

**ВЕСТНИК  
ИВАНОВСКОГО  
ГОСУДАРСТВЕННОГО  
УНИВЕРСИТЕТА**

ISSN 2500-2783 (online)

**Серия «Естественные,  
общественные науки»**



**2022**

**Выпуск 2**

ISSN 2500-2783 (online)

# **ВЕСТНИК ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Серия «Естественные, общественные науки»

2022. Вып. 2

Научный журнал

Издается с 2000 года

Журнал зарегистрирован в Национальном агентстве ISSN Российской Федерации  
27.05.2016 г. как электронное сетевое издание

Учредитель ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

## **РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:**

- В. Н. Егоров**, д-р экон. наук  
(*председатель*)
- В. И. Назаров**, д-р психол. наук  
(*зам. председателя*)
- К. Я. Авербух**, д-р филол. наук (Москва)
- Ю. М. Воронов**, д-р полит. наук
- Н. В. Усолицева**, д-р хим. наук
- Ю. М. Резник**, д-р филос. наук (Москва)
- О. А. Хасбулатова**, д-р ист. наук
- Л. В. Михеева**  
(*ответственный секретарь*)

## **РЕДКОЛЛЕГИЯ СЕРИИ «ЕСТЕСТВЕННЫЕ, ОБЩЕСТВЕННЫЕ НАУКИ»:**

- Б. Я. Солон**, д-р физ.-мат. наук  
(*главный редактор серии*)
- В. И. Назаров**, д-р психол. наук
- Т. А. Воронова**, канд. пед. наук
- М. В. Клюев**, д-р хим. наук
- В. А. Исаев**, д-р биол. наук
- Д. И. Молдавский**, д-р физ.-мат. наук
- Е. В. Соколов**, канд. физ.-мат. наук
- В. А. Годлевский**, д-р техн. наук
- Л. И. Минеев**, канд. физ.-мат. наук
- О. В. Кузьмина**, канд. юрид. наук
- Д. В. Кареев**, канд. ист. наук

## **Адрес редакции (издательства):**

153025 Иваново, ул. Ермака, 39, к. 462  
тел./факс: (4932) 93-43-41  
e-mail: publisher@ivanovo.ac.ru

Электронная копия журнала размещена  
на сайтах [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru),  
[www.ivanovo.ac.ru](http://www.ivanovo.ac.ru)

© ФГБОУ ВО «Ивановский  
государственный университет», 2022

ISSN 2500-2783 (online)

# IVANOV STATE UNIVERSITY BULLETIN

---

Series «Natural, Social Sciences»

---

2022. Issue 2

---

Scientific journal

Issued since 2000

---

The journal is registered at the National ISSN Agency of the Russian Federation  
on 27.05.2016 as an electronic online publication

---

Founded by Ivanovo State University

---

## EDITORIAL COUNCIL:

- V. N. Egorov*, Doctor of Economics  
(Chairman)
- V. I. Nazarov*, Doctor of Psychology  
(Vice-Chairman)
- K. Ya. Averbukh*, Doctor of Philology  
(Moscow)
- Yu. M. Voronov*, Doctor of Politics
- N. V. Usoltseva*, Doctor of Chemistry
- Yu. M. Reznik*, Doctor of Philosophy  
(Moscow)
- O. A. Khasbulatova*, Doctor of History
- L. V. Mikheeva* (Secretary-in-Chief)

## EDITORIAL BOARD OF THE SERIES

«NATURAL, SOCIAL SCIENCES»:

- B. Ya. Solon*, Doctor of Physics  
and Mathematics  
(Chief Editor of the Series)
- V. I. Nazarov*, Doctor of Psychology
- T. A. Voronova*, Candidate of Science
- M. V. Klyuev*, Doctor of Chemistry
- V. A. Isaev*, Doctor of Biology
- D. I. Moldavansky*, Doctor of Physics  
and Mathematics
- E. V. Sokolov*, Candidate of Science,  
Physics and Mathematics
- V. A. Godlevsky*, Doctor of Technical Science
- L. I. Mineev*, Candidate of Technical Science
- O. V. Kuzmina*, Candidate of Science, Law
- D. V. Kareev*, Candidate of Science, History

---

### Address of the editorial office:

153025, Ivanovo, Ermak str., 39, office 462  
tel./fax: (4932) 93-43-41  
e-mail: publisher@ivanovo.ac.ru

Electronic copy of the journal can be found  
on the web-sites [www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru),  
[www.ivanovo.ac.ru](http://www.ivanovo.ac.ru)

© Ivanovo State University, 2022

---

---

## СОДЕРЖАНИЕ

---

---

### БИОЛОГИЯ

- Барина М. О., Королева С. В., Зарипов В. Н.** Особенности  
вариабельности сердечного ритма у курсантов-спасателей  
с разной степенью стрессоустойчивости ..... 5
- Борисова Е. А., Курганов А. А.** О гербарии фондов Ивановского областного  
краеведческого музея имени Д. Г. Бурлыгина (К 100-летию юбилею) ..... 14
- Кочешкова К. О., Минеева Л. Ю.** Результаты исследования макромицетов  
в д. Бугово Комсомольского района Ивановской области в 2020 году ..... 19
- Минеева Л. Ю., Захарова Н. В.** Ржавчинные грибы травянистых растений  
ботанического сада ИвГУ и парка КиО им. Революции 1905 года ..... 24
- Курганов А. А.** О проекте «Аллея памяти Л. П. Шуйского и благоустройство  
особо охраняемой природной территории “Сад акклиматизации южных  
растений”» ..... 29

### ХИМИЯ

- Иванов С. Н., Козлов В. А.** Расчетная шкала комплексной функции  
кислотности  $H_o^s$  в концентрированной серной кислоте ..... 34
- Крылов Е. Н., Вирзум Л. В.** Кислотность замещенных сульфанилидов  
 $XPhNHSO_2Ph$  по Бренстеду: квантово-химические дескрипторы ..... 41
- Крылов Е. Н., Вирзум Л. В.** Взаимодействие карбоангидразы *E. Coli*  
и замещенных сульфанилидов  $NH_2PhNHSO_2PhX$ :  
квантово-химический анализ ..... 50
- Дорофеева Ю. С., Притулина А. В.** Кинетика реакции N-ацилирования  
L-пролина нитрофениловым эфиром бензойной кислоты  
в водно-органических средах ..... 60

### ПЕДАГОГИКА

- Коголовский С. Р.** О методе восхождения учащихся  
к ведущим математическим понятиям ..... 63

### СОЦИОЛОГИЯ

- Миловидова Ю. С.** Идеальный образ жены/мужа в оценках студенческой  
молодежи города Иваново ..... 85

### ПСИХОЛОГИЯ

- Коголовская А. С.** Боязнь собак как проявление психологических проблем  
человека ..... 88

### ЮРИСПРУДЕНЦИЯ

- Поцелуев Е. Л.** Социальное государство как ценность человека ..... 93

- Информация для авторов журнала*  
*«Вестник Ивановского государственного университета»* ..... 106

CONTENTS

---

---

**BIOLOGY**

- Barinova M. O., Koroleva S. V., Zaripov V. N.** Specificity of heart rate variability  
the cadets-rescuers with different degrees of stress resistance ..... 5
- Borisova E. A., Kurganov A. A.** About the herbarium of the funds  
of the Ivanovo regional museum of local lore named after D. G. Burylin  
(For the 100th anniversary) ..... 14
- Kocheshkova K. O., Mineeva L. Y.** Results of the study of macromycetes  
in the village of Butovo, Komsomolsky district, Ivanovo region in 2020 ..... 19
- Mineeva L. Y., Zakharova N. V.** Rusty fungi of herbal plants of the IvSU  
botanical garden and the park named after the 1905 Revolution ..... 24
- Kurganov A. A.** About the project «Alley of the memory of L. P. Shuiskiy  
and improvement of the specially protected natural area “Sad akklimatizatsii  
yuzhnykh rasteniy”» ..... 29

**CHEMISTRY**

- Ivanov S. N., Kozlov V. A.** The acidity function calculated scale  $H_o^s$   
in concentrated sulfuric acid solutions ..... 34
- Krylov E. N., Virzum L. V.** Brønsted acidity of substituted sulfanilides  
XPhNHSO<sub>2</sub>Ph: quantum-chemical descriptors ..... 41
- Krylov E. N., Virzum L. V.** E. Coli carbonic anhydrase and substituted  
sulfanilides NH<sub>2</sub>PhNHSO<sub>2</sub>PhX interactions: quantum chemical analysis ..... 50
- Dorofeeva Yu. S., Pritulina A. V.** Kinetics of the reaction of N-acylation  
of L-proline with nitrophenyl ether of benzoic acid in aqueous organic media ..... 60

**PEDAGOGY**

- Kogalovskii S. R.** On the methods of ascent of students to the leading  
mathematical concepts ..... 63

**SOCIOLOGY**

- Milovidova Y. S.** The ideal image of a wife/ husband in the estimations  
of the student youth in Ivanovo ..... 85

**PSYCHOLOGY**

- Kogalovskaia A. S.** Fear of dogs as a manifestation of human psychological  
problems ..... 88

**JURISPRUDENCE**

- Potseluev E. L.** A social state as a human value ..... 93

- Information for the authors of «Ivanovo State University Bulletin» ..... 106*

УДК 612.017.2

*М. О. Барина, С. В. Королева, В. Н. Зарипов*

## ОСОБЕННОСТИ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У КУРСАНТОВ-СПАСАТЕЛЕЙ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ СТРЕССОУСТОЙЧИВОСТИ

**Аннотация.** Представлены результаты исследования вегетативного и психологического статуса курсантов-спасателей в условиях повседневной учебной деятельности. Для оценки вегетативного статуса исследовали вариабельность сердечного ритма. Психологический статус оценивали с помощью копинг-теста Лазаруса и методики «Реакция на движущийся объект».

**Ключевые слова:** курсанты-спасатели, вариабельность сердечного ритма, стрессоустойчивость, копинг-тест Лазаруса, реакция на движущийся объект.

*М. О. Barinova, S. V. Koroleva, V. N. Zaripov*

## SPECIFICITY OF HEART RATE VARIABILITY THE CADETS-RESCUERS WITH DIFFERENT DEGREES OF STRESS RESISTANCE

**Abstract.** The results of the study of the vegetative and psychological status of cadets-rescuers in the conditions of daily educational activities are presented. Heart rate variability was studied to assess the vegetative status. Psychological status was assessed using the Lazarus coping test and the «Reaction to a moving object» technique.

**Keywords:** cadets-rescuers, heart rate variability, stress resistance, Lazarus coping test, reaction to a moving object.

Повседневная профессиональная деятельность сотрудников МЧС России характеризуется воздействием большого количества стрессогенных факторов. Следовательно, профессиограмма сотрудника предъявляет повышенные требования к профессионализму и психологическим качествам личности, обеспечивающим ее эффективность в экстремальных условиях. В подобных условиях в качестве важнейших факторов профессиональной пригодности к данному виду деятельности выступают готовность к риску, интернальный локус контроля, стрессоустойчивость [2].

В наибольшей степени подверженными к действию стрессоров и страдающими от заболеваний, вызванных стрессом, считаются молодые люди, только что вошедшие в ряды обучающихся [5], поскольку процесс формирования специальных навыков в соответствующей деятельности находится на начальных этапах развития. Способность организма адаптироваться к воздействию различных факторов окружающей среды связана в большей мере

---

© Барина М. О., Королева С. В., Зарипов В. Н., 2022

с реакциями сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов [4], для оценки которых используется технология исследования вариабельности сердечного ритма (ВСР) [3].

Целью данной работы было исследование особенностей вариабельности сердечного ритма у курсантов-спасателей 1, 3, 5 курсов с разной степенью стрессоустойчивости в условиях повседневной учебной деятельности.

### **Материал и методы исследования**

Исследование проведено на базе ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России» в научно-исследовательской лаборатории «Медицина катастроф».

В исследовании приняли участие 45 курсантов 1, 3, 5 курсов в возрасте 18–22 лет по 15 человек с каждого курса. Обследование курсантов проводили в условиях повседневной учебной деятельности.

Для определения степени стрессоустойчивости курсантов использовали компьютерный комплекс «НС-Психотест» (ООО «Нейрософт», г. Иваново), предназначенный для комплексной оценки по результатам выполнения тестовых заданий психофизиологических, психологических свойств и функций организма людей, а также для психофизиологического сопровождения профессионального контингента экстремального профиля.

В ходе исследования курсанты выполняли копинг-тест Лазаруса, который предназначен для определения копинг-механизмов, способов преодоления трудностей в различных сферах психической деятельности, применения копинг-стратегий.

Методика копинг-стратегий Лазаруса учитывает 8 типов реагирования при стрессе:

- Конфронтация или конфронтационный копинг. Агрессивные усилия по изменению ситуации. Предполагает определенную степень враждебности и готовности к риску. В условиях дефицита времени играет положительную роль в выборе оптимального решения руководителя.
- Дистанцирование. Когнитивные усилия «отстраниться» от ситуации и, таким образом, уменьшить ее значимость.
- Самоконтроль. Усилия по регулированию своих чувств и действий.
- Поиск социальной поддержки. Усилия в поиске информационной, действенной и эмоциональной поддержки.
- Принятие ответственности. Признание своей роли в проблеме с сопутствующей темой попыток ее решения.
- Бегство или избегание. Мысленное стремление и поведенческие усилия, направленные к бегству или избеганию проблемы. В основном, носит деструктивный характер.
- Планирование решения проблемы. Произвольные проблемно-фокусированные усилия по изменению ситуации, включающие аналитический подход к проблеме.
- Положительная переоценка. Усилия по созданию положительного значения с фокусированием на росте собственной личности.

У курсантов также проводили методику «Реакция на движущийся объект», с помощью которой оценивали точность реагирования, склонность к риску, уравновешенность процессов возбуждения и торможения, функциональное состояние и работоспособность ЦНС.

Для оценки variability сердечного ритма у курсантов каждого курса регистрировали электрокардиограмму с помощью программного обеспечения и оборудования «ВНС-Микро» (ООО «Нейрософт», г. Иваново).

В проведенном исследовании анализировали спектральные показатели variability сердечного ритма:

HF, % – доля быстрых высокочастотных волн;

LF, % – доля медленных низкочастотных волн;

VLF, % – доля очень медленных низкочастотных волн;

LF/HF, у.е. – соотношение доли быстрых высокочастотных волн к доле медленных низкочастотных волн.

Статистическая обработка полученных данных выполнена с использованием t-критерия Стьюдента, уровень значимости принят  $\alpha = 0,05$ .

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам коппинг-теста Лазаруса (рис. 1) определено, что у курсантов 1-го курса доминирующей коппинг-стратегией является «положительная переоценка» (73,5% курсантов), по сравнению с курсантами 3-го ( $p < 0,05$ ) и 5-го ( $p < 0,05$ ) курсов. У курсантов 3-го курса преобладает коппинг-стратегия «планирование решения проблемы» (76,3% курсантов). У курсантов 5-го курса также преобладающей коппинг-стратегией является «планирование решения проблемы» (81,2% курсантов), как и у курсантов 3 курса. При этом, достоверно большее количество курсантов 3-го и 5-го курсов используют коппинг-стратегию «поиск социальной поддержки» и достоверно меньшее количество – коппинг-стратегию «дистанцирование», чем курсанты 1-го курса. Количество курсантов 1, 3 и 5 курсов, которые применяют коппинг-стратегии «самоконтроль», «принятие ответственности», «конфронтация» и «избегание», достоверно не отличается.

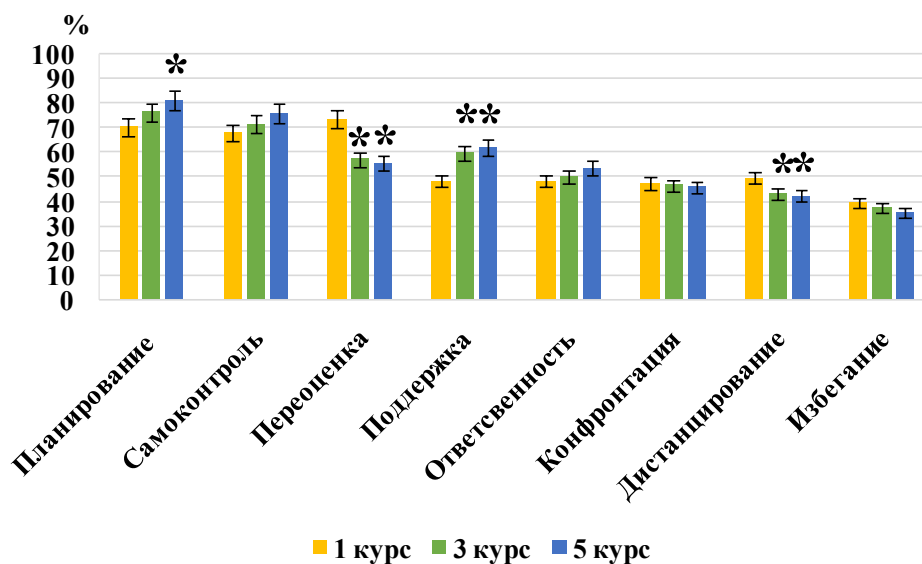


Рис. 1. Процентное соотношение количества курсантов 1, 3 и 5 курсов с разными коппинг-стратегиями

Достоверность различий:

\* – между показателями у курсантов 1 и 3, 1 и 5 курсов ( $p < 0,05$ ).



Стратегия «положительная переоценка» предполагает, что преодоление негативных переживаний в связи с проблемой происходит за счет ее положительного переосмысления, рассмотрения ее как стимула для личностного роста. Однако, возможна вероятность недооценки личностью возможностей действенного разрешения проблемной ситуации [1].

Стратегия «планирование решения проблемы» предполагает попытки преодоления проблемы за счет целенаправленного анализа ситуации и возможных вариантов поведения, выработки стратегии разрешения проблемы, планирования собственных действий с учетом объективных условий, прошлого опыта и имеющихся ресурсов. Стратегия рассматривается большинством исследователей как адаптивная, способствующая конструктивному разрешению трудностей. Однако, имеется вероятность чрезмерной рациональности, недостаточной эмоциональности, интуитивности и спонтанности в поведении [1].

Стратегия «поиск социальной поддержки» предполагает попытки разрешения проблемы за счет привлечения внешних (социальных) ресурсов, поиска информационной, эмоциональной и действенной поддержки. Характерны ориентированность на взаимодействие с другими людьми, ожидание внимания, совета, сочувствия. Поиск преимущественно информационной поддержки предполагает обращение за рекомендациями к экспертам и знакомым, владеющим с точки зрения респондента необходимыми знаниями. Потребность преимущественно в эмоциональной поддержке проявляется стремлением быть выслушанным, получить эмпатичный ответ, разделить с кем-либо свои переживания. При поиске преимущественно действенной поддержки ведущей является потребность в помощи конкретными действиями [1].

Стратегия «дистанцирование» предполагает попытки преодоления негативных переживаний в связи с проблемой за счет субъективного снижения ее значимости и степени эмоциональной вовлеченности в нее. Однако, имеется вероятность обесценивания собственных переживаний, недооценки значимости и возможностей действенного преодоления проблемных ситуаций [1].

При помощи методики «Реакция на движущийся объект» оценили точность реагирования, склонность к риску, уравновешенность процессов возбуждения и торможения, функциональное состояние и работоспособность ЦНС. Установлено, что количество точных реакций на движущийся объект у курсантов увеличивается от 1 к 5 курсу (рис. 2). У курсантов 1 курса выявляется наименьший процент точных попаданий, у курсантов 5 курса – наибольший процент точных попаданий. Это означает, что к 5 курсу формируется уравновешенность нервных процессов по возбуждению/торможению, что проявляется в точности реагирования.

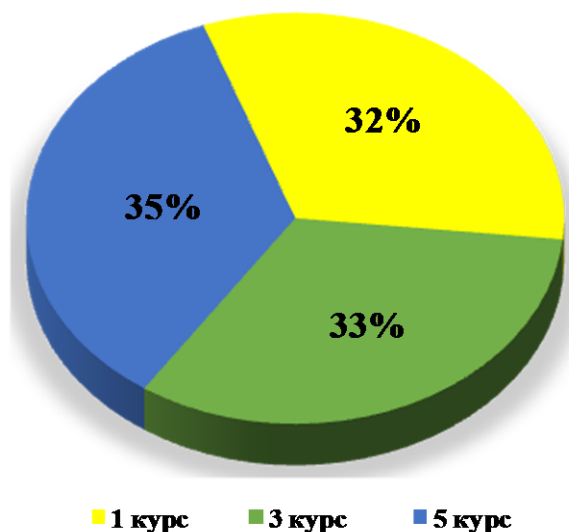


Рис. 2. Количество точных реакций на движущийся объект у курсантов 1, 3 и 5 курсов

На основании результатов проведенных теста Лазаруса и методики «Реакция на движущийся объект» было сделано заключение, что всех курсантов можно разделить на группы по степени стрессоустойчивости: курсантов 1-го курса отнести к группе с низкой стрессоустойчивостью, курсантов 3-го курса – к группе со средней стрессоустойчивостью, курсантов 5-го курса – к группе с высокой стрессоустойчивостью.

Результаты исследования variability сердечного ритма позволили выявить следующие закономерности.

Среди спектральных показателей variability сердечного ритма у курсантов всех курсов (рис. 3, 4, 5) преобладает доля быстрых высокочастотных волн (HF%), что свидетельствует о смещении вегетативного баланса в сторону доминирования парасимпатической регуляции, что расценивается как желательная характеристика для лиц экстремальных профессий, отражающая «широкий коридор адаптации».

При этом, у курсантов 1-го курса наблюдается достоверно самый высокий показатель доли быстрых высокочастотных волн (HF%), по сравнению с курсантами 3-го и 5-го курсов (рис. 3), что свидетельствует о том, что у курсантов 1 курса отмечается больший вклад парасимпатической системы в вегетативную регуляцию деятельности сердца.

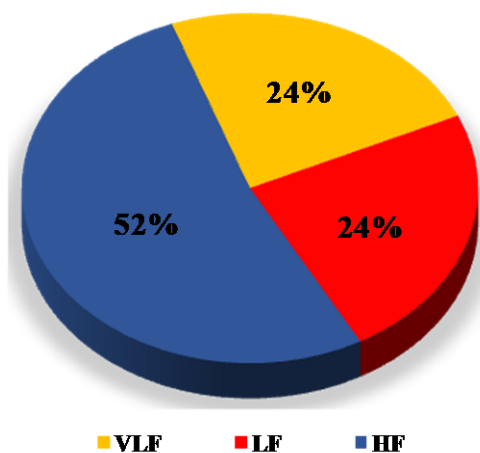


Рис. 3. Процентное соотношение разных типов волн в регуляции деятельности сердца у курсантов 1 курса

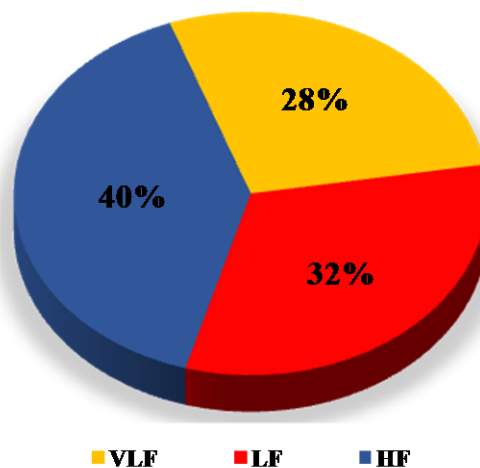


Рис. 4. Процентное соотношение разных типов волн в регуляции деятельности сердца у курсантов 3 курса

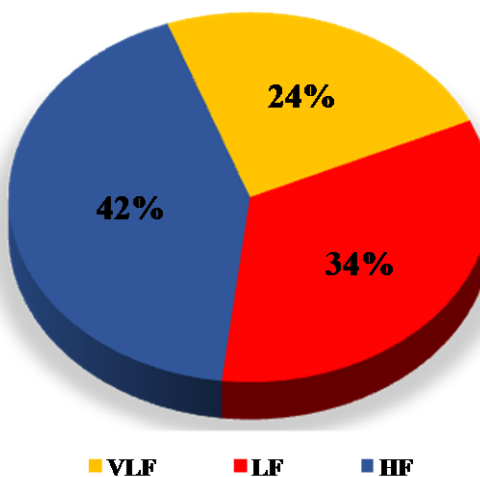


Рис. 5. Процентное соотношение разных типов волн в регуляции деятельности сердца у курсантов 5 курса

Доли очень медленных низкочастотных волн (VLF%) и доли медленных низкочастотных волн (LF%) достоверно не отличаются у курсантов 1, 3 и 5 курсов (рис. 6), что указывает на определенную стабильность вклада гуморальной системы и симпатической системы в нейрогуморальную регуляцию сердечной деятельности у всех курсантов.

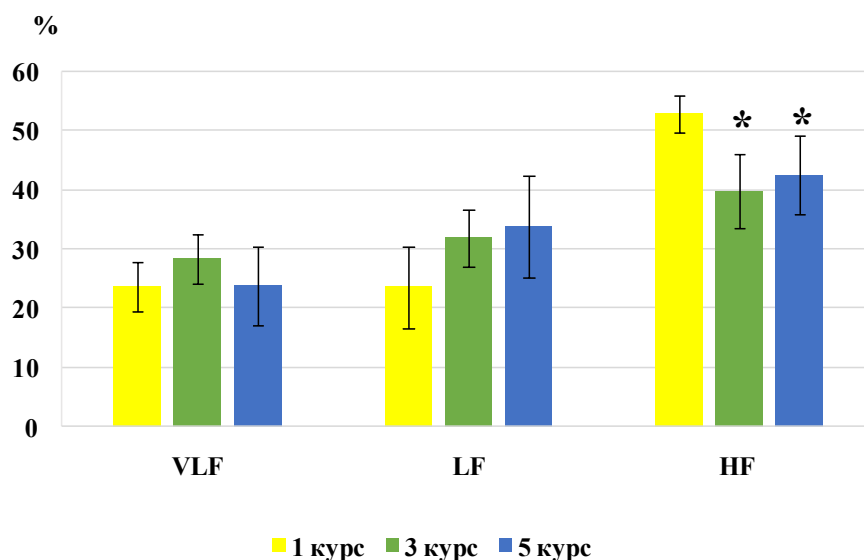


Рис. 6. Спектральные показатели variability сердечного ритма у курсантов 1, 3 и 5 курсов  
 Достоверность различий:  
 \* – между показателями у курсантов 1 и 3, 1 и 5 курсов ( $p < 0,05$ )

У курсантов происходит повышение соотношения доли медленных низкочастотных волн к доле быстрых высокочастотных волн (коэффициент LF/HF), у курсантов 5-го курса наблюдается достоверно самый высокий показатель, по сравнению с курсантами 1-го курса (рис. 7). Данный факт указывает на смещение баланса вегетативного обеспечения деятельности сердца в сторону усиления симпатических влияний от 1-го к 5-му курсу.

Сравнивая величины коэффициента LF/HF у курсантов 1, 3, 5 курсов с должной величиной для лиц данного возраста, была выявлена следующая закономерность. Так, по данным О. Н. Кудря [6], должное соотношение доли медленных низкочастотных волн к доле быстрых высокочастотных волн (LF/HF) равно 1,5-2,0 у.е. У курсантов 1-го и 3-го курсов показатель LF/HF находится ниже нормы. Данный коэффициент приближается к должной величине только у курсантов 5 курса. Это свидетельствует о том, что у курсантов 5-го курса более высокий исходный функциональный резерв.

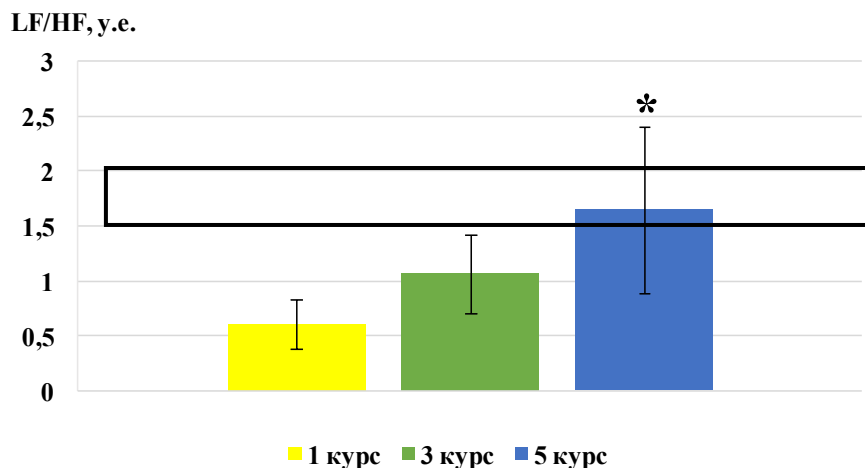


Рис. 7. Соотношение доли медленных низкочастотных волн к доле быстрых высокочастотных волн у курсантов 1, 3 и 5 курсов

□ – границы нормы

Достоверность различий:

\* – между показателями у курсантов 1 и 5 курсов ( $p < 0,05$ )

Таким образом, к 5-му курсу происходит перераспределение составляющих вегетативного обеспечения деятельности сердца, которое демонстрирует повышенный уровень готовности организма курсантов в виде «превентивного» усиления симпатoadреналового влияния.

На основании результатов исследования вариабельности сердечного ритма и проведенных психологических тестов на стрессоустойчивость было установлено, что в процессе обучения у курсантов к 5-му курсу происходит формирование механизмов стрессоустойчивости. Выявление психофизиологических особенностей стрессоустойчивости курсантов может стать основанием как для целенаправленной работы с ними по осмыслению и преобразованию структуры стрессоустойчивости и факторов, детерминирующих ее на протяжении периода обучения, так и для прогнозирования профессионально-психологического соответствия курсантов выбранной профессии.

### Выводы

1. У курсантов 1-го курса выявлена низкая степень стрессоустойчивости, у курсантов 3-го курса – средняя степень стрессоустойчивости, у курсантов 5-го курса – высокая степень стрессоустойчивости.

2. В процессе обучения у курсантов к 5-му курсу происходит формирование стрессоустойчивости.

3. У курсантов с низкой стрессоустойчивостью отмечается больший вклад парасимпатической системы в вегетативную регуляцию деятельности сердца, чем у курсантов со средней и высокой стрессоустойчивостью.

4. У курсантов от 1-го к 5-му курсу происходит смещение баланса вегетативного обеспечения деятельности сердца в сторону усиления симпатических влияний.

*Библиографический список*

1. *Битюцкая Е. В.* Опросник способов копинга. М.: ИИУ МГОУ, 2015. 50 с.
2. *Вершинина Т. А., Кузнецов А. А.* Психолого-педагогическая технология формирования ценностно-мотивационных детерминант стрессоустойчивости у курсантов высшей школы МЧС // Педагогическое образование в России. 2016. № 10. С. 108–111.
3. *Королева С. В.* Особенности структуры отдельных компонентов variability сердечного ритма в динамике воздействия опасных факторов пожара // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1. URL: <http://www.science-education.ru/121-18310> (дата обращения: 15.02.2022).
4. *Королева С. В., Мкртычан А. С., Петров Д. Л., Зарипов В. Н., Баринова М. О.* Совершенствование системы профотбора специалистов экстремального профиля на основе объективных медицинских технологий // IX Междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность». Иваново, 2014. С. 348–351.
5. *Красник В. С., Даутова В. Ю., Резепин А. В., Михайлов В. Б.* Эффективность психологического отбора как фактор успешности профессионального становления курсантов // Психопедагогика в правоохранительных органах. 2001. № 1. С. 45–56.
6. *Кудря О. Н.* Влияние физических нагрузок разной направленности на variability ритма сердца у спортсменов // Бюллетень сибирской медицины. 2009. № 1. С. 36–42.

*Информация об авторах / Information about the authors*

**Баринова Марина Олеговна** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Институт математики, информационных технологий и естественных наук, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [nayka@list.ru](mailto:nayka@list.ru)

**Barinova Marina Olegovna** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Institute of Mathematics, Information Technology and Natural Sciences, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [nayka@list.ru](mailto:nayka@list.ru)

**Королева Светлана Валерьевна** – доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры травматологии и ортопедии, Ивановская государственная медицинская академия МЗ РФ, г. Иваново, Россия, [drqueen@mail.ru](mailto:drqueen@mail.ru)

**Koroleva Svetlana Valeryevna** – Doctor of Medical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Traumatology and Orthopedics, Ivanovo State Medical Academy of the Ministry of Health of the Russian Federation, Ivanovo, Russia, [drqueen@mail.ru](mailto:drqueen@mail.ru)

**Зарипов Владимир Николаевич** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Институт математики, информационных технологий и естественных наук, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [zaripow@mail.ru](mailto:zaripow@mail.ru)

**Zaripov Vladimir Nikolaevich** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Institute of Mathematics, Information Technology and Natural Sciences, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [zaripow@mail.ru](mailto:zaripow@mail.ru)

УДК 581.9 (470.315)

*Е. А. Борисова, А. А. Курганов***О ГЕРБАРИИ ФОНДОВ ИВАНОВСКОГО ОБЛАСТНОГО  
КРАЕВЕДЧЕСКОГО МУЗЕЯ ИМЕНИ Д. Г. БУРЫЛИНА  
(К 100-летию юбилею)**

**Аннотация.** В статье приводятся данные о гербарии, который хранится в фондах Ивановского областного краеведческого музея им. Д. Г. Бурьлина. Общее количество гербарных листов Иваново-Вознесенской губернии составляет 13502 экземпляра, которые систематизированы и помещены в 125 папок, также хранятся сборы 1902 г. из Ковровского уезда Владимирской губернии (3 папки), сборы из Архангельской губернии «Herbarium Flora Arcticae», собранные в 1914 г. (151 гербарный лист). В 2022 г. этому гербарии исполняется 100 лет. Он не внесен в базу «Гербарии России», не зарегистрирован в международной системе «Index Herbarium», но хранящиеся в нем сборы имеют большую научную и историческую ценность.

**Ключевые слова:** гербарий, фонды краеведческого музея, чужеродные, редкие виды сосудистых растений, Ивановская область.

*Е. А. Borisova, A. A. Kurganov***ABOUT THE HERBARIUM OF THE FUNDS OF THE IVANOVO  
REGIONAL MUSEUM OF LOCAL LORE NAMED  
AFTER D. G. BURYLIN (For the 100th anniversary)**

**Abstract.** Data on the Herbarium of the funds of the Ivanovo regional museum named after D. G. Burylin are provided. There are 13502 herbarium specimens of the flora of Ivanovo-Voznesensk province into 125 document cases in the museum. It also includes some small collections of Kovrov district of the Vladimir province, dated 1902 (3 document cases), and «Herbarium Flora Arcticae» from the Arkhangelsk province, dated 1914 (151 specimens). The herbarium celebrates the 100<sup>th</sup> anniversary in 2022. It has not included into Russian database «Herbariums of Russia» and international database «Index Herbarium» but it's very important for historical and scientific investigations.

**Keywords:** herbarium, funds of the Museum of Local Lore, alien, rare species of vascular plants, Ivanovo region.

Важнейшими показателями, характеризующими изученность той или иной территории, являются гербарные коллекции. Помимо крупных гербариев, созданных в университетах, в учреждениях РАН, в России имеется 24 гербария в музеях, которые сохраняют большое научное и историческое значение [1, 4, 6].

В фондах Ивановского областного краеведческого музея им. Д. Г. Бурьлина, кроме многочисленных предметов истории, культуры и искусства, хранятся гербарные коллекции растений. Основу гербария составляют сборы, сделанные сотрудниками Иваново-Вознесенского научного

---

© Борисова Е. А., Курганов А. А., 2022

• Серия «Естественные, общественные науки»

института по изучению природы края. Этот институт был создан в 1920 г. на базе сельскохозяйственного факультета Иваново-Вознесенского политехнического института. Директором научного института был Г. Г. Боссе, который пригласил профессора Московского университета А. А. Хорошкова занять должность заведующего ботаническим отделением. А. А. Хорошков согласился изучать особенности растительности недавно созданной Иваново-Вознесенской губернии, он разработал план и руководство для сотрудников по исследованию флоры [11, 12]. Эти исследования проводились уже в 1920–21 гг. К 1922 г. был создан гербарий Иваново-Вознесенского научного института по изучению природы края [3, 11], которому в 2022 г. исполняется 100 лет. Основными коллекторами сборов были А. А. Хорошков и штатные сотрудники научного института – Н. В. Козулин, М. М. Журавлева, В. М. Пчелкин, А. Н. Антипин, В. П. Виноградова, Н. Н. Дьячков, В. Н. Смирнова, Н. П. Соколова Т. К. Кнорре, М. Е. Ищенко, Л. Я. Чернышева и другие. Привлекались к сбору студенты агрофака политехнического института и учителя сельских школ. Для гербарных образцов были напечатаны специальные этикетки, каждому гербарному листу присваивался номер.

В 1924 г. после смерти профессора А. А. Хорошкова научный институт был расформирован, работа по изучению флоры губернии была продолжена созданным добровольным Губернским научным обществом краеведения. Краеведческому обществу был передан гербарий, который пополнялся в результате последующих экспедиций членов общества, а также исследований Торфяного Института Наркомзема [11].

В Ивановский областной краеведческий музей большая часть данных гербарных сборов (125 систематизированных папок) была передана в 1936 г. Часть сборов (более 1100 образцов в 10 папках) осталась на кафедре ботаники Ивановского сельскохозяйственного института (с 2005 г. – ИГСХА). Также на кафедре селекции, ботаники и экологии ИГСХА в специальных металлических контейнерах хранится личный гербарий А. А. Хорошкова по Московской области (1000 гербарных образцов), который находится в хорошем состоянии [15].

Общее количество гербарных листов, хранящихся в фондах краеведческого музея по Иваново-Вознесенской губернии, составляет 13502 экземпляра. Все сборы хорошо этикетированы, систематизированы, помещены в 125 папок. В определении видов гербарной коллекции принимали участие известные российские ботаники – Д. П. Сырейщиков, С. В. Юзепчук (виды рода *Alchemilla*) [3], сохранились записи с их пометками. Некоторые сборы (наиболее интересные находки и сложные в систематическом отношении виды), а также дубликаты были переданы в МГУ и хранятся в гербарии им. Д. П. Сырейщикова (MW).

Кроме того в фондах областного краеведческого музея хранятся гербарные сборы, сделанные в 1902 г. в Ковровском уезде Владимирской губернии (3 папки), и образцы из Архангельской губернии «Herbarium Flora Arcticae», собранные в 1914 г. Е. Милером (151 гербарный лист) [3].

Гербарий фондов Ивановского областного краеведческого музея не внесен в базу «Гербарии России», не зарегистрирован в международной системе «Index Herbarium», но хранящиеся в нем сборы имеют большую научную и историческую ценность.

Данный гербарий – основа для работы над Красной книгой Ивановской области [8, 9] и последующей работы по ее ведению. В гербарии представлены образцы практически всех видов растений, включенных в основной



список региональной Красной книги. Многие редкие виды достоверно известны в области только на основе гербарных сборов, сделанных в 1920-х гг. (например, *Coeloglossum viride*, *Crepis praemorsa*, *Empetrum nigrum*, *Gentiana amarella* и др.).

Благодаря информации с этикеток гербарных сборов удалось повторить некоторые интереснейшие находки некоторых редких видов, например, *Aconitum lasiostomum*, который был собран в 1920 г. Н. Козулиным у с. Зернилово. Исследования в этом районе, проведенные в 2018–2019 гг., позволили повторить находку этого редкого вида Средней России и изучить состояние популяций.

Множество сборов, в том числе и редких видов, было сделано в 1920-х гг. из окрестностей с. Каликино, где работала Уткинская болотная станция. Это, например, *Angelica palustris*, *Carex acutiformis*, *Epipactis palustris*, *Herminium monorchis*, *Ligularia sibirica*, *Ophrys insectifera*, *Scrophularia umbrosa* и др. [13, 14]. Данные виды сохранились на Уткинском болоте и до настоящего времени [7, 12].

Специальные поиски таких редких видов, как *Coeloglossum viride*, *Crepis praemorsa*, *Crypsis alopecuroides*, *Empetrum nigrum*, *Silene procumbens* не увенчались успехом, повторить находки данных растений не удалось. 2 вида (*Crypsis alopecuroides*, *Silene procumbens*) были исключены из основного списка Красной книги и не вошли во второе издание [9].

К коллекциям фондов краеведческого музея ученые обращаются и при изучении заносных видов растений. По сборам 1920-х гг. можно установить первые появления на территории региона новых адвентивных растений, например, *Abutilon theophrasti*, *Avena fatua*, *Carduus nutans*, *Chorispora tenella*, *Lepidotheca suaveolens*, *Oenothera biennis*, *Puccinellia distans*, *Xanthium strumarium* и др.), а также о дичании интродуцированных видов (*Dianthus barbatus*, *Hesperis matronalis*, *Petasites hybridus*, *Populus alba*, *Saponaria officinalis* и др.) [2].

Благодаря гербарным сборам 1920-х гг. можно достоверно судить о динамике многих видов флоры области. Например, в результате специального исследования гидрофитов установлено сокращение численности некоторых редких водных растений (*Isoetes lacustris*, *I. echinospora*, *Sparganium gramineum*) в озерах ледникового происхождения. Установлено, что в большинстве озер *Sparganium gramineum* вытесняется более устойчивым гибридом *S. longifolium* [5, 16].

За сохранностью гербарного материала данной коллекции следят сотрудники краеведческого музея. Долгое время фондами, в которых хранится гербарий, заведовала старший научный сотрудник музея – Т. В. Голубева, с 2021 г. – О. А. Чистякова.

Гербарий, хранящийся в фондах областного музея, открыт для научной работы ученым, студентам и аспирантам вузов. Значение гербарных коллекций музея обсуждалось на Международной научной конференции в 2015 г. [3]. Некоторые сборы смонтированы и представлены в экспозициях Отдела природы и доступны всем посетителям музея.

В областном краеведческом музее им. Д. Г. Бурьлина в 2022 г. запланированы мероприятия, приуроченные к 100-летию юбилею гербария Иваново-Вознесенского научного института по изучению природы края. Это важное событие и для всех ботаников и экологов нашего региона.

Гербарий фондов областного краеведческого музея еще долгое время будет востребован для научного изучения морфологии, систематики, географического распространения, а также в будущем и генетического разнообразия видов растений.

#### **Библиографический список**

1. *Агеева А. М., Силаева Т. Б.* Гербарий Мордовского государственного университета // Ботанические коллекции – национальное достояние России / под ред. Л. А. Новиковой. 2015. С. 15–17.
2. *Борисова Е. А.* Адвентивная флора Ивановской области. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2007. 188 с.
3. *Борисова Е. А., Курганов А. А., Голубева Т. В., Мишагина Д. А.* Гербарий фондов Ивановского областного краеведческого музея им. Д. Г. Бурьлина // Ботанические коллекции – национальное достояние России / под ред. Л. А. Новиковой. 2015. С. 21–22.
4. *Борисова Е. А., Шилов М. П., Голубева М. А., Сорокин А. И.* К истории изучения флоры и растительности Ивановской области // История ботаники в России. К 100-летию юбилею Русского ботанического общества. Российская академия наук, Институт экологии Волжского бассейна РАН, Ботанический институт им. В. Л. Комарова РАН, Санкт-Петербургский филиал Института истории естествознания и техники им. С. И. Вавилова РАН, Русское ботаническое общество. 2015. С. 33–37.
5. *Виноградова Ю. С., Конотоп Н. К., Борисова Е. А., Бобров А. А.* Биосистематическое изучение водных сосудистых растений Ивановской области для понимания региональной специфики популяций и выявления гибридов // Гидробиология 2020: материалы IX Международной научной конференции по водным макрофитам (Борок, 17–21 октября 2020 г.). Борок: ИБВВ РАН; Ярославль: Филигрань, 2020. С. 32–34.
6. *Гарин Э. В.* К вопросу о частных гербариях // Ботанические коллекции – национальное достояние России / под ред. Л. А. Новиковой. 2015. С. 31–33.
7. *Голубева М. А., Сорокин А. И., Борисова Е. А., Варлыгина Т. И., Новиков В. С., Шилов М. П., Щербаков А. В.* Уткинское болото в Ивановской области – уникальный ключевой болотный комплекс // Флористические исследования в Центральной России на рубеже веков: материалы науч. совещ. (Рязань, 29–31 янв. 2001 г.) / под ред. В. С. Новикова, С. Р. Майорова. М.: Изд-во Бот. Сада. МГУ, 2001. С. 49–53.
8. Красная книга Ивановской области. Т. 2: Растения и грибы / В. А. Исаев, Е. А. Борисова, М. А. Голубева и др.; под ред. В. А. Исаева. Иваново: ПресСто, 2010. 192 с.
9. Красная книга Ивановской области. Т. 2: Растения и грибы. 2-е изд. 2020. Тамбов. 256 с.
10. *Пчелкин В. М.* Пять лет ботанического исследования Иваново-Вознесенской губернии // Тр. Иван.-Вознес. губ. науч. об-ва краеведения. Иваново-Вознесенск, 1925. Вып. 3. С. 64–81.
11. *Пчелкин В. М.* Памяти А. А. Хорошкова // Тр. Ив.-Возн. губ. научн. о-ва краеведения. 1929. Вып. 6. С. 93–95.
12. Редкие растения: материалы по ведению Красной книги Ивановской области / Е. А. Борисова, М. А. Голубева, А. И. Сорокин, М. П. Шилов; под ред. Е. А. Борисовой. Иваново: ПресСто, 2011. 114 с.
13. *Хорошков А. А.* Ботанические исследования в Иваново-Вознесенской губернии // Изв. Иваново-Вознесен. политех. ин-та. 1922. № 6. С. 389–393.

14. *Хорошков А. А.* Ботанические исследования Иваново-Вознесенской губернии Иваново-Вознесенским научным институтом по изучению природы края // Изв. Иван.-Вознесен. политех. ин-та. 1923. Вып. 7. С. 3–21.
15. *Шолов М. П.* Вклад сотрудников ИВПИ, ИСХИ, ИГСХА в изучение флоры и растительности Ивановской области // Аграрный вестник Верхневолжья. 2014. № 1 (6). С. 31–39.
16. *Borisova E., Konotop N., Vinogradova J., Markov D., Sivukhin A.* About the reasons for the rare plant species disappearance in the upper Volga Region // E3S Web of Conferences. Ser. «Actual Problems of Ecology and Environmental Management: Cooperation for Sustainable Development and Environmental Safety, APEEM 2020». 2020. С. 03003.

*Информация об авторах / Information about the authors*

**Борисова Елена Анатольевна** – доктор биологических наук, зав. кафедрой биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [floraea@mail.ru](mailto:floraea@mail.ru)

**Borisova Elena Anatolyevna** – Doctor of Biological Sciences, Head of the Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [floraea@mail.ru](mailto:floraea@mail.ru)

**Курганов Антон Александрович** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [07011991\\_anton@mail.ru](mailto:07011991_anton@mail.ru)

**Kurganov Anton Aleksandrovich** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [07011991\\_anton@mail.ru](mailto:07011991_anton@mail.ru)

*К. О. Кочешкова, Л. Ю. Минеева*

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ МАКРОМИЦЕТОВ В Д. БУТОВО КОМСОМОЛЬСКОГО РАЙОНА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ В 2020 ГОДУ**

**Аннотация.** В статье приведено видовое разнообразие макромицетов на определенной территории, анализируется их систематическое положение, морфология плодовых тел, признак съедобности объектов и экологические особенности.

**Ключевые слова:** макромицеты, гименофор, морфология, признак съедобности.

*К. О. Kocheshkova, L. Y. Mineeva*

## **RESULTS OF THE STUDY OF MACROMYCETES IN THE VILLAGE OF BUTOVO, KOMSOMOLSKY DISTRICT, IVANOVO REGION IN 2020**

**Abstract.** The article presents the species diversity of macromycetes in a certain territory, analyzes their systematic position, the morphology of fruit bodies, the sign of the edibility of objects and ecological features.

**Keywords:** macromycetes, hymenophore, morphology, sign of edibility.

Одной из важных задач современной биологии является изучение биоразнообразия. Макромицеты – грибы, плодовые тела которых имеют макроскопические размеры. В Ивановской области макромицеты изучены не достаточно. Практическая значимость работы в том, что грибы имеют пищевое значение, они служат объектом биологических технологий, используются в медицине, иногда являются редкими и подлежат охране [1, 4].

Цель работы – выявить и проанализировать разнообразие макромицетов в 2020 г. в окрестностях д. Бутово Комсомольского района Ивановской области. Для достижения нашей цели мы поставили следующие задачи: выявить и определить видовое разнообразие макромицетов, провести систематический анализ объектов, провести морфологический анализ плодовых тел, проанализировать плодовые тела по признаку съедобности, выявить экологические особенности грибов.

Работа проводилась с мая по сентябрь 2020 года в окрестностях деревни Бутово Комсомольского района Ивановской области. Для изучения видового состава и экологии макромицетов был использован преимущественно метод регулярных маршрутных исследований. Для этого в окрестностях деревни закладывались маршруты с учетом различных биотопов: смешанный лес, болото, открытые пространства, дороги, населенный пункт, поля, луг.

При сборе фиксировались морфологические признаки и специфические особенности, характерные для определенных групп грибов; местонахождение; цвет плодового тела. Все плодовые тела фотографировались и этикетировались [5].

Комсомольский район расположен в северо-западной части Ивановской области и граничит с Ивановским, Ильинским и Фурмановским районами, а также с Ярославской и Костромской областями.

Климат в Комсомольском районе умеренно континентальный. Для него характерно сравнительно теплое лето и умеренно морозная зима с устойчивым снежным покровом. Наиболее холодным месяцем года традиционно является январь со среднемесячной температурой  $-11,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , а самым теплым месяцем лета – июль со среднемесячной температурой  $+17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  /  $+18\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Осадков выпадает порядка 550–600 мм в год. Преобладающим направлением ветра является юго-западное. Сезон 2020 года не является оптимальным по климатическим условиям для обильного образования плодовых тел многих видов грибов.

В ходе проведенной работы за 2020 г. выявлено и определено 39 видов макромицетов. Проведен их систематический анализ, классификация [6]. Все собранные грибы относятся к 4 классам: кл. *Agaricomycetes* (включает в себя 35 видов), кл. *Pezizomycetes* (2 вида), кл. *Tremellomycetes* (1 вид) и кл. *Leotiomycetes* (1 вид). Соотношение классов грибов по разнообразию видов представлено на рис. 1.

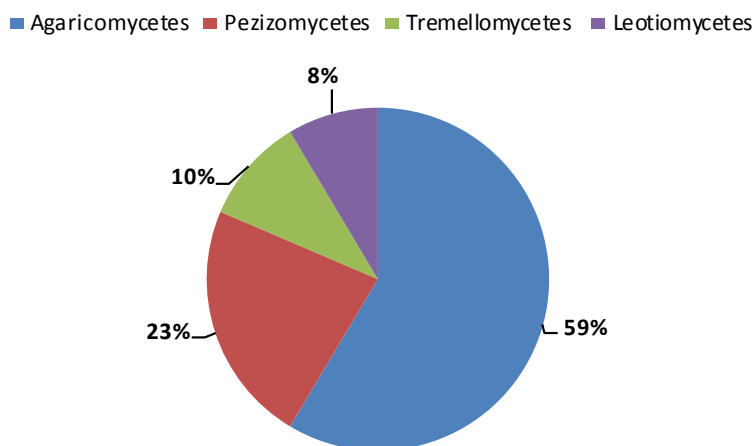


Рис. 1. Соотношение классов грибов по разнообразию видов (%)

В кл. *Agaricomycetes* выявлено 16 семейств, а в кл. *Pezizomycetes* – 2 семейства, в двух остальных классах – по 1 семейству. Самые многочисленные семейства: *Russulaceae* (в нем 2 рода: *Russula* и *Lactarius*, 10 видов) и *Boletaceae* (4 рода, в которых 6 видов), на третьем месте – сем. *Amanitaceae* (1 род, 3 вида), на четвертом – сем. *Agaricaceae* (1 род, 2 вида), сем. *Strophariaceae* (2 рода, 2 вида) и сем. *Cantharellaceae* (2 рода, 2 вида), остальные семейства представлены одним видом.

Провели морфологический анализ плодовых тел. Выявлено 35 грибов с ножкой и 4 вида без ножки (рис. 2).

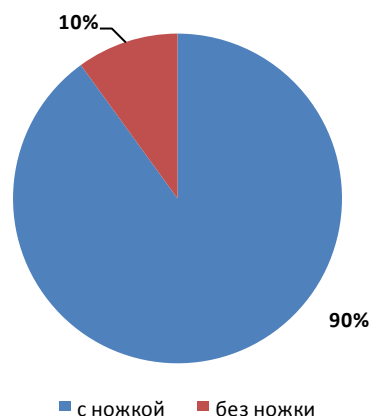


Рис. 2. Соотношение типов плодовых тел по наличию ножки (%)

По типу гименофора разнообразие плодовых тел проявляется следующим образом: преобладает пластинчатый тип гименофора (23 вида), на втором месте – трубчатый (8 видов), на третьем – гладкий (4 вида), на четвертом – складчатый и шиповатый гименофоры (по 2 вида) (рис. 3).

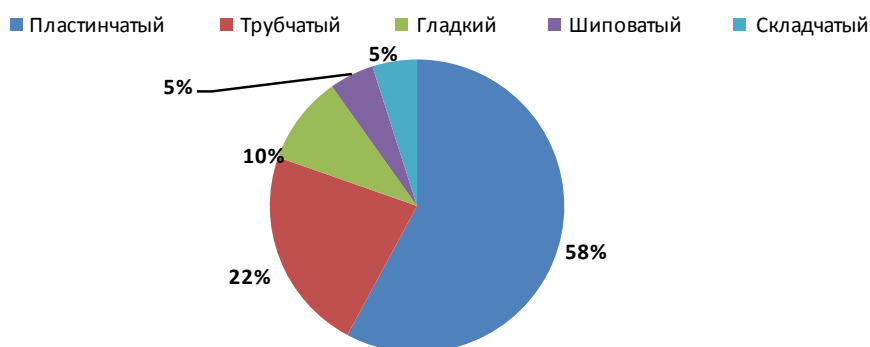


Рис. 3. Соотношение типов гименофора (%)

Проанализировали плодовые тела по признаку съедобности. Нами было выявлено 22 вида, которые являются съедобными, 10 видов – условно-съедобными и 7 видов макромицетов оказались несъедобными (из них 5 ядовитых и 1 галлюциногенный) (рис. 4) [2].

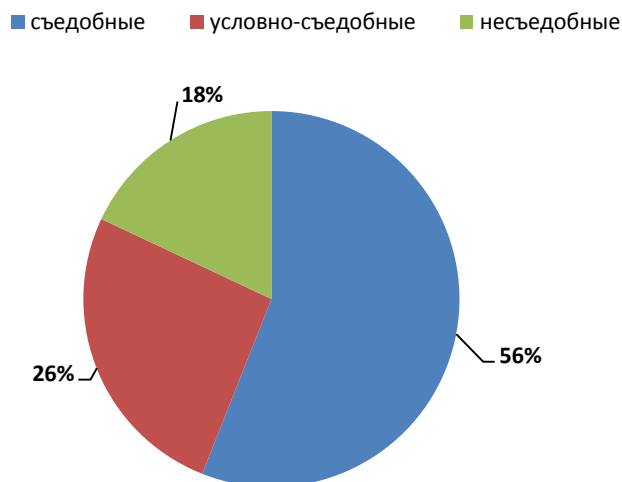


Рис. 4. Соотношение видов грибов по признаку съедобности (%)

В соответствии с задачами, нами выявлены экологические особенности грибов. Разное количество и разнообразие обнаружено в таких биотопах, как в смешанный лес (21 вид), болото (11 видов), открытое пространство – населенный пункт и дороги (7 видов). Совсем не обнаружено объектов исследования на территории луга и полей (рис. 5) [3].



Рис. 5. Распределение видов грибов по биотопам (%)

Таким образом, по результатам исследования можно сделать следующие выводы:

1. Выявлено 39 видов макромицетов.
2. Преобладает кл. *Agaricomycetes*, который включает в себя 16 семейств. Самое многочисленное семейство – *Russulaceae*, в нем 10 видов.

3. В ходе морфологического анализа плодовых тел мы выявили 35 видов с ножкой и 4 вида без ножки. По типу гименофора: 23 вида макромицетов с пластинчатым гименофором, 8 – с трубчатым, 4 – с гладким и по 2 – со складчатым и шиповатым гименофорами.

4. Из выявленных макромицетов 22 вида относятся к съедобным, 10 видов – к условно-съедобным и 7 видов – к несъедобным.

5. Среди мест обитания грибов доминирует смешанный лес, в нем обнаружено 21 вид макромицетов, на болоте – 11 видов, а на открытом пространстве 7 видов.

В следующем сезоне работа будет продолжена, в том числе, и на других территориях Комсомольского района.

#### *Библиографический список*

1. *Алявдина К. П.* Материалы по грибной флоре леса Ивановской области. Иваново, 1949. С. 128–139.
2. *Васильков Б. П.* Съедобные и ядовитые грибы средней полосы европейской части России: Определитель. СПб.: Наука, 1995. 189 с.
3. *Войцехович С. Ф.* Грибные ресурсы наших лесов // Природа Ивановской области. 1984. С. 73–82.
4. *Курючкин В. А.* Разнообразие съедобных грибов Ивановской области и перспективы их использования в промышленном производстве // Актуальные проблемы изучения флоры Верхневолжья. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2007. С. 39–46.
5. *Минеева Л. Ю., Кочешкова К. О.* Макромицеты окрестностей деревни Бутово Комсомольского района Ивановской области // Борисовский сборник. Вып. 11 / отв. ред. В. В. Возилов. Иваново: Референт, 2020. С. 203–208.
6. *Юдин А. В.* Большой определитель грибов. М.: АСТ, 2001. 256 с.

#### *Информация об авторах / Information about the authors*

**Кочешкова Ксения Олеговна** – студентка 2 курса магистратуры института математики, информационных технологий и естественных наук, кафедры биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [ksyshakochoeshkova@mail.ru](mailto:ksyshakochoeshkova@mail.ru)

**Kocheshkova Ksenia Olegovna** – 2nd year Master's student of the Institute of Mathematics, Information Technology and Natural Sciences, Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [ksyshakochoeshkova@mail.ru](mailto:ksyshakochoeshkova@mail.ru)

**Минеева Лариса Юрьевна** – кандидат педагогических наук, доцент, доцент кафедры биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [lmin1@mail.ru](mailto:lmin1@mail.ru)

**Mineeva Larisa Yuryevna** – Candidate of Sciences (Pedagogy), Associate Professor of the Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [lmin1@mail.ru](mailto:lmin1@mail.ru)



УДК 582.285.2

Л. Ю. Минеева, Н. В. Захарова

## РЖАВЧИННЫЕ ГРИБЫ ТРАВЯНИСТЫХ РАСТЕНИЙ БОТАНИЧЕСКОГО САДА ИВГУ И ПАРКА КиО им. РЕВОЛЮЦИИ 1905 ГОДА

**Аннотация.** На территории парка КиО им. Революции 1905 года и ботанического сада ИвГУ собрано 24 экземпляра питающих травянистых растений, на которых выявлено 24 вида урединальных грибов, относящихся к 8 родам и 3 семействам. Самое широко распространенное семейство – *Pucciniaceae*, ему принадлежит 19 (79 %) выявленных представителей.

**Ключевые слова:** ржавчинные грибы, ботанический сад, парк, травянистые растения, облигатные паразиты.

L. Y. Mineeva, N. V. Zakharova

## RUSTY FUNGI OF HERBAL PLANTS OF THE IVSU BOTANICAL GARDEN AND THE PARK NAMED AFTER THE 1905 REVOLUTION

**Abstract.** On the territory of the park named after the 1905 revolution and the IvSU Botanical Garden collected 24 specimens of nourishing herbal plants, which revealed 24 species of uredinal fungi belonging to 8 genera and 3 families. The most widespread family – *Pucciniaceae*, it belongs to 19 (79 %) identified representatives.

**Keywords:** rust fungi, botanical garden, park, herbal plants, obligate parasites.

Ржавчинные грибы (*Uredinales*) – это порядок высших многоклеточных грибов, входящих в подкласс Телиобазидиомицеты, и представленный облигатными паразитами высших сосудистых растений. В настоящее время данная таксономическая категория насчитывает 14 семейств, 166 родов, 7798 видов.

Морфологические проявления поражения организма-хозяина имеют различный характер и зависят от стадии развития паразита [2, с. 10]. Однако наиболее типичным признаком являются ржаво-оранжевые пятна – пустулы, содержащие пигмент липохром и представляющие собой совокупность спор на поверхности пораженной ткани.

Представители порядка *Uredinales* распространены повсеместно и оказывают значительное влияние на угнетение физиологических процессов растений, и, как следствие, приводят к различным патологическим проявлениям. Ржавчинники наносят колоссальный вред хозяйственному урожаю, снижают выживаемость и декоративные свойства культурных растений. Именно поэтому так важно изучать биологические особенности и видовую распространенность ржавчинных грибов травянистых растений.

Местом изучения выбраны парк КиО им. Революции 1905 года и ботанический сад ИвГУ. Они достаточно полно отражают растительное разнообразие нашей области. Данные объекты территориально расположены в северо-восточной части города Иваново. Парк занимает площадь 213 га, из которых 177,3 га лесопарковая зона. Именно она, представленная смешанными

и сосновыми насаждениями, окружает ботанический сад ИвГУ, расположенный на возвышенности правого берега реки Талка. Основан ботанический сад ИвГУ 21 февраля 1977 г., однако стоит отметить, что входящий в его состав дендрарий был заложен ранее, в конце 19 века, с целью создания декоративного парка при даче иваново-вознесенского фабриканта Х. Н. Куваева. На площади 4,32 га ботанического сада сосредоточены не только типичные представители флоры нашей полосы, но и редчайшие экземпляры растений, которые в дикой природе нуждаются в охране и защите. Крайне важно, что исследуемые территории являются ООПТ регионального статуса, имеют весомое рекреационное и средоохранное значение.

Изучение ржавчинных грибов на данной территории проводилось ранее путем обширного анализа высших растений в ботаническом саду ИвГУ и локальной выборке на территории парка КиО им. Революции 1905 года. Нам же предстояло выявить актуальное состояние видового разнообразия урединальных грибов с целью осуществления комплексного мониторинга.

В связи с вышеизложенным, была поставлена цель: изучить видовое разнообразие и биологические особенности ржавчинных грибов травянистых растений ботанического сада ИвГУ и парка КиО им. Революции 1905 года.

В период с мая по сентябрь 2020 г. маршрутным методом был собран фитопатологический материал с дальнейшим определением его видовой принадлежности посредством визуального осмотра, с использованием необходимой литературы и микроскопирования. Собранные образцы подлежали фотофиксации и последующей гербаризации. Для получения иллюстративного материала и определения видов патогенных грибов применялся метод микрофото съемки с привлечением цифрового микроскопа Motic Images Plus Version 2. OML., совмещенного с мультимедийным компьютером. В результате комплексного исследования микобиоты было собрано и загербаризовано 24 экземпляра высших сосудистых растений травянистой жизненной формы, на которых выявлено 24 вида урединальных грибов:

Царство *Mycota* – грибы

Отдел *Eumycota* – настоящие грибы

Класс *Basidiomycetes* – базидиомицеты

Подкласс *Teliobasidiomycetidae* – телиобазидиомицеты

Порядок *Uredinales* – ржавчинные грибы

Семейство *Melampsoraceae*:

Род *Aecidium*

1. *A. thalictri* Grev. на *Thalictrum minus* L.,

Род *Coleosporium*

2. *C. campanulae* Pers. на *Campanula trachelium* L.,

3. *C. cirsii-japonici* Diet, на *Urtica dioica* L.,

4. *C. inula* на *Inula helenium* L.,

Семейство *Picciniaceae*:

Род *Melampsorella*

5. *M. symphyti* Bub. на *Symphytum caucasicum* Beib.,

Семейство *Pucciniaceae*:

Род *Phragmidium*

6. *Ph. fragariae* на *Fragaria ananassa* L.,

Род *Puccinia*

7. *P. aegopodii* Pers. на *Aegopodium podagraria* L.,

8. *P. malvacearum* Mont, на *Malva alcea* L.,

9. *P. caricis* Kleb. на *Cirsium arvense* L.,

10. *P. digraphidis* Soppitt. на *Convallaria majalis* L.,

11. *P. graminis* Pers. на *Erythria repens* L.,

12. *P. iridis* Wallr. на *Iris x hybrid* Hort.,

13. *P. menthae* Pers. на *Mentha piperita* L.,

14. *P. porri* Wint. на *Allium schoeno-prasum* L.,

15. *P. phragmitis* на *Rumex aquaticus* L.,

16. *P. rossiana* Sacc. на *Scilla sibirica* L.,

17. *P. sessilis* Schneid. на *Convallaria majalis* L.,

18. *P. trailii* Cooke на *Pisum sativum* L.,

19. *P. variabilis* на *Taraxacum officinale* Wigg.,

Род *Trachyspora*

20. *Tr. alchemillae* на *Alchemilla vulgaris* L.,

Род *Uredinopsis*

21. *U. struthiopteridis* Stoen ex Diet. на *Matteuccia struthiopteris* L.,

Род *Uromyces*

22. *Ur. geranii* Lev. на *Geranium pratense* L.,

23. *Ur. pisi* Pers. на *Rumex acetosa* L.,

24. *Ur. trifolli-repentis* на *Trifolium repens* L.

При анализе данного списка видов фитопатогенов, была установлена их принадлежность к 8 родам (*Coleosporium*, *Uromyces*, *Puccinia*, *Aecidium*, *Melampsorella*, *Phragmidium*, *Trachyspora*, *Uredinopsis*), относящимся к 3 семействам (*Pucciniaceae*, *Melampsoraceae*, *Picciniaceae*).

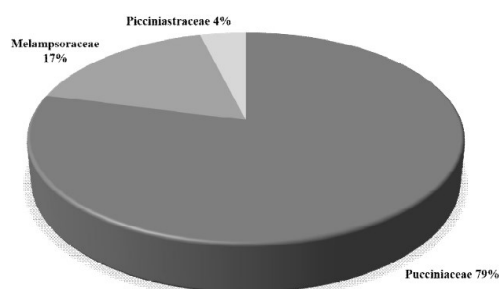


Рис. 1. Соотношение семейств ржавчинных грибов, %

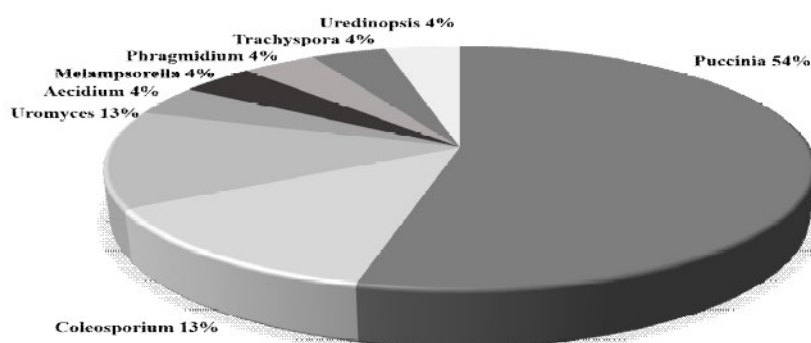


Рис. 2. Соотношение родов ржавчинных грибов, %

Проанализировав биологические особенности ржавчинных грибов, выяснили, что среди выявленных видов 11 (46 %) имеют полный жизненный цикл, 13 (54 %) – неполный; 7 видов (29 %) оказались двуххозяйными, 17 (71 %) – однохозяйными.

В качестве примера, приведем наиболее примечательные и часто встречающиеся виды:

*Uromyces trifolli-repentis* на клевере ползучем (*Trifolium repens*). Данный представитель был найден около акватории реки Талка на территории парка КиО им. Революции 1905 года.

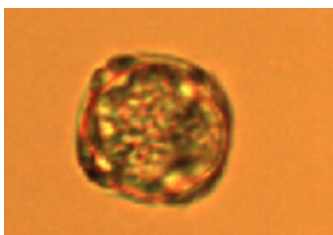


Рис. 3. Фото эциоспоры *Uromyces trifolli-repentis* (x 600)

*Coleosporium companulae* на колокольчике крапиволистном (*Companula trachelium*). Данный вид был обнаружен на периферической территории ботанического сада ИвГУ.



Рис. 4. Фото урединоспоры *Coleosporium companulae* (x 600)

Весь фитопатогенный материал будет подвергнут дальнейшему анализу по биологическим и экологическим аспектам. На данный момент исследована уредобиота травянистых растений на территории ботанического сада ИвГУ и парка КиО им. Революции 1905 года. В общей сложности обнаружено 24 вида ржавчинных грибов из 8 родов, относящихся к 3 семействам (*Pucciniaceae*, *Melampsoraceae*, *Picciniaceae*), с подавляющим преобладанием семейства *Pucciniaceae*. Это можно объяснить тем, что представители данного семейства имеют большую степень адаптации к условиям окружающей среды, обусловленную такими особенностями, как разнообразие типов жизненного цикла и развитие на растениях всех жизненных форм. Выявленные закономерности согласуются с ранее проведенными исследованиями по данной теме на территории Ивановской области [1, с. 166; 3, с. 92; 4, с. 250; 5, с. 36; 6, с. 44].

Изучены биологические особенности грибов порядка *Uredinales* – большинство представителей имеют неполный жизненный цикл (54 %) и являются однохозяйнными (71 %). Эти данные свидетельствуют о высокой степени приспособленности ржавчинных грибов как фитопатогенных организмов и важны для дальнейшей разработки методов борьбы против распространения ржавчинников. В ходе исследования, было эмпирически установлено, что степень пораженности травянистой флоры зависит от погодных условий, в том числе от силы ветра, так как основной путь распространения – анемохория, и от сезона проведения сбора материала.

В дальнейшем, исследование ржавчинных грибов на территории парка КиО им. Революции 1905 года и ботанического сада ИвГУ будет продолжено, с целью получения полноценного мониторинга и разработки методов борьбы с распространением данных узкоспециализированных паразитов. Ведь своевременно принятые меры позволят сохранить ценные виды растений и сэкономят декоративные проявления богатого видового разнообразия ботанического парка ИвГУ и парка КиО им. Революции 1905 г.

#### **Библиографический список**

1. *Алявдина К. П.* Материалы по грибной флоре леса Иваново-Вознесенской губернии // Изд. Иван.-Вознес. политехн. ин-та им. М. В. Фрунзе. 1928. Т. 12. С. 147–167.
2. *Минкявичус А. И.* Определитель ржавчинных грибов Литовской ССР. Вильнюс: Мокслас, 1984. С. 273.
3. *Минеева Л. Ю.* Ржавчинные грибы в Ивановской области // Материалы второй областной научной краеведческой конференции. Иваново, 1992. С. 90–92.
4. *Минеева Л. Ю.* Новые виды ржавчинных грибов Ивановской области // Тезисы докладов юбилейной научной конференции ИвГУ. Иваново, 1994. С. 249–250.
5. *Минеева Л. Ю., Скворцова О. Е.* Сведения о ржавчинных грибах ботанического сада ИвГУ // Вестник Ивановского государственного университета. Иваново, 2013. С. 33–36.
6. *Минеева Л. Ю., Фомина О. Е.* Ржавчинные грибы на лекарственных растениях территории ботанического сада и дендрария ИвГУ // Вестник Ивановского государственного университета. Серия: Естественные, общественные науки. 2016. № 2. С. 42–45.

#### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Минеева Лариса Юрьевна** – кандидат педагогических наук, доцент кафедры биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, lmin1@mail.ru

**Mineeva Larisa Yuryevna** – Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, lmin1@mail.ru

**Захарова Нина Валентиновна** – студентка 1 курса магистратуры, направления Биология, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, kotoyan.nina@mail.ru

**Zakharova Nina Valentinovna** – 1st year Master's student, Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, kotoyan.nina@mail.ru

УДК 364.2

А. А. Курганов

**О ПРОЕКТЕ «АЛЛЕЯ ПАМЯТИ Л. П. ШУЙСКОГО  
И БЛАГОУСТРОЙСТВО ОСОБО ОХРАНЯЕМОЙ  
ПРИРОДНОЙ ТЕРРИТОРИИ  
“САД АККЛИМАТИЗАЦИИ ЮЖНЫХ РАСТЕНИЙ”»**

*Аннотация.* В статье приводятся сведения о проекте по Президентскому Гранту, который получил поддержку для реализации. Данный проект направлен на сохранение исторической памяти основателя Сада акклиматизации южных растений Леонида Петровича Шуйского, повышение уровня патриотического воспитания молодежи, развитие краеведения.

*Ключевые слова:* Президентский Грант, Сад акклиматизации южных растений, ООПТ, Ивановская область.

А. А. Kurganov

**ABOUT THE PROJECT «ALLEY OF THE MEMORY  
OF L. P. SHUISKIY AND IMPROVEMENT OF THE SPECIALLY  
PROTECTED NATURAL AREA  
“SAD AKKLIMATIZATSII YUZHNYKH RASTENIY”»**

*Abstract.* Data on the project of the presidential grant which received the support for realization are presented. The project aimed at preserving of the historical memory of the founder of the Garden of acclimatization of southern plants Leonid Petrovich Shuiskiy, increasing the level of patriotic education of youth and development of local history.

*Keywords:* presidential grant, the Garden of acclimatization of southern plants, specially protected natural areas (SPNA), Ivanovo region.

Сад акклиматизации южных растений (более известный жителям как дендрарий ИГСХА) располагается в самом центре г. Иванова и является одним из двух ботанических садов нашего города. Для развития дендрария, как и для любого другого ботанического сада, ключевым вопросом становится поиск финансовых ресурсов, ведь Сад требует немало вложений. Одним из возможных способов привлечения финансов является грантовая поддержка, поэтому было принято решение разработать социально-значимый проект на базе Сада для участия в конкурсе Президентских Грантов. Для этого была сформирована команда из 5 человек, которые и являются разработчиками данного проекта. Согласно регламенту к участию в конкурсе проект выдвинула некоммерческая организация «Фонд молодежных и социальных программ». Основной упор нами был сделан на сохранение исторической памяти основателя Сада – Л. П. Шуйского, патриотическое воспитание и краеведение. Партнёрами проекта выступили Региональное отделение ОНФ в Ивановской области, ФГБОУ ВО Ивановская ГСХА, ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет», Государственный Архив Ивановской области,

---

© Курганов А. А., 2022

2022. Вып. 2

Департамент образования Ивановской области, Департамент культуры и туризма Ивановской области. По итогам конкурса проект был признан одним из победителей и получит финансирование на сумму свыше 2,3 млн рублей. Срок реализации проекта – полтора года, с 18 июля 2022 г. по 18 октября 2023 г. Основная идея, цель и задачи проекта будут рассмотрены далее.

Проект создан с целью увековечения памяти основателя сада Л. П. Шуйского. Реализация проекта даёт перспективу для развития особо охраняемой природной территории регионального значения «Сад акклиматизации южных растений» площадью 5,4 тыс. кв. м. Сад был заложен в 1929 г. известным ивановским ботаником, педагогом, профессором Леонидом Петровичем Шуйским и имеет богатую историю научных и испытательных исследований [3]. Шуйский внёс значительный вклад в развитие агрономического факультета Ивановского сельскохозяйственного института, подготовку высококвалифицированных кадров, что способствовало росту и развитию сельского хозяйства в Ивановской области и Верхневолжском регионе в целом. Его заслуги высоко оценивали академики Н. И. Вавилов и Т. Д. Лысенко, профессор А. Г. Лорх и другие учёные, с которыми он вёл переписку. Предлагаемый проект будет интересен школьникам (10–15 лет), студентам (15–20 лет) и всем жителям г. Иванова, он несёт дух истории и память о выдающемся земляке, направлен на воспитание патриотизма. Все участники смогут прикоснуться к истории Сада и его основателя, вдохновиться его деятельностью, что должно пробудить у подрастающего поколения любовь к малой родине, природе, к биологии, а также научиться ценить и уважать заслуги соотечественников. Надеемся, что некоторые из них захотят пойти по стопам Л. П. Шуйского и внести посильный вклад в науку и краеведение.

Задачи проекта: 1) создать визуальное представление о личности и деятельности профессора Л. П. Шуйского посредством установления бюста и восстановления ботанической коллекции для формирования у ивановцев чувства гордости за успехи земляка; 2) благоустроить территорию Сада для комфортного пребывания благополучателей; 3) организовать просветительские мероприятия для повышения уровня патриотизма и вовлеченности ивановцев в историю Сада; 4) популяризировать историческое наследие Шуйского путём привлечения внимания жителей г. Иванова.

Основу проекта составит памятная аллея из деревьев и кустарников, которые в своих акклиматизационных работах испытывал сам Л. П. Шуйский, а также создание скульптурного произведения (бюст), которое будет выполнять известный ивановский скульптор И. В. Бычков. Леонид Петрович, несомненно, заслуживает благодарности и памяти потомков, поэтому его бюст необходимо установить именно в заложенном им Саду акклиматизации южных растений.

В ходе реализации проекта будут достигнуты следующие результаты:

– путем установки бюста основателя Сада – Л. П. Шуйского и посадки памятной аллеи из растений, выращиваемых им в первой половине XX века, но в настоящее время не представленных в коллекциях дендрария, пробудить у населения интерес к истории родного края, вдохновиться работами известного земляка, испытать чувство гордости;

– обеспечить комфортное перемещение гостей Сада во время экскурсий, чтобы максимально полно погрузиться в историческую атмосферу, оздоровиться и отдохнуть душой, для чего будет проведена реконструкция сети дорожек и тропинок, укладка дорожки вдоль аллеи, установлены лавочки

и специальные арки для определения зон отдыха, оформление аллеи декоративными вазонами и дополнительным освещением;

– способствовать самообразованию, просвещению, экологическому и историко-краеведческому туризму, для этого предложено пополнение коллекции Сада видами деревьев и кустарников, испытанных Л. П. Шуйским, а также инвентаризация флористических коллекций и установка информационных табличек.

Таким образом, реализация проекта напрямую и косвенно (через СМИ и социальные сети) позволит охватить по меньшей мере 2000 ивановцев. Целевой аудиторией нашего проекта являются практически все слои населения: школьники, студенты, работающее население, пенсионеры. Ниже представлено наше видение значимости проекта для каждой из категорий граждан г. Иванова.

*Школьники (10–15 лет).* Образование и воспитание молодежи не может быть полноценным без знания истории, культуры и традиций родного края. Часто упускается из вида биологический аспект краеведения, а ведь в каждом субъекте РФ есть уникальные уголки природы, о которых нужно не только знать, но и заботиться. «Сад акклиматизации южных растений» – памятник природы регионального значения, особо охраняемая природная территория. На примере Сада школьники узнают, как увлечение и любовь к растениям привели к достижению серьёзных научных результатов, познакомятся с личностью Л. П. Шуйского. Важно знать значение Сада для развития сельского хозяйства региона. В образовании и просвещении Сад – это значимый исторический, культурный и экологический объект, который напрямую влияет на патриотическое воспитание школьников.

Сегодня патриотическое воспитание – приоритетное направление работы с учащейся молодежью [1]. Знакомство со скульптурным произведением поможет визуализировать личность Л. П. Шуйского и непосредственно прикоснуться к истории. В ходе экскурсий на примере аллеи школьники узнают, какие растения испытывались и возделывались Л. П. Шуйским, познакомятся с общей коллекцией дендрария, что позволит не только расширить кругозор, но и дополнительно углубить знания по ботанике, биологии и экологии в целом. Для детей с ограниченными возможностями здоровья данные экскурсии на свежем воздухе не только познавательны, но и полезны для нормализации физического и психо-эмоционального состояния здоровья, лучшего тактильного, визуального и психического восприятия [2].

*Студенты (15–20 лет).* Проблема недостаточных познаний в области краеведения справедлива и для студентов средних специальных и высших учебных заведений, ввиду нехватки или отсутствия школьной подготовки в этом направлении. Патриотическое воспитание студенческой молодежи является не менее важной задачей [4]. Экскурсии и знакомство с Садам, личностью основателя Сада и систематическими коллекциями несут те же образовательно-просветительские функции, что и для школьников, однако при подаче материала будут учтены возрастные особенности обучающихся. Особый интерес созданная аллея и имеющиеся коллекции будут представлять для студентов профильных биологических, медицинских и фармацевтических образовательных учреждений.

*Жители г. Иванова.* Научные успехи и историко-культурная ценность Сада, благодаря работам Шуйского, должны стимулировать патриотическое сознание ивановцев, создавать чувство гордости за малую родину. Работа



часто связана с физическим и умственным напряжением, стрессовыми факторами; времени на полноценное восстановление сил часто не хватает. Результатом может быть формирование хронических заболеваний. Для укрепления здоровья, поддержания тонуса и жизненных сил необходима постоянная активность, адекватные физические нагрузки, прогулки на свежем воздухе. Складывающаяся эпидемиологическая обстановка не способствует прогулкам в торговых центрах, магазинах и местах массового скопления граждан, наиболее благоприятный вариант – это открытые площадки на свежем воздухе, парки и аллеи. В своё время большую помощь в озеленении города, наряду с другими ботаниками, оказывал и Л. П. Шуйский. В центре Иванова специальных «зелёных» зон недостаточно, подход к озеленению города надо менять, количество зелёных зон увеличивать. Сад располагается как раз в центре города, между небольшими тихими улицами, его территория – уже существующий ценный ботанический объект, который по итогам реализации проекта станет одной из ключевых зелёных зон.

В социальной сети «ВКонтакте» нами предварительно был проведён опрос жителей о Саде акклиматизации южных растений. В результате опроса выяснилось, что многие ивановцы (более половины опрошенных) вообще не знают о дендрарии (а значит и о деятельности Шуйского), около трети опрошенных очень хотели бы здесь побывать, у посещавших дендрарий жителей впечатления о посещении преимущественно хорошие и яркие.

Следовательно, Сад с успехом может выполнять функции просвещения, оздоровления, формирования патриотизма у школьников, студентов, взрослого населения Ивановского региона.

Основные количественные результаты реализации проекта выражаются следующим образом: число экскурсантов-школьников – 200, число экскурсантов-студентов – 200, число экскурсантов-жителей г. Иванова – 100, количество публикаций о проекте в социальных сетях – 50, выпущенная научная статья для привлечения научного сообщества к проблемам сохранения исторической памяти – 1, число привлечённых волонтеров – 30, количество проведённых экскурсий – 38, издание буклетов для привлечения благополучателей – 400 экземпляров, издание книги «Ивановский Сад акклиматизации растений: прошлое, настоящее, будущее» – 1. По прошествии первого цикла экскурсий в сезоне 2022 г. можно отметить, что число экскурсий и экскурсантов в итоге окажется выше заявленного, что говорит о популярности Проекта у жителей г. Иванова, о том, что просветительская работа делается не зря. В следующем сезоне 2023 г. экскурсии уже будут проводиться после посадки памятной аллеи и установки скульптурного произведения, что позволит оценить предварительные итоги Проекта и узнать впечатления экскурсантов «из первых уст».

Таким образом, реализация проекта – это не просто разовое благоустройство территории, не просто посадка аллеи, это – увековечение памяти Л. П. Шуйского, основателя Сада, внесшего значительный вклад в сельское хозяйство и образование в Ивановской области, это объединение разных поколений людей в стремлении познать красоту природы, отдохнуть душой, удовлетворить потребности в научном, культурном просвещении и общении с природой. Итоги проекта будут использованы преподавателями и студентами образовательных учреждений в их научных стремлениях, а учителями и школьниками – в организации и участии во внеклассной работе. Планируется сотрудничество с общественными организациями, проведение форумов,

круглых столов, мастер-классов по вопросам истории, культуры, образования и озеленения. Планируется вести благотворительную деятельность (бесплатные экскурсии для социально незащищённых слоёв населения, предоставление посадочного материала). Для сотрудников Сада этот проект будет стимулом к дальнейшему развитию, пополнению коллекций, научной и просветительской работе.

#### ***Библиографический список***

1. *Ипполитова Н. В.* Патриотическое воспитание учащейся молодежи в современных условиях // Вестник ЮУрГУ. Серия: Образование. Педагогические науки. 2016. Т. 8, № 4. С. 9–15.
2. *Ляшко С. В., Туманова Е. А., Кориунов Д. С., Пащикова Е. В., Рогов А. В.* Формирование целостной картины природы у детей с ограниченными возможностями // Современные подходы к социализации детей с ограниченными возможностями здоровья: сборник материалов Международной научно-практической конференции 28 марта 2014 года. Курган: Изд-во Курганского гос. ун-та, 2014. С. 110–113.
3. *Шилов М. П., Курганов А. А., Рыбалко А. Н.* 90 лет дендрарию ИГСХА и его перспективы // Труды Ивановского областного краеведческого общества. Вып. 5. К 75-летию Великой Победы / сост. и отв. ред. В. В. Возилов. Иваново: Референт, 2020. С. 206–213.
4. *Ярлова Т. В.* Патриотическое воспитание студенческой молодежи в современных условиях // Среднерусский вестник общественных наук. 2015. № 2 (38). С. 107–112.

#### ***Информация об авторе / Information about the author***

**Курганов Антон Александрович** – кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, 07011991\_anton@mail.ru

**Kurganov Anton Aleksandrovich** – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, 07011991\_anton@mail.ru

## РАСЧЕТНАЯ ШКАЛА КОМПЛЕКСНОЙ ФУНКЦИИ КИСЛОТНОСТИ $H_0^S$ В КОНЦЕНТРИРОВАННОЙ СЕРНОЙ КИСЛОТЕ

**Аннотация.** На основе представлений о сольватном комплексе протона переменного состава  $(H_2SO_4)_n \cdot [H_3O^+ \cdot HSO_4^-]_m$ , относительных стехиометрических концентрациях протона  $C_{H^+}^*$  и воды  $C_W^*$  в концентрированных растворах серной кислоты предложена расчетная шкала комплексной функции кислотности:  $-H_0^S = (10.11 \pm 0.03) + \log C_{H^+}^* - (11.60 \pm 0.08) C_W^*$ . Величины  $-H_0^S$  являются продолжением расчетной функции  $H_0^W$  для растворов (0–68 мас.%  $H_2SO_4$ ) и воспроизводят эмпирические величины функции кислотности Гамета  $-H_0$  в диапазоне от 68–96 мас.%  $H_2SO_4$ .

**Ключевые слова:** протон, функция кислотности, избыточная кислотность, сольватный комплекс протона, серная кислота.

S. N. Ivanov, V. A. Kozlov

## THE ACIDITY FUNCTION CALCULATED SCALE $H_0^S$ IN CONCENTRATED SULFURIC ACID SOLUTIONS

**Abstract.** Based on the concept of the ionic pair solvate complex of variable composition  $(H_2SO_4)_n \cdot [H_3O^+ \cdot HSO_4^-]_m$ , the relative proton concentration  $C_{H^+}^*$  and stoichiometric water concentration  $C_W^*$  in concentrated sulfuric acid solutions, the scale is proposed:  $-H_0^S = (10.11 \pm 0.03) + \log C_{H^+}^* - (11.60 \pm 0.08) C_W^*$ . The values of the  $-H_0^S$  function are a continuation of the calculated  $H_0^W$  function for solutions (0–68 wt.%  $H_2SO_4$ ) and reproduce the Hammett experimental values of the  $-H_0$  in the range from 68–96 wt.%  $H_2SO_4$ .

**Keywords:** proton, acidity function, excess acidity, proton solvate complex, sulfuric acid.

Водные растворы серной кислоты используются в качестве среды для протекания различных каталитических реакций [1–5]. Такие важные процессы, как электрофильное замещение в ароматическом кольце, этерификация гидроксилсодержащих веществ, изомеризация углеводородов обычно протекают в среде концентрированной серной кислоты, безводной  $H_2SO_4$  и даже олеума [5, 9]. Отличительной особенностью системы вода – серная кислота является возможность последовательного изменения концентрации серной

кислоты и соответствующего изменения кислотности среды в большом диапазоне кислотности ( $H_0 = 1 \div -12,0$  [2, 4, 9]), что позволяет анализировать изменение в скорости каталитических процессов с разными типами оснований.

Растворы серной кислоты отличаются сложным ионным составом, определяющим состояние и реакционную способность реагентов. Так, при добавлении к воде кислоты, несмотря на монотонно возрастающую кислотность среды, в области 68–70 мас. %  $H_2SO_4$  обнаруживается минимум растворимости гидратов аренсульфоновых кислот – гидроксидаренсульфонатов (ГАС), минимум константы скорости гидролиза аренсульфонилгалогенидов [4, 9].

Образование таких минимумов на шкале концентраций серной кислоты свидетельствует о чрезвычайно сложных равновесиях, обусловленных возникновением всевозможных гидратов протона от  $H_{21}O_{10}^+$  в 18 мас. %  $H_2SO_4$  ( $\approx 2$  М) до  $H_5O_2^+$  в 65–68 мас. % ( $\approx 11$  М) и  $H_3O^+$  в 84–86 мас. % ( $\approx 15$  М) [6]. Многообразие гидратных комплексов протона позволяет считать, что кислотность разбавленных и концентрированных растворов серной кислоты обеспечивается лабильными нейтральными комплексами протона разной природы.

В кислотно-каталитических реакциях электрофильного замещения, гидролиза и изомеризации ГАС при нуклеофильном реакционном центре субстрата всегда участвует протон с его сольватной (гидратной) оболочкой. Фрагмент такой оболочки образует промежуточный комплекс в виде цепочки из частиц среды, замкнутой на реакционный центр, при котором осуществляется концертный перенос протона через циклическое переходное состояние.

Концентрация кислоты определяет величину гидратной оболочки комплекса, ответственной за проявление кислотности среды. По понятным причинам, уменьшение объема гидратной оболочки, происходящее с ростом концентрации кислоты в постоянном реакционном объеме системы (шкала молярной концентрации), повышает протонодонорную способность среды, т.е. кислотность. Это соответствует известному положению о том, что кислотность среды преимущественно определяется активностью слабо гидратированных протонов, а не их количеством [8].

Количественными характеристиками оценки кислотности двухкомпонентных сред «вода-сильная кислота» кроме общеизвестного рН, является функция кислотности Гаммета  $H_0$  [7] и избыточная кислотность  $X$  [2, 3, 9]. Оба этих параметра получены эмпирически, характеризуют термодинамическую активность протона и монотонно возрастают при увеличении концентрации серной кислоты.

Функция  $H_0$  определена методом перекрывающихся индикаторов Гаммета [7], основана на термодинамическом равновесии между концентрациями сопряженных кислотно-основных форм индикатора-основания  $B$  ( $C_{BH^+}$ )/( $C_B$ ). При этом, сама протонированная форма  $C_{BH^+}$  образована взаимодействием  $B$  со свободным протоном, практически лишенным гидратной оболочки с концентрацией ( $C_{H^+}$ ). В итоге  $-H_0 = \log(a_{H^+} \cdot f_B / f_{BH^+})$ . Функция  $X = \log(f_{H^+} \cdot f_B / f_{BH^+})$  дополняет концентрационную кислотность «свободного» протона  $\log C_{H^+}$  и характеризует в совокупности степень отклонения среды от идеальности водного раствора  $-H_0 = \log C_{H^+} + X$ . Таким образом, обе функции основаны на использовании соотношения гипотетических коэффициентов активности и концентрации свободного протона.

В качестве альтернативы существующим эмпирическим шкалам  $H_0$  и  $X$  для характеристики кислотности разбавленных водных растворов серной

кислоты ранее нами принята [4] концепция электронейтрального гидратного комплекса протона  $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_n]^+\text{A}^-$  переменного состава, как базовой активной частицы. В случае серной кислоты протон в таком комплексе связан с противоионом  $\text{HSO}_4^-$  и образует гидрат-разделенную ионную пару. В ней гидратированный анион располагается на периферии гидратной оболочки протона, чем обеспечивает электронейтральность среды [12]. С учетом этих представлений предложена [4] единая расчетная шкала кислотности гидратного комплекса протона  $\text{H}_0^w$  и выведено уравнение (1) для трех кислых сред с преобладающей концентрацией воды (мас.%) от 0 до 68 ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), до 40 ( $\text{HCl}$ ), 70 ( $\text{HClO}_4$ ).

$$-\text{H}_0^w = \log C_{\text{H}^+}^* + \text{B} \cdot \log C_w^* \quad (1)$$

здесь  $C_w^* = C_w / C_w^o$  – относительная стехиометрическая концентрация воды.  $C_w^o$  и  $C_w$  – концентрации, соответственно, чистой воды (55.345 моль/л), и в данном растворе. Вклад  $\text{B} \cdot \log C_w^*$  представляет собой *относительную гидролитическую основность среды*, а сам параметр  $\text{B}$  (коэффициент пропорциональности) определяется природой аниона кислоты, его объемом, отрицательным зарядом, энтропией образования иона и магнитной восприимчивостью к полю, создаваемому протоном. В итоге, параметр  $\text{B}$  характеризует способность аниона за счет занимаемого им объема и отрицательного заряда понижать гидратацию протона:  $\text{B}_{\text{Cl}^-} = -28,5$ ,  $\text{B}_{\text{ClO}_4^-} = -21,2$ ,  $\text{B}_{\text{SO}_4^{2-}} = -14,6$  [4].

Расчетный параметр  $\text{H}_0^w$  совпадает с эмпирической функцией  $\text{H}_0$  [7] в разбавленной серной кислоте лишь до концентрации 68 мас.%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , т. е. до состава, при котором на молекулу  $\text{H}_2\text{SO}_4$  приходится 2-3 молекулы воды. Этот факт приводит к выводу о необходимости разделения всей шкалы кислотности водных растворов серной кислоты на две области. В разбавленных растворах (до 68 мас.%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_0^w = 7 \div -5,5$ ) кислотность среды в избытке воды обеспечивается гидратным комплексом протона  $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_n]^+\text{A}^-$ , а в области концентрированной кислоты (68–96 мас.%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), при значительном недостатке молекул воды – сольватной формой ионной пары переменного состава  $(\text{H}_2\text{SO}_4)_n \cdot (\text{H}_3\text{O}^+ \cdot \text{HSO}_4^-)_m$  [13]. Именно в области концентрированной кислоты начинает преобладать вклад  $(\text{B} \cdot \log C_w^*)$  в кислотность среды в соответствии с уравнением (1) [4].

Поэтому задачей настоящего исследования было предложить метод расчета кислотности среды выше 68 мас.%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , основанный на использовании реальных концентрациях частиц, т. е. без использования представлений о соотношении их коэффициентов активностей.

Для (68–96 мас.%  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) нами обнаружены линейные зависимости (2) и (3) между избыточной кислотностью  $X$  [2] и относительными концентрациями воды ( $\gamma = 0,9994$ ) и серной кислоты ( $\gamma = 0,9988$ ), рис. 1.

$$X = (10,109 \pm 0,027) - (11,601 \pm 0,077) \cdot C_w^* \quad (2)$$

$$X = (-3.602 \pm 0.097) + (12.382 \pm 0.119) \cdot C_S^{*1} \quad (3)$$

Поскольку между функциями  $X$  и  $H_0$  существует [11] уравнение взаимосвязи  $-H_0 = \log C_{H^+}^* + X$ , это позволяет заместить параметр  $X$  соответствующими выражениями (2) или (3).

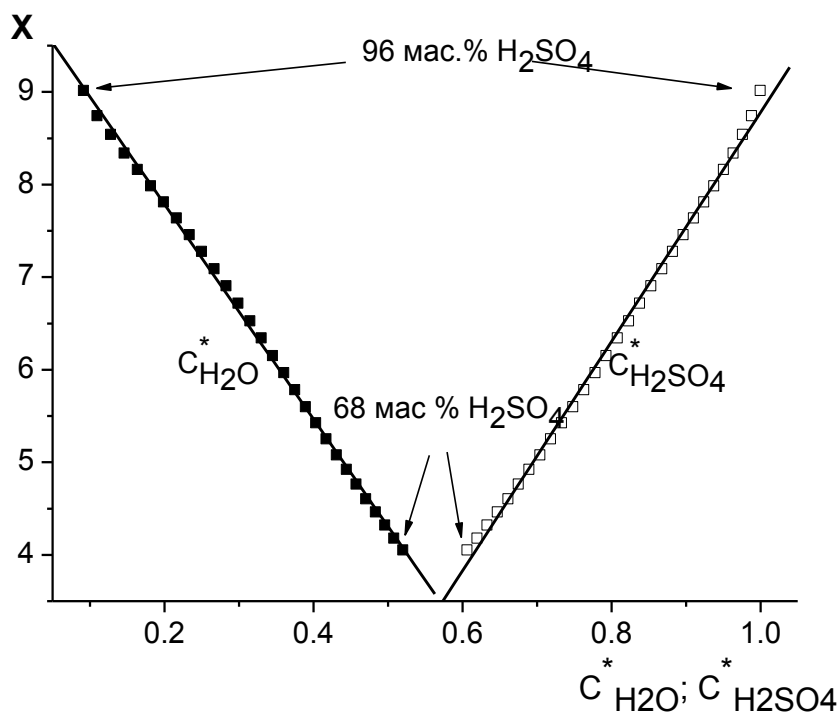


Рис. 1. Взаимосвязь избыточной кислотности  $X$  [2]

с относительными концентрациями воды  $C_W^*$  и серной кислоты  $C_S^*$

Зависимость (2) отличается более высокой корреляцией линейной зависимости, что обуславливает ее выбор для подстановки  $X$  в уравнение  $-H_0 = \log C_{H^+}^* + X$ . В результате, с учетом  $H_0 = H_0^S$ , получаем уравнение (4):

$$-H_0^S = (10.11 \pm 0.03) + \log C_{H^+}^* - (11.60 \pm 0.08) C_W^* \quad (4)$$

Расчетный параметр  $H_0^S$  практически воспроизводит эмпирическую функцию  $H_0$  [7] в интервале 68–96 мас.%  $H_2SO_4$  (рис. 2).

<sup>1</sup> В качестве стандартного состояния для раствора серной кислоты принята концентрация  $C_S^0 = 17,9180$  моль/л в 96.0 мас.%-ной  $H_2SO_4$  при 298.15K.

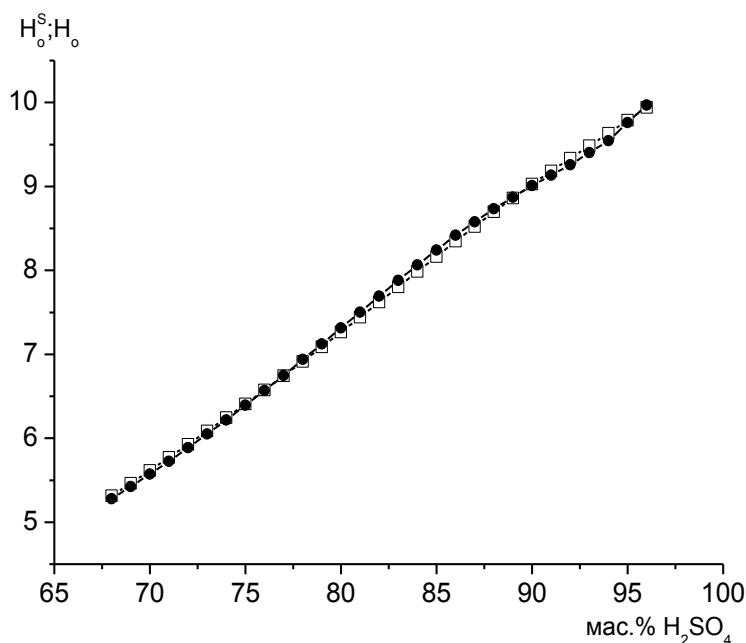


Рис. 2. Сопоставление эмпирической  $H_0$  ( $\square$ ) и расчетной  $H_0^S$  ( $\circ$ ) функций в области концентрированной  $H_2SO_4$

Расчетные комплексные функции кислотности ( $-H_0^w$ ) и ( $-H_0^S$ ) определяются независимыми переменными – комплексными числами:  $\log C_{H^+}^* + V \cdot \log C_W^*$  в избытке воды и  $\log C_{H^+}^* + a_0 + a_1 C_W^*$  в избытке кислоты в условиях постоянного объема системы.

### Заключение

1. Расчетный параметр  $H_0^S$  удовлетворительно характеризует кислотность среды выше 68 мас.%  $H_2SO_4$  и дополняет уже предложенную ранее функцию  $H_0^w$  (0–68 мас.%) без использования представлений о соотношении коэффициентов активностей частиц.

2. Изложенный подход позволяет описывать протонную кислотность не только в виде скалярных эмпирических функций ( $-pH$  и  $-H_0$ ), зависящих только от концентрации свободного протона, но и как комплексные функции протон-гидратной кислотности в избытке воды (ур. (1)) и в избытке кислоты (ур. (4)). В двухкомпонентной системе концентрации частиц (моль/л) со взаимно противоположными свойствами связаны условием постоянства объема (1 л).

3. Изложенные закономерности позволяют сформулировать представления об одностадийном механизме ряда процессов в серной кислоте. В разбавленных водных растворах сильных кислот процесс электрофильного замещения в аренах необратим и должен протекать по одностадийному механизму. Так, на реакционном центре аренсульфонат-аниона  $ArSO_3^-$  в процессе его протонодесульфирования формируется электронейтральный интермедиат  $ArSO_3 [H(H_2O)_n]^+$ , структурно подобный гидратному комплексу протона [9].

Далее, интермедиат в медленной стадии переходит через электронейтральное циклическое переходное состояние в арен (ArH), что сопровождается регенерацией катализатора в виде гидратного комплекса протона  $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_{n-1}]^+\text{HSO}_4^-$ . Такой, практически необратимый процесс в избытке воды протоногидролитического электрофильного замещения сульфоновой группы на протон, становится обратимым процессом ресульфирования в концентрированных растворах серной кислоты (т.е. в избытке кислоты). При этом, анионная форма субстрата переходит в Н-форму за счет избыточной серной кислоты и участвует с водой и серной кислотой в образовании гидрат-сольватного комплекса протона [13], ответственного за протекание также одностадийного механизма обратимого сульфирования аренов/гидролиза сульфоновых кислот:  $\text{ArSO}_3\text{H}[(\text{H}_3\text{O})^+\text{HSO}_4^-] \leftrightarrow [\text{ЦПС}]^\ddagger \leftrightarrow \text{ArH}\cdot(\text{H}_2\text{SO}_4)_2$

4. Предлагаемая трактовка одностадийного механизма электрофильного замещения в ароматическом ряду путем образования интермедиата не позволяет согласиться с общепринятым в литературе многоступенчатым механизмом электрофильного замещения. В нем допускается образование  $\sigma$ -комплекса – неустойчивой электрофильной частицы (+E) и полный перенос её положительного заряда на ароматическое ядро, приводящего к нарушению устойчивости сопряженной  $\pi$ -системы [9, 12].

#### Библиографический список

1. *Chorkendorff I., Niemantsverdriet J. W.* Concepts of Modern Catalysis and Kinetics. Third Completely Revised and Enlarged Edition. © 2017 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Boschstr. 12, 69469. ISBN13 9783527332687 Weinheim. Germany. 524 p.
2. *Cox R. A.* Excess Acidities // *Advances in Physical Organic Chemistry*. 2000. Iss. 35. P. 1–66.
3. *Cox R. A.* A Greatly Under-Appreciated Fundamental Principle of Physical Organic Chemistry. // *International Journal of Molecular Sciences*. 2011. P. 8316–8332. <https://doi.org/10.3390/ijms12128316>.
4. *Ivanov S. N., Kozlov V. A., Koifman O. I.* // The Hydrated Proton  $[\text{H}(\text{H}_2\text{O})_n]^+$  as the Basis of Unified Complex Acidity Function Scale  $\text{H}_0^w$  in Aqueous Solutions of Strong Acids With a Predominant Water Concentration. // *Journal of Solution Chemistry*. 2021. Vol. 5, Iss. 5. P. 630–651. <https://doi.org/10.1007/s10953-021-01066-7>.
5. *Galabov B., Nalbantova D., Schleyer P.R., Schaefer H. F., III.* Electrophilic Aromatic Substitution: New Insights into an Old Class of Reactions. // *Accounts of Chemical Research*. 2016. Vol. 49. Iss. 6. P. 1191–1199.
6. *Giauque W. F., Horning E. W., Kunzler J. E., Rubin T. R.* The Thermodynamic Properties of Aqueous Sulphuric Acid Solutions and Hydrates from 15 to 300 K // *Journal of The American Chemical Society*. 1960. Vol. 82. N. 1. P. 62–70.
7. *Jorgenson M. J., Hartter D. R.* A Critical Re-evaluation of the Hammett Acidity Function at Moderate and High Acid Concentrations of Sulfuric Acid. New  $\text{H}_0$  Values Based Solely on a Set of Primary Aniline Indicators // *Journal of The American Chemical Society*. 1963. Vol. 85. P. 878–883.
8. *Kazansky V. B.* Solvation as a main factor that determines the strength of liquid superacids and the selectivity of the acid-catalyzed reactions of olefins. // *Catalysis Today*. 2002. Vol. 73. P. 127–137.
9. *Kozlov V. A., Ivanov S. N., Koifman O. I.* Solvated proton as the main reagent and a catalyst in the single-stage aromatic sulfonation and protodesulfonation of sulfonic



- acids // Journal of Physical Organic Chemistry. 2017. Vol. 29. P. 1–29. <https://doi.10.1002/poc.3715>.
10. *Marziano N. C., Tomasin A., Tortato C., Isandelli P.* The problem of acidity in concentrated aqueous solutions of sulfuric acid // J. Chem. Soc., Perkin Trans. 2, 1998, P. 2535–2540.
  11. *Scorrano G., More O'Ferrall R.* Beyond pH // Journal of Physical Organic Chemistry. 2013. Iss. 26. P. 1009–1015. <https://doi.10.1002/poc.3171>.
  12. *Stoyanov E. S., Stoyanova I. V., Reed C. A.* The Structure of the Hydrogen Ion ( $H_{aq}^+$ ) in Water // Journal of The American Chemical Society. 2010. Vol. 132. P. 1484. <https://doi.org/10.1021/ja9101826>.
  13. *Walrafen G. E., Yang W. H., Chu Y. C., Hokmabadi M. S.* Structures of Concentrated Sulfuric Acid Determined from Density, Conductivity, Viscosity, and Raman Spectroscopic Data // Journal of Solution Chemistry. 2000. Vol. 29. P. 905–936. <https://doi.org/10.1023/A:1005134717259>.

#### *Информация об авторах / Information about the authors*

**Иванов Сергей Николаевич** – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, Институт математики, информационных технологий и естественных наук, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [serg\\_ivan@inbox.ru](mailto:serg_ivan@inbox.ru)

**Ivanov Sergey Nikolaevich** – Dr. of Chemistry, Professor, Department of Fundamental and Applied Chemistry, Professor, Institute of Mathematics, Information Technologies and Natural Sciences, Ivanovo State University, Ivanovo, Russian Federation, [serg\\_ivan@inbox.ru](mailto:serg_ivan@inbox.ru)

**Козлов Владимир Александрович** – доктор химических наук, профессор, профессор кафедры химии и технологии макромолекулярных соединений, Ивановский государственный химико-технологический университет, г. Иваново, Россия, [kozlov@isuct.ru](mailto:kozlov@isuct.ru)

**Kozlov Vladimir Aleksandrovich** – Dr. of Chemistry, Professor, Department of the Chemistry and Technology of Macromolecular Compounds, Ivanovo State University of Chemistry and Technology, Ivanovo, Russian Federation, [kozlov@isuct.ru](mailto:kozlov@isuct.ru)

УДК 547.541.52:544.169:544.362.4

*Е. Н. Крылов, Л. В. Вирзум***КИСЛОТНОСТЬ ЗАМЕЩЕННЫХ СУЛЬФАНИЛИДОВ  
XPhNHSO<sub>2</sub>Ph ПО БРЕНСТЕДУ:  
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ ДЕСКРИПТОРЫ**

**Аннотация.** Проведен квантово-химический расчет ядернозамещенных сульфанилидов общей формулы XPhNHSO<sub>2</sub>PhY на уровне теории DFTM06/6-311++G\*\* с учетом неспецифической сольватации в среде H<sub>2</sub>O в рамках метода SMD без ограничений по типу симметрии. Рассчитаны величины зарядов по Хиршфельду, энергии граничных орбиталей, молекулярный электростатический потенциал на атоме сульфамидного азота, электронный химический потенциал, жесткость и электрофильность в рамках метода концептуальной DFT и количественной теории ЖМКО. Обнаружено, что син-конформеры стабилизированы относительно анти-конформеров электронодонорным эффектом заместителей вследствие π-π-взаимодействия, что выражено линейной корреляцией между энергией стабилизации и σ-константами заместителей. Обнаружены близкие к линейным корреляции между кислотностью сульфанилидов по Бренстеду и указанными выше квантово-химическими параметрами их молекул (за исключением жесткости), соответствующие физическому смыслу этих параметров и способные предсказать кислотность сульфанилидов по Бренстеду. По качеству найденные корреляции не уступают многопараметрическим математическим моделям, но, в отличие от последних, имеют физический смысл.

**Ключевые слова:** сульфанилиды, квантово-химический расчет, теория DFT, метод SMD, заряды по Хиршфельду, энергии граничных орбиталей, молекулярный электростатический потенциал, электронный химический потенциал, жесткость, электрофильность, кислотность по Бренстеду.

*Е. N. Krylov, L. V. Virzum***BRØNSTED ACIDITY OF SUBSTITUTED SULFANILIDES  
XPhNHSO<sub>2</sub>Ph: QUANTUM-CHEMICAL DESCRIPTORS**

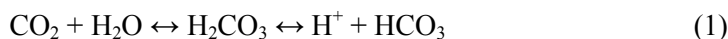
**Abstract.** A quantum-chemical calculation of nuclear-substituted sulfanilides of the general formula XPhNHSO<sub>2</sub>PhY has been carried out at the level of the DFTM06/6-311++G\*\* theory in the one-determinant approximation, taking into account nonspecific solvation in an H<sub>2</sub>O medium, using the SMD method without restrictions on the type of symmetry. The Hirschfeld charges, the energies of the frontier orbitals, the molecular electrostatic potential at the sulfamide nitrogen atom, the electronic chemical potential, the rigidity, and the electrophilicity were calculated within the framework of the conceptual DFT method and the quantitative theory of HSAB. It was found that syn-conformers are stabilized relative to anti-conformers by the electron-donating effect of substituents due to π-π interaction, which is expressed by a linear correlation between the stabilization energy and σ-constants of substituents. Near-linear correlations between the acidity of sulfanilides according to Brønsted and the above quantum-chemical parameters of their molecules, corresponding to the physical meaning of these parameters, with the exception of rigidity, are found to be able to predict the acidity of sulfanilides according to Brønsted. from the latter have a physical meaning.

**Keywords:** sulfanilides, quantum chemical calculation, DFT theory, SMD method, Hirschfeld charges, frontier orbital energies, molecular electrostatic potential, electronic chemical potential, hardness, electrophilicity, Brønsted acidity.

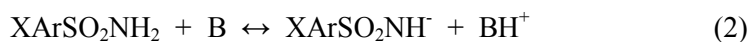
© Крылов Е. Н., Вирзум Л. В., 2022

## Введение

Сульфонамидная группа арилсульфонамидов ( $XArSO_2NH_2$ ) и их производных является главным структурным фрагментом этих соединений, в основном обеспечивающим их физиологическое действие. Сульфонамиды и их аналоги (например, сульфанилиды) представляют собой субстраты для самых разнообразных фармакологических мишеней [10], в том числе как ингибиторы различных ферментов семейства карбоангидраз, а, следовательно,  $\alpha$ -карбоангидразы hCA II, характерной для человеческого организма [28]. Фермент карбоангидраза катализирует процесс (1) интерконверсии двуокиси углерода в гидрокарбонат-анион [29]



При этом такие и аналогичные соединения в анионной форме связывают катион цинка в активном центре карбоангидразы атомом сульфамидного азота с весьма высокой константой связывания  $K$  ( $\log K = 4 \div 9$ ) [28], что приводит к ингибированию ферментативного акта. Следовательно, кислотность этих соединений играет важную роль при действии этих соединений как бактериостатиков [27], а знание кислотных свойств сульфонамидов и их производных способствует теоретическому предсказанию их фармакологического действия, в том числе как ингибиторов [15]. Кислотность по Бренстеду определяется способностью отдавать протон основанию (В), в соответствии со схемой (2), и для  $XArSO_2NH_2$  сходна с таковой для других органических структур (8 – 11 единиц рКа) [21].



Установлено, что катион цинка связывается с ингибитором сульфонамидом) в анионной форме [11], которая возникает внутри активной полости фермента при кислотной диссоциации сульфониламида (2). Эта координация конкурентно нарушает координацию катиона цинка с гидроксил-анионом, необходимым для связывания с  $CO_2$  [19] по схеме (1). Данное представление о механизме ингибирования является одним из пяти возможных механизмов ингибирования [30] и соответствует только сульфонамидам. Координация с катионом цинка [26], а также взаимодействие с аминокислотным окружением [29] способствуют значительному усилению степени диссоциации сульфониламида, также как и диссоциации воды ( $s \sim 15$  единиц рКа до  $\sim 7$ ) [20].

Известно, что замещенные сульфанилиды  $XPhNHSO_2PhY$  (X, Y – заместители) связываются с hCA II, при этом его линкер (scaffold) ориентирован в направлении гидрофобной части активного центра фермента, тогда как сульфонамидный фрагмент координирует ион цинка [16]. Сульфанилиды действуют также как ингибиторы карбоангидразы *E. Coli* [17, 32]. Таким образом, знание кислотных свойств этих соединений может способствовать предсказанию их биохимической активности.

Величины рКа, как правило, определяются при температуре 20–25° С в водной среде [21]. Однако вследствие недостаточной растворимости сульфамидов в этой среде ряд данных получен также в среде 50 масс% водного EtOH [21]. Кроме того, далеко не для всех заместителей определены  $\sigma$ -константы Гаммета, в особенности ограничены данные по *орто*-изомерам, точнее, для *орто*-расположенных заместителей [6]. В последнее время созданы даже специальные средства для машинного расчета рКа [23].

Другим способом определения рКа является корреляционный анализ соотношений между рКа и параметрами, отвечающими за проявление кислотных свойств. Так, исследование [33] основано на доминирующей роли стерического эффекта, общего объема и парахора при моделировании и оценке рКа сульфаниламидов. Рассмотрен набор из 43 сульфонамидов и на основе многопараметрической корреляции проведено соотнесение рКа сульфанилидов и их физико-химических параметров. Аналогичное исследование по кислотным свойствам сульфанилидов приведено в работе [31]. Достигнуты достаточно неплохие коэффициенты множественной корреляции (0.9–0.96), однако полученные математические модели не имеют какого-либо физического смысла, поскольку дескрипторы, использованные в этих работах, не имеют непосредственной связи с процессом кислотной диссоциации.

### Постановка задачи

Как показано ранее [4, 7], рКа сульфониламидов связаны линейным соотношением с молекулярным электростатическим потенциалом на атоме сульфамидного азота и зарядом на этом атоме в схеме Хиршфельда, что позволяет определять рКа для тех сульфониламидов, исходя из простой линейной модели. Эти параметры, в отличие от вышеупомянутых, имеют вполне определенный физический смысл и непосредственно связаны с процессом кислотной диссоциации, поскольку определяют прочность диссоциирующей связи N-H.

На основании данного подхода возможно проведение расчета структур замещенных бензолсульфанилидов с последующим определением коэффициентов в корреляционных уравнениях, связывающих квантово-химические параметры этих соединений и величины их рКа. Полученные таким образом математические модели [1] могут быть далее использованы для расчета рКа тех сульфанилидов, для которых затруднительно или невозможно определение (расчет) этого параметра методами ПЛСЭ или экспериментально. При этом возможно обнаружение дескрипторов, которые позволят связать рКа сульфанилидов и их квантово-химические свойства более простыми соотношениями, имеющими физический смысл, в отличие от многопараметрических моделей.

### Результаты и их обсуждение

Расчет структур замещенных ароматических сульфанилидов XPhNHSO<sub>2</sub>PhY осуществлен программным комплексом ADF 2014.04 [12] на уровне теории DFT M06/6-311++G\*\* с учетом неспецифической сольватации в среде H<sub>2</sub>O (по аналогии с [14]) в рамках метода SMD [24] (табл. 1) без ограничений по типу симметрии. Расчет зарядов проведен в схеме Хиршфельда [18].

Замещенные сульфанилиды XPhNHSO<sub>2</sub>PhY имеют две весьма близкие по энергии конформации, одна из которых близка по строению к плоской – анти-конформер – а другая – несколько более устойчивая – как бы свернута (син-конформер) вследствие π-π-взаимодействия сближенных ароматических колец [34]. Результаты расчета табл. 1 согласуются с кристаллографическими данными [25] для родственных по строению соединений. В табл. 1, 2 приведены данные только для син-конформеров как более устойчивых.

Квантово-химические дескрипторы реакционной способности (электронный химический потенциал  $\mu$ , жесткость  $\eta$  и электрофильность  $\omega$ ) в соответствии с теорией концептуальной DFT [9] рассчитаны по соотношениям (3–5).

$$\mu = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) + E(\text{HOMO})] \quad (3)$$

$$\eta = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) - E(\text{HOMO})] \quad (4)$$

$$\omega = 0.5 \cdot \mu^2 / \eta \quad (5)$$

Таблица 1

Квантово-химические параметры 4-XPhNHSO<sub>2</sub>PhY в среде H<sub>2</sub>O

| X                 | Y                  | Q(N) в SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> | E(HOMO)  | E(LUMO)  | -Vesp(N) в SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub> |
|-------------------|--------------------|--|----------|----------|--|
| 4-Cl              | H                  | -0.1336                                | -0.25949 | -0.04940 | 18.348700                                  |
| 4-Cl              | 4'-OMe             | -0.1367                                | -0.25770 | -0.04130 | 18.354710                                  |
| 4-Cl              | 4'-Me              | -0.1346                                | -0.25867 | -0.04647 | 18.352476                                  |
| 4-Cl              | 4'-F               | -0.1333                                | -0.25965 | -0.04797 | 18.342202                                  |
| 4-Cl              | 4'-Cl              | -0.1325                                | -0.26012 | -0.05559 | 18.340897                                  |
| 4-Cl              | 4'-Br              | -0.1325                                | -0.26069 | -0.05714 | 18.340832                                  |
| 4-Cl              | 3'-NO <sub>3</sub> | -0.1288                                | -0.26138 | -0.11152 | 18.328334                                  |
| 4-F               | H                  | -0.1350                                | -0.26183 | -0.04866 | 18.351032                                  |
| 4-F               | 4'-OMe             | -0.1375                                | -0.25812 | -0.04040 | 18.356808                                  |
| 4-F               | 4'-Me              | -0.1361                                | -0.26110 | -0.04587 | 18.355182                                  |
| 4-F               | 4'-F               | -0.1337                                | -0.26214 | -0.02596 | 18.344274                                  |
| 4-F               | 4'-Cl              | -0.1335                                | -0.26263 | -0.05514 | 18.343269                                  |
| 4-F               | 4'-Br              | -0.1325                                | -0.26211 | -0.05665 | 18.342139                                  |
| 4-F               | 3'-NO <sub>3</sub> | -0.1300                                | -0.26468 | -0.11182 | 18.330920                                  |
| 4-F               | 4'-NO <sub>2</sub> | -0.1294                                | -0.26432 | -0.11525 | 18.327122                                  |
| 4-Me              | H                  | -0.1356                                | -0.25367 | -0.04808 | 18.363092                                  |
| 4-Me              | 4'-OMe             | -0.1383                                | -0.25153 | -0.04008 | 18.368551                                  |
| 4-Me              | 4'-Me              | -0.1384                                | -0.25272 | -0.04533 | 18.367515                                  |
| 4-Me              | 4'-F               | -0.1360                                | -0.25389 | -0.04657 | 18.356938                                  |
| 4-Me              | 4'-Cl              | -0.1351                                | -0.25409 | -0.05427 | 18.355359                                  |
| 4-Me              | 4'-Br              | -0.1344                                | -0.25408 | -0.05585 | 18.354746                                  |
| 4-Me              | 3'-NO <sub>3</sub> | -0.1316                                | -0.25559 | -0.11145 | 18.342931                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | H                  | -0.1388                                | -0.22355 | -0.04711 | 18.371019                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Me              | -0.1404                                | -0.22589 | -0.04561 | 18.376541                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 3'-Me              | -0.1398                                | -0.22581 | -0.04792 | 18.375217                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-F               | -0.1393                                | -0.22628 | -0.04688 | 18.366306                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Cl              | -0.1364                                | -0.22360 | -0.05355 | 18.362711                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Br              | -0.1377                                | -0.22666 | -0.05616 | 18.364150                                  |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-NO <sub>2</sub> | -0.1345                                | -0.22715 | -0.11494 | 18.348862                                  |
| H                 | H                  | -0.1348                                | -0.26276 | -0.04856 | 18.359132                                  |
| H                 | 4'-OMe             | -0.1380                                | -0.25848 | -0.04014 | 18.365346                                  |
| H                 | 4'-Me              | -0.1364                                | -0.26272 | -0.04564 | 18.363524                                  |
| H                 | 4'-F               | -0.1347                                | -0.26395 | -0.04721 | 18.352977                                  |
| H                 | 4'-Cl              | -0.1330                                | -0.26318 | -0.05470 | 18.350820                                  |
| H                 | 4'-Br              | -0.1329                                | -0.26392 | -0.05634 | 18.350710                                  |
| H                 | 3'-Br              | -0.1326                                | -0.26367 | -0.05620 | 18.351199                                  |
| H                 | 3'-NO <sub>3</sub> | -0.1303                                | -0.26607 | -0.11174 | 18.339120                                  |

*Примечание.* Здесь и далее заместитель X – в анилиновом фрагменте сульфанилида, Y – заместитель в сульфамидном фрагменте сульфанилида.

Таблица 2

Квантово-химические параметры 4-XPhNHSO<sub>2</sub>PhY в среде H<sub>2</sub>O

| X                 | Y                  | μ       | η      | ω      | pKa(20°C) [31] |
|-------------------|--------------------|---------|--------|--------|----------------|
| 4-Cl              | H                  | -4.3100 | 2.9141 | 3.1874 | 8.75           |
| 4-Cl              | 4'-OMe             | -4.1664 | 2.9699 | 2.9225 | 9.19           |
| 4-Cl              | 4'-Me              | -4.2551 | 2.9310 | 3.0887 | 9.02           |
| 4-Cl              | 4'-F               | -4.2873 | 2.9213 | 3.1461 | 8.61           |
| 4-Cl              | 4'-Cl              | -4.3944 | 2.8371 | 3.4033 | 8.30           |
| 4-Cl              | 4'-Br              | -4.4198 | 2.8269 | 3.4552 | 8.24           |
| 4-Cl              | 3'-NO <sub>3</sub> | -5.1582 | 2.1198 | 6.2760 | 7.19           |
| 4-F               | H                  | -4.2245 | 2.9003 | 3.0765 | 8.85           |
| 4-F               | 4'-OMe             | -4.0616 | 2.9623 | 2.7845 | 9.32           |
| 4-F               | 4'-Me              | -4.1766 | 2.9284 | 2.9784 | 9.20           |
| 4-F               | 4'-F               | -3.9198 | 3.2134 | 2.3908 | 8.73           |
| 4-F               | 4'-Cl              | -4.3235 | 2.8231 | 3.3107 | 8.41           |
| 4-F               | 4'-Br              | -4.3370 | 2.7954 | 3.3643 | 8.38           |
| 4-F               | 3'-NO <sub>3</sub> | -5.1226 | 2.0798 | 6.3086 | 7.27           |
| 4-Me              | H                  | -4.1056 | 2.7972 | 3.0129 | 9.34           |
| 4-Me              | 4'-OMe             | -3.9676 | 2.8769 | 2.7358 | 9.80           |
| 4-Me              | 4'-Me              | -4.0552 | 2.8217 | 2.9140 | 9.65           |
| 4-Me              | 4'-F               | -4.0880 | 2.8208 | 2.9623 | 9.23           |
| 4-Me              | 4'-Cl              | -4.1955 | 2.7187 | 3.2372 | 8.78           |
| 4-Me              | 4'-Br              | -4.2168 | 2.6971 | 3.2965 |                |
| 4-Me              | 3'-NO <sub>3</sub> | -4.9939 | 1.9611 | 6.3582 | 7.80           |
| 4-NH <sub>2</sub> | H                  | -3.6825 | 2.4006 | 2.8245 | 10.29          |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Me              | -3.6940 | 2.4529 | 2.7815 | 10.53          |
| 4-NH <sub>2</sub> | 3'-Me              | -3.7243 | 2.4203 | 2.8654 | 10.44          |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-F               | -3.7166 | 2.4409 | 2.8295 | 9.23           |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Cl              | -3.7708 | 2.3137 | 3.0729 | 8.78           |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-Br              | -3.8480 | 2.3198 | 3.1915 |                |
| 4-NH <sub>2</sub> | 4'-NO <sub>2</sub> | -4.6544 | 1.5267 | 7.0949 |                |
| H                 | H                  | -4.2358 | 2.9144 | 3.0781 | 9.10           |
| H                 | 4'-OMe             | -4.0630 | 2.9707 | 2.7784 | 9.42           |
| H                 | 4'-Me              | -4.1955 | 2.9535 | 2.9798 | 9.35           |
| H                 | 4'-F               | -4.2336 | 2.9489 | 3.0389 | 8.90           |
| H                 | 4'-Cl              | -4.3250 | 2.8365 | 3.2973 | 8.47           |
| H                 | 4'-Cl              | -4.3258 | 2.8374 | 3.2976 | 8.47           |
| H                 | 4'-Br              | -4.3574 | 2.8243 | 3.3614 | 8.50           |
| H                 | 3'-Br              | -4.3521 | 2.8228 | 3.3549 | 8.25           |
| H                 | 3'-NO <sub>3</sub> | -5.1404 | 2.0998 | 6.2920 | 7.50           |

Примечание: здесь и далее Q(N) – ед. заряда электрона, E - Hartree, μ, η, ω – eV, Vesp – a. u. 1 a.u.Vesp = 3.0277•10<sup>-9</sup> кл/м.

Доноры закономерно увеличивают устойчивость син-конформера относительно анти-конформера, поскольку усиливают π-π-взаимодействие между ароматическими кольцами [22], акцепторы производят обратный эффект. Поэтому наблюдается линейная зависимость между энергией стабилизации син-конформера относительно анти- (ΔEстаб) и σ-константами Гаммета заместителей во втором кольце (соотношение 6). Энергия стабилизации представляет собой разность энергий син- и анти-конформера.

$$\Delta E_{\text{стаб}} = (3.689 \pm 0.103) - (2.456 \pm 0.288) \cdot \sigma(\text{пара-Y}),$$

$$R = -0.967, SD = 0.247, N = 7, P = 0.00036 \quad (6)$$

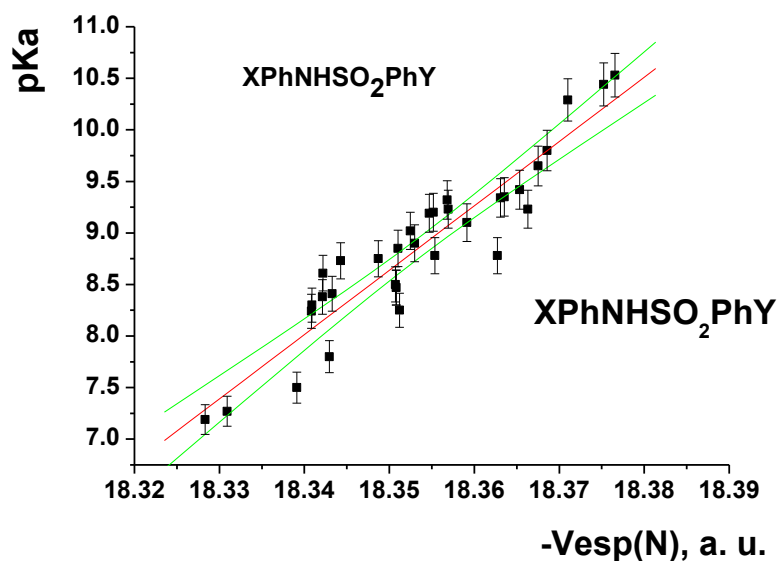


Рис. 1. Кислотность сульфанилидов как функция электростатического потенциала на сульфамидном атоме азота

$$pK_a = (-1135.818838 \pm 76.859044) - (62.368242 \pm 4.187687) \cdot V_{\text{esp}}(\text{N}),$$

$$R = 0.935, \text{SD} = 0.286, N = 34, P < 0.0001. \quad (7)$$

Наблюдается достаточно близкая к линейной корреляция между молекулярным электростатическим потенциалом на атоме сульфамидного азота и кислотностью сульфанилидов по Бренстеду в форме  $pK_a$  (рис. 1, соотношение 7). Чем менее отрицателен  $V_{\text{esp}}(\text{N})$ , тем слабее связан протон на атоме сульфамидного азота и тем меньше  $pK_a$ , а следовательно, выше кислотность сульфанилидов по Бренстеду, так что обнаруженная зависимость имеет вполне определенный физический смысл, в отличие от многих многопараметрических моделей.

Величина  $R^2 = 0.874$  представляет собой долю закономерности в полученной корреляции, а  $1 - R^2 = 0.126$  – долю других факторов, кроме МЭП, влияющих на величину  $pK_a$  сульфанилидов. По всей вероятности, эти факторы относятся к стабилизации анионов сульфанилидов, имеющих достаточно разнообразную структуру, в частности, в отношении заместителей, имеющих различную степень гидрофобности (гидрофильности).

$$pK_a = (16.89 \pm 0.85) - (2.55 \pm 0.27) \cdot \omega, R = -0.872, \text{SD} = 0.316. N = 29, P < 0.0001 \quad (8)$$

Аналогичная по смыслу зависимость  $pK_a$  сульфанилидов с их электрофильностью (8) согласуется с физическим смыслом процесса кислотной диссоциации сульфанилидов и физическим смыслом параметра электрофильности – электроноёмкости – поскольку чем выше электроноёмкость молекулы (или ее аниона), тем он устойчивее, а следовательно, выше кислотность (меньше  $pK_a$ ), что и наблюдается в действительности. Аналогично электрофильность интерпретируется как энергия стабилизации молекулы при присоединении электрона, что соответствует процессу образования аниона при кислотной диссоциации [13].

$$Y = (16.656 \pm 0.729) + (91.836 \pm 0.171) \cdot \mu, R = 0.884, SD = 0.376, N = 34, P < 0.0001. \quad (9)$$

В то же время жесткость не является сколь либо определяющим фактором кислотности, поскольку между рКа сульфанилидов и параметром  $\eta$  не наблюдается какой-либо зависимости. Это отличает данный параметр от электронного химического потенциала, который, напротив, вполне определяет кислотность сульфанилидов в соответствии с его физическим смыслом как параметр, обратный электроотрицательности  $\chi = -\mu$  [13]. Очевидно, что чем более отрицателен электронный химический потенциал, тем больше электроотрицательность частицы, тем более устойчив анион и легче происходит кислотная диссоциация сульфанилидов, что и наблюдается в действительности (соотношение 9). Аналогичная по физическому смыслу зависимость наблюдается между зарядом на атоме сульфамидного азота и кислотностью сульфанилидов (соотношение 10), которая есть следствие линейности связи между МЭП и зарядом на данном атоме.

$$\begin{aligned} \text{pKa} &= (-26.451 \pm 1.990) - (261.820 \pm 14.750) \cdot Q(N), \\ R &= -0.953, SD = 0.244, N = 43, P < 0.0001 \end{aligned} \quad (10)$$

### Резюме

Таким образом, обнаруженные однопараметрические зависимости между константой кислотности сульфанилидов в виде рКа и электростатическим потенциалом на атоме сульфамидного азота, зарядом Хиршфельда на этом атоме, электронным химическим потенциалом и электрофильностью молекул субстратов вполне способны предсказать кислотность сульфанилидов по Бренстеду на уровне предсказательной силы, не уступающем многопараметрическим математическим моделям, но, в отличие от последних, имеющим физический смысл.

Аналогичный подход был успешно использован при анализе процессов аминолитиза фенил- и тиофенилацетантов и ацетанилидов [8] диагностике механизма ароматического гидрохлорирования [2] и кислотности ароматических сульфокислот в газовой и водной фазах [6], а также при оценке реакционной способности арилсульфонилгалогенидов в реакциях нуклеофильного замещения на атоме сульфониальной серы [5].

### Библиографический список

1. Ахназарова С. А., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химии и химической технологии. М.: ВШ, 1985. 327 с.
2. Груздев М. С., Вирзум Л. В., Крылов Е. Н. Реакция ароматического гидрохлорирования: квантово-химическая диагностика механизма // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 41. Вып. 2. С. 115–120.
3. Днепровский А. С., Темникова Т. И. Теоретические основы органической химии. Л.: Химия. 1991. 560 с.
4. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В. Кислотность арилсульфонамидов как функция квантово-химических параметров атома сульфамидного азота // Известия Академии наук. Серия химическая. 2019. № 3. С. 527–531.
5. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В. Реакционная способность арилсульфонилгалогенидов как функция молекулярного электростатического потенциала реакционного центра // Бутлеровские сообщения. 2020. Т. 64. № 11. С. 33–40.



6. Крылов Е. Н., Груздев М. С., Вирзум Л. В. Кислотность ароматических сульфокислот в газовой и водной фазах // Бутлеровские сообщения. 2015. Т. 42. Вып. 6. С. 117–123.
7. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В., Сергеева Г. А. Газофазная кислотность арилсульфонамидов // European multi science journal. 2018. N 21. P. 22–25.
8. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В., Шаповалова Т. А., Груздев М. С. Атомный электростатический потенциал реакционного центра и уходящей группы как дескриптор процессов аминолита фенил- и тиофенилацетатов и гидролиза ацетанилидов // Бутлеровские сообщения. 2018. Т. 55. N 9. С. 128–137.
9. A matter of density. Exploring the electron density concept in the chemistry, biological and materials sciences / Sukumar N., Ed. Hoboken: Wiley J. and Sons Inc. 2013. 318 p.
10. Al-Rashida M., Hussain S., Hamayoun M., Altaf A., Iqbal J. Sulfa Drugs as Inhibitors of Carbonic Anhydrase: New Targets for the Old Drugs // BioMed Research International. Hindawi Publishing Corporation. Vol. 2014. P. 1–110. Article ID 162928. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/1629282>.
11. Alterio V., Di Fiore A., D'Ambrosio K., et al. Multiple binding modes of inhibitors to carbonic anhydrases // Chem. Rev. 2012. Vol. 112. Iss. 8. P. 4421–4468. DOI: 10.1021/cr200176r.
12. Baerends E. J., et al. ADF2014. SCM. Theoretical Chemistry. Vrije Universiteit. Amsterdam. The Netherlands. 2014. <http://www.scm.com>. (дата обращения: 12.01.2022).
13. Chattaraj P. K., Sarkar U., Roy D. R. Electrophilicity Index // Chem. Rev. 2006. Vol. 106. Iss. 6 P. 2065–2091. DOI:10.1021/cr040109f
14. Ghiasia M., Kamalinahada S., Arabieh M., Zahedi M. Carbonic anhydrase inhibitors: A quantum mechanical study of interaction between some antiepileptic drugs with active center of carbonic anhydrase enzyme // Comput. Theor. Chem. 2012. Vol. 992. P. 59–69.
15. Gomes J. R. B., Gomes P. Gas-phase acidity of sulfonamides: implications for reactivity and prodrugs design // Tetrahedron. 2005. Vol. 61. P. 2705–2712.
16. Güzel-Akdemir Ö., Biswas Sh. Lastra K., McKenna R., Supuran C.T. Structural study of the location of the phenyl tail of benzene sulfonamides and the effect on human carbonic anhydrase inhibition // Bioorg. Med. Chem. 2013. Vol. 21. Iss. 21. P. 6674–6680.
17. Hansch C., Kurup A., Garg R., Gao H. Chem-Bioinformatics and QSAR: A Review of QSAR Lacking Positive Hydrophobic Terms // Chem. Rev. 2001. Vol. 101. P. 619–672.
18. Hirshfeld F. L. Bonded atom fragments for describing molecular charge densities // Theor. Chim. Acta. 1977. Vol. 44. N 1. P. 129–138.
19. Kimura E. Model Studies for Molecular Recognition of Carbonic Anhydrase and Carboxypeptidase // Acc. Chem. Res. 2001. Vol. 34. N 2. P. 171–179.
20. Kimura E., Kikuta E. Why zinc in zinc enzymes? From biological roles to DNA base-selective recognition // J. Biol. Inorg. Chem. 2000. Vol. 5. Iss. 2. P. 139–155. doi: 10.1007/s007750050359.
21. King J.F. Chapter 6. Acidity / In: The chemistry of sulphonic acid and their derivatives / Patay S., Rappoport Z., Eds. Chichester: Wiley and Sons. 1991. P. 249–259. (1388 p.).
22. Lin C., Skufca J., Partch R. E. New insights into prediction of weak  $\pi$ - $\pi$  complex association through proton-nuclear magnetic resonance analysis // BMC Chem. 2020. Vol. 14. Iss. 1. P. 66–76. doi: 10.1186/s13065-020-00718-x.
23. Mansouri K., Cariello N.F., Korotcov A., Tkachenko V., Chris M. Grulke, Catherine S. Sprankle, David Allen, Warren M. Casey, Nicole C. Kleinstreuer, and Antony J. Williams. Open-source QSAR models for pKa prediction using multiple machine learning approaches // J. Cheminform. 2019. Vol. 11. P. 60–80. <https://doi.org/10.1186/s13321-019-0384-128>.
24. Marenich A. V., Cramer C. J., Truhlar D. G. Universal Solvation Model Based on Solute Electron Density and on a Continuum Model of the Solvent Defined by the Bulk Dielectric Constant and Atomic Surface Tensions // J. Phys. Chem. B 2009. Vol. 113. N 18. P. 6378–6396.

25. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary. CID 69772, 4'-Nitro-p-toluenesulfonilide. 2021. [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4'\\_Nitro-p-toluenesulfonilide](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4'_Nitro-p-toluenesulfonilide).
26. *Pothen B., Singh V., Kumar S., Tiwari M.* Structural optimization of new class of selective carbonic anhydrase inhibitors: QSAR approach // *Indian J. Chem.* 2010. Vol. 49B. P. 224–233.
27. *Soriano-Correa C., Esquivel R. O., Sagar R. P.* Physicochemical and structural properties of bacteriostatic sulfonamides: Theoretical study / *Int. J. Quant. Chem.* 2003. Vol. 94. Iss. 3. P. 165–172.
28. *Srivastava P., Srivastava Sh., Soni A. K., Singh R. K.* Quantitative structure-activity relationship study of benzene sulfonamides as inhibitor of carbonic anhydrase based on quantum chemical descriptor // *J. Comp. Meth. Mol. Des.* 2012. Vol. 2. N 3. P. 99–106.
29. *Supuran C. T.* Carbonic anhydrases: novel therapeutic applications for inhibitors and activators // *Nat. Rev. Drug. Discov.* Nature Publishing Group. 2008. Vol. 7. N 2. P. 168–181.
30. *Supuran C. T.* How many carbonic anhydrase inhibition mechanisms exist ? // *J. Enzyme Inhyb. Med. Chem.* 2016. Vol. 31. N 3. P. 345–360.
31. *Thakur A.* QSAR study on benzenesulfonamide ionization constant: physicochemical approach using surface tension // *ARKIVOC.* 2005. Iss. 14. P. 49–58. DOI: <http://dx.doi.org/10.3998/ark.5550190.0006.e06> Paper ID: 05-1335GP.
32. *Thakur A., Thakur M., Khadikar P. V.* QSAR study on inhibition of E. Coli by sulfonamides // *ARKIVOC.* 2006. P. 87–102.
33. *Thakur M., Thakur A., Khadikar P. V., Supuran C. T.* QSAR study on pKa vis-à-vis physiological activity of sulfonamides: a dominating role of surface tension (inverse steric parameter) // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2005. Vol. 15. P. 203–209.
34. *Velraja G., Soundharam S.* Structure, vibrational, electronic, NBO and NMR analyses of 4-amino-N-[2-pyridinyl] benzene sulfonamide (sulfapyridine) by experimental and theoretical approach // *J. Mol. Struct.* 2014. Vol. 1074. Iss. 9. P. 475–486. DOI: 10.1016/J.MOLSTRUC.2014.06.003 Corpus ID: 95669773.

#### *Информация об авторах / Information about the authors*

**Крылов Евгений Николаевич** – доктор химических наук, доцент, профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [enk2000S@yandex.ru](mailto:enk2000S@yandex.ru)

**Krylov Evgeny Nikolaevich** – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fundamental and Applied Chemistry, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [enk2000S@yandex.ru](mailto:enk2000S@yandex.ru)

**Вирзум Людмила Викторовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры агрохимии, химии и экологии, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. К. Беляева, г. Иваново, Россия, [virzum@list.ru](mailto:virzum@list.ru)

**Virzum Lyudmila Viktorovna** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Chemistry and Ecology, Ivanovo State Agricultural Academy D. K. Belyaev, Ivanovo, Russia, [virzum@list.ru](mailto:virzum@list.ru)

УДК 547.541.521:544.169:544.362.4

*Е. Н. Крылов, Л. В. Вирзум***ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ КАРБОАНГИДРАЗЫ E. Coli  
И ЗАМЕЩЕННЫХ СУЛЬФАНИЛИДОВ NH<sub>2</sub>PhNHSO<sub>2</sub>PhX:  
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ**

**Аннотация.** Проведен квантово-химический расчет структур замещенных ароматических сульфанилидов на уровне теории DFT M06/6-311++G\*\* с учетом неспецифической сольватации в среде H<sub>2</sub>O в рамках метода SMD. Определен молекулярный электростатический потенциал (МЭП) на атоме сульфамидного азота. Обнаружено, что зависимость между этим параметром и активностью сульфанилидов при ингибировании карбоангидразы E. Coli достаточно близка к линейной и является симбатной. Это соответствует определяющей роли атомного электростатического потенциала (АЭП) во взаимодействии ингибитора в анионной форме с катионом цинка в активном центре фермента. Вклад МЭП в ингибирование превышает вклад от гидрофобных взаимодействий примерно вдвое. Син-конформеры стабилизированы относительно анти-конформеров электронодонорным эффектом заместителей за счет π-π-взаимодействия.

**Ключевые слова:** сульфанилиды, карбоангидраза, ингибирование, молекулярный электростатический потенциал.

*Е. N. Krylov, L. V. Virzum***E. Coli CARBONIC ANHYDRASE AND SUBSTITUTED  
SULFANILIDES NH<sub>2</sub>PhNHSO<sub>2</sub>PhX INTERACTIONS:  
QUANTUM CHEMICAL ANALYSIS**

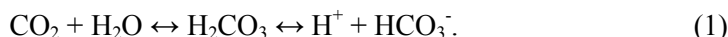
**Abstract.** A quantum chemical calculation of the structures of substituted aromatic sulfanilides was carried out at the level of the theory of DFT M06/6-311++G\*\*, taking into account non-specific solvation in the H<sub>2</sub>O medium within the framework of the SMD method. The molecular electrostatic potential (MEP) on a sulfanilides nitrogen atom has been determined. It was found that the relationship between this parameter and the activity of sulfanilides in the inhibition of E. Coli carbonic anhydrase is quite close to linear and is symbiotic. This corresponds to the determining role of the atomic electrostatic potential (AEP) in the interaction of the inhibitor in anionic form with the zinc cation in the active center of the enzyme. The contribution of MEP to inhibition exceeds the contribution from hydrophobic interactions by about half. Syn-conformers are stabilized relative to anti-conformers by the electron-donating effect of substituents.

**Keywords:** sulfanilides, carbonic anhydrase, inhibition, molecular electrostatic potential.

**Введение**

Сульфонамидная группа сульфониламидов (RSO<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>) является их ключевым структурным фрагментом, обеспечивающим ингибирование изомеров α-карбоангидраз (СА). Различные изомеры (изоцимы) фермента α-карбоангидразы катализируют процессы интерконверсии двуокиси углеро-

да в гидрокарбонат-анион [31], иначе говоря, обратимую реакцию гидратации диоксида углерода (1), протекающую при координации этих реагентов с катионом цинка в активном центре фермента:



Известно, что сульфониламиды в анионной форме связывают катион цинка в активном центре СА атомом сульфамидного азота с высокими константами связывания  $K$  ( $\log K = 4 \div 9$ ) [28]. Это связывание нарушает координацию  $\text{Zn}^{+2}$  с  $\text{H}_2\text{O}$ , необходимую для связывания  $\text{CO}_2$  по схеме (1). В связи с этим описание взаимодействия ингибиторов с ферментом (степени ингибирования) представляет интерес как в теоретическом плане, так и с практической стороны [32].

Помимо взаимодействия с катионом цинка [16], сульфониамиды взаимодействуют с аминокислотным окружением [32]. Взаимодействие распределяется таким образом, что водородными связями сульфамид координируется с различными аминокислотами из окружения катиона цинка (в частности, с тирозином), а ионным атомом азота сульфамидной группы – с катионом цинка [11, 29].

Таким образом, активность ингибиторов определяется множеством факторов [7], часть из которых представляется главной во взаимодействии между анионной формой сульфониламида и катионом цинка. В свою очередь они обуславливают прочность комплекса между указанными структурами и, как следствие этого, силу ингибирующего действия сульфониламида. Однако далеко не все взаимодействия или описывающие их параметры имеют физический смысл, поэтому представляет интерес обнаружение наиболее действенного фактора и оценка его эффективности. В этом плане представляет интерес метод дескрипторов молекулярной активности [36].

### Теоретическое обоснование

В рамках концептуальной DFT развивается теоретическое обоснование и проверка возможности практического применения молекулярных параметров – дескрипторов – для описания реакционной способности, механизмов реакций и структур интермедиатов и переходных состояний [35].

Молекулярные дескрипторы являются численными характеристиками структурных особенностей молекул, отвечающих за проявление определенных химических и физико-химических свойств [36]. В принципе дескриптором может быть любая величина, которую можно получить, исходя из структуры химического соединения – молекулярная масса, молекулярный объём, заряды на атомах и т. д. Поэтому дескрипторы классифицируются на экспериментально измеряемые и рассчитываемые на основе различных теоретических представлений.

Для предсказания физиологической активности в технологиях QSAR обычно используют дескрипторы, рассчитанные на основе стерических и топологических особенностей структуры, а также электронных эффектов заместителей и липофильности [17].

К квантово-химическим дескрипторам, в частности, относят индексы реакционной способности (далее – ИРС), основанные на теории функционала плотности (DFT) [10] – электронный химический потенциал ( $\mu$ ), жесткость ( $\eta$ ), электрофильность ( $\omega$ ) [6] и ряд других. Они используются в настоящее

время в самых различных областях химии, в том числе для диагностики механизмов органических реакций и описания химической активности органических соединений. К подобным ИРС относится, в частности, атомный электростатический потенциал Vesp (АЭП) [25, 26]), определяемый как молекулярный электростатический потенциал (МЭП) на данном атоме.

Считается [25], что МЭП (АЭП) является фундаментальным фактором, определяющим природу молекул и их реакционную способность. МЭП обычно ассоциирован с электроотрицательными атомами (азот, кислород, сульфонильный атом серы), причем в этом регионе молекулы наблюдаются локальные минимумы с более отрицательным значением АЭП по сравнению с окружающим МЭП. Из теории МЭП следует, что распределение МЭП влияет на дальнедействующее взаимодействие реагентов [26], поскольку известно, что на дистанциях свыше 3 Å основной вклад во взаимодействие вносят электростатические силы [4]. Поэтому АЭП является, в частности, основой молекулярного распознавания.

Для описания реакционной способности органических соединений МЭП является более подходящим статическим дескриптором по сравнению с зарядом на атомах, поскольку МЭП представляет собой физически наблюдаемую величину [30], в отличие от зарядов, которые квантово-химически не определены [38], хотя широко используются в теоретической органической химии [17, 36].

Ряд квантово-химических ИРС был использован авторами [28] для установления соотношения их с константами связывания (ингибирования) фермента карбоангидразы в виде математических моделей на основе технологий QSAR-QSPR. Эти модели представляют собой двух-, трех- и четырехпараметрические линейные уравнения, в которых дескрипторами служили теплота образования, молекулярная масса, электроотрицательность, квантовая жесткость, энергии фронтальных орбиталей, общая энергия в различных сочетаниях дескрипторов. Были достигнуты коэффициенты множественной корреляции от 0.816 до 0.848. Корреляции на какой-либо один параметр авторами обнаружены не были.

В качестве дескрипторов активности сульфониламидов по отношению к карбоангидразе использованы также коэффициенты распределения вода/октанол, энергии ВЗМО, торсионная энергия и радиус вращения (радиус инерции) как расстояние между осью вращения и центром масс [27]. Во всех случаях достигнуты коэффициенты множественной корреляции 0.724 – 0.608.

Известно, что ацетазоламид имеет одну из самых высоких активностей при ингибировании карбоангидразы (константа ингибирования составляет всего 21 нМ – чем она меньше, тем меньшая концентрация сульфонамида является активной и тем сильнее ингибирование). В то же время метазоламид, его аналог, весьма сходный по ацетазоламидом структуре, имеет на порядок большее значение константы ингибирования – 225 нМ [23]. Структурный анализ [23], коррелированный с данными по ингибированию на комплексах  $\alpha$ -СА с двумя фармакологическими ингибиторами карбоангидраз человека, ацетазоламидом и метазоламидом обнаружил, что два сульфонамидных атома кислорода ингибиторов расположены проксимально к предполагаемому местоположению атомов кислорода субстрата  $\text{CO}_2$  в комплексе Михаэлиса, в то время как координирующий цинк сульфонамидный азот занимает положение каталитической молекулы воды. Этот анализ имеет значение для дизайна ингибиторов бактериальных углекислых ангидраз на основе структуры. Од-

нако далеко не всегда можно предсказать активность препарата, используя структурное сходство. В частности, в силу сложности структур ингибиторов и каталитического центра исследуются даже такие экзотические препараты, как дикарбабораны, причем некоторые из них обладают активностью, сравнимой с активностью ацетазоламида, однако не проходят проверку на пригодность по ряду критических параметров [18].

Тем не менее в выборках для соединений сходной структуры относительно небольшого объема удается обнаружить простые корреляции биологической активности и простых физически обоснованных параметров молекул органических соединений. В неявной форме при этом используется хорошо работающий в таких выборках принцип линейности свободных энергий [5].

### Результаты и их обсуждение

Расчет структур замещенных ароматических сульфанилидов  $\text{NH}_2\text{PhNHSO}_2\text{PhX}$  осуществлен программным комплексом ADF 2014.04 [8] на уровне теории DFT M06/6-311++G\*\* с учетом неспецифической сольватации в среде  $\text{H}_2\text{O}$  (по аналогии с расчетами работы [13]) в рамках метода SMD [21] (табл. 1) без ограничений по типу симметрии. Такой метод позволяет рассчитать энергии сольватации с «химической» точностью (0.6 – 1.0 ккал/моль) [22], что важно при учете влияния среды. Расчет зарядов проведен в схеме Хиршфельда [19], заряды в которой хорошо физически обоснованы [19]. Расчетные структуры по относительному расположению ароматических колец, длинам связей и валентным углам сходны с таковыми, имеющими место в литературе [9, 24, 37].

Замещенные сульфанилиды  $\text{NH}_2\text{PhNHSO}_2\text{PhX}$  имеют две весьма близкие по энергии конформации, одна из которых близка по строению почти к плоской (анти-конформер), а другая – несколько более устойчивая – как бы свернута (син-конформер) вследствие взаимодействия сближенных ароматических колец (рис. 1) [37]. При этом обнаружено, что син-конформеры стабилизированы электронодонорным эффектом заместителей за счет усиления  $\pi$ - $\pi$ -взаимодействие между ароматическими кольцами, как это можно показать на примере данных для  $\text{HPhNHSO}_2\text{PhY}$  (табл. 1, рис. 1).

Таблица 1

**Квантово-химические параметры  $\text{HPhNHSO}_2\text{PhY}$  в среде  $\text{H}_2\text{O}$   
Син-конформеры.  $E_{\text{tot}}$ (анти-) – для анти-конформеров**

| Y                 | - $\mu$ | $\eta$ | $\omega$ | $\sigma(\text{п-})$ [5] | - $E_{\text{tot}}$ (**) | - $E_{\text{tot}}$ (анти-) | $\Delta E$ *) |
|-------------------|---------|--------|----------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|---------------|
| H                 | 4.2358  | 2.9144 | 3.0781   | 0.0                     | 1066.780738             | 1066.775530                | 3.27          |
| 4-OMe             | 4.0630  | 2.9707 | 2.7784   | -0.268                  | 1181.249238             | 1181.241976                | 4.56          |
| 4-Me              | 4.1955  | 2.9535 | 2.9798   | -0.117                  | 1106.053549             | 1106.046972                | 4.13          |
| 4-F               | 4.2336  | 2.9489 | 3.0389   | 0.062                   | 1166.029855             | 1166.024511                | 3.35          |
| 4-Cl              | 4.3250  | 2.8365 | 3.2973   | 0.227                   | 1526.383377             | 1526.378235                | 3.23          |
| 4-Cl              | 4.3258  | 2.8374 | 3.2976   | 0.227                   | 1526.383377             | 1526.378235                | 3.23          |
| 4-Br              | 4.3574  | 2.8243 | 3.3614   | 0.232                   | 3640.211470             | 3640.206048                | 3.20          |
| 3-Br              | 4.3521  | 2.8228 | 3.3549   | 0.391                   | 3640.210339             | 3640.205792                | 2.85          |
| 3-NO <sub>3</sub> | 5.1404  | 2.0998 | 6.2920   | 0.778                   | 1271.248947             | 1271.246085                | 1.80          |

Примечание. \*) ккал/моль. \*\*) Общие энергии  $E_{\text{tot}}$ ,  $E_{\text{tot}}$ (анти-) – Hartree,  $\mu$ ,  $\eta$ ,  $\omega$  – eV.

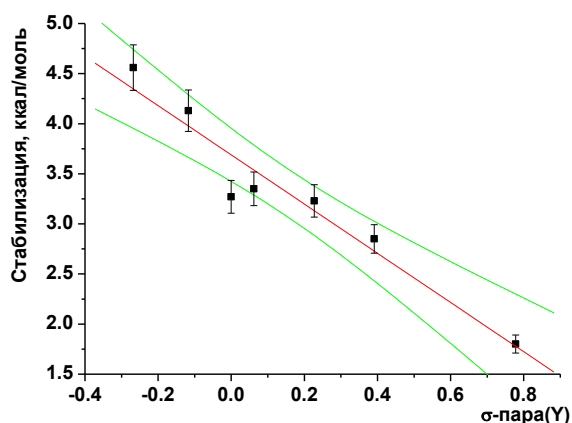


Рис. 1. Стабилизация (2) син-конформеров сульфанилидов как функция электронного эффекта заместителей

$$\Delta E = (3.689 \pm 0.103) - (2.456 \pm 0.288) \cdot \sigma(\text{пара-Y}),$$

$$R = -0.967, SD = 0.247, N = 7, P = 0.00036 \quad (2)$$

Данные расчета согласуются с кристаллографическими данными [24] для родственных по строению соединений. Далее приведены результаты расчета структур  $\text{NH}_2\text{PhSO}_2\text{NPhX}$  (табл. 2), для которых имеются надежные данные по интенсивности взаимодействия с карбоангидразой при ее ингибировании [33], а также данные по кислотности их по сульфамидной группе [34]. Последние данные приведены, поскольку установлено, что ингибирующая активность сульфонамидов, которые структурно подобны рассматриваемым сульфанилидам, определяется в основном кислотностью сульфамидной группы [20], что согласуется с обширным квантово-химическим анализом [2]. Кислотность сульфонамидов в свою очередь определяется величиной молекулярного электростатического потенциала (АЭП) на сульфамидном атоме азота [3].

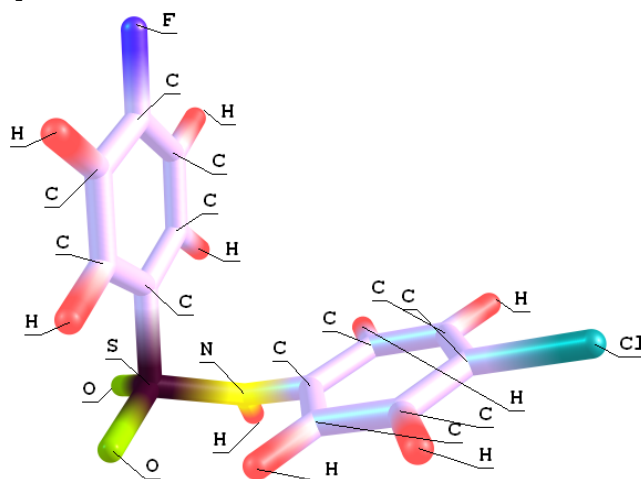


Рис. 2. Структурная модель молекулы син-4-хлор-4'-фторбензолсульфанилида (визуализация программным комплексом ChemCraft v. 1.6, build 315 [15])

Таблица 2

Квантово-химические параметры молекул сульфанилидов  $\text{NH}_2\text{PhSO}_2\text{NHPhX}$ 

| N  | X                                   | -Q(N)  | E(HOMO)  | E(LUMO)  | -Vesp(N)  | $\log(1/C)$ [33] |
|----|-------------------------------------|--------|----------|----------|-----------|------------------|
| 1  | 4-NMe <sub>2</sub>                  | 0.1482 | -0.21417 | -0.05266 | 8.382356  | 4.35             |
| 2  | 2-OMe                               | 0.1449 | -0.23482 | -0.03743 | 18.390427 | 4.45             |
| 3  | 2-OEt                               | 0.1456 | -0.23516 | -0.03737 | 18.391743 | 4.35             |
| 4  | 4-OMe                               | 0.1400 | -0.23686 | -0.05426 | 18.371803 | 4.47             |
| 5  | 4-OEt                               | 0.1428 | -0.23542 | -0.03938 | 18.379216 | 4.49             |
| 6  | 4-Me                                | 0.1383 | -0.24455 | -0.05527 | 18.370209 | 4.66             |
| 7  | 2-Me                                | 0.1394 | -0.23682 | -0.03836 | 18.377149 | 4.46             |
| 8  | 3-Me                                | 0.1383 | -0.24589 | -0.05498 | 18.370001 | 4.60             |
| 9  | H                                   | 0.1380 | -0.24670 | -0.05521 | 18.368047 | 4.80             |
| 10 | 3-OEt                               | 0.1401 | -0.23620 | -0.04106 | 18.379891 | 4.80             |
| 11 | 3-OMe                               | 0.1395 | -0.23595 | -0.03963 | 18.378492 | 4.80             |
| 12 | 4-Cl                                | 0.1365 | -0.24872 | -0.05856 | 18.360669 | 4.89             |
| 13 | 4-Br                                | 0.1377 | -0.24927 | -0.05889 | 18.361366 | 4.89             |
| 14 | 2-Br                                | 0.1336 | -0.24587 | -0.05423 | 18.364544 | 4.99             |
| 17 | 3-Cl                                | 0.1361 | -0.25038 | -0.05726 | 18.361127 | 5.10             |
| 18 | 3-Br                                | 0.1384 | -0.23719 | -0.03967 | 18.364363 | 4.95             |
| 19 | 3-NO <sub>2</sub>                   | 0.1381 | -0.23745 | -0.10768 | 18.350028 | 5.60             |
| 20 | 3-CF <sub>3</sub>                   | 0.1391 | -0.23707 | -0.04077 | 18.359903 | 5.25             |
| 21 | 4-CF <sub>3</sub> *)                | 0.1368 | -0.25070 | -0.04960 | 18.290542 | 5.40             |
| 22 | 4-CN                                | 0.1338 | -0.25582 | -0.06674 | 18.350296 | 6.00             |
| 23 | 4-COMe                              | 0.1380 | -0.23816 | -0.06947 | 18.362155 | 5.70             |
| 24 | 4-NO <sub>2</sub>                   | 0.1179 | -0.23787 | -0.10446 | 18.331972 | 6.00             |
| 25 | 4-SO <sub>2</sub> Me                | 0.1336 | -0.23762 | -0.05334 | 18.348014 | 5.85             |
| 26 | 2,3-Me <sub>2</sub>                 | 0.1393 | -0.23520 | -0.03802 | 18.381410 | 4.32             |
| 27 | 2-Me,5-Cl                           | 0.1356 | -0.23596 | -0.03928 | 18.366354 | 4.80             |
| 28 | 2-Me,6-Cl                           | 0.1327 | -0.23612 | -0.03976 | 18.375089 | 4.80             |
| 29 | 3,4-Cl <sub>2</sub>                 | 0.1391 | -0.23839 | -0.04113 | 18.359581 | 5.40             |
| 30 | 3,5-Cl <sub>2</sub>                 | 0.1356 | -0.25244 | -0.05753 | 18.355988 | 5.55             |
| 31 | 2-Cl,4-OMe                          | 0.1410 | -0.23513 | -0.03841 | 18.377892 | 4.77             |
| 32 | 2-OMe,4-Cl                          | 0.1437 | -0.23559 | -0.03902 | 18.379958 | 5.10             |
| 34 | 2-Me-4-NO <sub>2</sub>              | 0.1188 | -0.23762 | -0.10384 | 18.335281 | 5.55             |
| 36 | 2-Br-4-NO <sub>2</sub>              | 0.1213 | -0.23887 | -0.10916 | 18.343731 | 5.64             |
| 38 | 2-Cl                                | 0.1401 | -0.23631 | -0.04031 | 18.374733 | 5.55             |
|    |                                     |        |          |          |           | pKa [34]         |
| 1  | 3,5-(NO <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> | 0.1259 | -0.26349 | -0.12228 | 18.331966 | 6.19 (6.10)      |
| 2  | 3-NO <sub>2</sub> -5-Cl             | 0.1380 | -0.25777 | -0.11194 | 18.348151 | 6.92 (6.90)      |
| 3  | 4-NO <sub>2</sub>                   | 0.1179 | -0.23787 | -0.10446 | 18.331972 | 6.97 (7.55)      |
| 4  | 3-NO <sub>2</sub> -4-Cl             | 0.1475 | -0.25283 | -0.10278 | 18.356222 | 7.16 (7.90)      |
| 5  | 4-CN                                | 0.1338 | -0.25582 | -0.06674 | 18.350296 | 7.36 (7.67)      |
| 6  | 4-SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>   | 0.1332 | -0.25146 | -0.05708 | 18.353482 | 7.45 (7.52)      |
| 7  | 3,5-Cl <sub>2</sub>                 | 0.1356 | -0.25244 | -0.05753 | 18.355988 | 7.54 (8.13)      |
| 8  | 3-NO <sub>2</sub>                   | 0.1381 | -0.23745 | -0.10768 | 18.350028 | 7.67 (7.55)      |
| 9  | 4-COMe                              | 0.1380 | -0.23816 | -0.06947 | 18.362155 | 7.61 (8.78)      |
| 10 | 3-SO <sub>2</sub> NH <sub>2</sub>   | 0.1503 | -0.24473 | -0.30872 | 18.366885 | 7.81 (7.52)      |
| 11 | 3-CN                                | 0.1371 | -0.23797 | -0.05965 | 18.353740 | 7.83 (7.67)      |
| 12 | 3-Cl                                | 0.1361 | -0.25038 | -0.05726 | 18.361127 | 8.28 (8.26)      |
| 13 | 3-COMe                              | 0.1397 | -0.24726 | -0.07154 | 18.364535 | 8.34 (8.78)      |
| 14 | 4-Cl                                | 0.1365 | -0.24872 | -0.05856 | 18.360669 | 8.56 (8.26)      |
| 15 | 3-OMe                               | 0.1395 | -0.23595 | -0.03963 | 18.378492 | 8.72 (8.96)      |
| 16 | H                                   | 0.1380 | -0.24670 | -0.05521 | 18.368047 | 8.97 (8.97)      |
| 17 | 3-Me                                | 0.1383 | -0.24589 | -0.05498 | 18.370001 | 9.05 (9.16)      |
| 18 | 4-Me                                | 0.1383 | -0.24455 | -0.05527 | 18.370209 | 9.25 (9.16)      |
| 19 | 4-OMe                               | 0.1400 | -0.23686 | -0.05426 | 18.371803 | 9.34 (8.97)      |
| 21 | 4-NMe <sub>2</sub>                  | 0.1482 | -0.21417 | -0.05266 | 18.382356 | 9.46 (8.92)      |

Примечание. \*) Расчет на уровне теории M06/6-31+G\*. Нумерация точек дана по [33, 34]. Q(N) – заряд на атоме сульфамидного азота, Vesp(N) – атомный электростатический потенциал на этом атоме, а.е. С – действующая концентрация ингибитора, mM (см. [14]), чем она меньше, тем сильнее ингибирование.



Квантово-химические дескрипторы реакционной способности ( $\mu$ ,  $\eta$ ,  $\omega$ ) рассчитаны по соотношениям (3–5) в соответствии с теорией концептуальной DFT [12]

$$\mu = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) + E(\text{HOMO})] \quad (3)$$

$$\eta = 0.5 \cdot 27.2116 \cdot [E(\text{LUMO}) - E(\text{HOMO})] \quad (4)$$

$$\omega = 0.5 \cdot \mu^2 / \eta \quad (5)$$

Коэффициент корреляции (рис. 3) зависимости (6) проходит проверку на статистическую значимость по стандартной методике [1].

$$\log(1/C) = (533.587 \pm 65.943) + (28.779 \pm 3.590) \cdot \text{Vesp}(N),$$

$$R = 0.827, SD = 0.293, N = 32, P < 0.0001. \quad (6)$$

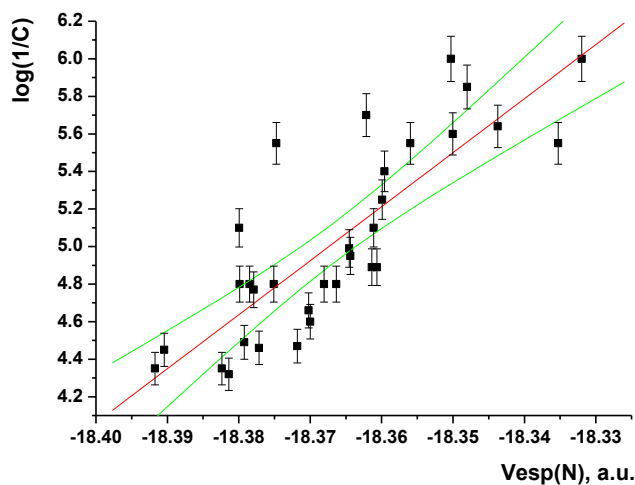


Рис. 3. Ингибирующая активность сульфанилидов  $\text{NH}_2\text{-Ph-SO}_2\text{-NH-Ph-X}$  как функция АЭП на атоме сульфамидного атома азота

Симбатный характер зависимости (6) (рис. 3) свидетельствует о определяющем вкладе атомного электростатического потенциала (АЭП) во взаимодействие ингибитора в анионной форме с катионом цинка в активном центре фермента. Чем более отрицателен АЭП, тем менее кислым является сульфанилид из-за усиления связи N-H в сульфамидном фрагменте молекулы и тем большая концентрация ингибитора требуется для эффективного ингибирования фермента (левая часть графика на рис. 3). Аналогичная картина наблюдается для взаимодействия сульфониламидов с  $\alpha$ -карбоангидразой II [2] в соответствии с их кислотными свойствами [3, 20].

Вклад в общее взаимодействие, вызванный атомным электростатическим потенциалом, оценивается в соответствии с правилами математической статистики величиной коэффициента детерминации  $R^2$ , что составляет 0.684. Отклонения от линейной корреляции вызваны вкладом гидрофобных и иных взаимодействий скелета ингибитора (scaffold) с аминокислотным окружением полости активного центра фермента. Для данной выборки этот вклад можно оценить по величине  $1 - R^2$  (0.316), представляющем собой вклад случайных – с точки зрения статистики, однако не случайных с точки зрения физико-

химических – а именно гидрофобных – взаимодействий в общее ингибирование. Таким образом, **вклад АЭП в ингибирование примерно вдвое превышает вклад гидрофобных взаимодействий.**

Близкая к линейной корреляция (7) между кислотностью сульфанилидов и АЭП подтверждает сказанное выше и согласуется с данными [2. 3].

$$\begin{aligned} pK_a[34] &= (-1119.371 \pm 138.805) + (61.407 \pm 7.560) \cdot V_{\text{esp}}(N), \\ R &= 0.886, SD = 0.437, N = 20, P < 0.0001. \end{aligned} \quad (7)$$

Отклонения от корреляционной прямой (7) вызваны, вероятно, различиями в сольватации сульфанилидов и их анионов в водной среде из-за различий в структурах.

Остальные дескрипторы – электронный химический потенциал, жесткость и электрофильность – не дают столь однозначных линейных корреляций на активность ингибиторов и в данном контексте не рассматриваются. Вероятно, вопрос требует специального анализа, поскольку кислотность сульфанилидов – процесс, определяемый прочностью связи N-H и устойчивостью анионов сульфанилидов. В то же время ингибирование ферментов семейства карбоангидраз определяется не только координацией атома сульфамидного азота с катионом цинка в каталитическом узле, но и не менее важным взаимодействием линкера (scaffold) с аминокислотным окружением каталитического узла, как это показано выше.

### Заключение

Таким образом, более устойчивыми являются син-конформеры ароматических сульфанилидов, которые стабилизированы  $\pi$ - $\pi$ -взаимодействием ароматических колец за счет электронодонорного эффекта заместителей в этих кольцах. В соответствии с общепринятым представлением об анионном характере ингибирования сульфониламидами работы ферментов группы карбоангидраз наблюдается зависимость между ингибирующей активностью ароматических сульфанилидов с двумя ароматическими кольцами и величиной атомного электростатического потенциала на атоме сульфамидного азота, поскольку чем выше кислотные свойства сульфанилидов, тем сильнее ингибирование. Кислотность сульфанилидов также определяется величиной АЭП на атоме сульфамидного азота. Вклад неэлектростатических (гидрофобных) взаимодействий скелета сульфониламида (scaffold) с аминокислотным окружением активного центра фермента составляет около половины кулоновского взаимодействия ингибитора и активного центра фермента, каковым является катион  $Zn^{+2}$ .

### Библиографический список

1. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Юрайт, 2016. 479 с.
2. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В. Квантово-химический анализ взаимодействия алкиларилсульфонамидов с  $\alpha$ -карбоангидразой hCA II // Бутлеровские сообщения. 2021. Т. 66. № 5. С. 11–24.
3. Крылов Е. Н., Вирзум Л. В. Кислотность арилсульфонамидов как функция квантово-химических параметров атома сульфамидного азота // Известия Академии наук. Серия химическая. 2019. № 3. С. 527–531.

4. Минкин В. И., Симкин Б. Я., Миняев Р. М. Квантовая химия органических соединений. Механизмы реакций. М.: Химия, 1986. 248 с.
5. Пальм В. А. Основы количественной теории органических реакций. Л.: Химия, 1977. 360 с.
6. A matter of density. Exploring the electron density concept in the chemistry, biological and materials sciences / Sukumar N., Ed. Hoboken: J. Wiley and Sons Inc. 2013. 318 p.
7. Alterio V., Di Fiore A., D'Ambrosio K., et al. Multiple Binding Modes of Inhibitors to Carbonic Anhydrases: How to Design Specific Drugs Targeting 15 Different Isoforms? // Chem. Rev. 2012. Vol. 112. Iss. 8. P. 4421–4468. DOI: 10.1021/cr200176r
8. Baerends E. J., et al. ADF2014. SCM. Theoretical Chemistry. Vrije Universiteit. Amsterdam. The Netherlands. 2014. <http://www.scm.com>. (дата обращения: 12.01.2021).
9. Chaithanya U., Foro S., Gowda B. T. N-(2,5-Dimethylphenyl)-2-nitrobenzenesulfonamide. // Acta Cryst. 2012. Structure Reports. Section E68. o3426. doi:10.1107/S1600536812047630
10. Chemical reactivity theory. A density functional view / Chattaraj P. K., Ed. N.-Y.: CRC Press. 2009. 577 p.
11. Chiaramonte N., Bua S., Ferraroni M., Nocentini A., Bonardi A., Bartolucci G., Durante M., Lucarini L., Chiapponi D., Dei S. // Eur. J. Med. Chem. 2018. Vol. 151. P. 363–375.
12. Concepts and methods in modern theoretical chemistry / Ghosh S. K., Chattaraj P. K. Eds. 2013. N.-Y.: CRC Press, 2013. 450 p.
13. Ghiasia M., Kamalinahada S., Arabieh M., Zahedi M. Carbonic anhydrase inhibitors: A quantum mechanical study of interaction between some antiepileptic drugs with active center of carbonic anhydrase enzyme // Comput. Theor. Chem. 2012. Vol. 992. P. 59–69.
14. Hansch C., Kurup A., Garg R., Gao H. Chem-Bioinformatics and QSAR: A Review of QSAR Lacking Positive Hydrophobic Terms // Chem. Rev. 2001. Vol. 101. P. 619–672. <https://doi.org/10.1021/cr0000067>.
15. <https://www.chemcraftprog.com>. (дата обращения: 13.01.2022).
16. Kimura E. Model Studies for Molecular Recognition of Carbonic Anhydrase and Carboxypeptidase // Acc. Chem. Res. 2001. Vol. 34. N 2. P. 171–179.
17. Kubinyi H. QSAR: Hansch analysis and related approaches. N.-Y.: Wiley-VCH. 1993. 240 p.
18. Kugler M., Holub J., Pospisilova K., El Anwar S., Bavol D., Havranek M., Kral V., Fabry M., Gruner B. The structural basis for the selectivity of sulfonamido dicarbaboranes toward cancer-associated carbonic anhydrase IX // J. Enzyme Inhib. Med. Chem. 2020. Vol. 35. N. 1. P. 1800–1810. <https://doi.org/10.1080/14756366.2020.1816996>
19. Liu S.-B. Conceptual density functional theory and some recent developments // Acta Phys.-Chim. Sin. 2009. Vol. 25. N 3. P. 590–600.
20. Maren T. H., Conroy C. W. A New Class of Carbonic Anhydrase Inhibitor // J. Biol. Chem. 1993. Vol. 268. N. 35. P. 26233–26239.
21. Marenich A. V., Cramer C. J., Truhlar D. G. Universal Solvation Model Based on Solute Electron Density and on a Continuum Model of the Solvent Defined by the Bulk Dielectric Constant and Atomic Surface Tensions // J. Phys. Chem. B 2009. Vol. 113. N 18. P. 6378–6396.
22. Mennucci B., Cammi R. Continuum Solvation Models in Chemical Physics: From Theory to Applications. Chichester: John Wiley & Sons. 2008. P. 65–80.
23. Modakh J. K., Liu Y. C., Machuca M. A., Supuran C. T., Roujeinikova A. Structural Basis for the Inhibition of Helicobacter pylori  $\alpha$ -Carbonic Anhydrase by Sulfonamides // PLOS ONE. P. 1–13. DOI:10.1371/journal.pone.0127149 May 26. 2015.
24. National Center for Biotechnology Information. 2021. PubChem Compound Summary. CID 69772, 4'-Nitro-p-toluenesulfonilide. 2021. [https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4'\\_-Nitro-p-toluenesulfonilide](https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/4'_-Nitro-p-toluenesulfonilide).

25. *Politzer P., Murray J. S.* Molecular electrostatic potentials. Some observations // Concepts and methods in modern theoretical chemistry / Ghosh S. K., Chattaraj P. K., Eds. N.-Y.: CRC Press. 2013. P. 181–199. (450 p.).
26. *Politzer P., Murray J. S.* The electrostatic potential: an overview // Theor. Chem. Acc. 2002. Vol. 108. N 3. P. 134–142.
27. *Pothen B., Singh V., Kumar S., Tiwari M.* Structural optimization of new class of selective carbonic anhydrase inhibitors. // Indian J. Chem. 2010. Vol. 49B. P. 224–233.
28. *Srivastava P., Srivastava Sh., Soni A. K., Singh R. K.* Quantitative structure-activity relationship study of benzene sulfonamides as inhibitor of carbonic anhydrase based on quantum chemical descriptor // J. Comp. Meth. Mol. Des. 2012. Vol. 2. N 3. P. 99–106.
29. *Stams T., Christianson D. W.* The Carbonic Anhydrase – New Horizons. Basel: Birkhauser Verlag. 2000. P. 159–174.
30. *Stewart R. F.* On the mapping of electrostatic properties from Bragg diffraction data // Chem. Phys. Lett. 1979. Vol. 65. N 2. P. 335–342.
31. *Supuran C. T.* Advances in structure-based drug discovery of carbonic anhydrase inhibitors. // Expert opinion on drug discovery. 2017. Vol. 12. N 1. P. 61–88.
32. *Supuran C. T.* How many carbonic anhydrase inhibition mechanisms exist? // J. Enzyme Inhib. Med. Chem. 2016. Vol. 31. N 3. P. 345–360. DOI 10.3109/14756366.2015.1122001
33. *Thakur A., Thakur M., Khadikar P. V.* QSAR study on inhibition of E. Coli by sulfonamides // ARKIVOC. 2006. P. 87–102.
34. *Thakur A.* QSAR study on benzenesulfonamide dissociation constant pKa: physico-chemical approach using surface tension // ARKIVOC. 2005. P. 49–58.
35. Theoretical aspects of chemical reactivity / Toro-Labbe A., Ed. Oxford: Elsevier. 2007. 322 p.
36. *Todeschini R. Consonni V.* Molecular descriptors for chemoinformatics. Vol. 41. / Mannhold R., Kubinyi H., Timmerman H., Ed. 2nd, Revised and Enlarged Edition. Weinheim: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA. 2009. 1257 p.
37. *Velraja G., Soundharam S.* Structure, vibrational, electronic, NBO and NMR analyses of 4-amino-N-[2-pyridinyl] benzene sulfonamide (sulfapyridine) by experimental and theoretical approach // J. Mol. Struct. 2014. Vol. 1074. Iss. 9. P. 475–486. DOI:10.1016/J.MOLSTRUC.2014.06.003 Corpus ID: 95669773
38. *Wiberg K. B., Rablen P. R.* Comparison of Atomic Charges Derived via Different Procedures // J. Comput. Chem. 1993. Vol. 14. N 2. P. 1504–1518.

#### **Информация об авторах / Information about the authors**

**Крылов Евгений Николаевич** – доктор химических наук, доцент, профессор кафедры фундаментальной и прикладной химии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, enk2000S@yandex.ru

**Krylov Evgeny Nikolaevich** – Doctor of Chemical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Fundamental and Applied Chemistry, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, enk2000S@yandex.ru

**Вирзум Людмила Викторовна** – кандидат химических наук, доцент кафедры агрохимии, химии и экологии, Ивановская государственная сельскохозяйственная академия им. Д. К. Беляева, г. Иваново, Россия, virzum@list.ru

**Virzum Lyudmila Viktorovna** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Agrochemistry, Chemistry and Ecology, Ivanovo State Agricultural Academy D. K. Belyaev, Ivanovo, Russia, virzum@list.ru

Ю. С. Дорофеева, А. В. Притулина

## КИНЕТИКА РЕАКЦИИ N-АЦИЛИРОВАНИЯ L-ПРОЛИНА НИТРОФЕНИЛОВЫМ ЭФИРОМ БЕНЗОЙНОЙ КИСЛОТЫ В ВОДНО-ОРГАНИЧЕСКИХ СРЕДАХ

**Аннотация.** Изучена кинетика реакции N-ацилирования L-пролина нитрофениловым эфиром бензойной кислоты в водно-органических средах: вода – этанол, вода – 2-пропанол, вода – трет-бутанол. Показано, что при увеличении воды в системе константы скорости реакции растут, а активационные параметры снижаются, что связано с особенностями сольватации реагентов и активированного комплекса.

**Ключевые слова:** кинетика, N-ацилирование, аминокислота, нитрофениловый эфир бензойной кислоты, водно-органическая среда, константа скорости.

Yu. S. Dorofeeva, A. V. Pritulina

## KINETICS OF THE REACTION OF N-ACYLATION OF L-PROLINE WITH NITROPHENYL ETHER OF BENZOIC ACID IN AQUEOUS ORGANIC MEDIA

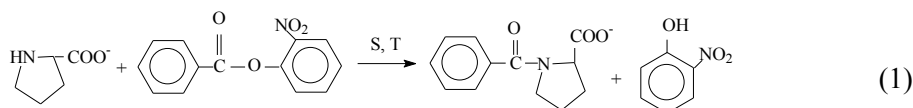
**Abstract.** The kinetics of the reaction of N-acylation of L-proline with nitrophenyl ether of benzoic acid in aqueous organic media: water – ethanol, water – 2-propanol and water – tert-butanol has been studied. It is shown that with an increase in water in the system, the reaction rate constants increase and the activation parameters decrease, which is due to the peculiarities of solvation of reagents and the activated complex.

**Keywords:** kinetics, N-acylation, amino acid, nitrophenyl ether of benzoic acid, water-organic medium, velocity constant.

Благодаря своей физиологической активности ациламинокислоты широко используются в биологических исследованиях, являясь действующим веществом множества соединений. Промышленный синтез данных объектов осуществляют взаимодействием аминокарбоновых кислот с фениловыми эфирами бензойной кислоты, которые активированы одной или несколькими нитрогруппами [1] в водно-органических растворителях. Ацилированные  $\alpha$ -аминокислоты не обладают токсичностью, легко разрушаются микроорганизмами природной среды не являясь экологическими токсикантами [5].

Эффективность использования имеющихся данных по ациламинокислотам предусматривает знание не только механизма взаимодействия, но и свойств  $\alpha$ -аминокислот в растворах. Поэтому данная работа направлена на расширение данных по кинетике N-ацилирования  $\alpha$ -аминокислот нитрофениловыми эфирами бензойной кислоты в водно-органических средах.

Взаимодействие L-пролина с нитрофениловым эфиром бензойной кислоты протекает по уравнению (1). Данная реакция, а именно N-ацилирование анионной формы  $\alpha$ -аминокислоты, является реакцией нуклеофильного замещения у карбонильного атома углерода.



Наряду с изучаемой реакцией (1) в водно-органической среде возможно протекание гидролиза нитрофенилового эфира бензойной кислоты (о-НФЭБК). Экспериментальным путем было установлено, что при соблюдении определенных условий постановки эксперимента ацилирующий агент не гидролизует [4]. Кинетические исследования изучаемой реакции (1) проводили спектрофотометрическим методом в видимой области спектра, при значительном избытке  $\alpha$ -аминокислоты (в  $10^2 - 10^3$  раз) по сравнению с концентрацией о-НФЭБК. Расчет констант скорости первого порядка  $k_1$  выполняли методом Гуттенгейма, расчет константы скорости второго порядка ( $k$ ) проводили по уравнению:

$$k = k_1 / C. \quad (2)$$

где  $C$  – концентрация анионной формы  $\alpha$ -аминокислоты.

Значения энергии и энтропии активации реакции рассчитывали по уравнениям Аррениуса и Эйринга соответственно. Кинетические характеристики реакции N-ацилирования L-пролина о-НФЭБК в водно-органических средах: вода – этанол (I), вода-2-пропанол (II), вода – трет-бутанол (III) приведены в таблице.

| масс%Н <sub>2</sub> О | $k, \text{л}/(\text{моль} \cdot \text{с}), 298\text{K}$ | $E_{\text{акт}}, \text{кДж}/\text{моль}$ | $-\Delta S^\ddagger, 298\text{Дж}/\text{моль} \cdot \text{K}$ |
|-----------------------|---|--|---|
| I                     |   |  |   |
| 40                    | 0,259   | 45±1                                     | 99±3  |
| 50                    | 0,387   | 44±1                                     | 101±3   |
| 60                    | 0,651   | 43±1                                     | 109±3   |
| 70                    | 1,13  | 41±2                                     | 112 ± 7   |
| II                    |   |  |   |
| 40                    | 0,139   | 55±1                                     | 110 ± 3   |
| 50                    | 0,166   | 53± 2                                    | 114 ± 7   |
| 60                    | 0,235   | 47± 2                                    | 116 ± 7   |
| 70                    | 0,469   | 45±1                                     | 120 ± 3   |
| III                   |   |  |   |
| 40                    | 0,109   | 51 ± 1                                   | 100±2   |
| 50                    | 0,129   | 47 ± 2                                   | 112±7   |
| 60                    | 0,133   | 44 ± 1                                   | 127±4   |
| 70                    | 0,162   | 42 ± 1                                   | 133±4   |

Из таблицы видно, что состав растворителя оказывает существенное влияние на кинетические параметры реакции. Увеличение содержания воды в водно-органическом растворителе приводит к монотонному росту константы скорости изучаемой реакции. Полученные в работе данные согласуются с результатами исследований, представленными в работах [2–4], что объясняется с позиции существования молекулярных комплексов различной реакционной способности, превалирование которых определяется термодинамикой комплексообразования в соответствии с природой и составом водно-органической среды. Рассчитанные величины энергии активации изучаемой реакции имеют достаточно низкие значения, а величины энтропии активации реакции характеризуются большими отрицательными значениями. Между

указанными величинами наблюдается компенсационный эффект по отношению к составу растворителя, который описывается уравнением:

$$\Delta H^\ddagger = A + T_{\text{изо}} \Delta S^\ddagger \quad (3)$$

где  $A$  – постоянная величина,  $T_{\text{изо}}$  – изокINETическая температура.

Для изученной реакции (1) в растворителе (III) уравнение (3) имеет значения:

$$\Delta H^\ddagger = (84430 \pm 1287) + (378 \pm 11)\Delta S^\ddagger, r = 0,995 \quad (4)$$

Из полученного уравнения (4) видно, что изокINETическая температура данной реакционной системы составляет 378 К. Это значение существенно выше температуры кипения растворителя, поэтому проведение эксперимента в данных условиях затруднено.

Полученные результаты могут быть использованы при решении проблемы влияния строения реагентов и среды на скорость химических реакций, в частности для технологии синтеза ацилпроизводных  $\alpha$ -аминокислот.

### Библиографический список

1. *Акимова А. А., Галахов О. И.* Ациламинокислоты синтез и свойства // Изв. Вузов. Химия и химическая технология. 1987. Т. 30, № 6.
2. *Кочетова Л. Б., Кустова Т. П., Курицын Л. В.* Амиды и сульфонамиды: кинетические закономерности синтеза и механизмы реакций. Москва; Берлин: Директ-Медиа, 2020. 282 с. URL: <https://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=597539> (дата обращения: 21.05.2021). Библиогр. в кн. ISBN 978-5-4499-1515-3. DOI 10.23681/597539. Текст: электронный.
3. *Курицын Л. В., Кустова Т. П., Садовников А. И., Калинина Н. В., Клюев М. В.* Кинетика реакций ацильного переноса. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2006.
4. *Курицын Л. В., Лебедухо А. Ю., Садовников А. И.* Влияние состава водно-органического растворителя на кинетику реакции  $N$ -ацилирования  $\alpha$ -аминокислот 4-нитрофениловым эфиром 4-нитробензойной кислоты // ЖОХ. 2004. Т. 74, вып. 2.
5. *Михалкин А. П.* Получение, свойства и применение  $N$ -ацил- $\alpha$ -аминокислот // Успехи химии. 1995. Т. 64, № 3.

### Информация об авторах / Information about the authors

**Дорофеева Юлия Сергеевна** – кандидат химических наук, доцент кафедры фундаментальной и прикладной химии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [dorofeevays@bk.ru](mailto:dorofeevays@bk.ru)

**Dorofeyeva Yulia Sergeevna** – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Fundamental and Applied Chemistry, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [dorofeevays@bk.ru](mailto:dorofeevays@bk.ru)

**Пругулина Анастасия Вячеславовна** – студентка 5 курса кафедры фундаментальной и прикладной химии, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [pritulina.nastya00@mail.ru](mailto:pritulina.nastya00@mail.ru)

**Pritulina Anastasia Vyacheslavovna** – 5th year student of the Department of Fundamental and Applied Chemistry, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [pritulina.nastya00@mail.ru](mailto:pritulina.nastya00@mail.ru)

## О МЕТОДЕ ВОСХОЖДЕНИЯ УЧАЩИХСЯ К ВЕДУЩИМ МАТЕМАТИЧЕСКИМ ПОНЯТИЯМ

**Аннотация.** Показываются важные роли формирования и использования «предысторий» ведущих математических понятий школьного и вузовских курсов математики как необходимых средств формирования и освоения этих понятий. Природосообразный и эффективный процесс даже только начального освоения такого понятия не может быть «линейным», то есть процессом «безоглядного» восхождения к этой цели. Участие в нем широкого множества когнитивных механизмов, которые необходимо выделить и подвергнуть развитию, требует многократных возвращений «к менее дифференцированным способам активности» (Х. Вернер), к «предыстории» этого понятия. Говоря словами О. Мандельштама, такой процесс должен быть подобным непрерывному превращению материально-поэтического субстрата, сохраняющего свое единство и стремящегося проникнуть внутрь себя самого. Его насквозь пронзает безостановочная формообразующая тяга. Созидание «предыстории» должно обеспечивать и следование принципу преемственности в изучаемых знаниях, а тем самым их выстраиванию как целостной развивающейся системы. Осознание учащимися метатеоретической базы, на которой основывается такой процесс, является средством развития их понимания. Оно служит средством творчески понимающего овладения формируемым понятием. Формальная логика в таком процессе функционирует как семантико-синтаксический инструмент, как единство синтаксического и семантического планов при ведущей роли семантического плана, а значит, при ведущей роли смыслового начала и тем самым при ведущей роли механизмов понимания.

**Ключевые слова:** восхождение к математическому понятию, нестандартные задачи, предварающая стадия, интуитивные представления, строгое понятие, примитивный фон, предел последовательности, формальная логика, теоретическое мышление, метатеоретическая база.

*S. R. Kogalovskii*

## ON THE METHODS OF ASCENT OF STUDENTS TO THE LEADING MATHEMATICAL CONCEPTS

**Abstract.** The important roles of the formation and use of the “prehistories” of the leading mathematical concepts of school and university courses of mathematics as necessary means of forming and mastering these concepts are shown. The natural and effective process of even the initial development of the leading mathematical concept cannot be “linear”, that is, the process of steady, “without looking back” ascent to this goal. The participation of a wide range of cognitive mechanisms in it, which must be considered separately and subjected to development, requires multiple returns “to less differentiated ways of activity” (H. Werner), to the “prehistory” of this concept. In the words of O. Mandelstam, this process is like a continuous transformation of a material-poetic substrate, preserving its unity and striving



to penetrate into itself. He is pierced through with a non-stop formative force. The creation of a “prehistory” should also ensure adherence to the principle of continuity in the knowledge being studied, and thereby their building as an integral developing system. Students' awareness of the meta-theoretical basis of such a process is a means of developing their understanding, a means of forming a creative understanding. . It serves as a means of understanding mastery of the concept being formed. Formal logic in such a process functions as a semantic-syntactic tool, as a unity of syntactic and semantic plans with the leading role of the semantic plan, and therefore with the leading role of the semantic principle and thus with the leading role of the mechanisms of understanding.

**Keywords:** rise to mathematical concept, non-standard tasks, preliminary stage, intuitive representations, strict concept, primitive background, sequence limit, formal logic, theoretical thinking, metatheoretical base.

Ведущие понятия и школьного и вузовских курсов математики играют роли ориентировочных и метаориентировочных средств. Они являются орудиями поисково-исследовательской деятельности и «средствами производства» таких орудий. Они являются средствами организации поисково-исследовательской деятельности и носителями ее стратегий. Они образуют «несущие каркасы» этих курсов. Приобщение учащихся к таким понятиям прямым их введением посредством их определений непродуктивно. Такой способ приобщения уводит от обучения целостной системе знаний, а значит, и от освоения учащимися стратегий поисково-исследовательской деятельности. Он не соотнобразится с тем, что освоение определения ведущего понятия, умения эффективно его использовать возможно только при надлежащем уровне развитости соответствующих когнитивных механизмов и их координаций. Такой способ не соотнобразится и с тем, что ведущее понятие осваивается как ведущее только посредством погружений учащихся во множество разных контекстов и метаконтекстов, «оживотворяющих» его определение, и их «оживления», требующего разнообразия форм его представления. Он не соотнобразится с тем, что освоение такого понятия не может не быть развивающимся процессом и потому не могущим быть линейным. Само определение такого понятия «скрывает» все это. К тому же дело существенно осложняется в случае его логической сложности. Все ведущие понятия сложны как осваиваемые в качестве ведущих.

Определения ведущих математических понятий скрывают их «сущности», скрывают механизмы освоения их как продуктов освоения и использования новых интеллектуальных механизмов, как продуктов многоступенчатых преобразований математической деятельности. При прямом приобщении учащихся к такому понятию оно «вырывается из его естественной связи, берётся в застывшем, статическом виде, вне связи с теми... процессами мышления, в которых <ему должно родиться и жить>» [2, с. 189]). Поэтому «прямое обучение понятиям ... оказывается фактически невозможным и педагогически бесплодным» [там же]. Такая приобщенность подобна обретеню молота без наковальни. (И поэтому многие учащиеся впадают в «метание» такого «молота»).

Освоение школьниками и начинающими студентами вузов ведущего математического понятия становится продуктивным посредством активного их участия в процессе его формирования, в процессе *восхождения* к этому понятию от наивных представлений. Такой процесс – это процесс развития отправных представлений учащихся, сопровождаемый их многоступенчатыми

преображениями и ведущими к смысловому скачку, несущему рождение понятия как творческого продукта в смысле А. Ф. Лосева [5]. Освоение сформированного понятия – это процесс формирования сопутствующих ему понятий, это процесс наращивания его связей с уже освоенными понятиями, это процесс расширения освоенной системы знаний и ее преобразования. Это процесс, не единожды сопровождаемый смысловыми скачками. Он не может не протекать как процесс «вызревания» начала теоретического мышления в лоне развивающегося эмпирического мышления.

Конечно, такие процессы объективно сложны. Но если при прямом введении ведущие понятия если и усваиваются, то одномерно, приземленно, как лишённые своего метапредметного существа и связей с метатеоретическим началом, то при активном участии учащихся в процессах восхождения к ним, в процессах их формирования и освоения как живого знания эта объективная сложность становится подобной сложности физиологического процесса усвоения пищи. Она перестает быть субъектной сложностью, сложностью «понимательной». Если прямое прообщение учащихся к ведущим понятиям вгоняет их в недоуменное пребывание, так сказать, в позе роденовского мыслителя, то участие их в таких процессах – это развивающееся взаимодействие критичной наивности и наивной критичности, преобразуемое во взаимодействие развивающихся критичной зрелости и зрелой критичности, таких, которые не только не подавляют креативности, но способствуют ее развитию.

В таких процессах существенно используются нетрадиционный характер задач, их нетрадиционные функции, их полифункциональный характер, их многоцелевые роли. Общее математическое образование направлено не только на освоение определенной системы математических знаний, но и на формирование и развитие способностей к широкому многообразию форм и уровней поисково-исследовательской деятельности, а тем самым на развитие творческих способностей учащихся не только как целей образования, но и как необходимых его средств. Это не может не предполагать широкого использования в обучении нестандартных задач и превращения таких задач в стандартное средство обучения как обучения развивающего.

Говоря о стандартных задачах, обычно имеют в виду задачи, направленные на освоение того или иного *метода*, и предполагают решение, основанное на его применении. (При этом может предполагаться и поиск приема, делающего возможным прямое применение этого метода). Задачу обычно квалифицируют как нестандартную, если ее решение предполагает *поиск метода* ее решения. В частности, задачу относят к нестандартным, если ее эффективное решение находится вне того контекста, в рамках которого она предстает как относящаяся к нему, как неразрывно с ним связанная.

В обучении математике обычно используются такие задачи, в отношении которых учащиеся располагают строгими критериями проверки того, действительно ли находимые ответы являются ответами на них, их решениями. Процессы формирования ведущих математических понятий, отправляющиеся от интуитивных представлений учащихся, делают не просто естественным, но необходимым и продуктивным средством обращения к задачам, вначале кажущимся задачами в названном смысле, но в действительности таковыми не являющиеся. Это задачи, попытки решения которых должны приводить учащихся к осознанию, что их условия не имеют четкого смысла, а тем самым к осознанию необходимости их «уточнения». Предполагаются такие их обсуждения, которые используют когнитивные механизмы, близкие

к использовавшимся в диалогах Платона для содействия восхождению собеседника от интуитивных представлений к зрелому пониманию. Такие обсуждения являются настолько же продуктивным, насколько и природосообразным средством формирования и освоения ведущих математических понятий.

Столкновения учащихся с ложными но кажущимися очевидными суждениями, провоцирование их на впадение в ошибки (принципиального характера) и приведение к осознанию ошибочности, не ущемление их субъективности (в форме «надо делать так, а не иначе, рассуждать так, а не иначе»), а ее раскрепощение, ее направляемое и корректируемое развитие – все это ведет к развитию учащихся как субъектов учебной деятельности. Все это должно использоваться в процессах формирования и освоения ведущих математических понятий. К сожалению, в практике обучения обычно избегают использования таких средств. Они не являются предметом ни теоретических, ни методических исследований.

Задачи должны играть иницилирующую роль в созидании «предыстории» формируемого ведущего понятия, в созидании «критической массы» разнообразия ситуаций, отвечающих отправным представлениям. Обращения к ним создают необходимую содержательную базу для участия учащихся в процессе формирования этого понятия как активных субъектов учебной деятельности. Без этого не рождаются те их механизмы мышления, с помощью которых ему должно родиться и развиваться. Отсюда также ясна необходимость предваряющей стадии восхождения к понятию, стадии формирования его «предыстории», понимаемой как начало такого конструируемого «исторического», которое отвечает задаче освоения учащимися соответствующего «логического». Особая роль ведущих понятий предполагает особый характер предваряющей стадии, ее многонаправленность и многоуровневость, особую роль, которую должны в ней играть метапредметная деятельность и обращения к метатеоретическим планам.

Освоение учащимися сформированного понятия является сложным процессом, в котором участвует много психологических механизмов. Их координация (в которой ведущую роль играют механизмы синтеза) достигается посредством «критической массы» упражнений. Достижением способной перестраиваться гибкой их координации, формируемой «критической массой» разнообразия упражнений и задач, связывающих это понятие с освоенными знаниями, создаются возможности не только успешного освоения и дальнейшего развития учащимися сформированного понятия как понятия полифункционального, но и возможности развития их способностей к самообучению новому как *части* того целого, каким является математика как изучаемый учебный предмет, в контексте этого целого.

Более поздние, более продвинутые формы психического развития *«требуют для своего появления примитивного фона, из которого они дифференцируются и из которого никогда полностью не отделяются... Согласно Х. Вернеру возврат (регрессия) к примитивным формам познания в определенных условиях является необходимым механизмом дальнейшего развития»* [6, с. 86]. Все это также говорит о важности предваряющих стадий восхождения к ведущим математическим понятиям и о непродуктивности прямого их введения.

Продуктивный процесс формирования ведущего математического понятия, его «распредмечивания»<sup>1</sup> будет в конспективной форме проиллюстрирован

<sup>1</sup> Этот процесс подобен феноменологической редукции в смысле Гуссерля.

на примере восхождения школьников и студентов вузов к понятию предела числовой последовательности и первых шагов его освоения. Такой пример, такой образец выбран нами не случайно. Предельный переход еще с античных времен используется как метод формирования идеальных объектов, являющихся орудиями математической деятельности. Понятие предела последовательности представляет модель предельного перехода, являющуюся продуктивным орудием конструирования и исследования таких объектов. Его истоком являются формируемые уже у детей представления об изменении, о становлении, о приближении. Процесс формирования этого понятия, выстраиваемый как процесс восхождения от интуитивных представлений к строгому понятию как к их продуктивной модели, формирует, использует и развивает широкий комплекс когнитивных механизмов учащихся. Он широко использует метапредметные уровни мышления, и тем несет их развитие, а с ним развитие поисково-исследовательской деятельности, ее стратегий. Он представляет, прежде всего, процесс развития *идеи* предельного перехода, а на его базе развитие «технических» орудий математической деятельности, связанной с предельным переходом, и «средств производства» таких орудий. Он не может не соотносываться с тем, что эффективный путь формирования и развития теоретического мышления учащихся проходит не через ущемление эмпирического мышления, а через «выращивание» начала теоретического мышления в его развивающемся лоне, через «выращивание» условий, ведущих к смысловому скачку.

Обращения к задаче формирования эффективных форм процесса формирования и освоения понятия предела последовательности приводят к постижению все новых средств, все новых когнитивных механизмов, долженствующих в нем существенно использоваться, что делает естественными и целесообразными многократные возвращения к этой задаче. И, конечно, важно и то, что понятие предела последовательности как основывающееся на идее потенциальной бесконечности имеет зримо трансцендентальный характер.

Предваряющая стадия восхождения учащихся к понятию предела последовательности, стадия его «предыстории», направлена на формирование начальных представлений учащихся о предельном переходе, на обретение опыта их деятельности на наивном уровне, основанной на обращении к таким представлениям, представлениям нечетким, размытым, и вместе с тем на рассмотрении «зримо» сходящихся и «зримо» расходящихся последовательностей. Она подготавливает учащихся к погружениям в пограничные ситуации, а посредством этого к постановке вопроса «Что такое предел последовательности?», несущей смысловой скачок – переход к теоретическому уровню мышления, на котором только и может быть получен продуктивный ответ на этот вопрос.

Созидание «предыстории» должно обеспечивать и следование принципу преемственности в изучаемых знаниях, а тем самым их выстраиванию как целостной развивающейся системы. И потому его естественно начинать с исследования функций, подобных следующим:  $y=x^2$ ,  $y=x^3$ ,  $y=1/(x^2+1)$ ,  $y=1/x$ ,  $y=1/x^2$ , исследования вопросов о характерах их поведения при неограниченном увеличении значений их аргументов и при их приближениях к точкам разрыва, сопоставления характеров поведения первых двух и двух последних функций, сопоставления форм их графиков. Все это направлено и на первичное осознание учащимися *прагматической оправданности* исследования предельных переходов и на создание «моста» между уже освоенными знаниями и формируемыми новыми знаниями.

«Предыстория» должна формировать «критическую массу» разнообразия форм сходимости и форм расходимости последовательности, несущую начальную базу для эффективного использования на последующих стадиях логико-семантического плана, который будет пронизывать процесс формирования, освоения и использования понятия предела последовательности. Формирование «предыстории» – это, прежде всего, формирование «ядерных» представлений учащихся о сходящихся и о расходящихся последовательностях. Именно они будут служить истоком формируемого понятия, а обращения к их «периферии» будут служить осознанию учащимися необходимости их «уточнения».

Последовательности, подобные следующим:  $1, 1/2, 1/3, 1/4, \dots$ ;  $1, -1/2, 1/3, -1/4, \dots$ ;  $2/1, 3/2, 4/3, 5/4, \dots$ ;  $0,1, 0,11, 0,111, \dots$ ;  $1, 2, 3, 4, \dots$ ;  $1, 2, 3, 1, 2, 3, 1, 2, 3, \dots$ ;  $1, -2, 1/2, 1/3, 1/4, \dots$ ;  $1/2, 1/3, 1/2, 1/4, 1/3, 1/5, 1/4, 1/6, \dots$ , естественно рассматривать как начальные примеры сходящихся и расходящихся, монотонных, монотонных с некоторого «момента», немонотонных сходящихся и расходящихся последовательностей.

Целесообразно уже на стадии формирования «предыстории» понятия предела последовательности приобщить учащихся *на интуитивном уровне* к целому ряду относящихся к нему значимых теорем. И отнюдь не для того, чтобы облегчить их усвоение посредством занижения уровня их обсуждения рассмотрением только на эмпирическом уровне, а, напротив, для того, чтобы создать условия полнокровного освоения их на теоретическом уровне, для действительного освоения самого теоретического уровня мышления и для прояснения той роли, которую играет в процессах их освоения формальная логика. Так, для учащихся уже на стадии формирования «предыстории» очевидно, что сходимость последовательности  $f: f_1, f_2, f_3, f_4, \dots$  к числу  $a$  равносильна сходимости к  $a$  последовательности  $g: f_2, f_3, f_4, \dots$ . А значит, какой бы номер  $n$  мы ни взяли, сходимость  $f$  к  $a$  или ее расходимость не зависит от значения ее  $n$ -го члена. Это совершенно новая для учащихся ситуация, настраивающая на новый способ мышления. Она выступает как ситуация парадоксальная: выходит, что свойство последовательности быть сходящейся не связано с ее «плотью». Это похоже на улыбку чеширского кота. Как еще более парадоксальная эта ситуация предстает в следующем ее выражении: для всякого номера  $N$  сходимость  $f$  к числу  $a$  равносильна сходимости к  $a$  всякой последовательности  $h: h_1, h_2, \dots, h_N, f_{N+1}, f_{N+2}, f_{N+3}, \dots$ . Представим автомат, совершающий переход от всякого члена  $h$  к последующему члену за одну микросекунду, и зададимся следующим вопросом: за сколько микросекунд он доберется до ее  $(N+1)$ -го члена, если  $N=10^{1000}$ ? Такую продолжительность времени естественней измерять не в микросекундах, не в часах и даже не в тысячелетиях, а хотя бы в миллиардолетиях. Но и такое число миллиардолетий непредставимо огромно. Его едва ли возможно естественно соотнести с чем-либо в реальной действительности. Осознание этого обычно вызывает растерянность учащихся. Оно порождает и сомнение в истинности обсуждаемого утверждения, казалось бы, совершенно очевидного. Но при этом оно не приводит к отторжению самого трансцендирования, несущего такие ситуации. Готовность, с которой принимается трансцендентальное понятие бесконечной последовательности, как и стоящее за ним трансцендентальное понятие натурального ряда, объясняется тем, что оно воспринимается и укореняется на стадии «предыстории» в «свернутом», наивном понимании, без ассоциирований с планами, подобными рассмотренному,

не как продукт трансцендирования. Но «развертывание» его понимания, приводящее к осознанию, что это понятие трансцендентальное, приводит к «превращению» в огнюдь не очевидные, казалось бы, кричаще очевидных утверждений, к нему относящихся. А это ведет к осознанию необходимости проверки таких утверждений надежными средствами. И такие средства видятся в формальной логике, которая, однако, тоже зиждется на трансцендентальном фундаменте. Она «становится» трансцендентальной, например, при использовании логических выводов трансцендентальной длины<sup>2</sup>. Формально-логические обоснования математических результатов воспринимаются как убедительные не только потому, что они убедительны в «реальных» ситуациях и в таких ситуациях многократно испытаны, но и потому, что они скрывают трансцендентальную природу ее оснований и трансцендентальную форму самой формальной логики, обретаемую ею в трансцендентальных ситуациях.

*В объем всякого общего математического понятия входят трансцендентальные объекты.* Средства логической семантики являются природосообразными и эффективными средствами «оживления» трансцендентальных областей исследования. А так как мышление «представляет собой процесс непрерывно совершающегося обратимого перевода информации... с языка образов на психолингвистический, символически-операторный язык» [1, с. 134], то эти средства несут рождение образов трансцендентального, невообразимого, и тем способствуют развитию математического мышления. К тому же семантические средства как связанные с механизмами понимания и несущие их развитие преобразуют возможности формальной логики и наделяют ее креативным началом.

И прото-семантические средства, основывающиеся лишь на наивных представлениях о сходимости, обогащают язык образов. Их использование в этом качестве и в качестве объяснительных средств естественно и продуктивно. Так, следующее утверждение, оснащенное к тому же графической иллюстрацией, может служить достаточно наглядным пояснением к рассмотренному выше предложению, воспринимаемому настолько же как очевидное, насколько и как парадоксальное: пусть функция  $f$ , в область определения которой входит интервал  $(a, +\infty)$ , имеет в  $+\infty$  предел  $c$ . Тогда всякая функция, совпадающая с  $f$  на каком-либо интервале  $(b, +\infty)$ , имеет в  $+\infty$  предел  $c$ . Большой наглядности этого утверждения способствуют большая скрытость его трансцендентального характера и взаимодействие дискретного представления рассматриваемой ситуации с непрерывным ее представлением.

Так как предел функции  $f$  в  $+\infty$  есть предел справа функции  $y=f(1/x)$  в точке 0, то следующее утверждение может служить еще более наглядным пояснением к этому предложению: пусть функция  $f$ , область определения которой включает интервал  $(0, a)$ , имеет в точке 0 предел справа  $c$ . Тогда всякая функция, совпадающая с  $f$  в каком-нибудь интервале  $(0, b)$ , имеет в точке 0 предел справа  $c$ . Еще большей наглядности последнего утверждения способствует взаимодействие «процессного» и «статичного» представлений рассматриваемой ситуации. Ограниченность объема статьи позволит разве лишь в форме намеков показать в ней, как именно могут взаимодействовать эти

---

<sup>2</sup> Здесь естественно также упомянуть следующую широко используемую логическую теорему: если кортеж предложений  $s_1, s_2, \dots, s_N$  таков, что для всякого  $n < N$  из  $s_n$  выводимо  $s_{n+1}$ , то из  $s_1$  выводимо  $s_N$ . Она становится трансцендентальной при трансцендентальных  $N$ . Использование принципа индукции для ее доказательства является погружением в «мир» с арифметикой Пеано.

начала в процессе освоения понятия предела последовательности, как уже в этом процессе может быть осуществлено восхождение к понятиям предела функции непрерывного аргумента в точке и в бесконечности и как может осуществляться продуктивное взаимодействие исследования их и понятия предела последовательности.

Прото-семантические средства естественно использовать и тогда, когда понятие предела последовательности будет сформировано. В таких ситуациях они могут выступать и как способствующие восхождениям на метатеоретический уровень исследований. К тому же такие восхождения помогут показать учащимся, что понятие предела последовательности как продукт «уточнения» представлений, являющихся его истоком, не исчерпывает их орудийный потенциал (последнее относится далеко не только к этому понятию). Они помогут также хотя бы пояснить то, как и когда (и почему) такая «неполнота» «восполняется» развивающейся математической деятельностью.

\*\*\*

Описывая процесс восхождения к понятию предела последовательности и его первичного освоения, мы ограничимся, как и при рассмотрении вопросов о формировании его «предыстории», только базисными сторонами дела.

Уже на стадии формирования «предыстории» этого понятия учащиеся осуществляют, говоря словами М. К. Мамардашвили [5], начальное *овнешнее* внутреннего плана, начальный перевод их представлений о предельном переходе на язык рационального мышления. Рассматриваемое далее ее продолжение характеризуется дальнейшим развитием представлений о поведении последовательностей, соотношениями их со сложившимися на стадии формирования «предыстории» «ядрами» представлений о сходимости и расходимости. Это будет вести учащихся к осознанию того существенного, что «имелось в виду», что представлялось «ядрами» их представлений но не осознавалось, а тем самым к развитию перевода представлений о предельном переходе на язык рационального мышления, и подготавливать переход к стадии формирования понятия предела последовательности.

Обращения к задачам, подобным задачам 1-3, будут вести учащихся к расширению разнообразия их представлений о характерах «поведения» последовательностей и посредством этого к столкновениям с пограничными ситуациями, несущим выявление размытости представлений о сходимости и расходимости и осознание необходимости «уточнения» вопроса о том, что такое предел последовательности.

**Задача 1.** Последовательность  $c$  образуется из последовательностей  $a$ :  $1, 1/2, 1/3, \dots$  и  $b$ :  $1, 2, 3, \dots$  следующим образом: для всякого  $n$  между членом с номером  $2^n$  и следующим за ним членом последовательности  $a$  вставляется  $n$ -й член последовательности  $b$ . Имеет ли  $c$  предел, и если да, то каков он?

– Чем далее, тем все реже в  $c$  появляются члены  $b$ . И где-то очень далеко, там, где номера членов  $c$  непредставимо огромны, члены  $b$  появляются настолько редко, настолько исчезающе редко, что последовательность  $c$  почти не отличается от последовательности  $a$ . Значит, она приближается к тому же числу, что и  $a$ , то есть к 0.

– Хотя члены  $b$  появляются в  $c$  все реже, они появляются как угодно далеко. Какой бы огромный номер мы ни взяли, у последовательности  $c$  имеются взятые из  $b$  члены с еще большими номерами. И чем далее, тем дальше они от 0. Так что едва ли  $c$  имеет предел 0.

– Похоже, **c** расходится, то есть не имеет предела. Ведь эта последовательность имеет как угодно большие члены.

– Но в **c** несравненно чаще появляются члены из **a**, которые становятся все ближе к 0.

– Кто может предложить убедительное доказательство истинности или ложности высказанных утверждений или предположений о сходимости **c**? Никто? Чем же объясняется неумение решить нашу задачу, не связанную с какими-либо техническими сложностями? Не тем ли, что наши представления о том, что такое предел последовательности, недостаточно четкие?

Возможно ли было бы приведение учащихся к осознанию необходимости строгости лишь на базе скудного их опыта? К такому осознанию «гонит бич необходимости». И это также свидетельствует о необходимости формирования «предыстории» понятия предела последовательности.

**Задача 2.** Последовательность **c** образуется из последовательностей **a**: 1, 1/2, 1/3, ... и **b**: 2/1, 3/2, 4/3, ... следующим образом: между членами последовательности **a** с номерами  $2^1$  и  $2^1+1$  вставляется 10 первых членов последовательности **b**, между ее членами с номерами  $2^2$  и  $2^2+1$  вставляется 10<sup>2</sup> следующих членов последовательности **b**, между членами с номерами  $2^3$  и  $2^3+1$  вставляется 10<sup>3</sup> следующих членов из **b**, и т.д. Имеет ли **c** предел?

– Вставляемые в **a** блоки членов **b** появляются все реже. А значит, чем дальше, тем все больше **c** становится похожей на **a**. И потому у этих последовательностей предел один и тот же.

– Но хоть блоки членов **b** появляются в **c** все реже, они появляются бесконечно много раз. Они появляются как угодно далеко. И чем далее, тем ближе члены из таких блоков к 1, а не к 0. Так что едва ли **c** имеет предел 0.

– К тому же хоть блоки из **b** появляются в **c** все реже, они все длиннее. Каждый блок из **b** содержит большее число членов, чем число всех предшествующих ему членов из **a**. Так что чем дальше, тем последовательность **c** становится все более похожей на **b**. А значит, ее предел равен 1.

– А может быть, и 0 и 1 являются ее пределами?

– Но может ли последовательность одновременно приближаться к двум разным числам?

– А разве наша последовательность не является тому примером?

– Все эти аргументы ничем не убедительнее аргументов, высказанных при обсуждении задачи 1. А рассматриваемая задача тоньше. Не говорит ли это, и еще более явно, о том, что наши представления о сходимости последовательности недостаточно четкие, что необходимо их уточнение?

**Задача 3.** Имеет ли предел последовательность **f**, у которой первый член равен 1, десять следующих равны 2, сто следующих равны 3, тысяча следующих равны 4, и т. д.?

– Начиная с какого номера члены **f** станут равными всего лишь 100?

– Во всяком случае, этот номер больше  $10^{99}$ . Как велико это число?

– Представим механическую черепаху, оснащенную табло и движущуюся по прямой, длина каждого ее шага – один миллимикрон. После первого ее шага на табло появляется значение первого члена **f**, после второго – значение второго члена, и т. д. Расстояние, которое ей надо пройти для того, чтобы на табло появилось «100», – это трудно представимое число миллиардов световых лет. Его трудно соотнести с чем-либо реальным.

– Разве не говорит это о том, что начиная с некоторого номера, члены **f** принимают одно и то же значение, меньшее 100?



– А не говорит ли это предположение о недостаточной четкости наших представлений о сходимости последовательности, о необходимости их уточнений?

\*\*\*

«Что такое касательная к линии в данной точке?», «Что такое вероятность события?», «Что такое предел последовательности?» – обращенность к подобной постановке вопроса направляет к смысловому скачку, несущему опредмечивание деятельного, инструментального, орудийного начала и посредством этого погружение в пространство более первичных значений и смыслов. Это начало восхождения от обыденных представлений на уровень теоретического мышления, становящееся и началом восхождения к работе формально-логических средств. Это овнешнение неявных знаний учащихся, несомых их сложившимися представлениями о предельном переходе. Это овнешнение и опредмечивание работы скрытых механизмов теоретического мышления, прячущихся за эмпирической формой мышления. Это восхождение к строгому понятию<sup>3</sup>.

– Что значит, что последовательность  $f$ :  $f_1, f_2, f_3, \dots$  имеет предел  $a$ ?

– То, что  $f_n$  с возрастанием  $n$  становятся все ближе к  $a$ .

– Как точнее выразить это условие, не используя слово «становится», имеющее, как мы увидели, не вполне четкий смысл?

– Чем больше номер  $n$ , тем ближе  $f_n$  к  $a$ .

– При таком понимании предела последовательности всякое число, большее 1, является пределом последовательности 0,9, 0,99, 0,999, ... Ведь чем больше  $n$ , тем ближе  $f_n$  к этому числу. Но естественно ли такое понимание предела?

– Я имею в виду такое приближение  $f_n$  к  $a$ , что  $f_n$  становятся как угодно близкими к  $a$ .

– Но что значит «становятся как угодно близкими к  $a$ »?

– Это значит, что все члены  $f$ , начиная с какого-то, отличаются от  $a$  меньше чем на 0,1, то есть входят в 0,1-окрестность точки  $a$ , что все члены, начиная с какого-то, возможно, более далекого, входят в 0,01-окрестность точки  $a$ , что все члены, начиная с какого-то, возможно, намного более далекого, входят в 0,001-окрестность точки  $a$ , и т. д.

– Короче говоря, это значит, что для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, все члены  $f$ , начиная с какого-то, входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ . Итак, уточненное выражение твоего понимания того, что такое предел последовательности, следует сформулировать так: число  $a$  есть предел последовательности  $f$ , если 1) чем больше  $n$ , тем ближе  $f_n$  к  $a$ ; 2) для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, все члены  $f$ , начиная с какого-то, входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ . Применительно ко многим значимым ситуациям это выражение может служить определением понятия предела последовательности. Но оно не является достаточно общим. Последовательность 1, 100, 1/2, 1/3, 1/4, ... имеет предел 0 в самом естественном смысле. Но это не так в твоём понимании.

– Ситуацию можно исправить заменой условия 1) таким: начиная с некоторого члена, с возрастанием  $n$  ее члены становятся все ближе к  $a$ .

<sup>3</sup> Это подобие перехода от феноменолого-психологической редукции к эйдетической редукции по Гуссерлю.

– В результате твое понимание предела последовательности стало более общим. Но стало ли оно достаточно общим? Так, последовательность  $1, 1, 1/2, 1/2, 1/3, 1/3, \dots$  имеет предел 0 в самом естественном смысле, но это не так и в твоём новом понимании.

– Эврика! Надо отбросить условие 1). И тогда новое понимание будет намного более широким, оставаясь при этом естественным, отвечающим существу дела.

– С этим трудно не согласиться. Итак, примем следующее определение:

Число  $a$  называется пределом последовательности  $f: f_1, f_2, f_3, \dots$ , если для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, все члены  $f$ , начиная с какого-то, входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ , то есть выполняется неравенство  $|f_n - a| < \varepsilon$ .

Иными словами, число  $a$  называется пределом последовательности если для всякой окрестности точки  $a$ , какой бы малой она ни была, все члены, начиная с некоторого, входят в нее.

Вот мы и пришли к четкому пониманию того, что такое предел последовательности, и к четкому описанию такого понимания.

Сформированное понятие – это модель представлений, являющихся его прототипом, что далее предстоит осознать учащимся. Это теоретическое начало, но не как противопоставляемое эмпирическому, а как «выращенное» в его лоне. Это пока еще во многом скрытое теоретическое начало, пребывающее в «потенциальной» форме. Ему еще предстоит актуализироваться с помощью новых смысловых скачков и проявиться как «явно» теоретическому началу.

Строгость определения сформированного понятия, его «твердость и определенность» открывает широкие возможности использования формально-логических средств, а тем самым возможность развивать и испытывать на надежность создаваемые на такой базе орудия поисково-исследовательской деятельности. Но это не значит, что интуитивные средства должны быть теперь отброшены как уже сыгравшие роль «строительных лесов». Важно сообразовываться с тем, что строгие понятия, сформированные как модели представлений, являющихся их истоками, их прототипами, не исчерпывают несомый представлениями орудийный потенциал. И не в последнюю очередь поэтому процесс освоения таких понятий как процесс развивающийся направляется на известной его стадии на возвращение к этим представлениям. Ведь «более продвинутые состояния требуют для своего появления примитивного фона, из которого они дифференцируются и из которого никогда полностью не отделяются». Необходимо сообразовываться и с тем, что мышление есть «процесс непрерывно совершающегося взаимного перевода информации... с языка образов на психолингвистический, символически-операторный язык».

В связи с последним заметим, что использование графика функции – это синтез работы языка образов и символически-операторного языка. Графики функций представляют эффективное орудие механизмов понимания, эффективное орудие поисково-исследовательской деятельности. График последовательности как функции, определенной на множестве всех натуральных чисел или на некотором его «хвосте», то есть на его части, получаемой отбрасыванием нескольких первых чисел, представим множеством точек, абсциссы которых являются номерами членов последовательности, а ординаты – значениями этих членов. То, что последовательность имеет предел  $a$ , наглядно представимо так: уходя вправо, точки графика неограниченно приближаются к прямой  $y=a$ .

Сформированное понятие как строгое понятие несет в себе новые смысловые скачки, осуществимые при его применениях как «погружения» ставших привычными представлений и отвечающих им способов действий в новый мир, идеальный по отношению к ставшему привычным для учащихся идеальному математическому миру. Учащиеся приводятся к осознанию того, что для его освоения необходимы формально-логические средства. Использование сформированного понятия само по себе еще не обеспечивает ни новых смысловых скачков, ни строгости. Но «очищающий» способ мышления, несомый формальной логикой<sup>4</sup>, превращает это понятие в понятие иной природы, в понятие трансцендентального характера по отношению к освоенному до этого миру значений и смыслов<sup>5</sup>. Именно в рамках нового мира посредством использования формально-логических средств, а прежде всего логико-семантических средств, происходит переосмысление и более глубокое постижение сформированного понятия как продукта преобразования способа мышления и самого предмета рассмотрения. Это начинается с испытаний сформированного понятия на работоспособность, являющегося одновременно первичным его освоением. Уже такие испытания приводят учащихся к усмотрению качественно новых возможностей, несомых этим понятием, и к пониманию того, что строгость превращает его в эффективный метод. Они приближают учащихся к осознанию того, что преобразованное понятие является продуктивной моделью представлений, послуживших его истоком.

Обращение к определению сформированного понятия позволяет, прежде всего, убедиться в том, что у последовательности не может быть больше одного предела: *Допустим противное. Пусть  $f$  – последовательность, имеющая разные пределы  $a_1$  и  $a_2$ . Тогда существуют непересекающиеся окрестность  $U_1$  точки  $a_1$  и окрестность  $U_2$  точки  $a_2$ . Так как  $a_i$  – предел  $f$  ( $i=1,2$ ), то все члены  $f$ , начиная с некоторого, принадлежат  $U_i$ . Но тогда все члены, начиная с некоторого, принадлежат и  $U_1$  и  $U_2$ , что невозможно.*

Теперь естественно вновь обратиться к задачам 1-3.

– *Обратимся к задаче 1. Никакое число  $k < 1$  не есть предел  $c$ . Ведь если бы какое-то  $k < 1$  было пределом этой последовательности, то любая окрестность точки  $k$  содержала бы все ее члены, начиная с некоторого. Но у всякого такого числа имеется окрестность, лежащая слева от точки 1, и ни один член последовательности, больший 1 (а таких членов бесконечно много – это все члены последовательности  $b$ ), не входит в такую окрестность. Аналогично доказываемся, что никакое число  $k \geq 1$  не является пределом  $c$ .*

Аналогично решается задача 2. Задача 3 легко решается прямым использованием сформированного определения.

<sup>4</sup> ...функционирующей и как орудие «эйдетической редукции» и «трансцендентальной редукции»...

<sup>5</sup> Конечно, преобразования, несомые «очищающей» работой формальной логики, осуществляются не единственно ею. Такой работе содействует интуиция, несущая в себе продукты опыта учащегося. Ей содействует богатый арсенал средств рационального мышления. Как мы неоднократно отмечали в предыдущих работах, он включает разные логики. Ведь даже в таком, казалось бы, всепроникающем «логическом» мышлении учащегося, как направленном на поиск доказательства несложной теоремы, наряду с классической формальной логикой, выступающей и в форме предъявленного решения задачи, функционируют и интуиционистская (или хотя бы прото-интуиционистская), и конструктивная логика (первая – в процессе поиска доказательства, вторая – в процессе его проверки).

Заметим, что, в отличие от задач на доказательство того, что такое-то число является пределом такой-то последовательности, решение задач на *нахождение* предела последовательности представляет *взаимодействия* интуитивных представлений о предельном переходе, сложившихся в процессе формирования «предыстории», их «подсказок», с определением понятия предела последовательности. И это также говорит о целесообразности формирования «предыстории» понятия предела последовательности, о необходимости здорового наива, о его продуктивности. Оно должно быть направлено и на научение рационально использовать соответствующие «технические» средства, и на развитие этих представлений.

Чем дальше «отстоит» последовательность от сложившихся «ядерных» представлений о сходимости и расходимости, тем более глубокое освоение сформированного понятия несет обращение к ней. Так, последовательность  $1, 1+1/2, 1+1/2+1/3, \dots$ , казалось бы, сходится. Ведь чем больше  $n$ , тем все меньше  $n+1$ -й ее член отличается от  $n$ -го. Для непредставимо огромных  $n$  такое отличие становится исчезающее малым, непредставимо малым. Но отнюдь не исчезающее малыми становятся отличия, например, между  $N$ -м и  $2N$ -м членами для любых  $N$ .

Процесс освоения рассматриваемого понятия – это процесс одновременного освоения понятий сходящейся последовательности и расходящейся последовательности. Это процесс взаимодействий логики и развивающейся интуиции, сопровождаемый расширением «ядерных» представлений о сходимости и расходимости, «узакониваемым» формальной логикой. Он сопровождается все большим приведением интуитивных представлений о сходимости и расходимости в соответствие с понятиями сходящейся последовательности и расходящейся последовательности. В этом процессе ведущая роль принадлежит формальной логике, и прежде всего, ее семантическому плану. Другой его стороной является расширение осваиваемых частей *объемов* понятий сходящейся и расходящейся последовательности, ведущее к развитию их *содержаний*.

Далее естественно обращение к понятию подпоследовательности и к задачам, подобным следующим:

**Задача 4.** Доказать, что сходимость последовательности равносильна сходимости всех ее подпоследовательностей.

**Задача 5.** Доказать, что сходимость последовательности  $f: f_1, f_2, \dots$  равносильна тому, что ее подпоследовательности  $f_1, f_3, f_5, \dots$  и  $f_2, f_4, f_6, \dots$  имеют один и тот же предел.

**Задача 6.** Доказать, что сходимость монотонной последовательности равносильна сходимости какой-нибудь ее подпоследовательности.

Эффективности процесса освоения как понятия предела последовательности, так и понятий предела функции непрерывного аргумента в точке и в бесконечности способствует использование взаимодействий дискретного и непрерывного, «процессного» и «статичного» начал посредством, например, решений задач, подобных следующим:

**Задача 7а.** Пусть промежуток  $(m, +\infty)$ , где  $m$  – натуральное число, входит в область определения функции  $f$ ,  $x_i$  и  $x^i$  – наименьшее и наибольшее значения  $f$  на отрезке  $[m+i, m+i+1]$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ). Доказать, что  $f$  имеет предел в  $+\infty$  тогда и только тогда, когда сходится последовательность  $f(x_1), f(x^1), f(x_2), f(x^2), f(x_3), f(x^3), \dots$

**Задача 7б.** Пусть промежуток  $(0, 1/m)$ , где  $m$  – натуральное число, входит в область определения функции  $f$ ,  $x_i$  и  $x^i$  – наименьшее и наибольшее значения  $f$  на отрезке  $[1/m+i+1, 1/m+i]$  ( $i=1, 2, 3, \dots$ ). Доказать, что  $f$  имеет предел справа в точке 0 тогда и только тогда, когда сходится последовательность  $f(x_1), f(x^1), f(x_2), f(x^2), f(x_3), f(x^3), \dots$

**Задача 8а.** Пусть функция  $f$  монотонна на промежутке  $(m, +\infty)$ , где  $m$  – натуральное число. Доказать, что она имеет предел в  $+\infty$  тогда и только тогда, когда сходится последовательность  $f(m+1), f(m+2), f(m+3), \dots$

**Задача 8б.** Доказать, что функция  $f$ , монотонная на промежутке  $(0, 1/m)$ , где  $m$  – натуральное число, имеет предел справа в точке 0 тогда и только тогда, когда сходится последовательность  $f(1/m+1), f(1/m+2), f(1/m+3), \dots$

Здесь полезно заметить, что задачи 8а и 8б, как и задачи 7а и 7б, являются разными формами выражения одной и той же задачи. Ведь функция  $y=f(x)$  имеет предел справа  $a$  в точке 0 тогда и только тогда, когда функция  $y=f(1/x)$  имеет предел  $a$  в  $+\infty$ . Это замечание удобно использовать как определение понятия предела функции справа в точке 0 через определение понятия предела функции в  $+\infty$ . Аналогичным образом естественно определить понятия предела функции в  $-\infty$  и односторонних пределов в точке через определение понятия предела функции в  $+\infty$ .

\*\*\*

Следующей, казалось бы, тривиальной задаче предстоит сыграть особую роль.

**Задача 9.** Сходится ли последовательность  $\mathbf{0}$ : 0, 0, 0, ...?

Как задача на прямое применение определения понятия предела последовательности эта задача действительно тривиальна. Но она отнюдь не тривиальна и значима в другом: как неожиданно простая но чуждая выстроенной «предыстории» понятия предела последовательности форма этой последовательности побуждает учащихся обратиться к сформированным «предысторией» ядерным представлениям о предельном переходе как к мерилу адекватности сформированного понятия этим представлениям:

– Разве эта последовательность приближается к какому-нибудь числу? Она постоянна. Она ни к чему не приближается!

– Однако, во всякую окрестность точки 0 входят все ее члены. Значит, согласно определению, число 0 ее предел.

– Но это говорит о том, что наше определение неудовлетворительно как не согласующееся со здравым смыслом!

– Оно согласуется со здравым смыслом: последовательность  $\mathbf{0}$  является «пределом» последовательности последовательностей  $f_1, f_2, f_3, \dots$ , где  $f_m$  – последовательность  $1/2^m, 1/3^m, 1/4^m, \dots$ . Предел последовательности  $1, 1/2, 1/3, \dots$  пределов этих последовательностей равен 0. Разве не естественно поэтому полагать, что и  $\mathbf{0}$  имеет предел 0?

Понимание последовательности  $\mathbf{0}$  как сходящейся к 0 хорошо согласуется, например, и со следующим довольно очевидным утверждением: сумма сходящихся последовательностей есть последовательность сходящаяся. А отказ от такого понимания противоречил бы ему: ведь сумма сходящихся последовательностей  $1, 1/2, 1/3, \dots$  и  $-1, -1/2, -1/3, \dots$  есть  $\mathbf{0}$ .

Такое понимание хорошо согласуется и с тем достаточно очевидным утверждением, что сумма сходящейся и расходящейся последовательностей есть последовательность расходящаяся, и не согласуется с его отрицанием.

Рассматриваемая ситуация несет возможность нового смыслового скачка, приводящего к лучшему осознанию сформированного понятия как модели представлений, сформированных «предысторией», как модели им не «адекватной», как модели, *оправдание которой не в лобовой «адекватности» им, а в ее продуктивности*. Она несет и понимание того, что так же дело обстоит со всяким понятием, истоком, прототипом которого были интуитивные представления. Осознание этого преобразует отношение учащихся к сформированному понятию.

Однако описанный процесс формирования понятия предела последовательности как будто осуществлялся как процесс *уточнения* этих представлений, как процесс *экстрагирования* наличествующего в них рационального содержания. И он действительно был таким: определение этого понятия отвечало сложившимся «ядерным» представлениям о пределе последовательности. Но как могло произойти то, что этот процесс, происходивший под неустанным контролем смысла, привел к понятию, имеющему новый смысл? Почему неадекватность сформированного понятия этим представлениям не усматривалась сразу, а обнаружилась лишь в результате его применений? Причина и кроется в его применениях, в буквалистских, формальных использованиях его определения. Они включают работу формальной логики, которая отключает контроль смысла и навязывает иной способ рассмотрения. Они делают предметом внимания запечатленные в определении формальные стороны дела, отражающие лишь осознанные, «овнешненные» в процессе его формирования стороны дела, относящиеся к «ядерным» представлениям, и «игнорируют» те, которые не стали осознанными, не «овнешнились». Тем самым *использование формальной логики рождает новый контекст, несущий новый смысл сформированного понятия*. Скрытости осуществленного смыслового скачка способствовало то, что определение понятия предела последовательности отвечало наличествовавшему опыту учащихся, их представлениям о пределе последовательности. Апостериорному обнаружению ими того, что был совершен смысловой скачок, способствовало использование логической семантики, состоящее в предъявлении учащимся таких интерпретаций сформированного понятия, в которых проявлено отличие от этих представлений. Обращение к последовательности **0** сыграло роль креативного начала. Аналогичную роль сыграло обращение к последовательностям **c** из задач 1 и 2.

– Я не могу не возвратиться к задаче 9. Утверждение, что постоянная последовательность сходится, противоречит здравому смыслу! Ведь то, что последовательность имеет предел *a*, означает, что ее члены приближаются к a, что они становятся как угодно близкими к *a*.

– Опять это «становится»! Как его выразить в форме, позволяющей осуществлять надежную проверку того, действительно ли последовательность становится все ближе к *a*? Обсуждения задач 1 и 2 показывают ненадежность суждений, основанных на интуитивных представлениях, то, насколько необходимой и продуктивной бывает строгость.

– Значит ли это, что при решении математических вопросов необходимо отказываться от представлений и использовать лишь строгие определения?

– А откуда берутся строгие понятия, их определения и чему в реальности они соответствуют? Где в реальной жизни Вы видели точки, прямые, бесконечные последовательности? Разве не представления являются истоками этих и подобных понятий?

– Но, как бы там ни было, последовательность  $0$  ни к чему не стремится!

– Иначе говоря, определение понятия предела последовательности не вполне соответствует Вашему представлению о том, что значит, что последовательность имеет такой-то предел.

– То есть что оно неудовлетворительное. Значит, его надо отбросить и заняться формированием удовлетворительного определения.

– Но возможно ли сформировать такое четкое определение, которое во всем соответствовало бы нашим разным, нашим размытым представлениям о пределе? Да и это ли нужно? Разве географическая карта местности бесполезна, поскольку она не «адекватна» самой этой местности? Разве чертеж узла машины бесполезен, поскольку он не «адекватен» самому этому узлу? Чертеж – модель этого узла. А модель изучаемого объекта и должна быть не «адекватной» ему для того, чтобы она могла быть эффективным средством его изучения, для того, чтобы в ней выпячивались интересующие нас стороны этого объекта и чтобы при этом другие, вторичные, менее значимые, стороны дела их не затеняли. Сформированное нами строгое понятие предела последовательности – это модель наших представлений о стремлении к пределу. И оценивать его следует как модель. Если оно помогает решать многие интересующие нас вопросы, если оно продуктивно, то оно удовлетворительно как модель.

Важно принимать во внимание, что мы говорим о таких моделях, которые являются идеальными орудиями идеальных способов исследования идеальных объектов, принадлежащих идеальным мирам. И постольку они являются необозримо широко применимыми и надежными средствами исследования реального мира. Но исследование возможностей таких орудий и результатов их применения требует использования формально-логических средств.

– Но для одного и того же объекта можно построить много разных моделей.

– Да, это так. Нередко возникают проблемы выбора модели, многосторонних испытаний выбранной модели на продуктивность и ее совершенствования, то есть формирования более работоспособной ее модификации.

– А как с этой точки зрения следует оценить сформированное понятие предела последовательности?

– Для последовательностей  $(a_n)$ , таких, что последовательности  $(|a_n|)$  монотонны, начиная с каких-то номеров  $N$ , это понятие предела вполне соответствует нашим интуитивным представлениям о пределе последовательности. Но намного более существенно то, что полуторавековой опыт истории математики подтвердил не просто работоспособность, но продуктивность этого понятия.

Природосообразный и настолько же продуктивный процесс освоения понятия предела последовательности с необходимостью ведет к обращенности к метатеоретическому плану, несущей рождение не только культурного понимания в смысле В. П. Зинченко, которое «предполагает наряду с извлечением смысла из ситуации его знаковое оформление, означение и возможность трансляции», но и потенции развития творческого понимания, «предполагающего... порождение... нового смысла» [3, с. 280–285]. Обращенность к метатеоретическому плану<sup>6</sup> необходима для видения «несущей конструкции» процесса освоения понятия предела последовательности, для того, чтобы посредством этого смочь «укореняться» на уровне теоретического мышления,

<sup>6</sup> ...являющаяся и началом подобия трансцендентальной редукции по Гуссерлю...

осваивать его. Она является такой «наковальной», которая вполне отвечает этому сформированному понятию как «молоту».

Если бытующие системы обучения формируют у учащихся «платонистское» понимание этого понятия и несомых ими методов, то осознание ими того, что оно имеет деятельностьную природу, что оно формируется как модель представлений, имеющих деятельностьное происхождение, что и само моделирование имеет деятельностьную природу, преобразует сознание учащихся, раскрепощает их как субъектов учебной деятельности, преобразует характер их мышления, пробуждая в них фантазию, воображение, творческое начало.

**Задача 10.** Имеет ли предел последовательность  $s$ , строящаяся так: между первым и вторым членами последовательности  $1, 1/2, 1/3, \dots$  вставляется 10 новых членов, значения которых заключены между 1 и  $1/2$ , между вторым и третьим – 100 новых членов, значения которых заключены между  $1/2$  и  $1/3$ , между третьим и четвертым – 1000 новых членов, значения которых заключены между  $1/3$  и  $1/4$ , и т. д.?

– Члены  $s$  изменяются все медленней. Члены с огромными номерами изменяются невообразимо медленно. Представим автомат, совершающий переход от какого-либо ее члена к последующему за одну микросекунду. За сколько же триллионов триллионов лет он доберется до ее члена, равного  $1/1000$ ! Ни со временем, ни чем-либо другим в объективной реальности не соотносимо не только число микросекунд, не только число тысячелетий, но и число периодов существования метagalactic, необходимое для этого. Похоже,  $s$  сходится к какому-то не очень маленькому положительному числу.

– Из определения понятия предела последовательности легко выводится, что  $s$  имеет предел 0. А твое предположение говорит о том, что ты основываешься не на определении понятия предела, которое не во всем отвечает твоим представлениям. Это понятие, как и само понятие (бесконечной) последовательности, относится к идеальному миру. И потому здесь необходимо обращаться к этому, строгому, понятию и к идеальным, формально-логическим средствам анализа рассматриваемой ситуации.

– Но не говорит ли сказанное выше о том, что понятие предела последовательности слишком общее? Не порождает ли это слишком большой его объем, а с ним и большие логические и не только логические трудности?

– Обсуждению этих вопросов было бы естественно предпослать исследование того, насколько оправдано понимание натурального ряда как содержащего такие непредставимо огромные числа, а тем более как неограниченно продолжаемого. Но это надолго увело бы нас от предмета изучения. Здесь лишь замечу, что именно идеальный, трансцендентально-идеальный характер математических объектов, математических понятий, рождаемых математической деятельностью и несущих ее развитие, делает математику «непостижимо» эффективной.

Всякое общее понятие (об объеме которого имеет смысл говорить) имеет «неоправданно» большой объем. Его оправдание, прежде всего, в его содержании. Важно и то, что исследования тонких вопросов, связанных с моделями фундаментальных математических понятий, входящими в их «неоправданно» большие объемы, способствуют не только развитию математического мышления, но и открытию продуктивных методов, обогащающих как «чистую», так и прикладную математику. Об этом свидетельствует история математики.



В это обсуждение включается еще один школьник:

– А мне кажется, что сформированное понятие предела последовательности является не излишне общим, а недостаточно общим. Рассмотрим, например, последовательность, строящуюся из последовательности  $1, 1/2, 1/3, 1/4 \dots$  так: после десятого, сотого, тысячного и т. д. ее членов вставляется 1. Она не имеет предела в смысле принятого определения. Но ведь члены ее, равные 1, попадают все реже и реже. Они становятся исчезающе редкими, и эта последовательность становится все более похожей на последовательность  $1, 1/2, 1/3, 1/4 \dots$ . Разве не естественно видеть в ней последовательность, имеющую предел 0? Разве не естественней исходить из более общего понимания предела последовательности?

– Вот как, например, можно строго определить отвечающее этому четкое понимание предела последовательности. Пусть  $f: f_1, f_2, f_3, \dots$  – какая-нибудь последовательность,  $a$  – какое-нибудь число,  $\varepsilon$  – положительное число.  $f_n(a, \varepsilon)$  будет обозначать долю тех членов  $f$  среди первых  $n$  ее членов, которые входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ . Будем говорить, что  $f$   $r$ -сходится к  $a$  или что  $a$  является  $r$ -пределом  $f$ , если для всякого  $\varepsilon > 0$  последовательность  $f_1(a, \varepsilon), f_2(a, \varepsilon), f_3(a, \varepsilon), \dots$  имеет предел 1. (Нетрудно убедиться, что рассмотренная тобою последовательность имеет  $r$ -предел 0).

Пусть  $f: f_1, f_2, f_3, \dots$  – возрастающая последовательность натуральных чисел.  $r(f, n)$  будет обозначать долю членов  $f$  среди первых  $n$  натуральных чисел.  $f$  будем называть редкой последовательностью, если последовательность  $r(f, 1), r(f, 2), r(f, 3), \dots$  имеет предел 0. Подпоследовательность какой-нибудь последовательности назовем редкой, если последовательность номеров ее членов редкая.

**Задача 11.** Пусть  $f$  – редкая подпоследовательность последовательности  $g$ . Доказать, что  $r$ -расходимость /  $r$ -сходимость к  $a$  последовательности, образованной из  $g$  удалением всех членов  $f$  или их заменой какими-либо новыми членами, равносильна  $r$ -расходимости/ $r$ -сходимости к  $a$  последовательности  $g$ .

– Каждое укоренившееся математическое понятие является орудием поисково-исследовательской деятельности. И разные понятия предела последовательности представляют разные орудия разных форм и направлений математической деятельности<sup>7</sup>, подобно тому, как дляковки разных металлических изделий используются разные кузнечные орудия. Естественно ли для разных целей использовать только какое-то одно из этих орудий?

**Задача 12.** Сформировать естественные варианты понятия

- а) предела последовательности точек (трехмерного) пространства;
- б) предела последовательности векторов в пространстве;
- в) предела на данном отрезке последовательности функций, определенных на нем.

Найти примеры, оправдывающие предлагаемые Вами варианты.

\*\*\*

Процесс освоения понятия предела последовательности широко использует разные последовательности, разные характеры их сходимости и расходимости. Он широко использует средства логической семантики.

<sup>7</sup> Не будем при этом забывать и об орудиях формирования таких орудий и испытания их на эффективность.

В таком процессе формальная логика функционирует как семантико-синтаксический инструмент, как неразделимое единство синтаксического и семантического планов при ведущей роли семантического плана, а значит, при ведущей роли смыслового начала и тем самым при ведущей роли механизмов понимания.

Идеальный мир, в который погружается рассмотрение «очищающими» средствами формальной логики, становится идеальным полигоном для испытаний сформированного понятия на эффективность, для совершенствования его формы, для расширения возможностей его применения, для наращивания его «дальнодействия», для наращивания «дальновидения» субъекта поисково-исследовательской деятельности. Погружение в такой мир открывает возможность столкновений с качественно новыми ситуациями, возможность конструирования и исследования таких ситуаций. Это несет развитие фантазии и воображения учащихся, развитие их способностей к креативности и рефлексии. Это несет развитие их способностей к использованию и развитию самого осваиваемого понятия как орудия поисково-исследовательской деятельности и как «средства производства» таких орудий. Это ведет к их общему математическому развитию, а посредством этого к общему интеллектуальному развитию. Семантический инструмент преобразует механизмы ориентировки и метаориентировки, преобразует способ поисково-исследовательской деятельности. Он превращает формальную логику в носитель креативности.

Теоретико-множественный характер семантики языков классического исчисления предикатов, в частности, теоретико-множественные представления отношений открывают возможность интерпретировать последние как отношения самой разной природы на объектах самой разной природы. Такая далеко идущая релятивизация представлений делает уникальными экспериментальные средства в математике. Далеко не только формальные выводы, но и конструирования подходящих моделей являются средствами проверки математических гипотез.

\*\*\*

Оправданием обращения к понятию предела последовательности является уже то, что оно обычно вводится как отправное базисное понятие математического анализа. Но не столь редко используется и такой подход к обучению началам математического анализа, при котором с самого начала рассмотрения ведутся в рамках функций непрерывного аргумента. Представляется, однако, что более эффективным является рассмотрение этих двух подходов как вариантов единого общего подхода. (К тому же он расширяет возможности использования сопоставлений и взаимодействий дискретного и непрерывного, «процессного» и «статичного»). Восхождение к нему не требует перестройки описанного процесса формирования и начального освоения понятия предела последовательности. Напротив, оно легко осуществимо на базе осуществленного такого процесса.

Увидеть естественность и степень общности такого подхода учащимся поможет обращение к задачам, подобным следующим:

**Задача 13.** Найти области определения функций

$$y = \sin x / \sin x; \quad y = \sqrt{\sin x - 1}; \quad y = \ln x + \sqrt{\sin x - 1}; \quad y = \ln(2\cos x - 1); \quad y = \ln(2\sin x - 1).$$

**Задача 14.** Найти элементарную функцию, областью определения которой является множество а) всех целых чисел; б) всех натуральных чисел; в) всех четных чисел; г) всех положительных четных чисел; д) всех нечетных чисел; е) всех чисел, обратных натуральным.

При акцентировании понимания последовательности как функции (натурального аргумента) определение понятия предела последовательности обретает следующую форму:

*Число  $a$  называется пределом функции натурального аргумента  $f$ , если для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, для всех значений ее аргумента, больших некоторого, значения  $f$  входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ .*

Отправляясь от этого определения легко осуществить переход к следующему ниже.

*\*Пусть в область определения функции  $f$  входят как угодно большие числа (то есть всякий интервал  $(c, +\infty)$  содержит числа из ее области определения). Число  $a$  называется пределом  $f$  в  $+\infty$ , если для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, для всех значений ее аргумента, больших некоторого, значения  $f$  входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ .*

Пусть  $h$  – всюду определенная функция, принимающая значение 1 в целочисленных точках и значение 0 во всех других точках.

**Задача 15.** Существует ли предел функции  $y=h(\sin \ln \ln x)$  в  $+\infty$ ?

*\*\*Пусть в область определения функции  $f$  входят как угодно большие по модулю отрицательные числа. Число  $a$  называется пределом  $f$  в  $-\infty$ , если оно есть предел функции  $y=f(-x)$  в  $+\infty$ .*

Это определение согласуется с интуитивными представлениями о пределе функции в  $-\infty$  и равносильно следующему:

*Пусть в область определения функции  $f$  входят как угодно большие по модулю отрицательные числа. Число  $a$  называется пределом  $f$  в  $-\infty$ , если для всякого числа  $\varepsilon > 0$ , каким бы малым оно ни было, для всех отрицательных значений ее аргумента, модули которых больше некоторого, ее значения входят в  $\varepsilon$ -окрестность точки  $a$ .*

*\*\*\*Пусть в область определения функции  $f$  входят положительные числа, как угодно близкие к 0 (то есть всякий интервал  $(0, c)$  содержит числа из ее области определения). Число  $a$  называется пределом  $f$  справа в точке 0, если оно есть предел функции  $y=f(1/x)$  в  $+\infty$ .*

*\*\*\*\* Пусть в область определения функции  $f$  входят большие  $x_0$  числа, как угодно близкие к  $x_0$ . Число  $a$  называется пределом  $f$  справа в точке  $x_0$ , если оно есть предел справа функции  $y=f(x-x_0)$  в точке 0.*

Очевидно, что для функции с такой областью определения это определение согласуется с интуитивными представлениями о пределе справа в точке. (Переход от определения \* к последнему определению можно осуществить не в два шага, а в один использованием функции  $y=f(1/(x-x_0))$ ).

**Задача 16.** Найти предел функции  $y=1/[\ln x]$  справа в точке 0.

Заметим, что описанную последовательность переходов легко осуществить и в обратном направлении (то есть если, например, начинать с восхождения к понятию одностороннего предела функции в точке).

Представляются отнюдь не бесполезными для учащихся обобщения постановок задач 4-6, например, в следующей ниже форме. При этом будем предполагать, что в области определения фигурирующей в условиях приводимых ниже задач 17 и 18 функции  $f$  входят как угодно близкие к  $x_0$  числа, большие  $x_0$ .

Допустимым  $x_0$ -сужением  $f$  будем называть такое ее сужение, в область определения которого входят большие  $x_0$  числа, как угодно близкие к  $x_0$ .

**Задача 17.** Доказать, что следующие условия равносильны:

**а)**  $f$  имеет предел справа в точке  $x_0$ ;

**б)** всякое  $x_0^+$ -сужение  $f$  имеет предел справа в точке  $x_0$ ;

**в)** один и тот же предел справа в точке  $x_0$  имеют какие-нибудь два  $x_0^+$ -сужения  $f$ , объединение областей определения которых есть область определения  $f$ .

**Задача 18.** Пусть  $f$  монотонна справа от точки  $x_0$ . Доказать, что она имеет предел справа в этой точке тогда и только тогда, какое нибудь  $x_0^+$ -сужение  $f$  имеет в ней предел справа.

\*\*\*

Освоение ведущего математического понятия – это, говоря метафорически, освоение молота вместе с наковальней как инструментов, как орудий деятельности в их единстве. Этому не отвечает прямое его введение.

Процесс освоения такого понятия, долженствующего играть полифункциональные роли как на предметном, так и на метапредметных уровнях, не может быть линейным, не может не сопровождаться возвращениями к его началам.

Такой процесс не может не предваряться формированием «предыстории» понятия, которая должна проявлять рождаемую в лоне наличествующего опыта учащихся, их знаний, умений и навыков необходимость обращения к представлениям, к протопонятию, долженствующим служить истоками этого понятия. Этим создается возможность сознательного и активного участия учащихся в таком процессе как субъектов учебной деятельности. «Предыстория» должна служить «наковальней» для «молота» деятельности, направленной на «выковывание» понятия как орудия математической деятельности.

Процесс продуктивного освоения ведущего математического понятия не может не быть процессом его формирования, процессом многоступенного восхождения к нему вместе с постижением логики самого этого процесса и его орудий.

Если «предыстория» ведущего математического понятия подобна камню, могущему служить «наковальней» для его формирования, то крепкой «наковальней», пригодной для того, чтобы овладевать широким использованием его как «молота», для того, чтобы он стал образцом формирования других «кузнечных» орудий, является долженствующая осознаться учащимися метатеоретическая база.

Обращенность к метатеоретическому плану необходима для видения «несущей конструкции» процесса освоения такого понятия, для того, чтобы посредством этого смочь «укореняться» на уровне теоретического мышления, осваивать его. Она вместе с «предысторией» понятия является и необходимым средством формирования и освоения «наковальни». Она является одновременно средством развивающегося освоения его как «молота».

Если бытующие системы обучения формируют у учащихся «платонистское» понимание фундаментальных математических понятий и несомых ими методов как предзаданных, как имеющих онтологическую природу, то осознание того, что они имеют деятельностьную природу, что они формируются как модели представлений, имеющих деятельностьное происхождение, преобразует сознание учащихся, раскрепощает их как субъектов учебной деятельности, преобразует характер их мышления, пробуждая в них фантазию, воображение, творческое начало, высокую детскость.

\*\*\*

– Трудно не согласиться с приведенными аргументами, показывающими продуктивность осуществления в обучении процессов формирования ведущих математических понятий и важность предваряющих такие процессы процессов формирования их «предысторий». Но разве позволяют осуществлять это наличествующие временные ресурсы?

– Говоря о временных ресурсах, вы имеете в виду укоренившуюся форму обучения, предполагающую «вычитывание» преподавателем практически всего программного материала. Но способствует ли такая форма развитию способностей учащихся к самообучению? Способствует ли этому традиционная форма домашних заданий в старшей школе (не говоря уже о вузе)? Полноценна ли система образования, не способствующая развитию способностей учащихся к самообучению? И разве осуществление тех процессов, важность которых Вы признаете, не открывает возможность полноценного самообучения учащихся старшей школы и вуза? И разве та форма, которая присуща подавляющему большинству школьных и вузовских учебников, не подготавливает даже весьма «средних» учащихся к их самостоятельному изучению? Но, с другой стороны, разве не кричат их содержание и дух о необходимости таких учебников, которые формировали бы диалогический, более того, полилогический характер их освоения?

#### *Библиографический список*

1. Веккер Л. М. Психические процессы. Т. 2. Ленинград: Издательство ЛГУ, 1976. 344 с.
2. Выготский Л. С. Мышление и речь / Выготский Л. С. Собрание сочинений. Т. 2. М.: Педагогика 1982. С. 5–361.
3. Зинченко В. П. Психологические основы педагогики (психолого-педагогические основы построения системы развивающего обучения Д. Б. Эльконина – В. В. Давыдова). М.: Гардарики, 2002. 431 с.
4. Лосев А. Ф. Диалектика творческого акта (краткий очерк) // Контекст 1981. М.: Наука, 1982. С. 48–78.
5. Мамардашвили М. К. Классический и неклассический идеалы рациональности. М.: Лабиринт, 1994. 288 с.
6. Чуприкова Н. И. Психология умственного развития: Принцип дифференциации. М.: Столетие, 1997. 480 с.

#### *Информация об авторе / Information about the author*

**Когаловский Сергей Рувимович** – кандидат физико-математических наук, профессор, профессор кафедры математики, информатики и методики обучения, Шуйский филиал Ивановского государственного университета, г. Шуя, Россия, askogal@yandex.ru

**Kogalovskii Sergey Ruvimovich** – Candidate of Physical and Mathematical Science, Professor, Professor of the Department of Mathematics, Computer Science and Teaching Methods, Shuisky Branch of the Ivanovo State University, Shuya, Russia, askogal@yandex.ru

УДК 316.356.2

*Ю. С. Миловидова*

## ИДЕАЛЬНЫЙ ОБРАЗ ЖЕНЫ/МУЖА В ОЦЕНКАХ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ ГОРОДА ИВАНОВО

**Аннотация.** Статья содержит материалы социологического исследования, проведенного в начале 2020 года, а также тенденции формирования взглядов об «идеальном» образе мужа/жены в оценках студенческой молодежи.

**Ключевые слова:** гендерные стереотипы, семейные отношения, молодежь, эгалитарная семья, «идеальный» образ.

*Yu. S. Milovidova*

## THE IDEAL IMAGE OF A WIFE/HUSBAND IN THE ESTIMATIONS OF THE STUDENT YOUTH IN IVANOVO

**Abstract.** This article contains the materials of a sociological study conducted at the beginning of 2020, as well as trends in the formation of views about the «ideal» image of a husband/wife in the assessments of students.

**Keywords:** gender stereotypes, family relations, youth, egalitarian family, «ideal» image.

Молодежь – это социально – демографическая группа, переживающая период становления социальной и психофизиологической зрелости, адаптации к исполнению социальных ролей взрослых. Возрастные границы молодежи размыты и подвижны. Как правило, к молодежи причисляют людей в возрасте 14–30 лет [5]. На выбор современными молодыми людьми супруга/супруги активно влияют новые информационные технологии общения – Интернет, мобильные телефоны, которые расширяют возможности общения и поиска будущего спутника жизни. Новой тенденцией стали виртуальные знакомства, быстрое принятие решения о создании семьи, что, в свою очередь, способствует непрочности будущего брака.

Вместе с тем, в современном российском обществе на мировоззрение молодежи продолжают влиять гендерные стереотипы о предназначении мужа и жены, которые вступают в противоречие с уровнем образования, ценностными ориентациями молодых людей и могут способствовать распаду семьи.

Устойчивость гендерных стереотипов обусловлена тем, что модель гендерных отношений исторически выстраивалась таким образом, что половые различия располагались над индивидуальными, качественными различиями личности мужчины и женщины [4].

Исследования социологов показывают, что гендерные стереотипы обладают чрезвычайной жизнестойкостью, активно воспроизводятся благодаря институтам социализации (семья, сверстники, школа, СМИ) [1]. Ученые

отмечают, что по мере роста семейного стажа у супругов наблюдается более равноправное распределение семейных обязанностей [2, 3].

В связи с этим представляется актуальным выяснить, в какой степени гендерные стереотипы влияют на выбор молодежью спутника жизни. В начале 2020 года автором был проведен социологический опрос студенческой молодежи города Иваново об их представлении образа идеального мужа/жены. Было опрошено 50 юношей и 50 девушек (n = 100 чел.).

Исследование показало, что возраст вступления в брак варьируется у девушек от 23 до 25 лет, у юношей – старше 25 лет. В их представлении идеальная семья должна иметь 2–3 ребенка. В качестве проблем при создании семьи обозначены учеба, карьера, неготовность к семейной жизни. Большинство юношей хотят сделать сначала карьеру, а потом создавать семью (51,2 %). У девушек отмечаются аналогичные настроения: 54,5 % ответили, что до замужества нужно окончить университет, каждая третья планирует сначала сделать карьеру. 63,2 % девушек считают, что «для женщины важны семья и карьера».

При создании семьи молодые люди в большей степени ждут поддержки от родителей и государства (52 % и 62 % девушек соответственно против 36,7 % и 31,2 % у юношей). Многие студенты г. Иваново отметили, что государство должно помогать в выплате ипотеки (19,4 %), обеспечить ребенка местом в яслях / дошкольном учреждении (26,6 %), выплачивать материнский капитал на первого, второго и третьего детей (28,2 %). При рассмотрении пособий на ребенка каждый четвертый респондент отметил, что выплачивать пособие на ребенка целесообразно не до трех, а до 7 или до 18 лет.

Современная молодежь стремится создать эгалитарную семью, где властные полномочия делятся поровну между мужчиной и женщиной. 75 % девушек и 64,6 % юношей считают, что у мужа и жены должны быть равные права и обязанности. 85,7 % девушек и 66,7 % юношей придерживаются мнения, что жена и муж должны уважать интересы друг друга.

Однако одновременно в представлениях молодежи о семье достаточно много гендерно сегрегированных стереотипов. Так, большинство юношей считает, что муж должен быть главой семьи в принятии решений (58 %) и финансово обеспечивать семью (46 %). Каждый второй юноша придерживается мнения, что уход за новорожденным ребенком, приготовление еды и создание уюта в доме являются обязанностью жены. Каждый третий считает уборку квартиры обязанностью жены. В свою очередь девушки закрепляют за собой функцию создания уюта в доме (42 %), а каждая третья указывает, что финансовое обеспечение семьи – это обязанность мужа (36 %).

Если рассматривать образ, который молодежь хочет видеть в своем спутнике жизни, то большинство студентов хотели бы иметь в будущем идеального партнёра.

Юноши наделяют идеальную жену следующими характеристиками: она должна быть женственной, умной, доброй, хозяйственной, порядочной, без вредных привычек, любить детей, иметь с мужем общие интересы, обладать привлекательной внешностью, уметь держать слово.

Девушки ставят при характеристике идеального мужа на первое место финансовую обеспеченность, трудолюбие, хозяйственность, верность, любовь к детям. В их представлении муж должен, кроме того, быть умным, мужественным, порядочным, добрым, романтичным, иметь с женой общие интересы, уметь держать слово.

Можно сделать вывод, что, несмотря на преобладающее мнение о равных правах и обязанностях супругов, и юноши, и девушки оценивают повседневную практику семейной жизни на стереотипных представлениях о семейных ролях. С одной стороны, они выступают за равноправные отношения в семье, с другой, опираются на традиционные практики, когда бытовые проблемы, как правило, закрепляются за женой.

Данный вывод подкрепляется и набором качеств, которыми молодые люди наделяют своих будущих жен и мужей. Юноши отдают предпочтение внешнему виду, личным качествам и отношению к детям, девушки – умению мужа финансово обеспечивать семью и решать ее хозяйственные проблемы.

Ученые определяют такой тип современной семьи как семью смешанного типа, в которой сочетаются эгалитарные установки и традиционные практики при распределении ролей между супругами [3].

Переход в сознании современной молодежи к эгалитарной модели семьи возможен при условии внедрения гендерного образования молодежи, реализации гендерно чувствительной социальной политики, а также продвижения идей о равных правах мужчин и женщин во всех сферах жизнедеятельности общества.

#### *Библиографический список*

1. Гафизова Н. Б., Королева Т. В. Гендерные стереотипы в современной провинциальной семье (На примере Ивановской области) // Женщина в российском обществе. 2001. № 3-4. С. 50–53.
2. Задворнова Ю. С. Тенденции трансформации гендерных ролей в современной российской семье // Женщина в российском обществе. 2013. № 2. С. 32–40.
3. Задворнова Ю. С. Дифференциация домашнего труда в российской семье: гендерные стереотипы и современные тенденции // Женщина в российском обществе. 2014. № 1. С. 51–58.
4. Словарь гендерных терминов / под ред. А. А. Денисовой; Региональная общественная организация «Восток-Запад: Женские Инновационные Проекты». М.: Информация XXI век, 2002. С. 76.
5. Социологический энциклопедический словарь / под ред. Г. В. Осипова. М.: ИНФРА М – НОРМА, 1998. С. 187–188.

#### *Информация об авторе / Information about the author*

**Миловидова Юлия Сергеевна** – студентка 4 курса, Институт социально-экономических наук, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, milovidova\_2000@mail.ru

**Milovidova Yuliya Sergeevna** – 4 year student, Institute of Socio-Economical Sciences, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, milovidova\_2000@mail.ru



УДК 616.89-008.441.1

*А. С. Когаловская*

## БОЯЗНЬ СОБАК КАК ПРОЯВЛЕНИЕ ПСИХОЛОГИЧЕСКИХ ПРОБЛЕМ ЧЕЛОВЕКА

**Аннотация.** В статье рассматриваются и обосновываются методы психологической работы с кинофобией, в том числе с применением методов канистерапии.

**Ключевые слова:** кинофобия, канистерапия, страхи.

*A. S. Kogalovskaia*

## FEAR OF DOGS AS A MANIFESTATION OF HUMAN PSYCHOLOGICAL PROBLEMS

**Abstract.** The article discusses and substantiates the methods of psychological work with kinophobia, including the use of canister therapy methods.

**Keywords:** kinophobia, canister therapy, fears.

Боязнь собак не такое уж редкое явление. Прежде всего, она является проявлением инстинкта самосохранения. Она порождает осторожность в поведении с незнакомыми животными. И в этом смысле ее можно считать адаптивной.

Боязнь, страх выполняет разнообразные функции в психической жизни человека. Прежде всего, он выполняет защитную адаптивную роль в системе психической саморегуляции. Он является и своеобразным средством познания окружающей действительности. Важна и социализирующая или обучающая роль страха в процессе формирования личности. Кроме того, страх - это демаркационная линия личного, безопасного пространства, в котором сохраняется единство "я" и уверенность в себе. Страх даже может известным образом мобилизовать "я" перед лицом внешней опасности, способствуя интеграции внутренних психических ресурсов [1].

Но страхи могут быть преувеличенными и дезадаптирующими. В их основе зачастую лежит травматический опыт общения с собаками чаще всего в раннем детстве (как результат неудачного общения с собакой, например, собака испугала, укусила) или результат запугивания ребенка родителями или другими взрослыми (родители, сами испытывая сильную тревогу по поводу общения их ребенка с собаками или другими животными, заражают ею своего ребенка, неоправданно нагнетая напряженность: укусит, заразит, и т. п.).

К негативным последствиям неадаптивных страхов можно отнести состояние психического напряжения, скованности, аффективно заостренного стремления к поиску опоры, чрезмерной зависимости от внешнего поля. Поведение становится все более пассивным, атрофируются любопытство, любознательность, избегается любой риск, связанный с вхождением в новую, неизвестную своими последствиями ситуацию общения. Вместо непосредственности

и открытости развиваются настороженность и аффективная замкнутость (отгороженность), уход в себя. Когда страх теряет свои приспособительные функции, человек теряет способность справляться с угрозами, переживает бессилие, теряет веру в себя, в свои силы и возможности [1].

Существуют разные методы работы со страхами. Здесь мы рассмотрим некоторые методы канистерапии, т. е. терапии с участием подготовленных собак. Присутствие собаки способно актуализировать специфический страх, который должен стать движущей силой терапевтического процесса. Однако обязательным является согласие участников реабилитационного процесса. А если работа ведется с ребенком, то необходимо согласие и ребенка, и его родителей.

В. Оклендер в своей работе «Окна в мир ребенка» пишет, что какой бы природы страх не испытывал ребенок, чрезвычайно важно, чтобы все его страхи принимались, признавались и уважались. Только при открытом их рассмотрении **он** обретает силу, достаточную для здорового взаимодействия с окружающим миром, который временами пугает его. Страхи должны быть приняты всерьез, важно о них говорить и прояснять в деталях то, как они переживаются, на что похожи ощущения, каково их телесное выражение, какую поведенческую реакцию они вызывают, что конкретно вызывает такую реакцию, какие именно аспекты ситуации, какие нюансы поведения собаки.

Наиболее подходящими для преодоления кинофобии являются спокойные и не слишком активные собаки, предпочтительно со светлыми мордами. Лучшим вариантом является собака, которая сама изначально выделялась среди других робостью и пугливостью. Но у нее должна быть достаточно крепкая психика и потому изначальная робость и пугливость собаки должна быть преодолена. Это может быть достигнуто путем грамотного (и гуманного) воспитания собаки.

В ходе волонтерской работы в Центре ездового спорта «Северная Надежда» с 2011 по 2016, где проводились занятия с детьми с ОВЗ и детьми сиротами, было замечено, что дети, с боязнью собак тянулись именно к тем собакам, которые соответствовали вышеописанным критериям и начинали испытывать к ним сильную привязанность. Здесь действует принцип: подобное тянется к подобному.

Во-вторых, страх собак напрямую связан со степенью понимания животных. Дети и взрослые, испытывающие кинофобию обладали скудными знаниями относительно собак и правил поведения с ними, не могли или ошибочно истолковывали поведение животных.

Мы начинали работу с изучения правил безопасного поведения с собаками. Кинологи из Санкт-Петербурга разработали руководство, в котором описаны не только правила взаимоотношений с собаками, но и объясняется, почему собака реагирует на определенные типы поведения человека тем или иным образом. Человек в состоянии страха подает соответствующие невербальные сигналы (напряженная поза, сгорбленные плечи, пугливый взгляд, неуверенный голос и т. п.), которые моментально считываются тем животным, которое готовится к нападению.

Однако помимо основ безопасного поведения с животными, не менее важно формировать основы понимания поведения животных.

Встречу клиента с собакой должна предварять подготовка: это может быть просмотр фотографий, видеороликов, на основе которых у них может сложиться впечатление о собаке, и не только о ее размерах, внешнем виде, но и о ее характере.

Когда клиенты выражают желание и готовность познакомиться с собакой, важно обсудить, как с ней можно взаимодействовать, а как – не стоит. С детьми процесс знакомства можно проиграть с использованием игрушечной собаки. Поскольку для собаки главным является обоняние, то можно дать ей понюхать ладонь. Если хочешь выразить ей дружелюбие и открытость, то можно дать ей понюхать тыльную сторону ладони.

Когда, наконец, наступает момент встречи с собакой, важно не торопить события, уважать индивидуальный темп клиента и дозировать контакт. Первая встреча, как правило, должна быть достаточно короткой, тем более, что клиент может испытывать сильные чувства. И это делает особенно важной поддержку специалиста.

Длительность контакта увеличивается постепенно по мере готовности клиента. Следует исключить любое давление на него и уговаривание. Если работа ведется с ребенком, то будет лучше, если взрослые, например, родители и сами будут общаться с собакой, гладить ее, кормить, играть и т. д., получая от этого положительные эмоции. В этом случае мотивация ребенка сильно возрастает и он быстрее справляется с собой и быстрее включается в контакт с собакой.

Однажды мама десятилетнего мальчика настолько увлеклась общением с собакой, что казалось, она забыла и про сына, и про цель их визита (преодоление кинофобии). И это способствовало весьма быстрому преодолению мальчиком внутреннего барьера в общении с собакой. Уже во время первой встречи он попытался предложить ей лакомство. Первая встреча вызвала у него позитивные эмоции, и он с радостью откликнулся на предложение встречаться с собакой и далее.

Не каждый готов начать общение с собакой с близкого контакта, например, с кормления. Часто более безопасным представляется водить собаку на поводке, давать ей команды. Все это позволяет ощутить свои возможности в управлении ситуацией общения с собакой. Весьма благотворно сказывается на ребенке, когда собака, а тем более большая, начинает его слушаться.

Воспринятые нами образы реальности нередко переплетаются в нашем сознании с образами, созданными воображением. Такое смешение реально воспринятого и воображаемого часто лежит в основе страхов, особенно страхов неадаптивных, невротических. Боящийся опирается, прежде всего, на пугающие его представления, образы, установки и игнорирует реальность.

Зрение, слух осязание – через них человек осознаёт себя и контактирует с миром. Однако в тех или иных обстоятельствах многие из нас утрачивают полноту осознания своих ощущений. «Становясь туманными и нечеткими, эти ощущения начинают проявляться как бы автоматически, вне зависимости от нас самих. А сами мы превращаемся в гигантские головы, которые думают, судят, создают представления, предостерегают, вспоминают, анализируют чужие мысли, выступают цензорами» [3]. В этой работе особо отмечается необходимость с уважением относиться к своим чувствам.

В ходе процесса реабилитации, нам представлялось важным усилить связь клиента с реальностью и предлагать задания, направленные на развитие сенсорной сферы, активацию органов чувств во взаимодействии с собакой.

Так, мы предлагали и детям, и взрослым клиентам отвернуться и ответить на вопросы о том, какого цвета глаза, уши, живот, хвост у собаки, какого она размера и т. д. Дети и взрослые с кинофобией обычно погружены в себя, в свои переживания и не уделяют внимания источнику своего страха. Конечно, сначала на подобные вопросы отвечают с существенными ошибками. И это побуждает их более внимательно изучать собаку.

Можно исследовать животное посредством тактильных ощущений: трогать шерсть собаки на спине, животе, хвосте, лапах и ушах, сравнивать ощущения. Можно завязать глаза и угадывать, к какой части тела собаки прикасается рука; пытаться ощутить размеры собаки: ее длину, ширину и высоту. Подобные задания вызывают большой интерес как у детей, так и у взрослых. Это нравится и собакам.

Страх может быть связан с дезориентацией в общении с собаками, с невозможностью понимать идущие от них сообщения или с ошибочным их истолкованием. Мы обучаем клиентов понимать эмоции собаки и то, что она своими действиями пытается донести до нас. Специалисту время от времени целесообразно брать на себя роль переводчика, объясняя, что означает то или иное поведение собаки, как она радуется, как приглашает разделить с ней эту радость.

В процессе работы наблюдалось улучшение в состоянии клиентов. Изменялась степень переживания страха и клиенты научались справляться со своим состоянием. Стал уходить чрезмерный, парализующий, неадаптивный страх, мешающий нормальной жизни. Оставалась осторожность, необходимая для ориентации в незнакомой ситуации.

Когда клиент рассказывает о своих проблемах во взаимоотношениях с собакой, он упускает значимые моменты, которые позволяют пролить свет на истоки этих затруднений и сформировать стратегии помощи. Именно на их выявление направлено исследование, на которое уходит значительное количество времени. Участие собаки позволяет сократить это время. Это происходило за счет того, что появилась возможность не просто слышать о затруднениях клиента с его слов, но и наблюдать, как он с ней контактирует, реагирует на ее побуждение общаться и проявлять к ней внимание, истолковывает ее действия.

Так, клиент, заявлявший о своих трудностях в общении с людьми, интерес со стороны собаки, требование внимания и желание общаться истолковывал как проявление враждебности. На основе этого у нас возникла гипотеза: а не проявляется ли подобное в отношениях с людьми? Мы проверяли эту гипотезу, и она подтвердилась. Действительно, нейтральные и даже доброжелательные транзакции клиентом порою воспринимались как враждебные и агрессивные. На это у него были свои причины: он воспитывался в семье, где была эмоционально незрелая мать, часто срывающая свою агрессию на клиенте, и слабый отец, не способный дать ему достаточно защиты и поддержки. В результате у клиента сформировались жертвенная позиция, соответствующие ожидания от окружающих и защитные формы поведения.

В психоанализе принято считать, что в основе страха собак лежит перенос отношений со значимыми (пугающими) родительскими фигурами на собаку.

Фобия оказывается внешним выражением внутренней психической жизни пациента, выстраиваясь вокруг неразрешимой травмирующей внутренней ситуации. Однако смысл симптома скрыт для пациента, и это не позволяет ему самостоятельно разобраться с истинными причинами его появления и формами проявления в каждом конкретном случае.

Клиентка А., 32 года, сообщила, что боится собак с тех пор, как в детстве увидела сон, в котором ее укусила собака. Исследование методом эмоционально образной терапии вывело на ее детские переживания боли, злости, обиды от несправедливого отношения к ней, когда мама сделала покупку старшей дочери (так как в этом была острая необходимость), а клиентке, которая была младшей (на тот момент ей было всего пять лет) ничего

не купила. Девочка возмущалась, кричала и требовала восстановления справедливости, но ее требования были жестко пресечены мамой. В результате сильные чувства были подавлены. Жить с таким гневом и обидой на маму и доверять ей было невозможно. В результате в психике произошел перенос на нейтральный объект – собаку. Почему собака? Вероятно, что жесткое подавление своих чувств и желаний со стороны матери, которое испытала клиентка, метафорически может быть выражено так: «страх быть съеденной». После того, как гнев нашел выражение в условиях терапевтического процесса, а внутренняя детская часть клиентки была реабилитирована и восстановлена в правах, иррациональный страх собак ушел.

Страх – базовое чувство, и чем бы он ни был вызван, он свидетельствует о ценности жизни для нас, важности внутренней целостности и защищенности.

Австрийский психолог, ученик В. Франкла, А. Ленгле считает, что страх актуализирует наши потребности в защите, безопасном пространстве и опоре [2]. Он пишет, что в человеческом существовании нет абсолютной безопасности, надежности и уверенности. Невозможно жить в этом мире без принятия того факта, что жизнь наполнена неопределенностью и нестабильностью. Справляться с реалиями бытия помогает принятие этой реальности и доверие. Доверие – это риск, требующий мужества подвергнуть себя возможной опасности. Но без них невозможно движение вперед, а по сути и сама жизнь.

#### *Библиографический список*

1. *Захаров А. И.* Неврозы у детей и подростков. Анамнез, этиология и патогенез. Л.: Медицина, 1988. 174 с. URL: [http://lecheniedetej.ru/wp-content/uploads/2015/09/Захаров\\_А.И.\\_Неврозы\\_у\\_детей\\_и\\_подростков.\\_Анамнез\\_этиология\\_и\\_патогенез.pdf](http://lecheniedetej.ru/wp-content/uploads/2015/09/Захаров_А.И._Неврозы_у_детей_и_подростков._Анамнез_этиология_и_патогенез.pdf) (дата обращения: 10.11.2019).
2. *Ленгле А.* Неуверенность, страх и доверие: экзистенциальные темы в зеркале вызовов времени // Психологическая газета. 02.12.2020. URL: <https://dzen.ru/media/id/5d54255e14f98000ad3440d4/neuverennost-strah-i-doverie-ekzistencialnye-temy-v-zerkale-vyzovov-vremeni-5fc6dcfdf29188080ea52889>. (дата обращения: 14.11.2022).
3. *Оклендер В.* Окна в мир ребенка. М.: Независимая фирма “Клас”, 2005. URL: [https://www.e-reading.by/bookreader.php/113665/Okna\\_v\\_mir\\_rebenka.\\_Rukovodstvo\\_po\\_detskoii\\_psihoterapii.pdf](https://www.e-reading.by/bookreader.php/113665/Okna_v_mir_rebenka._Rukovodstvo_po_detskoii_psihoterapii.pdf) (дата обращения: 01.01.2018).
4. *Фромм Э.* Берство от свободы. Человек для себя: пер. с англ. М.: АСТ: АСТ МОСКВА, 2006. URL: <http://library.khpg.org/files/docs/1456766557.pdf> (дата обращения: 01.01.2018).

#### *Информация об авторе / Information about the author*

**Коголовская Анна Сергеевна** – кандидат психологических наук, доцент, доцент кафедры социологии, социальной работы и управления персоналом, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, askogal@yandex.ru

**Kogalovskaya Anna Sergeevna** – Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Sociology, Social Work and Personnel Management, Ivanovo State University, Ivanovo, Russian Federation, askogal@yandex.ru

## СОЦИАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВО КАК ЦЕННОСТЬ ЧЕЛОВЕКА

**Аннотация.** В статье дано авторское понятие «ценность», показаны основные элементы ценностного отношения, изложены точки зрения современных ученых (философов, юристов и социологов) на категорию, дефиницию и феномен «ценность». Приведена классификация всех ценностей на абсолютные и относительные; цели и средства; существования и долженствования; предметные и субъектные; материальные и духовные; индивидуальные, групповые и общественные; смысложизненные, витальные, интеракционистские и социализационные. Дана их характеристика и соотнесена с социальным государством и его проявлениями. Понятия «юридические ценности» и «правовые ценности» в данной статье использованы как синонимы. Названы основные задачи, наиболее важные признаки, а также принципы социального государства. Перечислены страны в которых действующие конституции закрепляют принцип социального государства. Социальное государство проводит целенаправленную политику, обеспечивающую систематическую заботу о социальном благополучии своего населения, о росте их доходов, помощи бедным, о ликвидации бедности, обеспечивает достойные условия жизни и социальную защищенность. Таким образом, оно тем самым, в частности, предупреждает социальные катаклизмы, способствует стабильности общества и создает условия для экономического и прочего роста. Поэтому социальное государство – несомненная ценность для всех или большинства населения на территории конкретной страны. Поставлен очень важный вопрос: социальное государство – это реальность, реальная ценность и/или цель, идеал, норма-цель? Статья заканчивается вполне определенными, конкретными выводами.

**Ключевые слова:** понятие и классификация ценностей, юридические ценности, социальное государство, задачи и функции социального государства, признаки социального государства, типология социального государства, модели социального государства, принцип социального государства в действующих конституциях, социальное государство – ценность, социальное государство – правовая ценность.

## A SOCIAL STATE AS A HUMAN VALUE

**Abstract.** Presented in the paper is the author's notion of value, some basic elements of value-based approach are described, views of contemporary scholars (philosophers, sociologists, law scholars) on category, definition and notion of "value" are given. The paper classifies all values into absolute and relative; goals and means; existence and necessity; subjective and subjective; material and spiritual; individual, group and social; sense-life, vital, interactionist and socialization values. They are characterised and correlated with the welfare state and its manifestations. The terms "judicial values" and "legal values" are used in the paper as synonyms. Principal tasks of a social state, as well as its most essential features and principles are presented. Countries where acting constitutions secure the principle of social

state are listed. A social state pursues a well-aimed policy that facilitates systematic concern over the welfare of population, offers aid to the poor, provides decent living conditions and social protection. By this means a social state, in particular, prevents social upheavals, supports popular stability and provides conditions for economic and other kinds of growth. That is why a social state is doubtless value for all or most of all residents of a specific country. A very essential question is offered in the paper: is social state a reality, a real value, or rather a target, a goal, an ideal? The article ends with some rather definite, exact conclusions.

**Keywords:** notion and classification of values, judicial values, social state, tasks and functions of social state, features of social state, types of social state, models of social state, principle of social state in current constitutions, social state as a value, social state as legal value.

**Понятие ценностей.** «Сложившаяся в условиях цивилизации и непосредственно переживаемая людьми форма их отношения к общезначимым образцам культуры и к тем предельным возможностям, от осознания которых зависит способность каждого индивида проектировать будущее. Оценивать «иное» и сохранять в памяти прошлое», – такое определение дает «Современный философский словарь», а точнее автор статьи на эту тему [9, с. 788]. Отношение может быть негативным, нейтральным и позитивным, поэтому, конечно, речь идет о положительном отношении к различным явлениям, предметам, объектам, событиям и т. п.

На личностном уровне «структура ценностного отношения предполагает на «входе» возможность учета пользы, а на «выходе» – всеобщий «механизм» приобщения к единому благу. Основными элементами ценностного отношения являются: 1) первичный слой желаний, ожиданий и предпочтений, складывающихся на ранней стадии онтогенеза личности и образующих исходный уровень массового сознания («ментальность»); 2) жизненный (...) выбор индивида между ориентациями на ближайшие цели (с их непосредственно очевидной пользой) и ориентацией на отдаленную жизненную перспективу (с ее психологически притягательной ценностью). 3) «Осознание индивидом того факта, что жизненный выбор вообще и ориентация на ценности в особенности, – это не одномоментный акт, а достаточно долговременное состояние, включающее в себя некоторое множество проб и ошибок, частичных решений и поступков...». 4) «Превращение ценностного выбора в основание для оценки всего «иного», т. е. других ориентаций, избранных другими людьми ценностей, способов их реализации и общезначимости» [9, с. 790].

По нашему мнению ценность – это то, что ценит индивид, социальная группа, общество и отчасти государство, на что они готовы тратить время, силы, деньги (финансы), здоровье, к чему он стремится, за что он готов отдать жизнь, терпеть лишения, невзгоды и т. п.; то, что считается благом (моральным и/или материальным), пользой. Представление о ценностях и об их иерархии дают, конечно, социологические опросы, но полагаем, что о них более убедительно свидетельствуют поступки, поведение, дела: правомерное поведение (особенно – активное правомерное поведение) и правонарушения (к примеру, в РФ – массовое нарушение ПДД, была очень большая задолженность по алиментным обязательствам и др.) На что тратят деньги люди? Только на себя и своих близких или помогают в сборе средств на помощь, например, тяжелобольным детям, безнадзорным животным, беженцам и вынужденным переселенцам и др.

Очевидно, что есть витальные ценности для человека и социума и обеспечение себя водой, едой (пищей), продолжение рода (для большинства) –

это витальные потребности. Для многих универсальные ценности – семья, а дальше разночтения: опять же для большинства пока – традиционная семья, для меньшинства – семья, где однополые супруги/партнеры. Моральные ценности – уважение, самоуважение, признание заслуг, достижений

«Категория «ценность» широко используется в системе современного гуманитарного знания и имеет множество дефиниций. [...] Ценности не являются априорными и существуют лишь в общественной жизни. Явления и феномены общественной жизни становятся ценностью только в результате их вовлечения в человеческие отношения со сложным переплетением в них интересов и потребностей различных субъектов» [11, с. 17]. «Для того чтобы стать ценностью, явление должно быть соответствующим образом оценено тем или иным субъектом. Именно поэтому оценка является обуславливающим и неотъемлемым элементом бытия ценности, ее существования и наличия. При этом ценность, фактически являясь продуктом человеческого сознания, становится ключевым элементом человеческой действительности» [11, с. 17–18]. Поэтому если законодатели, правоприменители, в том числе чиновники, сотрудники социальных служб ценят такой феномен как социальное государство, то и в своей текущей деятельности они добросовестно реализуют свои полномочия, выполняют свои обязанности.

Ученые правы: ценности – сложный, многоаспектный феномен, а их релятивность затрудняет их четкое определение и тем более законодательное оформление [13, с. 31].

«Ценности выступают ориентирами деятельности человека в повседневной и социальной действительности, а, значит, и детерминационным фактором его поведения как такового и правомерного в частности» [11, с. 18]. «Ценность явления определяется его вовлеченностью в сферу человеческой деятельности, – утверждает Д. В. Рукавишников. – По отношению к человеку ценности служат объектами его интересов, а для его сознания выполняют роль повседневных ориентиров в предметной и социальной действительности» [11, с. 4]. «*Ценности* – это воспринятые и разделяемые человеком представления (понятия) о благе, значимом и должном, целях и путях их достижения, которые предписывают ему определенные способы и правила поведения, – такое определение дает Д. В. Рукавишников. – Совокупность признаваемых и разделяемых личностью ценностей составляет его ценностную систему и определяет его ценностную ориентацию. Ценностная ориентация обнаруживает себя в определенной направленности сознания и поведения человека» [11, с. 11]. Мы согласны с таким подходом и с такими оценками ценностей и ценностных ориентаций.

Доктор социологических наук, профессор В. А. Бачинин, по нашему мнению, дает удачное определение интересующего нас понятия. Под ценностями он понимает «материальные и духовные реалии, позволяющие удовлетворять их желания, потребности, интересы, чаяния и заставляющие прилагать усилия для их достижения, созидания, сохранения и приумножения» [2, с. 1007].

В. А. Бачинин видит разницу между нормами права и ценностями: «В отличие от норм, которые обозначают в праве то русло, за пределы которого не должна выплескиваться человеческая активность, ценности представляют собой манящие ориентиры, к которым люди стремятся по отдельности и все вместе. Если нормы – это только должное, обязательное, то ценности – это не только должное, но еще и желаемое. Если нормам человек подчиняется из осознания необходимости, чувства страха или долга, то к ценностям он



влечется свободно, в силу внутренних потребностей своего духа. Если императивность нормы категорична, то императивность правовой ценности имеет иной характер, поскольку не приказывает, а вызывает, манит, притягивает к себе. Это свойство ценностей быть целями сознательных усилий социальных субъектов заставляет говорить о телеологической аксиологии права» [2, с. 1008].

Конечно, очевидно, что право – это всегда мера, масштаб свободы (и сама свобода) индивида, социальных групп, общества и других субъектов, а, следовательно, и их активности. А вот с другими положениями мы хотим поспорить. Во-первых, юридические нормы – это не только запреты и обязанности, но и дозволения, рекомендации и что еще важнее в нашем случае – стимулы и поощрения. Стимулы, используя лексику В. А. Бачинина, вполне можно назвать ориентирами, а поощрения – желаемым. Во-вторых, часть лиц соблюдают юридические запреты и исполняют юридические обязанности из-за страха быть привлеченным к тому или иному виду ретроспективной юридической ответственности – это маргинальное правомерное поведение. Но часть индивидов поступают правомерно, исходя из уважения права и его норм, понимания их разумности и др. В-третьих, кроме императивных норм, есть диспозитивные, стимулирующие (поощрительные) и рекомендательные нормы, а потому императивный, диспозитивный, стимулирующий (поощрительный) и рекомендательный методы правового регулирования и соответствующие способы правового регулирования: запрещающий, обязывающий (предписывающий), дозволяющий (управомочивающий), стимулирующий (и поощряющий), а также рекомендательный. Нельзя сводить все богатство норм только к императивным, все право к приказу и принуждению в духе теории юридического позитивизма (командной теории Джона Остина).

Ценности смысла существования – жизнь, свобода, достоинство – цели ради которых и существует право и которое «оно призвано оберегать всеми имеющимися в его распоряжении средствами» [2, с. 1008], мы бы сказали – охранять и защищать, а если нарушены, то восстанавливать. Ценности – нормы долженствования – непосредственное достояние самого права. Это средства «инструментального характера, чье предназначение заключается в том, чтобы оберегать высшие ценности – цели от разнообразных опасностей социогенного характера. Ценности – нормы, или ценности долженствования, обозначают то, что продиктовано общественной необходимостью, интересами разномасштабных социальных общностей» [2, с. 1009]. Как известно, норма права – это клеточка, кирпичик права и есть такой взгляд на право, что оно в конечном праве состоит из норм. Но при всей их важности и многочисленности, приоритет, что аксиоматично, имеют принципы права, поэтому про них не следует забывать, когда мы говорим о ценностях, причем не только в праве. К примеру, справедливость, можно рассматривать и как общий (общеправовой) принцип права, но можно и как философский и как принцип социальной справедливости, то есть как социальный (общесоциальный) принцип.

Когда речь идет о ценностях, то ключевое значение имеют ценностные ориентиры, ценностные установки. Ценностные ориентации – «субъективные аутодетерминанты, подчиняющие себе мотивационную структуру индивидуального сознания и заставляющие его устремляться к значимым целям. В роли таких целей способны выступать: а) ценности жизни – любовь, дружба, общение, семья и забота о потомстве; б) ценности цивилизации – материальное благосостояние, карьера, власть, обладание техническими новинками, гарантированная безопасность частной и общественной жизни, необходимые условия для успешной и профессиональной деятельности и др.; в) ценности

культуры – творчество, свобода как возможность духовной деятельности, отвечающей критериям истины, блага и красоты» [2, с. 1008]. Это фактически еще одна классификация ценностей по критерию цели.

«В сфере правосознания ценностные ориентации проявляются как устремления к таким общественно значимым ценностям как правопорядок, справедливость, свобода, естественные права человека и др. ... правосознание рассчитывает не только на государство, но и активность гражданского общества...», – утверждает В. А. Бачинин [2, с. 1009]. Для нас важно, что индивиды, население или его определенная часть рассчитывают на государство, на его социальную помощь и поддержку. Это, во-первых. Во-вторых, юридические нормы – это вид социальных норм, правовые отношения – разновидность общественных отношений, правосознание – часть сознания социума, правовая культура – часть культуры общества, правопорядок – часть (вид) общественного порядка и т. п., поэтому следуя этой логике правопорядок – это правовая ценность. Правда, в виду важности этого института его, наверное, можно назвать общей (общезначимой), общесоциальной ценностью. А поскольку есть международный правопорядок, то его можно отнести к универсальным, общепланетарным ценностям.

### Классификация ценностей

В. А. Бачинин делит все ценности на 1) *абсолютные* (ценности – чемпионы всегда и везде в духе доктрины естественного права) и *относительные* (способны менять место в иерархии); 2) *цели и средства; существования* (смысл, цель жизни) и *долженствования* (ценности – средства – система права и обслуживающие ее государственные институты, оберегание ценностей от гибели и разрушения) [2, с. 1007]. *Телеология и экзистенциология ценностного подхода*. «Благо и справедливость, свобода и равенство, социальный порядок и права гражданина представляют собой ценности, которыми дорожит культурное сознание и цивилизованный мир» [2, с. 1007].

Д. В. Рукавишников выделяет следующие виды ценностей: 1) в зависимости от подхода к их рассмотрению предметные и субъектные (ценности сознания); 2) по способу бытия: материальные и духовные; 3) по типу потребностей – материальные, экономические, социальные, религиозные и др.; 4) в зависимости от субъекта: индивидуальные, групповые и общественные; 5) по степени соответствия индивидуальных ценностей субъекта с групповыми и общественными – интегрирующие (солидарность) и дифференцирующие (льготы для определенных социальных групп); 6) в зависимости от содержания потребностей субъекта: смысложизненные, витальные, интеракционистские и социализационные [11, с. 18–19].

Соотнесем его классификацию с нашим подходом к социальному государству и его проявлениям. Во-первых, идея социального государства закреплена в конституциях, законах и т. п., поэтому получается, что де-юре это ценность для народа, принявшего Конституцию на референдуме, для законодателей (это сознание, правосознание). Адресаты получают социальные пособия и иные блага – это уже предметные ценности. Во-вторых, деньги – материальные ценности, а билет или бесплатный билет в театр или билет со скидкой в театр, музей и т. п. дает возможность приобщиться к культурным (духовным) ценностям. В-третьих, в социальном государстве на законодательном уровне предусмотрено, например, квотирование рабочих мест для инвалидов, могут быть – льготы для предприятий, на которых трудятся лица с ограниченными физическими возможностями. В-четвертых, есть индивиды,

социальные группы, общество, международное сообщество, поэтому можно говорить об отдельных видах правосознания и индивидуальных, групповых, общественных и универсальных ценностях. В-пятых, пенсии, пособия, заработная плата, стипендии и иные доходы нужны для удовлетворения как витальных (еда, вода и т. п.), так и иных потребностей, поэтому их ценность аксиоматична. Важен и их размер, поскольку только соответствующие выплаты способны обеспечить реализацию права на достойное существование.

«...выражением проблемы иерархического расположения ценностей служит их деление на большие и малые, абсолютные и относительные, ценности – средства и ценности – цели» [11, с. 19]. В Российской Федерации социальное государство – это отчасти реальность, но, видимо, больше – цель.

**Понятие «юридические ценности» и «правовые ценности»** в данной статье мы будем использовать как синонимы.

«Ценности в праве и как ценность самого права – одна из «вечных тем» в философии права, – констатирует в 2018 г. доктор юридических наук, профессор И. Л. Честнов. – Ее актуальность обусловлена нерешенностью таких фундаментальных проблем аксиологии права, как бытие правовых ценностей. Их возникновение и генезис, универсальность и контекстуальность ценностей в праве, соотношение правовых ценностей и фактов, конфликт правых ценностей и способы его разрешения и др.». Ученый отмечает, что «ценности в постклассической философии трактуются как имманентный аспект социальной реальности, а наука ... осмысливается через исторический, социокультурный – а потому ценностный контекст» [14, с. 163]. Безусловно, очень важно изучать не только что декларируется как ценность, не только какие из них закреплены в различных формах права, не только как они сформулированы, но и их гарантированность, их реализации на практике.

Во-первых, то, что ценит государство и общество (их ценности могут как совпадать, так и не совпадать) берется законодателями, как уже отмечено, под охрану; то, что ценится максимально высоко за посягательство на это должны быть самые суровые наказания, поэтому критерию вполне можно составить шкалу, рейтинг, иерархию правых ценностей в той или иной стране, в тот или иной период времени. Во-вторых, основополагающие ценности публичного и частного права закрепляются в современных государствах в конституциях (в федеративных государствах – также в федеральных конституционных законах), законах, в том числе кодифицированных, а в странах англо-американской правовой семьи – поворотных решениях (прецедентах) высших судов. В-третьих, в современном международном праве (с 1945 г.) многие ценности: мир, безопасность, международный правопорядок, различные права и свободы человека и гражданина и др. закреплены в действующих международных договорах; казалось бы гарантированы наличием международной юстиции (Международный суд ООН, Международный уголовный суд – МУС, Европейский Суд по правам человека Совета Европы – ЕСПЧ и суды других международных региональных организаций), но большинство даже членов ООН не признают для себя обязательной юрисдикцию суда этой универсальной организации, а США, КНР, Израиль, Индия, РФ, многие арабские государства и ряд других стран не ратифицировали Римский Статут МУС и можно смело прогнозировать, что в ближайшей и среднесрочной перспективе не сделают этого. Более того: США, и не только они, отозвали свою подпись под Уставом МУС. РФ вышла из Совета Европы, а, следовательно, решения ЕСПЧ не имеют для нашей страны юридической силы и обращаться в этот орган с жалобами на Российскую Федерацию теперь бессмысленно.

По мнению доктора юридических наук, профессора В. Н. Жукова, *государство – это также юридическая ценность*, с чем, в принципе, можно согласиться. «Анализ государства как юридической ценности означает рассмотрение его через призму права», что «сразу вводит нас в сферу нематериальных отношений» [4, с. 339]. Государство как юридический феномен, в духе Георга Еллинека, «представляет собой реализованную совокупность норм, имеющих как минимум три измерения: 1) государство как норма сознания; 2) государство как норма поведения; 3) государство как норма позитивного права» [4, с. 340, 341–346].

Во-первых, наверное, нужно все-таки вести речь о политическом и правовом сознании; в теократических и отчасти клерикальных государства – и о религиозном сознании. Во-вторых, не просто о поведении, а соответственно о политической и правовой культуре и подобном поведении и деятельности. В-третьих, государство, тем более современное государство с демократическим режимом вполне можно рассматривать как институт позитивного права.

Наличие государства, наверное, все-таки лучше хаоса, паралича государства, власти толпы (охлократии), которое сопровождается насилием, убийствами, изнасилованиями, мародерством, самосудом и т. п. Конечно, бесспорную ценность имеет государство с демократическим режимом и тем более правовое государство.

«Ценности не вечны, – считает доктор юридических наук, профессор О. В. Мартышин. – На протяжении веков и тысячелетий их набор и характер неоднократно менялся. Часть ценностей устаревала и уходила в прошлое, другие переосмысливались, третьи возникали впервые» [7, с. 7]. Социальное государство, пожалуй, относится к последней группе, по крайней мере, это сравнительно новая ценность.

### **Социальное государство: понятие, функции, задачи и типы**

Термин «социальное государство» был введен в оборот немецким философом, историком, экономистом Лоренцом фон Штейном (1815–1890) в середине – второй половине 19 века. «Им предлагалось достижение социального государства на основе масштабных социальных реформ, проведение целенаправленной политики государства, обеспечивающей систематическую заботу о социальном благополучии своих граждан. (...) государство заинтересовано в благополучии всех граждан. Государство, возвышаясь над различными индивидуальными интересами, в том числе бизнеса, призвано обеспечивать условия для роста доходов граждан, оказывать помощь бедным, обездоленным слоям общества, так как заинтересовано в своей стабильности и устойчивости, которые достижимы именно благодаря всемерной заботе о своих гражданах. Способствуя выравниваю уровней жизни различных категорий граждан, государство обеспечивает сохранение собственной власти. Реализуются взаимосвязанные и необходимые цели, задачи как для государства, так и для бедных слоев общества» [12, с. 157]. Полагаем, что, по сути, речь идет о создании среднего класса, наличие которого и обеспечивает стабильность, устойчивость государства, «застрахованность» его от революций, восстаний, бунтов, мятежей и других подобных социальных катаклизмов.

В 2001 г. доктор юридических наук, профессор Л. С. Мамут справедливо утверждает, что в социальную деятельность современного государства вовлечено и ею охвачено все его население [5, с. 7] и что она «объективно совершенно необходима», «целесообразна и в целом полезна» [5, с. 9]. В 2003 г. ученый дает следующую характеристику интересующему нас феномену:

«Социальное государство – такая публично-властная организация общества, которая самообязывается (и в этом суть!) оказывать свои членам определенные социальные услуги (отличные от услуг политических, административных, судебных). Самообязывается именно государство в целом, т. е. государственно организованный народ, а не государственный аппарат, являющийся лишь официальным представителем этого народа (общества). Госаппарат для оказания подобных услуг собственными ресурсами не обладает» [6, с. 3]. Убеждены, что высказанные известным ученым мысли не утратили своего значения: а) понимание государства как государственно организованного народа; б) различение государства (даже если ему давать другое определение) с государственным аппаратом; в) социальное государство как «раздатчик» социальных услуг населению. Что касается самообязывания государства, то здесь возникают сомнения, Возможно, корректнее говорить про правовое самообязывания государства: ратификацию, например, Международного пакта об экономических, социальных и культурных правах 1966 г., закрепление в конституции страны принципа социального государства, вступления в силу (в действие) социального законодательства (например, законов о государственном пенсионном обеспечении и т. п.). В этом случае, безусловно, государство в лице парламента и главы государства берет на себя определенные социальные обязательства, само себя обязывает оказывать социальную помощь и поддержку всем гражданам данного государства или определенным категориям. Л. С. Мамут упоминает и социальное законодательство и Пакт 1966 г., но, на наш взгляд, в ином контексте [6, с. 4, 5].

«Понимание ценностных, личностно и общественно значимых оснований государственной жизни претворяется в идее социального государства, – пишет доктор юридических наук, доктор философских наук, профессор О. Ю. Рыбаков. – Человечество, обретая ценностные понятия благополучия, достоинства, все же не остановилось на пути обретения гармонии личных, общественных, государственных потребностей, интересов, ценностей. Цель движения к наиболее приемлемым формам государственной организации выражена в идее социального государства. Социальное государство предполагает реализацию справедливых начал. Но справедливое распределение и предоставление всевозможных благ с помощью государства предполагает, в свою очередь, действие права, которое также нацелено на формирование справедливых отношений» [12, с. 154].

Во-первых, его функционирование и осуществлением им своих функций направлено на смягчение «негативных последствий социального неравенства путем перераспределения материальных благ, защиту социальных прав человека, обеспечение стабильности в стране и согласия в обществе». «Осуществление правильно определенной социальной политики, как показывает опыт зарубежных стран, ведет к экономической стабильности и процветанию государства, обуславливает его внешнеполитическую безопасность» [16, с. 2].

Во-вторых, под социальным государством следует понимать такой вид государства, который отличается от иных государств приоритетом исполнения социальной функции в проведении государственной политики [16, с. 5].

В-третьих, главными *задачами* социального государства, по мнению С. П. Шаповалова, являются следующие [16, с. 5–6]: создание законодательно принятой системы механизмов и инструментов реализации социальной функции; создание системы индикаторов социально-экономического состояния общества и оперативное определение с ее помощью необходимой социальной помощи для населения; защита прав и соблюдение интересов всех граждан

страны на равных условиях; проведение социально составляющей во всех сферах жизни общества: образование, здравоохранение, экология, культура и т. д.; контроль за исполнением социальной функции в своих субъектах, а также контроль за исполнением гражданами своих обязанностей по отношению к другим гражданам и обществу в целом; информирование общества в целом и каждого гражданина в отдельности о его правах и обязанностях. Младенцы, годовалые, двух-трех годовалые дети – это также граждане или, по крайней мере, большинство из них – это граждане определенного государства, но, сомневаюсь, что их также уже нужно информировать об их правах и обязанностях, т. е. получается, что все-таки не каждого.

Доктор юридических наук, профессор Л. А. Морозова приводит типологию социального государства Риттера, который выделял *три типа социального государства*: позитивное, собственно социальное государство и государство благоденствия. Собственно социальным государством названо только такое, «которое проводит политику занятости населения и гарантирования со стороны государства минимального прожиточного уровня жизни и равенство шансов на успех» [8, с. 471]. Причем, утверждается, что указанные типы «нигде в мире не были реализованы, лишь отражают **тенденции** в изменении государственной социальной политики» [8, с. 471].

«Положение о *социальном* государстве развивается в нормах о том, что собственность обязывает, что пользованию ею должно служить общему благу, что земля, ее недра, природные богатств, средства производства могут быть обобществлены в различных формах, но только законом. При этом только законом, а не судом, как во многих других странах, устанавливается размер и вид возможной компенсации. Положению о социальном государстве соответствуют закрепляемые в конституции социально-экономические и культурные права личности», – констатирует В. Е. Чиркин, характеризуя Конституцию ФРГ 1949 г. [15, с. 397]. Л. А. Морозова пишет, что принцип социального государства закрепляют действующие конституции Франции, Италии, Португалии, Греции, Испании, Швеции, Дании, Турции, Нидерландов, Японии и др. [8, с. 416]. К этому списку, конечно, нужно добавить еще и конституции Венгрии, Ирландии [5, с. 12] и Российской Федерации. Л. С. Мамут делает очень важное утверждение: в начале XXI в. «теоретики права, государствоведы и социологи почти единодушны в том, что у государственно-организованного общества, бесспорно, есть обязанность заниматься социальным вспомоществованием – заниматься им там и тогда, где и когда люди не в состоянии обеспечивать себе минимальный прожиточный минимум. Такая обязанность прямо фиксируется в большинстве действующих конституций и конкретизируется в текущем законодательстве» [5, с. 12–13]. Далее известный ученый верно отмечает, что в Основном законе ФРГ нет перечня социальных прав, а в конституциях Нидерландов и Швеции «нет подробной регламентации социальных услуг, которые должны предоставляться органами и учреждениями» этих государств [5, с. 13]. Анализ причин подобного положения – это тема отдельного (другого) самостоятельного исследования.

### **Признаки и принципы социального государства**

Л. А. Морозова среди наиболее важных *признаков* социального государства называет следующие: «1) высокий уровень экономического развития страны...; 2) социально ориентированная структура экономика, что выражается в многообразии форм собственности; 3) формирование гражданского общества, в руках которого государство служит инструментом проведения

социально ориентированной политики; 4) разработка государством разнообразных социальных программ и определение первоочередности их реализации; 5) утверждение таких целей государства, которые обеспечивают каждому: а) достойные условия жизни; б) социальную защищенность; в) равные стартовые условия для самореализации личности; б) развитое социальное законодательство; 7) социальная ответственность государства по отношению к своим гражданам и ответственность членов общества по отношению друг к другу и ко всему сообществу граждан в целом...» [8, с. 417–418]. На наш взгляд, утверждение о равных стартовых условиях нуждается в раскрытии, характеристике и аргументации.

О. Ю. Рыбаков пишет, что характеристика социального государства дается в различных теориях определяется его цель, которая выступает принципом его организации. Ученый выделяет следующие **принципы социального государства** [12, с. 155], а на самом деле, три модели или три подхода к социальному государству. По нашему мнению, первый можно смело назвать эгалитарным, второй – марксистским и третий – либеральным:

«Принцип и цель социального равенства. Равны все, независимо от места в социальной иерархии. Права и обязанности правителей эквиваленты правам и обязанностям подданных. Равенство и свобода реализуемы в управлении, а народ есть единственный источник власти.

Принцип отсутствия частной собственности, эксплуатации человека человеком, классового неравенства как условия социального благополучия и справедливости государства.

Индивидуализм как принцип и цель социального государства. Реализация индивидуализма означает постулирование персональной свободы, которая представляет, по сути, единственную высшую ценность. Это экономический, включая предпринимательскую свободу, политический и другие виды реализации свободы. Личная жизнь неприкасаема, вторжение в нее невозможно (Адам Смит (1732–1790), Бенжамен Констан (1767–1830), Джон Локк (1632–1704)» [12, с. 155].

Во-первых, непонятно о каком равенстве идет речь: юридическом или фактическом. Если о последнем, то это нереально в силу умственных, физических и иных различий между людьми. Во-вторых, подданные, конечно, еще существуют, но большинство населения планеты – это граждане. Глава государства, глава правительства, министры, депутаты парламента страны, судьи судов страны и международных судов, судов международных региональных организаций и др. – имеют особый правовой статус, а, следовательно, иной объем юридических прав и юридических обязанностей, поэтому данное предложение, на мой взгляд, выглядит нереалистичным, более того – утопичным. В-третьих, так называемого социалистического лагеря больше нет, большинство социалистических стран с позиций формационного подхода вернулись в лоно капитализма, стали буржуазными государствами. Сам О. Ю. Рыбаков, видимо, не придерживается марксистских взглядов, поскольку не видит противоречий принципиального характера между правовым и социальным государством, а первое, как известно, невозможно без плюрализма форм собственности и рыночной экономики.

Доктор юридических наук, профессор Р. А. Ромашов в 2004 г. называет и характеризует четыре основных ценностей социально-правового государства: социальная стабильность [10, с. 87–88], социальный баланс [10, с. 89–90], развитое гражданское общество [10, с. 90] и социально активная личность [10, с. 91].

В 2008 г. кандидат юридических наук, депутат Законодательного собрания Пензенской области Б. Н. Алейников утверждает: «Общепризнано, что социальное государство представляет собой высшее достижение западной цивилизации, воплощение общечеловеческих ценностей, и одновременно наилучшим образом соответствует уникальным национальным особенностям России» [1, с. 5]. На наш взгляд, основания для подобного заявления есть: во-первых, концепт социального государства – это прежде всего заслуга западной (западноевропейской) юридической мысли; во-вторых, идея социального государства закреплена в первую очередь и в основном в конституциях ряда западных стран; в-третьих, в идее социального государства, безусловно, отражены некоторые общечеловеческие ценности; в-четвертых, для нашей страны был характерен патернализм и он в известной степени сохраняется и в настоящее время, а идеи патернализма и социального государства, несомненно, имеют, ряд общих черт (ожидание заботы, поддержки, помощи от государства/государства). Полагаем, что все-таки «уникальным национальным особенностям» нашей страны больше отвечает не социальное, а федеративное государство, причем как с территориальными, так и национальными субъектами. Кроме того, наивысшим достижением цивилизации будет такое государство, которое одновременно является демократическим, социальным и правовым. В 2009 г. доктор философских наук, профессор З. Ш. Гафуров пишет, что «в современном мире давно нет ни правового государства в чистом виде, ни социального, а есть социальное правовое государство, все чаще именуемое в юридической литературе как социально-правовое» [3, с. 5]. Есть ли такие страны в настоящее время это уже несколько другая тема и она может быть предметом самостоятельного исследования.

### **Социальное государство – это реальность, реальная ценность и/или цель, идеал, норма-цель?**

По нашему мнению, в ФРГ, Великобритании, странах Северной Японии и ряде других, пусть и с оговоркой, но это реальность. В РФ – отчасти. Осторожную позицию, безотносительно конкретных стран, занимает в 2019 г. О. Ю. Рыбаков: «Итак, современное социальное государство становится реальностью. Право и нравственность находятся в его основании. Развитая экономика и социально выраженные функции государства сосредоточены на главной цели такого государства: социальном благополучии индивидов. [...] Оно становится социальным, когда реализуется не только экономическое выживание человека..., а тогда, когда формируется культура всеобщего нравственного взаимодействия в целях достижения персонального и всеобщего блага» [12, с. 167]. Если исходить из подхода, что главная цель социального государства – благополучие населения, то тогда придется отказать в таком статусе практически всем западным державам, так как их политика санкций в отношении РФ уже на протяжении нескольких лет причиняет вред и бизнесу, и науке, и культуре, и наемным работникам, потребителям товаров и услуг, то есть в определенной мере всему населению или большей его части, за исключением, пожалуй, ВПК и ряда газо- и нефтедобывающих компаний. И последнее: критерий «всеобщее нравственное взаимодействие» – выглядит неопределенным, расплывчатым в отличие, например, от такого четкого и конкретного как соотношение зарплаты высших государственных лиц и рядовых получателей зарплаты из госбюджета как 5:1.



### Выводы

Во-первых, социальное государство – это сравнительно новая ценность. Если признать, что социальное государство возможно без плюрализма форм собственности, рыночной экономики и гражданского общества, то в этом случае вывод очевиден: социальное государство было в Советском Союзе с бесплатным для учащихся и их родителей образованием, бесплатным для пациентов здравоохранением и медицинской помощью, пенсиями, пособиями и т. п. В этом случае точкой отсчета будет первая половина XX. Если социальное государство невозможно без частной собственности, рыночной экономики и демократии; если идея социального государства должна быть закреплена в конституции страны и государство проводит эффективную социальную политику, то, видимо это будет середина – вторая половина 20-го столетия. Если занять позицию, что государство может быть одновременно и социальным и правовым, то ответы могут быть полярные: а) правовых государств нет (одни ближе к этому идеалу, а другие – дальше), а, следовательно, нет и социальных; б) все страны Европейского Союза и ряд других западных стран – правовые государства (такая точка зрения была в российской теории государства до начала спецоперации РФ на Украине), а, значит, все они – социальные государства. Так как в правовом государстве гарантируются различные, в том числе и социальные права (на социальную и экономическую справедливость – равная оплата за равный труд; достойные условия существования; право на труд, образование и социальную обеспеченность; прожиточный минимум; удовлетворительный уровень жизни и др.). Отсюда, в частности, и ценность социального государства для каждого человека, но, пожалуй, больше – для малоимущих, уязвимых слоев населения. Как известно, истина конкретна, поэтому нужен анализ конкретных государств на их соответствие признакам и принципам правового и социального государств.

Во-вторых, социальное государство проводит целенаправленную политику, обеспечивающую систематическую заботу о социальном благополучии своего населения, о росте их доходов, помощи бедным, о ликвидации бедности, обеспечивает достойные условия жизни и социальную защищенность, то тем самым оно, в частности, предупреждает социальные катаклизмы, способствует стабильности общества и создает условия для экономического и прочего роста. Таким образом, оно несомненная ценность для всех или большинства населения на территории данного государства.

### Библиографический список

1. *Алейников Б. Н.* Социальное государство и собственность // Государство и право. 2008. № 1. С. 5–13.
2. *Бачинин В. А.* Ценности // Бачинин В. А. Энциклопедия философии и социологии права. СПб.: изд-во Р. Асланова «Юридический центр Пресс», 2006. С. 1007–1008.
3. *Гафуров З. Ш.* Социально-правовое государство: причины возникновения, объективные основы, противоречивая сущность // Государство и право. 2009. № 4. С. 5–14.
4. *Жуков В. Н.* Государство как ценность // Философия права. Кур лекций: учебное пособие: в 2 т. Т. 1 / С. Н. Бабурин, А. Г. Бережнов, Е. А. Воротилин [и др.]; отв. ред. М. Н. Марченко. М.: Проспект, 2011. С. 326–353.

5. *Мамут Л. С.* Социальное государство с точки зрения права // Государство и право. 2001. № 7. С. 5–14.
6. *Мамут Л. С.* Социальное государство с точки зрения права // Социальное правовое государство: вопросы теории и практики: материалы межвуз. науч.-практ. конф. С.-Петербург, 21 июня 2003 г. / сост.: Н. С. Нижник, Н. А. Чекунов; под ред. Д. И. Луковской. СПб.: изд-во СПбГУ, 2003. С. 3–5.
7. *Мартышин О. В.* Проблема ценностей в теории государства и права // Государство и право. 2004. № 10. С. 5–14.
8. *Морозова Л. А.* Социальное государство // Морозова Л. А. Теория государства и права: учебник. 2-е изд., перераб., доп. М.: Эксмо, 2005. С. 415–419.
9. *Плотников В. И.* Ценность // Современный философский словарь / под общ. ред. канд. филос. наук, проф. В. Е. Кемерова. 3-е изд., испр. и доп. М.: Академический проект, 2004. С. 788–791.
10. *Ромашов Р. А.* Ценностные приоритеты социально-правового государства: сб. избр. ст. // Ромашов Р. А. Теоретико-правовая наука и юридическая практика: проблемы соотношения и взаимодействия. СПб.: С.-Петербург. ун-т МВД России, 2004. С. 87–91.
11. *Рукавишников Д. В.* Современные ценности и их влияние на правомерное поведение: автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Н. Новгород, 2011. 30 с.
12. *Рыбаков О. Ю.* Философия права: учебник для магистров. М.: Проспект, 2021. 240 с.
13. *Честнов И. Л.* Релятивность правовых ценностей в постсовременном мире // Правовые ценности в свете новых парадигм развития современной цивилизации: сборник научных трудов / под общ. ред. Д. А. Пашенцева, М. В. Залоило. М.: ИНФРА-М, 2020. С. 28–34.
14. *Честнов И. Л.* Ценности в правовой реальности: постклассический подход // Философия и психология права: современные проблемы: сборник научных трудов / под общ. ред. В. И. Жукова; отв. ред. А. Б. Дидикин. М.: Институт государства и права РАН, 2018. С. 163–173.
15. *Чиркин В. Е.* Основы конституционного права Германии // Чиркин В. Е. Конституционное право зарубежных стран. М.: Юрист, 1997. С. 396–419.
16. *Шаповалов С. П.* Социальное государство: теоретико-правовая модель: дис. ... канд. юрид. наук. СПб., 2010.

#### *Информация об авторе / Information about the author*

**Поцелуев Евгений Леонидович** – кандидат исторических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и истории государства и права, юридический факультет, Ивановский государственный университет, г. Иваново, Россия, [elp777@yandex.ru](mailto:elp777@yandex.ru)

**Potseluev Evgeny Leonidovich** – Candidate of Science (History), Associate Professor, Chair of State and Law, Law faculty, Ivanovo State University, Ivanovo, Russia, [elp777@yandex.ru](mailto:elp777@yandex.ru)

# ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

## Серия «Естественные, общественные науки»

---

1. В журнал принимаются материалы в электронном виде в формате RTF по адресу: [publisher@ivanovo.ac.ru](mailto:publisher@ivanovo.ac.ru)

2. Требования к оформлению материалов.

Максимальный размер статьи — 1,0 авт. л. (40 тыс. знаков с пробелами), выполненного в редакторе Microsoft Word шрифтом Times New Roman (основной текст — кегль 11; аннотация, ключевые слова, таблицы, подписи к рисункам, сноски, библиографический список — кегль 10). Формат А4, поля: верхнее — 2,7 см, нижнее — 4,6 см, левое и правое — 4 см.

Материал должен быть оформлен в следующей последовательности: **УДК, ББК**; на *русском и английском языках*: **инициалы и фамилия автора, название материала**, для научных статей — **аннотация** (объемом 10—15 строк), **ключевые слова**; **текст статьи**.

Библиографические источники должны быть пронумерованы в алфавитном порядке, ссылки даются в тексте статьи в квадратных скобках в строгом соответствии с пристатейным списком литературы. Библиографическое описание литературных источников к статье оформляется в соответствии с ГОСТ 7.1—2003, 7.0.5—2008. В каждом пункте библиографического списка, составленного в алфавитном порядке (сначала произведения на русском языке, затем на иностранном), приводится одна работа. В выходных сведениях обязательно указание издательства и количества страниц, в ссылке на электронный ресурс — даты обращения.

Фотографии и рисунки, прилагаемые к статье, должны быть контрастными, четкими.

В конце представленных материалов следует указать фамилию, имя, отчество автора, ученую степень, звание, должность, место работы, электронный адрес.

Материалы, не отвечающие предъявляемым требованиям, к рассмотрению не принимаются

3. Направление в редакцию ранее опубликованных и принятых к печати в других изданиях работ не допускается.

4. Редакция оставляет за собой право осуществлять литературную правку, корректирование и сокращение текстов статей.

### ПРАВИЛА РЕЦЕНЗИРОВАНИЯ СТАТЕЙ

1. Статьи авторов, являющихся преподавателями, сотрудниками или обучающимися ИвГУ, принимаются редакционной коллегией соответствующей серии (выпуска) на основании письменного решения (рекомендации) кафедры или научного подразделения ИвГУ и рецензии доктора наук, не являющегося научным руководителем (консультантом), руководителем или сотрудником кафедры или подразделения, где работает автор.

2. Статьи авторов, не работающих и не обучающихся в ИвГУ, принимаются редакционной коллегией соответствующей серии (выпуска) на основании рекомендации их вуза или научного учреждения и рецензии доктора наук, работающего в ИвГУ.

3. Поступившие статьи проходят далее рецензирование одного из членов редколлегии соответствующей серии (выпуска), являющегося специалистом в данной области.

4. Статья принимается к публикации при наличии двух положительных рецензий и положительного решения редколлегии серии (выпуска). Порядок и очередность публикации статьи определяются в зависимости от объема публикуемых материалов и тематики выпуска.

5. В случае отклонения статьи автору направляется аргументированный отказ в письменной (электронной) форме. Авторы имеют право на доработку статьи или ее замену другим материалом.

*Электронное сетевое издание*

**ВЕСТНИК  
ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**  
Серия «Естественные, общественные науки»  
**2022. Вып. 2**

*Издается в авторской редакции*

**[12+]**

директор издательства *Л. В. Михеева*  
технический редактор *И. С. Сибирева*  
компьютерная верстка *Т. Б. Земсковой*

Дата выхода в свет 02.12.2022 г.  
Формат 70 × 108<sup>1</sup>/<sub>16</sub>. Уч.-изд. л. 7,2.

Издательство «Ивановский государственный университет»  
✉ 153025 Иваново, ул. Ермака, 39 ☎ (4932) 93-43-41  
E-mail: publisher@ivanovo.ac.ru

