахолков В.В., Рогожкин С.А., Фрик П.Г., Халилов Р.И., Шепелев С.Ф.* Экспериментальное исследование свободной конвекции натрия в длинном цилиндре // Теплоэнергетика, 2015. – № 6. – С. 31.
38. *Левина Г.В., Моисеев С.С.* Эффект отрицательной турбулентной теплопроводности и его роль в образовании крупномасштабных структур // Письма в ЖТФ. 1998. – Т. 24. – № 8. – С. 67.
39. *Левина Г.В.* О параметризации спиральной турбулентности для численных моделей интенсивных атмосферных вихрей // Доклады РАН. 2006. – Т. 411. – № 3. – С. 400.
40. *Левина Г.В., Монтгомери М.Т.* О первом исследовании спиральной природы тропического циклогенеза // Доклады РАН. 2010. – Т. 434. – № 3. – С. 401.
41. *Левина Г.В., Монтгомери М.Т.* Численная диагностика тропического циклогенеза на основе гипотезы о спиральной самоорганизации влажно-конвективной атмосферной турбулентности // Доклады РАН. 2014. – Т. 458. – № 2. – С. 214.

42. *Ложкин С.А., Фрик П.Г.* Инерционный интервал Обухова-Болджиано в каскадных моделях конвективной турбулентности // Известия РАН: МЖГ, 1998. – № 6. – С. 37.
43. *Ложкин С.А., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Магнитное число Прандтля и мелкомасштабное МГД-динамо // *Астрономический журнал*, 1999. – Т. 76. – № 11. – С. 833.
44. *Мизева И., Степанов Р.А., Фрик П.Г.* Влияние перекрестной спиральности на каскадные процессы в МГД турбулентности // Доклады Академии Наук, 2009. – Т. 424. – № 4. – С. 479.
45. *Микишев А.Б., Фрик П.Г.* Перемежаемость в идеальной двумерной МГД-турбулентности // *Магнитная гидродинамика*, 1989. – № 1. – С. 135.
46. *Микишев А.Б., Фрик П.Г.* О спектральных законах в двумерном турбулентном потоке с линейным трением // *Магнитная гидродинамика*, 1990. – № 1. – С. 136
47. *Попова Е.Н., Фрик П.Г.* Крупномасштабные течения в турбулентном конвективном слое с погруженным в него подвижным теплоизолятором // *Изв. РАН: МЖГ*, 2003. – № 6. – С. 41.
48. *Решетняк М.Ю., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Каскадная модель турбулентности в быстро вращающейся сфере // *Известия РАН: Серия физическая*, 2003. – Т. 67. – № 3. – С. 300.
49. *Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Модель многомасштабного МГД-динамо // *Астрономический журнал*, 2003. – Т. 80. – № 6. – С. 556.
50. *Степанов Р.А.* Возбуждение крупномасштабного магнитного поля в галактическом диске, окруженном газовой короной // *Астрономический журнал*. 1999. – Т. 76. – № 4. – С. 243–247.
51. *Степанов Р.А., Чукин А.В., Фрик П.Г.* Винтовое динамо в торе // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2008. – Т. 1. – № 1. – С. 109.
52. *Степанов Р.А., Соколов Д.Д., Фрик П.Г.* Сопряжение уравнений среднего поля и каскадной модели мелкомасштабной турбулентности на примере задачи галактического динамо // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2008. – Т. 1. – № 4. – С. 97.
53. *Степанов Р.А., Фрик П.Г., Шестаков А.В.* О спектральных свойствах спиральной турбулентности // *Известия РАН: МЖГ*. 2009. – № 5. – С. 33.
54. *Теймуразов А.С., Васильев А.Ю., Фрик П.Г.* Двумерные и квазидвумерные расчеты турбулентной конвекции в вертикальных слоях // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2012. – Т. 5. – № 4. – С. 405.
55. *Теймуразов А.С., Фрик П.Г.* Численное исследование конвекции расплавленного магния в аппарате восстановления титана // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2015. – Т. 8. – № 4. – С. 433.
56. *Фрик П.Г.* Иерархическая модель двумерной турбулентности // *Магнитная гидродинамика*, 1983. – № 1. – С. 60.
57. *Фрик П.Г.* Двумерная МГД-турбулентность. Иерархическая модель // *Магнитная гидродинамика*, 1984. – № 3. – С. 48.
58. *Фрик П.Г.* Моделирование каскадных процессов в двумерной турбулентной конвекции // *ПМТФ*, 1986. – № 2. – С. 71.
59. *Фрик П.Г., Решетняк М.Ю., Соколов Д.Д.* Каскадная модель турбулентности для жидкого ядра Земли // *Доклады РАН*, 2002. – Т. 387. – № 2. – С. 253.
60. *Шестаков А.В., Степанов Р.А., Фрик П.Г.* Влияние вращения на каскадные процессы в спиральной турбулентности // *Вычислительная механика сплошных сред*, 2012. – Т. 5. – № 2. – С. 193.
61. *Antonov T., Lozhkin S., Frick P., Sokoloff D.* A shell model for free decaying MHD-turbulence and the role of the magnetic Prandtl number // *Magnetohydrodynamics*, 2001. – Vol. 37. – № 1–2. – P. 87.
62. *Aurell E., Boffetta G., Crisanti A., Frick P., Paladin G., Vulpiani A.* Statistical mechanics of shell model of 2D turbulence // *Phys. Rev. E*, 1994. – Vol. 50. – P. 4705.
63. *Aurell E., Dormy E., Frick P.* A binary tree-model of fully developed turbulence // *Phys.Rev. E*, 1997. – Vol. 56. – № 2. – P. 1692.
64. *Aurell E., Frick P., Shaidurov V.* Hierarchical tree-model of 2D turbulence // *Physica D*, 1994. – Vol. 72. – P. 95.
65. *Babiano A., Dubrulle B., Frick P.* Scaling properties of numerical 2D turbulence // *Phys.Rev. E*, 1995. – Vol. 52. – № 4. – P. 3719.
66. *Babiano A., Dubrulle B., Frick P.* Some properties of two-dimensional inverse energy cascade dynamics // *Phys. Rev. E*, 1997. – Vol. 55. – № 3. – P. 2693.
67. *Baliunas S., Frick P., Sokoloff D., Soon W.* Time scales and trends in the central England temperature data (1659–1990): a wavelet analysis // *Geophysical Research Letters*, 1997. – Vol. 24. – P. 1351.
68. *Baliunas S., Frick P., Moss D., Popova E., Sokoloff D., Soon W.* Anharmonic and standing dynamo waves: Theory and observation of stellar magnetic activity // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2006. – Vol. 365. – № 1. – P. 181.

69. *Batalov V., Sukhanovsky A., Frick P.* Laboratory study of differential rotation in a convective rotating layer // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*, 2010. – Vol. 104. – № 4. – P. 349–368.
70. *Bayandin D.V., Wertgeim I.I., Fainburg G.Z.* Mathematical modeling of turbulent free convective turbulence // *Heat Transfer Soviet Researches – Scripta Technica*, 1991. – Vol. 23. – № 1. – P. 204.
71. *Beck R., Frick P., Stepanov R., Sokoloff D.* Recognizing magnetic structures by present and future radio telescopes with Faraday rotation measure synthesis // *Astronomy and Astrophysics*, 2012. – Vol. 543. – A113.
72. *Brandenburg A., Stepanov R.* Faraday signature of magnetic helicity from reduced depolarization // *Astrophys.J.* 2014. – Vol. 786. – № 2. – C. 91.
73. *Dobler W., Frick P., Stepanov R.* The screw dynamo in a time-dependent pipe flow // *Phys. Rev. E*, 2003. Vol. 67. – P. 056309.
74. *Evgrafova A., Sukhanovskii A.* Specifics of heat flux from localized heater in a cylindrical layer // *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 2019. – Vol. 135. – P. 761–768.
75. *Frick P., Aurell E.* On spectral laws in Shell Models of 2D turbulence // *EuroPhys. Letters*, 1993. – Vol. 24. – № 9. – P. 725.
76. *Frick P., Baliunas S., Galyagin D., Sokoloff D., Soon W.* Wavelet analysis of stellar chromospheric activity variations // *Astrophysical Journal*, 1997. – Vol. 483. – P. 426.
77. *Frick P., Beck R., Shukurov A., Sokoloff D., Ehle M., Kamphius J.* Magnetic and optical spiral arms in the galaxy NGC6946 // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2000. – Vol. 318. – № 3. – P. 925.
78. *Frick P., Beck R., Berkhuijsen E., Patrikeyev I.* Scaling and correlation analysis of galactic images // *Mon. Not. R. Astron. Soc.* 2001. – Vol. 326. – № 4. – P. 1145.
79. *Frick P., Boffetta G., Giuliani P., Lozhkin S., Sokoloff D.* Long-time behaviour of MHD shell models // *Europhys. Letters*, 2000. – Vol. 52. – № 2. – P. 539.
80. *Frick P., Denisov S., Noskov V., Stepanov R.* Direct Measurement of Effective Magnetic Diffusivity in Turbulent Flow of Liquid Sodium // *Phys. Rev. Letters*, 2010. – Vol. 105. – № 18. – P. 184502.
81. *Frick P., Denisov S., Noskov V., Pavlinov A., Stepanov R.* Magnetic field in a decaying spin-down flow of liquid sodium // *Magnetohydrodynamics*, 2015. – Vol. 51. – № 2. – P. 267.
82. *Frick P., Dubrulle B., Babiano A.* Scaling properties of a class of shell models // *Phys. Rev. E*, 1995. – Vol. 51. – № 6. – P. 5582.
83. *Frick P., Galyagin D., Hoyt D., Nesme-Ribes E., Shatten K., Sokoloff D., Zakharov V.* Wavelet analysis of solar activity recorded by sunspot groups // *Astronomy and Astrophysics*, 1997. – Vol. 328. – P. 670.
84. *Frick P., Grossmann A., Tchamichian Ph.* Wavelet analysis of signals with gaps // *Journal of Mathematical Physics*, 1998. – Vol. 39. – № 8. – P. 4091.
85. *Frick P., Khalilov R., Kolesnichenko I., Mamykin A., Pakholkov V., Pavlinov A., Rogozhkin S.* Turbulent convective heat transfer in a long cylinder with liquid sodium // *EuroPhysical Letters*, January 2015. – Vol. 109. – P. 14002.
86. *Frick P., Khripchenko S., Denisov S., Sokoloff D., Pinton J.-F.* Effective magnetic permeability of a turbulent fluid with macroferroparticles // *Euro. Phys. Journal B.* 2002. – Vol. 25. – P. 399.
87. *Frick P., Noskov V., Denisov S., Khripchenko S., Sokoloff D., Stepanov R., Sukhanovsky A.* Non-stationary screw flow in a toroidal channel: way to a laboratory dynamo experiment // *Magnetohydrodynamics*, 2002. – Vol. 38. – № 1–2. – P. 136.
88. *Frick P., Noskov V., Denisov S., Stepanov R.* Turbulent spin-down flow of liquid sodium in a thick torus // *Magnetohydrodynamics*, 2012. – Vol. 48. – № 1. – P. 31.
89. *Frick P., Reshetnyak M., Sokoloff D.* Combined grid-shell approach for convection in a rotating spherical layer // *EuroPhys.Lett.*, 2002. – Vol. 59. – № 2. – P. 212.
90. *Frick P., Sokoloff D.* Cascade and dynamo action in a shell model of MHD-turbulence // *Phys. Rev. E*, 1998. – Vol. 57. – № 4. – P. 4155.
91. *Frick P., Sokoloff D., Stepanov R., Pipin V., Usoskin I.* Spectral characteristic of mid-term quasi-periodicities in sunspots data // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2020. – Vol. 491. – P. 5572–5578.
92. *Frick P., Soon W., Popova E., Baliunas S.* Time-spectra of chromospheric activity of old solar-type stars: Detection of rotational signals from Double Wavelet Analysis // *New Astronomy*, 2004. – Vol. 9. – P. 599.
93. *Frick P., Stepanov R., Shukurov A., Sokoloff D.* Structures in the rotation measure sky // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2001. – Vol. 325. – № 2. – P. 649.
94. *Frick P., Stepanov R.* Long term force-free evolution of MHD turbulence // *EuroPhys. Letters*, 2010. – Vol. 92. – P. 34007.
95. *Frick P., Stepanov R., Nekrasov V.* Shell-model of magnetic field evolution under Hall effect // *Magnetohydrodynamics*, 2003. – Vol. 39. – № 3. – P. 327.

96. *Frick P., Stepanov R., Reinhardt M.* Shell models for Hall effect induced magnetic turbulence // *New Journal of Physics*, 2007. – Vol. 9. – № 3. – P. 293.
97. *Frick P., Stepanov R., Sokoloff D.* Large-small scales interactions and quenching in alpha-square dynamo // *Phys.Rev. E*, 2006. – Vol. 74. – P. 066310.
98. *Frick P., Stepanov R., Sokoloff D., Beck R.* Wavelet based Faraday Rotation Measure Synthesis // *Mon. Not. R. Astron. Soc. Letters*, 2010. – Vol. 401. – L24.
99. *Frick P., Stepanov R., Sokoloff D., Beck R.* Faraday Rotation Measure Synthesis for Magnetic Fields of Galaxies // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2011. – Vol. 414. – № 3. – P. 2540.
100. *Frick P., Stepanov R., Beck R., Sokoloff D., Shukurov A., Ehle M., Lundgren A.* Magnetic and gaseous arms in M83 // *Astronomy and Astrophysics*, 2016. – Vol. 585. – A21.
101. *Kessar M., Balarac G., Plunian F., Stepanov R.* Non-Kolmogorov cascade of helicity-driven turbulence // *Phys. Rev. E*, 2015. – Vol. 92. – № 3. – P. 031004.
102. *Khalilov R., Kolesnichenko I., Pavlinov A., Mamykin A., Shestakov A., Frick P.* Thermal convection of liquid sodium in inclined cylinders // *Phys.Rev.Fluids*, 2018. – Vol. 3. – № 4. –P. 043503.
103. *Kolesnichenko I., Frick P.* Conducting fluid flow in helical magnetic field // *Magnetohydrodynamics*, 2009. – Vol. 45. – № 2. – P. 165.
104. *Kolesnichenko I., Pavlinov A., Golbraikh E., Frick P., Kapusta A., Mikhailovich B.* The study of turbulence in MHD flow generated by rotating and travelling magnetic fields // *Experiments in Fluids*, 2015. – Vol. 56. – P. 88.
105. *Kolesnichenko I., Khalilov R., Shestakov A., Frick P.* ICMM two circuit sodium facility // *Magnetohydrodynamics*, 2016. – Vol. 52. – № 1.
106. *Lessinnes T., Carati D., Plunian F., Stepanov R.* Dissipation scales of kinetic helicities in turbulence // *Physics of Fluids*. 2011. – Vol. 23. – № 3. – P. 035108-6.
107. *Levina G.V., Starkov M.V., Startsev S.E., Zimin V.D., Moiseev S.S.* Modelling of Large-Scale Structures Arising Under Developed Turbulent Convection In a Horizontal Fluid Layer, Nonlinear Processes in Geophysics. 2000. – Vol. 7. – № 1–2. – C. 49.
108. *Mamykin A., Frick P., Khalilov R., Kolesnichenko I., Pakholkov V., Rogozhkin S., Vasiliev A.* Turbulent convective heat transfer in an inclined tube with liquid sodium // *Magnetohydrodynamics*, 2015. – Vol. 51. – № 2. – P. 329.
109. *Moss D., Stepanov R., Arshakian T.G., Beck R., Krause M., Sokoloff D.* Multiscale magnetic fields in spiral galaxies: evolution and reversals // *Astronomy and Astrophysics*. 2012. – Vol. 537. – P. A68.
110. *Moss D., Beck R., Krause M., Sokoloff D., Stepanov R., Arshakian T.G.* The relation between magnetic and material arms in models for spiral galaxies // *Astronomy and Astrophysics*. 2013. – Vol. 556. – P. A147.
111. *Moss D., Stepanov R., Krause M., Beck R., Sokoloff D.* The formation of regular interarm magnetic fields in spiral galaxies // *Astronomy and Astrophysics*. 2015. – Vol. 578. – P. A94.
112. *Nesme-Ribes E., Frick P., Sokoloff D., Zakharov V., Ribes J-C., Vigouroux A., Laclare F.* Wavelet analysis of Maunder minimum as recorded in Solar diameter data // *Comptes Rendus Acad. Sci. Paris*, 1995. – Vol. 321. – P.525.
113. *Noskov V., Denisov S., Frick P., Khripchenko S., Sokoloff D., Stepanov R.* Magnetic field rotation in the screw gallium flow // *Eur.Phys.J. B*, 2004. – Vol. 41. – P. 561.
114. *Noskov V., Stepanov R., Denisov S., Frick P., Verhille G., Plihon N., Pinton J-F.* Dynamics of a turbulent spin-down flow inside a torus // *Physics of Fluid*, 2009. – Vol. 21. – № 4. – P. 045108.
115. *Noskov V., Denisov S., Stepanov R., Frick P.* Turbulent viscosity and turbulent magnetic diffusivity in decaying spin-down flow of liquid sodium // *Phys. Rev. E*, 2012. – Vol. 85. – P. 016303.
116. *Patrikeyev I., Fletcher A., Stepanov R., Beck R., Berkhuijsen E., Frick P., Horellou C.* Analysis of spiral arms using anisotropic wavelets: gas, dust and magnetic fields in M51 // *Astronomy and Astrophysics*, 2006. – Vol. 458. – P. 441.
117. *Plunian F., Stepanov R.* A non-local shell model of hydrodynamic and magnetohydrodynamic turbulence // *New Journal of Physics*. 2007. – Vol. 9. – P. 294.
118. *Plunian F., Stepanov R.* Cascades and dissipation ratio in rotating magnetohydrodynamic turbulence at low magnetic Prandtl number // *Phys. Rev. E*. 2010. – Vol. 82. – № 4. – C. 046311.
119. *Rädler K.H., Stepanov R.* Mean electromotive force due to turbulence of a conducting fluid in the presence of mean flow // *Phys. Rev. E*. 2006. – Vol. 73. – № 5. – P. 379.
120. *Rädler K.H., Stepanov R.* On the effects of turbulence on a screw dynamo // *Geophysical and Astrophysical Fluid Dynamics*. 2006. – Vol. 100. – № 4–5. –P. 379.
121. *Shukurov A., Stepanov R., Sokoloff D.* Dynamo action in Moebius flow // *Phys. Rev. E* 2008. – Vol. 78. – P. 025301.
122. *Soon W., Frick P., Baliunas S.* Lifetime of surface features and stellar rotation: A wavelet time-frequency approach // *Astrophysical Journal Letter*, 1999. – Vol. 510. – № 2. – L135.

123. *Stepanov R., Arshakian T., Beck R., Frick P., Krause M.* Magnetic field structures of galaxies derived from analysis of Faraday rotation measures, and perspectives for the SKA // *Astron. and Astrophysics*, 2008. – Vol. 480. – P. 45.
124. *Stepanov R., Frick P., Mizeva I.* Cross helicity and magnetic helicity cascades in MHD turbulence // *Magnetohydrodynamics*, 2013. – Vol. 49. – № 1–2. – P. 15.
125. *Stepanov R., Frick P., Mizeva I.* Joint inverse cascade of magnetic energy and magnetic helicity in MHD turbulence // *Astrophysical Journal Letters*, 2015. – Vol. 798. – L35.
126. *Stepanov R., Frick P., Sokoloff D.* Multi-scale disk dynamo model // *Astron. Nachrichten*, 2006. – Vol. 327. – № 5–6. – P. 481.
127. *Stepanov R., Golbraikh E., Frick P., Shestakov A.* Hindered energy cascade in highly helical isotropic turbulence // *Physical Review Letters*, 2015. – Vol. 115. – P. 234501.
128. *Stepanov R., Plunian F.* Fully developed turbulent dynamo at low magnetic Prandtl numbers // *Journal of Turbulence*. 2006. – T. 7. – C. 1.
129. *Stepanov R., Plunian F.* Phenomenology of turbulent dynamo growth and saturation // *The Astrophysical Journal*. 2008. – T. 680. – № 1. – C. 809.
130. *Stepanov R., Shukurov A., Fletcher A., Beck R., Porta L.L., Tabatabaei F.* An observational test for correlations between cosmic rays and magnetic fields // *Mon. Not. R. Astron. Soc.*, 2014. – T. 437. – № 3. – P. 2201.
131. *Stepanov R., Volk R., Noskov V., Denisov S., Frick P., Pinton J.-F.* Induction, helicity and alpha effect in a toroidal screw flow of liquid gallium // *Phys. Rev. E*, 2006. – Vol. 73. – P. 046310.
132. *Sukhanovsky A., Frick P., Teymurazov A., Batalov V.* Horizontal rolls in convective flow above a partially heated surface // *Eur.Phys.J. B*, 2012. – Vol. 85. – P. 9.
133. *Sukhanovskii A., Popova E.* The Importance of Horizontal Rolls in the Rapid Intensification of Tropical Cyclones // *Boundary-Layer Meteorology*, 2020. – Vol. 175. – P. 259–276.
134. *Sun X.H., Stepanov R.* [et al.] Comparison of algorithms for determination of rotation measure and faraday structure // *Astronomical Journal*, 2015. – T. 149. – № 2. – P. 60.
135. *Teimurazov A., Frick P.* Thermal convection of liquid metal in a long inclined cylinder // *Physical Review Fluids*, 2017. – Vol. 2. – № 11. – 113501.
136. *Vasiliev A., Frick P., Kumar A., Stepanov R., Sukhanovskii A., Verma M.* Transient flows and reorientations of large-scale convection in a cubic cell // *International Communications in Heat and Mass Transfer*. 2019. – Vol. 108. – P. 104319.
137. *Vasiliev A., Sukhanovskii A., Frick P., Budnikov A., Fomichev V., Bolshukhin M., Romanov R.* High Rayleigh number convection in a cubic cell with adiabatic sidewalls // *Int.J.Heat and Mass Transfer*, 2016. – Vol. 102. – P. 201–212.
138. *Zimin V., Hussain F.* Wavelet based model for small-scale turbulence // *Physics of Fluids*, 1995. – Vol.7. – № 12. – P. 2925.
139. *Zimin V.D., Startsev S.E., Shaidurov V.G., Moiseev S.S.* Modeling of large-scale vortical processes in a rotating layer heated from below, *Chaos* (Woodbury, N.Y.). 1991. – Vol. 1. – № 2. – P. 232.
140. *Zwirner L., Khalilov R., Kolesnichenko I., Mamykin A., Mandrykin S., Pavlinov A., Shestakov A., Teimurazov A., Frick P., Shishkina O.* The influence of the cell inclination on the heat transport and large-scale circulation in liquid metal convection // *Journal of Fluid Mechanics*, 2020. – Vol. 884. – P. A18.

**FORMATION OF TURBULENCE RESEARCH IN PERM
(in memory of Valery Dmitrievich Zimin)**

P.G. Frick

Institute of Continuum Media Mechanics UB RAS

For citation:

Frick P.G. Formation of turbulence research in Perm (in memory of Valery Dmitrievich Zimin) // *Perm Federal Research Center Journal*. – 2023. – № 2. – P. 81–94. <https://doi.org/10.7242/2658-705X/2023.2.8>

Valery Dmitrievich Zimin worked in the Laboratory of Physical Hydrodynamics at ICMM UB RAS from its foundation in 1971 until 1990 and played a very important role in shaping the scientific topics of the Laboratory. The paper gives a retrospective analysis of the laboratory's

work in the field of turbulent flow research with an emphasis on V.D. Zimin's original ideas, which determined the directions of the laboratory's work, developed up to the present day. Such directions include hierarchical and shell models of turbulence, wavelet analysis of various physical systems, space-time analysis of turbulent flows and investigation of helical large-scale vortices and helical small-scale turbulence.

Keywords: turbulence, turbulence models, wavelet analysis, large-scale circulation, helicity.

Сведения об авторе

Фрик Петр Готлобович, доктор физико-математических наук, профессор, заведующий лабораторией физической гидродинамики, Институт механики сплошных сред УрО РАН – филиал Пермского федерального исследовательского центра УрО РАН («ИМСС УрО РАН»), 614013, г. Пермь, Академика Королева, 1; e-mail: frick@icmm.ru.

Материал поступил в редакцию 13.03.2023 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 30.08.2023. Формат 60×90/8. Бумага ВХИ 80 г/м².
Гарнитура Таймс. Печать электрографическая. Усл. печ. л. 8,00.
Тираж 500 экз. Цена свободная. Заказ №150853.

Адрес учредителя, издателя и редакции: 614000, г. Пермь, ул. Ленина, д.13а,
тел.: (342) 212-43-75, 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+