

ВЕСТНИК ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия «Естественные, общественные науки»

Вып. 1/2, 2019

Биология. Химия. Математика. Юриспруденция

Научный журнал

Издается с 2000 года

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций (Роскомнадзор)
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС77-60994 от 5 марта 2015 г.

Учредитель ФГБОУ ВО «Ивановский государственный университет»

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

- В. Н. Егоров**, д-р экон. наук
(председатель)
- С. А. Сырбу**, д-р хим. наук
(зам. председателя)
- 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. Усольцева**, 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. Молдаванский**, 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

Подписной индекс в каталоге
«Пресса России» 41512

Электронная копия журнала размещена
на сайтах www.elibrary.ru,
www.ivanovo.ac.ru

ISSN 2500-2783 (online)

IVANOVO STATE UNIVERSITY BULLETIN

Series «Natural, Social Sciences»

Issue 1/2, 2019

Biology. Chemistry. Mathematics. Jurisprudence

Scientific journal

Issued since 2000

The journal is registered in the Federal Agency for the Oversight in the Sphere of Communication, Information Technology and Mass Communications (Roskomnadzor)
Registration certificate III № ФС77-60993 of March 5, 2015

Founded by Ivanovo State University

EDITORIAL COUNCIL:

- V. N. Egorov*, Doctor of Economics
(Chairman)
- S. A. Syrbu*, Doctor of Chemistry
(Vice-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

Index of subscription
in the catalogue «Russian Press» 41512
Electronic copy of the journal can be found
on the web-sites www.elibrary.ru,
www.ivanovo.ac.ru

© Ivanovo State University, 2019

СОДЕРЖАНИЕ

Биология

- Барина М. О., Зарипов В. Н., Королева С. В.** Изменение variability сердечного ритма у курсантов и спасателей в условиях имитации профессиональной деятельности 5
- Борисова Е. А., Курганов А. А.** Адвентивная фракция флоры регионального заказника «Затеихинский» 9

Химия

- Крылов Е. Н., Вирзум Л. В.** Реакционная способность тетрагалогентетраазапорфинов как функция эффектов заместителей и молекулярного электростатического потенциала реакционного центра 15
- Крылов Е. Н., Сергеева Г. А.** Квантово-химические DFT-дескрипторы кислотности NH-группы сульфониламидов 22

Математика

- Азаров Д. Н., Кряжева А. А.** О финитной отделимости подгрупп в расщепляемых расширениях групп 33
- Ваганов С. Е.** Полиномиальная модель межкадрового движения в решении задачи уточнения оптического потока 41
- Солон Б. Я., Ерёмкина Е. В.** Структура e -степеней перечислений множеств натуральных чисел 47
- Хашин С. И.** Сравнение эффективности передаточных функций нейросети 54
- Хашина Ю. А.** Представление n -квадратичной функции в виде суммы квадратов 58

Юриспруденция

- Булацкая Н. Г.** Правовое регулирование ограничений и обременений прав на землю 60
- Ковалев С. Е.** История развития предварительного следствия в России 68
- Коваль С. П., Цветков М. Ю.** Уничтожение (повреждение) имущества по неосторожности в уголовном законодательстве России и зарубежных стран 74
- Кузьмина О. В.** Правовая определенность судебных решений как необходимое условие правосудия по уголовным делам 81
- Поцелуев Е. Л., Меркуленко А. А.** Форма государственного устройства и государственный режим России в конце XX — начале XXI века 90
- Сведения об авторах* 96
- Информация для авторов*
«Вестника Ивановского государственного университета» 99

CONTENTS

Biology

- Barinova M. O., Zaripov V. N., Koroleva C. V.** Change of variability of the heart rhythm for cadets and rescuers in conditions of imitation professional activities 5
- Borisova E. A., Kurganov A. A.** Alien flora fraction of the regional nature reserve (sanctuary) «Zateikhinskiy» 9

Chemistry

- Krylov E. N., Virzum L. V.** Reaction ability of tetrahalogene tetraasaporphynes as a function of substituent effects and molecular electrostatic potential on reaction centre 15
- Krylov E. N., Sergeeva G. A.** Quantum-chemical DFT-descriptors of NH-group acidity of sulphonyl amides 22

Mathematics

- Azarov D. N., Kryazheva A. A.** On the subgroup separability of splitting extensions of groups 33
- Vaganov S. E.** Polynomial based motion model for optical flow refinement 41
- Solon B. Ya., Eryomina E. V.** E-degree structure of enumerations of natural number sets 47
- Khashin S. I.** A comparison of the effectiveness of the activation functions of the neural network 54
- Khashina J. A.** Representation of an n-quadratic function as a sum of squares 58

Jurisprudence

- Bulatskaya N. G.** Legal regulation of restrictions and encumbrances of land rights 60
- Kovalev S. E.** The history of the preliminary investigation in Russia 68
- Koval S. P., Tsvetkov M. Yu.** Destruction (damage) of property by negligence in the criminal law of Russia and foreign countries 74
- Kuzmina O. V.** Legal certainty of court judgements as a obligatory condition of justice in criminal cases 81
- Potseluev E. L., Merkulenko A. A.** Form of the state structure and state regime in Russia in the late 20th – early 21st century 90
- Information about the authors* 96
- Information for the authors of «Ivanovo State University Bulletin»* 99

УДК 612.172.2

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

ИЗМЕНЕНИЕ ВАРИАБЕЛЬНОСТИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА У КУРСАНТОВ И СПАСАТЕЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ИМИТАЦИИ ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

В статье показано, что под влиянием нагрузок, имитирующих профессиональные условия деятельности, у спасателей, по сравнению с курсантами, происходит смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического звена регуляции.

Ключевые слова: курсанты, спасатели, условия имитации профессиональной деятельности, вариабельность сердечного ритма.

The article shows, that under the influence of loads, that imitation professional conditions of activity, in rescuers, compared with cadets, the vegetative balance shifts towards the predominance of the sympathetic link of regulation.

Key words: cadets, rescuers, conditions of imitation of professional activity, heart rate variability.

Проблема физиологической стабильности специалистов экстремальных профессий приобретает высокую научно-практическую значимость, что связано с напряженностью и экстремальностью их профессиональной деятельности, которые оказывают неблагоприятное влияние на психофизиологическое состояние организма и значительно ухудшают здоровье [2].

Адаптация организма к воздействию различных факторов окружающей среды в значительной мере связана с реакциями сердечно-сосудистой системы и ее регуляторных механизмов [7]. Для оценки функциональных резервов организма и особенностей регуляции используется методика вариабельности сердечного ритма. Математический анализ вариабельности сердечного ритма (ВСР) для мониторинга состояния пожарных и спасателей применяется относительно недавно, несмотря на очевидную актуальность его внедрения [5].

Целью настоящего исследования является изучение изменений вариабельности сердечного ритма у курсантов и спасателей под влиянием нагрузок, моделирующих профессиональные условия.

© Барина М. О., Зарипов В. Н., Королева С. В., 2019

Материал и методы исследования

Исследование проведено на базе Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России в научно-исследовательской лаборатории «Медицина катастроф». В исследовании принимали участие 25 курсантов, средний возраст – 19 лет и 25 спасателей, средний возраст – 31 год.

Для проведения исследования variability сердечного ритма использовали программное обеспечение и оборудование «ВНС-Микро» («Нейрософт», Россия).

Первое обследование курсантов и спасателей проводили до воздействия нагрузок (группа – до нагрузок).

Повторное обследование выполняли сразу после воздействия нагрузок, в качестве которых использовали моделирование профессиональных условий на огневой полосе (группа – после нагрузок). Огневая полоса расположена под открытым небом, ее элементами являются маршевая лестница, спуск по трубе и др. Время прохождения данных препятствий составляло порядка 15 минут. Во время тренировки полосу препятствия специально поджигают, создавая обстановку, приближенную к реальным условиям пожара.

Для оценки вегетативных изменений у курсантов и спасателей исследуемых групп регистрировали электрокардиограмму с последующим анализом variability сердечного ритма (ВСР). Кардиограмму регистрировали в положении «лежа» и после выполнения ортостатической пробы в положении «стоя». Достоверность отличий оценивали с помощью t-критерия Стьюдента.

Результаты исследования и их обсуждение

У профессиональных спасателей нагрузка вызывала достоверное уменьшение суммарной мощности спектра (TP) (табл. 1). Это может свидетельствовать об изменении функционального состояния организма в ответ на действие используемых нагрузок и характеризует «физиологическую цену» этих нагрузок [4]. В то же время, ортостатическая нагрузка не влияла на изменение этого показателя ни до применения нагрузок, ни после их действия. Согласно исследованиям К. И. Копейкина [3] и И. С. Макаровой [8] в моделируемых условиях чрезвычайных ситуаций у курсантов происходит снижение общей мощности спектра. Однако в данном исследовании нагрузки, имитирующие условия на пожаре, вызывали у курсантов лишь тенденцию к уменьшению суммарной мощности спектра (TP) (табл. 1). При этом и до действия нагрузок, и после их действия ортостатическая проба приводила к снижению общей мощности спектра ВСР, что может быть следствием нестабильности функционального состояния курсантов, их недостаточной готовности к экстремальным ситуациям.

Снижение суммарной мощности спектра ВСР у профессиональных спасателей под влиянием используемых нагрузок обусловлено, прежде всего, достоверным уменьшением мощности спектра в диапазоне быстрых высокочастотных волн (HF). Высокочастотный компонент спектра, главным образом, определяется как маркер вагусной модуляции и его мощность оправданно связывают с мощностью парасимпатических влияний [6]. Таким образом, у спасателей происходит снижение интенсивности парасимпатической

регуляции деятельности сердца после действия нагрузок, имитирующих профессиональные ситуации. Кроме того, на смещение вегетативного баланса у спасателей в сторону преобладания симпатических влияний указывает и увеличение индекса вагосимпатического взаимодействия (LF/HF).

Таким образом, у спасателей, по сравнению с курсантами, как до, так и, особенно, после нагрузок, выявлены меньшие мощности спектров волн и больший вклад симпатической системы в регуляцию ритма сердца, что указывает на дезадаптивную реакцию, свидетельствующую о вовлечении в процесс поддержания гомеостаза не только функциональных, но и органических структур. Все это приводит к риску развития стресс-индуцированных состояний и заболеваний. Снижение с возрастом реактивности парасимпатической составляющей в модуляции ритма сердца – закономерный процесс, поэтому исходное состояние парасимпатикотонии для лиц «опасных» профессий предпочтительно повышенное [3].

Таблица 1

**Спектральные показатели variability сердечного ритма
у курсантов и спасателей**

| Показатель | До нагрузок | | После нагрузок | | Группы |
|---|-------------------|-------------------|-------------------|--------------------|-----------|
| | лежа | стоя | лежа | стоя | |
| Суммарная мощность всех компонентов спектра (TP, мс ² /Гц) | 5306,1± 692,2 | 2844,3± 591,3# | 3878,0± 717,2 | 1411,7± 256,5*# | Курсанты |
| | 2766,0± 473,8^ | 2636,6± 396,1 | 762,5± 231,0*^ | 1004,6± 223,8* | Спасатели |
| Очень медленные волны спектра (VLF, мс ² /Гц) | 1555,4± 199,8 | 791,4± 123,0# | 1164,5± 152,4 | 481,2± 94,6*# | Курсанты |
| | 759,8± 151,1^ | 233,5± 52,7^# | 965,1± 158,2 | 248,3± 56,8"# | Спасатели |
| Медленные волны спектра (LF, мс ² /Гц) | 1625,0± 229,6 | 1214,4± 172,0 | 1179,0± 282,5 | 719,0± 159,1* | Курсанты |
| | 893,9± 128,2^ | 308,3± 108,3^# | 1239,6± 262,3 | 538,0± 134,0# | Спасатели |
| Быстрые волны спектра (HF, мс ² /Гц) | 2125,5± 403,1 | 450,4± 116,0# | 1752,0± 401,4 | 220,1± 38,8*# | Курсанты |
| | 903,8± 220,5^ | 134,3± 67,5^# | 408,4± 73,1*^ | 136,1± 53,5# | Спасатели |
| VLF, % | 32,9± 3,0 | 41,0± 4,2 | 40,1± 2,7 | 37,4± 2,5 | Курсанты |
| | 34,9± 3,4 | 42,7± 4,4 | 41,9± 4,2 | 38,7± 4,4 | Спасатели |
| Индекс вагосимпатического взаимодействия (LF/HF, у.е.) | 1,2± 0,2 | 4,4± 0,5# | 1,1± 0,2 | 4,9± 0,9# | Курсанты |
| | 1,7± 0,2^ | 4,4± 0,6# | 3,5± 0,4*^ | 7,4± 0,9*^# | Спасатели |

Обозначения: Достоверность отличий:

между группами до нагрузок – после нагрузок: * – $p < 0,05$;

между группами курсантов и спасателей: ^ – $p < 0,05$;

между положением «лежа» и положением «стоя»: # – $p < 0,05$.

Ортостатическая нагрузка практически не изменяет доли очень медленных низкочастотных волн (VLF) как у курсантов, так и у спасателей (табл. 1). Более того, доля низкочастотных волн спектра ВСР после нагрузки остается на том же уровне. В настоящее время принято считать, что низкочастотные колебания характеризуют вегетативное обеспечение гуморальных и церебральных влияний на сердечно-сосудистый подкорковый центр [9]. Следовательно, полученные результаты могут указывать на то, что вклад гуморально-метаболических влияний в вегетативную регуляцию деятельности сердца как у курсантов, так и у спасателей, остается стабильным.

Спектральная мощность в диапазоне медленных волн рассматривается многими авторами как маркер симпатической модуляции. Изменения ее мощности достаточно просто оценить в ортостатической пробе, когда они в первую очередь будут связаны с изменениями в симпатическом контуре регуляции [1, 10]. Полученные результаты указывают, что у профессиональных спасателей в отличие от курсантов ортостатическая нагрузка приводит к выраженному уменьшению величины спектра этих волн (табл. 1). Абсолютные значения данного показателя и его изменений при переходе из положения «лежа» в положение «стоя» практически одинаковы как до нагрузки, так и после ее действия. Это может свидетельствовать о том, что по мере становления спасателя, как профессионала, иными словами, по мере более систематического воздействия экстремальных нагрузок, их влияние приводит к выраженному подавлению симпатических влияний на сердце. Такую реакцию можно рассматривать как превентивную меру, способствующую предотвращению развития возможных сердечно-сосудистых патологий.

Выводы

1. У спасателей в моделируемых условиях профессиональной деятельности наблюдается уменьшение суммарной мощности спектра вариабельности сердечного ритма и смещение вегетативного баланса в сторону преобладания симпатического звена регуляции.

2. После моделируемых нагрузок у спасателей, по сравнению с курсантами, выявлены меньшие мощности спектров волн и больший вклад симпатической системы в регуляцию ритма сердца.

3. Ортостатическая проба приводит к выраженному подавлению симпатической активности у спасателей, в то время как у курсантов этого не наблюдается.

Библиографический список

1. Баевский Р. М., Иванов Г. Г., Чирейкин Л. В. Анализ вариабельности сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем // Вестник аритмологии. 2001. № 24. С. 65–87.
2. Евдокимов В. И., Ушаков И. Б. Качество жизни специалистов экстремальных профессий. Воронеж : Государственный научно-исследовательский испытательный институт военной медицины, 2004. Вып. 3. 207 с.
3. Копейкин К. В. Поддержка принятия управленческих решений при формировании оперативного состава газодымозащитной службы : автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 2016. 27 с.

4. Королева С. В., Мкртычан А. С., Петров Д. Л., Зарипов В. Н., Баринаева 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. Королева С. В., Мкртычан А. С., Петров Д. Л., Ковязин Н. Ю. Особенности структуры отдельных компонентов variability сердечного ритма в динамике воздействия опасных факторов пожара. Иваново : ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2015. С. 9.
6. Котельников С. А., Ноздрачев А. Д., Одинак М. М. Variability ритма сердца: представления о механизмах // Физиология человека. 2002. Т. 28, № 1. С. 130–143.
7. Кудря О. Н. Влияние физических нагрузок разной направленности на variability ритма сердца у спортсменов // Бюллетень сибирской медицины. Омск, 2009. С. 43.
8. Макарова И. С. Особенности вегетативного обеспечения деятельности сердца у курсантов в моделируемых условиях чрезвычайных ситуаций : магистерская диссертация. Иваново, 2017. 71 с.
9. Мамий В. И. Спектральный анализ и интерпретация спектральных составляющих колебаний ритма сердца // Физиология человека. 2006. Т. 32, № 2. С. 52–60.
10. Рябыкина Г. В., Соболев А. В. Variability ритма сердца. М. : Оверлей, 2000. 200 с.

УДК 58.006

Е. А. Борисова, А. А. Курганов

АДВЕНТИВНАЯ ФРАКЦИЯ ФЛОРЫ РЕГИОНАЛЬНОГО ЗАКАЗНИКА «ЗАТЕИХИНСКИЙ»

Приводятся данные об адвентивном компоненте флоры регионального заказника «Затеихинский». К 2019 г. во флоре заказника выявлено 445 видов сосудистых растений, из которых 94 вида (21,1 %) относятся к адвентивным. Кратко охарактеризованы систематическая и биоморфологическая структуры адвентивной флоры заказника. Выделены группы адвентивных видов по степени натурализации. Описаны инвазионные виды, а также редкие адвентивные виды региона.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории (ООПТ), флора, заносные и инвазионные виды растений, заказник «Затеихинский», Ивановская область.

Data about alien flora component of regional nature reserve «Zateikhinskiy» are provided. 445 vascular plant species are registered to 2019, among them 94 (21,1 %) are alien species. Systematical and biomorphological structures of alien flora are briefly characterized. The alien species groups according to the degree of naturalization are established. Invasive and rare alien plant species are described.

Key words: specially protected natural areas (SPNA), flora, alien and invasion plant species, Zateikhinskiy nature reserve (sanctuary), Ivanovo region.

© Борисова Е. А., Курганов А. А., 2019

Основная цель создания особо охраняемых природных территорий (ООПТ) – сохранение биологического разнообразия. Однако в структуру сообществ ООПТ проникают различные чужеродные виды растений, которые успешно натурализуются, конкурируют и вытесняют местные виды. Поэтому выявление состава и особенностей распространения адвентивных видов на ООПТ очень важно. Этим проблемам посвящены специальные исследования, которые проводятся во многих регионах России [1, 4, 11, 13 и др.]. ООПТ рассматриваются и как модельные объекты для изучения возможностей внедрения в природные сообщества адвентивных видов [14].

Обследования особо охраняемых природных территорий Ивановской области планомерно организуются с 2000-х гг. Изучены флора Федерального заказника «Клязьминский» [5], а так же многие водно-болотные комплексы, которые составляют основу сети ООПТ региона [6–8, 10].

Региональный заказник «Затеихинский» – самая крупная особо охраняемая территория Ивановской области. Он был создан в 1968 г. как охотничий (Решение исполкома Ивановского областного Совета депутатов трудящихся от 23.12. 1968 г. № 719). Заказник находится в двух муниципальных районах – в Лухском и Пучежском. Гидрологическая сеть заказника представлена малыми реками – Добрица, Мазница, Ячменка, Урголь, Зубиха и их притоками, а также небольшими болотами.

В 2013–2014 гг. флору заказника в окрестностях д. Быково в долине р. Мазница (Лухский район) изучала студентка ИвГУ – Н. А. Кочнева. В 2015–2017 гг. специальные стационарные исследования флоры в окрестностях с. Зарайское проводились А. А. Кургановым и студентками – П. Г. Степановой, Ю. В. Кузнецовой.

В 2018 г. в рамках государственной программы «Охрана окружающей среды Ивановской области» с целью уточнения границ ООПТ и обоснования режимов охраны проводились специальные флористические исследования. Были обследованы различные растительные сообщества в северной части заказника (в окрестностях деревень Клоны, Марищи, Блиниха и др.), а также в восточной части (в окрестностях деревень Затеиха, Лямтюгино, Федотово, Слинково, Якуниха и др.).

Особое внимание уделялось, в том числе, и адвентивным видам растений. Отмечались их заросли, занимаемые площади, особенности распространения по территории заказника, общее состояние, способность к размножению и расселению. Также описывались природные сообщества, в составе которых они были обнаружены.

Собранные гербарные экземпляры хранятся в гербарии ИвГУ (IVGU), наиболее ценные сборы переданы в гербарий им. Д. П. Сырейщикова (MW) и гербарий лаборатории мониторинга фиторазнообразия ИЭВБ РАН (PVB) [12].

В результате проведенных исследований, обобщения имеющихся данных к 2019 г. во флоре заказника «Затеихинский» было выявлено 445 видов сосудистых растений, относящихся к 5 отделам, 6 классам, 77 семействам и 253 родам. Адвентивная фракция флоры представлена богато, в ней насчитывается 94 вида, что составляет 21,1 % от их общего числа.

Систематическая структура адвентивной фракции в целом характеризуется высоким суммарным процентом видов в небольшом числе семейств. Многие семейства (Juncaceae, Ranunculaceae, Ranunculaceae, Fumariaceae, Aceraceae, Malvaceae, Elaeagnaceae и др.) содержат только по 1 виду.

В таблице 1 представлены крупные семейства адвентивной фракции заказника. Ведущее положение занимают 4 семейства (Asteraceae, Fabaceae, Poaceae, Brassicaceae), на долю которых приходится более половины всех заносных видов (53,1 %; 50 видов), отмеченных в заказнике.

Биоморфологическая структура адвентивного компонента флоры заказника «Затеихинский» характеризуется явным преобладанием малолетних травянистых растений. Всего их насчитывается 49 видов, что составляет 52,1 % от общего числа. Древесные растения представлены 21 видом, что составляет 22,3 %.

Таблица 1

Крупные семейства адвентивной фракции флоры заказника «Затеихинский»

| № | Название семейств | Число видов | % от общего числа видов | Число родов | % от общего числа родов |
|--------------|-------------------|-------------|-------------------------|-------------|-------------------------|
| 1 | Asteraceae | 19 | 4,3 | 14 | 5,5 |
| 2 | Fabaceae | 13 | 2,9 | 9 | 3,6 |
| 3 | Poaceae | 9 | 2,0 | 9 | 3,6 |
| 4 | Brassicaceae | 9 | 2,0 | 8 | 3,1 |
| 5 | Rosaceae | 7 | 1,6 | 7 | 2,8 |
| 6 | Salicaceae | 7 | 1,6 | 2 | 0,8 |
| 7 | Caryophyllaceae | 5 | 1,1 | 5 | 2,0 |
| Всего | | 69 | 15,4 | 54 | 21,3 |

Используя терминологический аппарат и принципы восточно-европейской школы, лежащие в основе оценки степени натурализации видов, для характеристики адвентивной флоры заказника было выделено 5 основных групп: агриофиты, агрио-эпекофиты, эпекофиты, колонофиты, эфемерофиты. Распределение адвентивных видов заказника «Затеихинский» по степени натурализации представлено в таблице 2.

Среди успешно натурализовавшихся видов во флоре заказника «Затеихинский» преобладают растения, освоившие различные нарушенные экотопы. Они представлены 26 видами, что составляет 5,9 % от общего числа видов, отмеченных в заказнике. К ним относятся многие сорно-рудеральные растения (например, *Atriplex patula*, *Galeopsis bifida*, *Lactuca serriola*, *Lepidotheca suaveolens*, *Puccinellia distans* и др.).

Агрио-эпекофиты – виды, встречающиеся как в нарушенных экотопах, так и в природных сообществах. Они представлены во флоре заказника также многочисленно, всего к ним относится 23 вида.

Таблица 2

**Распределение адвентивных видов заказника «Затеихинский»
по степени натурализации**

| № | Группы видов по степени натурализации | Число видов | % от общего числа адвентивных видов | % от общего числа видов |
|---|---------------------------------------|-------------|-------------------------------------|-------------------------|
| 1 | Агриофиты | 3 | 3,2 | 0,7 |
| 2 | Агрио-эпекофиты | 23 | 24,5 | 5,2 |
| 3 | Эпекофиты | 26 | 27,6 | 5,9 |
| 4 | Колонофиты | 10 | 10,7 | 2,2 |
| 5 | Эфемерофиты | 32 | 34,0 | 7,1 |
| | Всего | 94 | 100 | 21,1 |

В лесах различного состава, на опушках и вырубках обычно встречаются древесные растения (например, *Amelanchier spicata*, *Malus domestica*, *Sambucus racemosa* и др.), среди травянистых растений редко отмечаются *Aquilegia vulgaris*, *Bunias orientalis*, *Saponaria officinalis*. Особенно часто в подлеске лесов различного породного состава встречается бузина раскидистая – *Sambucus racemosa*.

На лугах, залежах, обочинах дорог распространены группы *Calystegia inflata*, *Festuca arundinacea*, *Lupinus polyphyllus*, *Medicago sativa*, *Pastinaca sativa*, *Phalacrolooma septentrionale*, *Solidago canadensis* и др. По обочинам дорог, залежам, склонам оврагов встречаются группы *Heraclеum sosnowskyi*, особенно крупные моновидовые заросли этот вид формирует близ д. Якуниха по склонам р. Песчанка, в зарослях ольхи серой. Вдоль канав и сырых дорог начинает распространяться североамериканский инвазионный вид – череда олиственная (*Bidens frondosa*). Группы этого растения были обнаружены даже на сырых лесных дорогах и в редицах еловых и елово-сосновых лесов в западной части заказника.

К агриофитам относятся только 3 вида (*Elodea canadensis*, *Epilobium adenocaulon*, *E. pseudorubescens*). Группы элодеи канадской встречаются на отмелях рек. *Epilobium adenocaulon*, *E. pseudorubescens* формируют заросли на сырых лугах, по берегам рек, обочинам дорог, вдоль канав.

Среди натурализующихся видов выделена группа инвазионных растений, которые наиболее активны, распространены в различных участках заказника, внедряются в состав природных сообществ. К инвазионным относятся 32 вида растений (*Amelanchier spicata*, *Bunias orientalis*, *Calystegia inflata*, *Epilobium adenocaulon*, *E. pseudorubescens*, *Erigeron canadensis*, *Heraclеum sosnowskyi*, *Juncus tenuis*, *Lupinus polyphyllus*, *Medicago sativa*, *Phalacrolooma septentrionale*, *Sambucus racemosa*, *Saponaria officinalis* и др.).

Неспособные к натурализации виды во флоре заказника представлены 42 видами. Среди них значительно преобладают эфемерофиты. К эфемерофитам относятся сорняки (*Centaurea cyanus*, *Fumaria officinalis*, *Galium aparine*, *Raphanus raphanistrum*, *Spergula arvensis* и др.), некоторые культивируемые растения (например, *Avena sativa*, *Hordeum distichon*, *Pisum*

sativum, *Raphanus sativus* и др.), найденные на обочинах шоссежных дорог и на пустырях.

К группе колонофитов отнесено 10 видов (например, *Caragana arborescens*, *Lavatera thuringiaca*, *Populus alba*, *P. longifolia*, *Spiraea chamaedryfolia* и др.).

Наибольший интерес представляют редкие заносные виды растений, найденные на территории заказника. Среди них *Chaerophyllum aureum* и *R. rugosa* × *R. multiflora* впервые приводятся для флоры Ивановской области [9]. Бутень золотистый – *Chaerophyllum aureum* был обнаружен в 2016 г. у д. Рассадино (Пучежский район), на сбитом злаково-разнотравном лугу вдоль шоссежной дороги. Наблюдения в августе 2018 г. позволили установить, что вид удерживается, обильно цветет и формирует плоды, вероятно, его дальнейшее распространение.

Редкий гибрид розы (*R. rugosa* × *R. multiflora*) был найден в Пучежском районе, в д. Затеиха на обочине шоссежной дороги.

К редким адвентивным видам, отмеченным в заказнике, относятся также чина клубненосная, вероника тусклая, льняночка малая и клевер равнинный [2, 3]. Все эти виды были найдены в Пучежском районе.

Группа цветущих растений чины клубненосной (*Lathyrus tuberosus*) обнаружена на залежах у бывшей деревни Хахалиха. Высокие растения *Lathyrus tuberosus* росли вместе с *Calamagrostis epigeos*, *Cirsium arvense*, *Tanacetum vulgare*, *Urtica dioica* и др.

Одиночные экземпляры вероники тусклой (*Veronica opaca*) найдены в огороде, в д. Борисово. Этот редкий сорный вид встречается в с. Обёзово Тейковского района [3].

Западноевропейский псаммофильный вид льняночка малая (*Chaenorhinum minus*) собран на песчаном карьере у д. Пустынь. Клевер равнинный или златоштитник полевой (*Trifolium campestre*, *Chrysaspis campestris*) распространен вдоль шоссежных дорог, встречен на обочинах дороги Зарайское – Поселихино.

Большая доля заносных видов в заказнике связана с нарушенностью растительности, прежде всего лесов. Леса на территории, охватывающей заказник, активно вырубались еще до его организации. Рубки лесов продолжались и после организации заказника, т. к. его профиль был охотничий, режим охраны был направлен на запрет охоты и восстановление численности промысловых животных. Поэтому к настоящему времени в заказнике не осталось старовозрастных лесов, также практически вырублены на всей обширной территории заказника приспевающие леса. Сохранившиеся леса преимущественно вторичные, нарушенные, с упрощенной структурой, в которые легко проникают и расселяются адвентивные виды.

К заказнику прилегают многие населенные пункты – деревни и села, в их окрестностях сосредоточено разнообразие адвентивных видов, в основном это дичающие интродуценты и сорняки. Заносные виды расселяются вдоль автомобильных дорог, крупные популяции они формируют на залежах, обычны на вырубках, встречаются в нарушенных лесах. Они также распространяются птицами, ветром, принося в природные сообщества. Лишь некоторые, наиболее отдаленные участки заказника, практически лишены заносных видов, например, Марищинское болото, луга по р. Мазница, густые ельники у д. Федотово.

За состоянием адвентивных видов, обнаруженных на территории заказника, необходимо организовать мониторинг. Рекомендовано разработать меры контроля за распространением опасных инвазионных видов (*Amelanchier spicata*, *Bidens frondosa*, *Heracleum sosnowskyi*). Важное значение приобретают изучение динамических тенденций состава адвентивного компонента флоры, а также прогнозирование инвазионных процессов.

Библиографический список

1. Багрикова Н. А. Адвентивные виды растений на территориях природных заповедников Крыма // Сб. науч. трудов Гос. Никитского ботан. сада. 2013. Т. 135. С. 96–106.
2. Борисова Е. А. Адвентивная флора Ивановской области. Иваново: Иван. гос. ун-т, 2007. 188 с.
3. Борисова Е. А. Особенности распространения инвазионных видов растений по территории Верхневолжского региона // Российский журнал биологических инвазий. 2012. № 3. С. 2–19.
4. Борисова Е. А. Адвентивные виды растений национального парка «Мещера» // Научные труды Государственного природного заповедника «Присурский». 2015. Т. 30, № 2. С. 4–8.
5. Борисова Е. А., Кондаков Н. В. Флора Клязьминского боброво-выхухолевого заказника: общая характеристика, редкие виды растений, проблемы их охраны // Бюллетень Самарская Лука. 2004. № 15. С. 204–210.
6. Борисова Е. А., Шилов М. П., Щербаков А. В., Курганов А. А. Флора озер Савинского района Ивановской области // Бюллетень Брянского отделения Русского ботанического общества. 2013. № 2 (2). С. 20–27.
7. Борисова Е. А., Шилов М. П., Марков Д. С., Курганов А. А. Памятник природы Ивановской области «Озеро Заборье» // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. Т. 18, № 2. С. 47–50.
8. Борисова Е. А., Курганов А. А., Марков Д. С., Шилов М. П. Озеро Нельша Ивановской области // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2017. Т. 19, № 2-2. С. 229–233.
9. Борисова Е. А., Курганов А. А., Шилов М. П. Находки новых и редких видов сосудистых растений в Ивановской области // Ботанический журнал. 2017. Т. 102, № 11. С. 1563–1570.
10. Борисова Е. А., Курганов А. А., Шилов М. П. Современное состояние флоры и растительности болота Юрцевское Ивановской области // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2018. Т. 27, № 4-1. С. 202–205.
11. Дронин Г. В. Чужеродные (адвентивные) виды растений во флоре особо охраняемых природных территорий в бассейне р. Сызранки (район Засыранье) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2014. Т. 23, № 3. С. 103–111.
12. Курганов А. А. Виды сосудистых растений флоры Ивановской области в гербарии Института экологии волжского бассейна РАН (PVB) // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. 2016. Т. 25, № 3. С. 162–168.
13. Морозова О. В., Царевская Н. Г. Участие чужеродных видов сосудистых растений во флорах заповедников Европейской России // Известия РАН серия географическая. 2010. № 4. С. 54–62.
14. Хапугин А. А., Варгот Е. В., Чугунов Г. Г., Дементьева А. Е. Дополнения и замечания к адвентивной флоре государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича // Российский журнал биологических инвазий. 2013. № 2. С. 60–71.

УДК 544.424.2:547.541.51:544.433.22:544.163:544.362.4

Е. Н. Крылов, Л. В. Вирзум

РЕАКЦИОННАЯ СПОСОБНОСТЬ ТЕТРАГАЛОГЕНТЕТРААЗАПОРФИНОВ КАК ФУНКЦИЯ ЭФФЕКТОВ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ И МОЛЕКУЛЯРНОГО ЭЛЕКТРОСТАТИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА РЕАКЦИОННОГО ЦЕНТРА

Молекулярный электростатический потенциал в его локальной форме весьма чувствителен к изменению структуры тетрагалогентетраазпорфинов. Этот дескриптор адекватно отражает изменение их реакционной способности при комплексообразовании как электрофильном замещении в окне тетраазпорфина и изменение стадии, лимитирующей скорость.

Ключевые слова: молекулярный электростатический потенциал, тетрагалогентетраазпорфины, реакционная способность, комплексообразование, электрофильное замещение.

The molecular electrostatic potential in its local form more sensitive to change the structure of tetrahalogenetetraasaporphines. He adequately reflects changes their reaction ability under complex formation as electrophilic substitution in window of tetraasaporphine, as well as change stage limiting velocity these two-stage processes.

Key words: molecular electrostatic potential, tetrahalogen tetraasaporphine, reaction ability, complex formation, electrophilic substitution.

Введение

Реакционная способность органических соединений и механизмы органических реакций могут быть исследованы различными методами, в том числе основанными на приложении теории DFT к количественной теории жестких и мягких кислот и оснований [7, 9, 15, 19]. Для описания химической активности молекул методами квантовой химии рассчитываются их параметры, называемые DFT-индексами реакционной способности (далее – ИРС) [5, 7], величины которых характеризуют как активность молекулы в целом, так и активность отдельных реакционных центров (так называемые локальные ИРС). К последним относится молекулярный электростатический потенциал (МЭП) на реакционном центре (V_{esp}) [15, 16].

МЭП обычно ассоциирован с электроотрицательными атомами (азот, кислород, сульфонильная сера), причем в этом регионе молекулы наблюдаются

© Крылов Е. Н., Вирзум Л. В., 2019

в местах локальных минимумов с более отрицательным по сравнению с окружающим МЭП. Распределение МЭП влияет на дальнедействующее взаимодействие реагентов [15]. В современных публикациях [15, 16, 17] МЭП рассматривается как фундаментальный фактор, определяющий природу и поведение атомов и молекул и их способность к межмолекулярным взаимодействиям.

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 [18], в отличие от зарядов, которые квантово-химически не определены, да и величины их очень зависят от методов расчета и базисов. Известно, например, что шесть различных методов определения заряда дают величину заряда на атоме углерода в нитрометане от -0.478 до +0.564 [20].

Для анализа реакционной способности макроциклов аналогичный метод на основе других локальных ИРС применен при анализе активности реакционных центров магниевое комплекса 5,10,15,20-тетразапорфина [4].

Результаты и их обсуждение

Образование комплексов Zn^{+2} и тетрагалогентетраазапорфинов (ТГТАП) в бинарных системах АсОН – пиридин (Ру) с различным содержанием второго компонента имеет особенности, связанные с состоянием ТГТАП в этих растворителях. В обоих случаях происходит замена двух атомов водорода (точнее говоря, протонов) в окне макроцикла на катион цинка, который удерживается там ковалентно, однако при содержании пиридина 1 % скорости комплексообразования весьма низки, а константы скорости второго порядка имеют величины, не превышающие $5.4 \cdot 10^{-3}$ л/моль \cdot с (пример для незамещенного тетраазапорфина, ТАП). При переходе к системе, содержащей 40 % Ру эти константы увеличиваются почти на два порядка, достигая величины 0.270 л/моль \cdot с (для тетрафтортетраазапорфина) (табл. 1).

Таблица 1

Кинетические параметры реакций второго порядка образования цинковых комплексов ТГТАП в бинарных средах [6].

| № | ТГТАП | $K_v(298K)$, л/моль \cdot с | $\log K_v$ | E_a , кДж/моль | $-\Delta S$, Дж/моль \cdot К |
|---|----------------------|--------------------------------|------------|------------------|---------------------------------|
| 1 | ТАП | 0.0054 | -2.2676 | 52 ± 7 | 180 ± 16 |
| 2 | F ₄ -ТАП | 0.00074 | -3.1308 | 72 ± 4 | 146 ± 13 |
| 3 | Cl ₄ -ТАП | 0.0011 | -2.9586 | 77 ± 4 | 128 ± 11 |
| 4 | Br ₄ -ТАП | 0.0020 | -2.6990 | 78 ± 6 | 110 ± 13 |
| 5 | ТАП | 0.191 | -0.7190 | 62 ± 3 | 106 ± 10 |
| 6 | F ₄ -ТАП | 0.270 | -0.5686 | 58 ± 3 | 147 ± 8 |
| 7 | Cl ₄ -ТАП | 0.225 | -0.6478 | 54 ± 5 | 161 ± 11 |
| 8 | Br ₄ -ТАП | 0.197 | -0.7055 | 71 ± 3 | 120 ± 12 |

Примечание: данные 1–4 получены в системе АсОН + 1% Ру, 5–8 – в системе 60 % АсОН + 40 % Ру.

При этом скорости реакции (константы скорости) в системе 60 % АсОН + 40 % Ру увеличиваются в порядке увеличения донорных (точнее, уменьшения акцепторных) свойств заместителей, что согласуется с электрофильным

характером атаки катиона Zn^{+2} на реакционный центр как стадии, определяющей скорость реакции. Однако в системе $AsOH + 1\% Ru$ наблюдается обратный порядок изменения констант, что формально противоречит электрофильному характеру процесса (табл. 1).

Указанное противоречие может быть разрешено с использованием представления о молекулярной электростатическом потенциале в его локальной форме – атомном электростатическом потенциале (АЭП), количественно характеризующем – как дескриптор – реакцию способность реакционных центров – атомов азота в окне тетразапорфина, на которых происходит электрофильное замещение водорода (точнее, протона) на катион Zn^{+2} .

Как и в других электрофильных процессах [1], эта реакция может лимитироваться как электрофильной атакой катиона цинка, так и катионоидным отрывом протона. При этом тренд зависимости константы скорости реакции (ее логарифмической анаморфозы) от величины АЭП может указать на стадию, лимитирующую скорость, поскольку процесс может быть согласованным [3], но не синхронным [10].

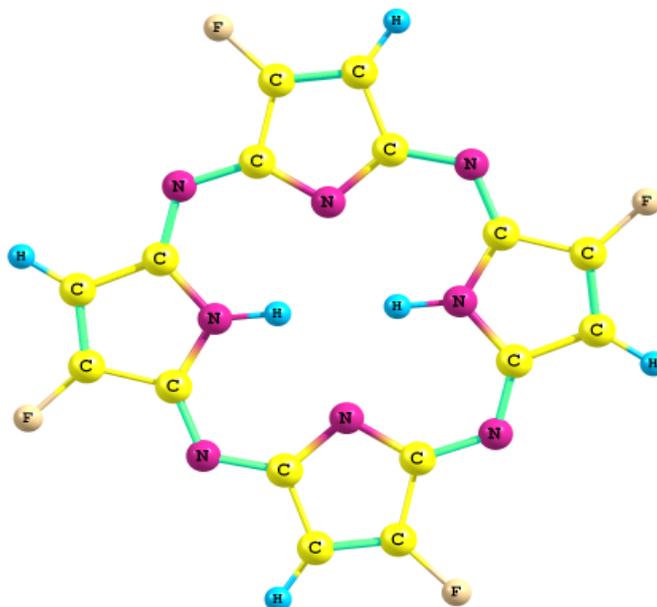


Рис. 1. Структура тетрафлортетразапорфина, DFT M06/6-311+G*, SMD

Расчет структур ТГТАП проведен программным комплексом ADF 2014 [8] на уровне теории DFT M06/6-311+G* с учетом влияния растворителя на уровне неспецифической сольватации методом SMD [13]. При этом предполагается, что в системе $AsOH + 1\% Ru$ главную роль в неспецифической сольватации играет $AsOH$, а в системе $60\% AsOH + 40\% Ru$ – пиридин, что учтено соответствующим значением диэлектрической проницаемости и размера молекулы растворителя. Пример структуры тетрафлортетразапорфина приведен на рис. 1, а результаты расчета – в табл. 1.

Такой метод позволяет рассчитать энергии сольватации с «химической» точностью (0.6–1.0 ккал/моль) [14], что важно при учете влияния среды. Расчет зарядов проведен в схеме Хиршфельда [11], которая считается одной из наиболее хорошо физически обоснованных [12], поэтому данные,

полученные в этой схеме, считаются достаточно достоверными. В табл. 2 заряды рассчитаны на атомах азота, находящихся в окне макроцикла. Расчет молекул ТГТАП в бинарной среде, содержащей 40 % пиридина проведен аналогично, однако с учетом предпочтительной сольватации молекул ТГТАП пиридином вследствие сильного взаимодействия последнего и протонов NH-групп из-за высокой основности пиридина.

Таблица 2

Квантово-химические параметры ТГТАП, DFT M06/6-311+G*, SMD, Хиршфельд. E(НОМО), E(LUMO) – Hartree, Vesp – а. у.

| № | ТГТАП | E(НОМО) | E(LUMO) | Vesp(N) * | Vesp(N), NH-группы *) |
|---|----------------------|----------|----------|--------------------------|--------------------------|
| 1 | ТАП | -0.22776 | -0.12393 | -18.417177 -18.417183 | -18.346725 -18.346734 |
| 2 | F ₄ -ТАП | -0.23606 | -0.13281 | -18.390366 -18.390364 | -18.319587 -18.319581 |
| 3 | Cl ₄ -ТАП | -0.23555 | -0.13478 | -18.391243 -18.391243 | -18.321026 -18.321031 |
| 4 | Br ₄ -ТАП | -0.23495 | -0.13469 | -18.392311 -18.392312 | -18.322510 -18.322515 |
| 5 | ТАП | -0.22773 | -0.12391 | -18.417680 -18.417680 | -18.346694 -18.346691 |
| 6 | F ₄ -ТАП | -0.23490 | -0.13169 | -18.389313 -18.389311 | -18.317929 -18.317928 |
| 7 | Cl ₄ -ТАП | -0.23476 | -0.13396 | -18.389948 -18.389953 | -18.319108 -18.319106 |
| 8 | Br ₄ -ТАП | -0.23412 | -0.13379 | -18.391320 -18.391317 | -18.320828 -18.320824 |

Примечание: данные 1 – 4 получены при расчете в системе 99 % AcOH + 1 % Py, 5–8 – в системе 60 % AcOH + 40 % Py. *) два значения из-за наличия двух атомов данного типа. 1 а.у. Vesp = $3.0277 \cdot 10^{-9}$ кл/м [2].

Продолжение табл. 2

| № | ТГТАП | $\sigma(m)$ | $\sigma(p)$ | $\sigma(p)+$ | Q(N) | Q(N), NH-группы |
|---|----------------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|--------------------|
| 1 | ТАП | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2049 -0.2049 | -0.0676 -0.0676 |
| 2 | F ₄ -ТАП | 0.337 | 0.062 | -0.073 | -0.1999 -0.1999 | -0.0640 -0.0640 |
| 3 | Cl ₄ -ТАП | 0.373 | 0.273 | 0.114 | -0.1972 -0.1972 | -0.0621 -0.0621 |
| 4 | Br ₄ -ТАП | 0.393 | 0.232 | 0.150 | -0.1965 -0.1965 | -0.0618 -0.0618 |
| 5 | ТАП | 0.0 | 0.0 | 0.0 | -0.2052 -0.2052 | -0.0673 -0.0673 |
| 6 | F ₄ -ТАП | 0.337 | 0.062 | -0.073 | -0.1992 -0.1992 | -0.0629 -0.0629 |
| 7 | Cl ₄ -ТАП | 0.373 | 0.273 | 0.114 | -0.1964 -0.1964 | -0.0609 -0.0609 |
| 8 | Br ₄ -ТАП | 0.393 | 0.232 | 0.150 | -0.1960 -0.1960 | -0.0606 -0.0606 |

Примечание: данные 1–4 получены при расчете в системе 99 % AcOH + 1 % Py, 5–8 – в системе 60 % AcOH + 40 % Py. Q – в ед. заряда электрона. σ -константы – из [1].

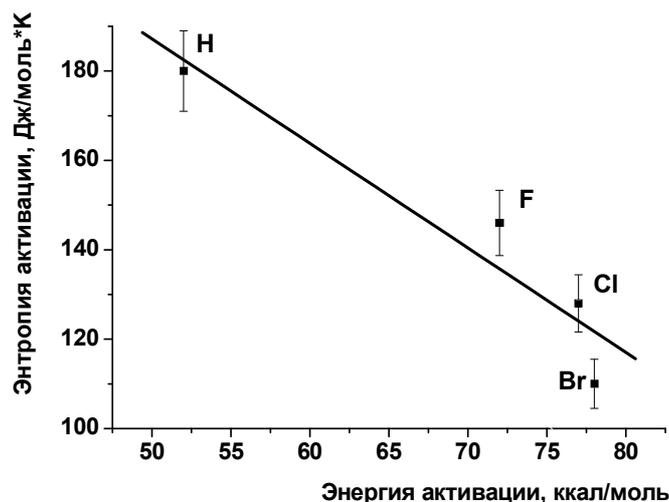


Рис. 1. Изокинетическое соотношение реакции образования комплекса ТАП и ТГТАП с Zn^{+2} в среде АсОН + 1 % Ру
 $\Delta S^{\#} = (304.16 \pm 38.62) - (2.33 \pm 0.55) \cdot E_a$, $R = -0.949$, $SD = 11.50$, $N = 4$, $P = 0.051$.

По невыясненной пока причине здесь и далее незамещенный ТАП в корреляции, рассматриваемые далее, не входит. Вероятно, данный факт есть следствие заметного различия в реакционной способности незамещенного тетраазапорфина по сравнению с его галогензамещенными.

На это указывает не вполне удовлетворительная корреляция ($R = -0.949$) по правилу изокинетического соотношения (см. рис. 1) между энтропией активации и энергией активации, хотя параметр P , характеризующий вероятность случайного появления линейной корреляции, едва превышает 5 %. По всей вероятности, незамещенный ТАП не входит в одну реакционную серию с его галогензамещенными.

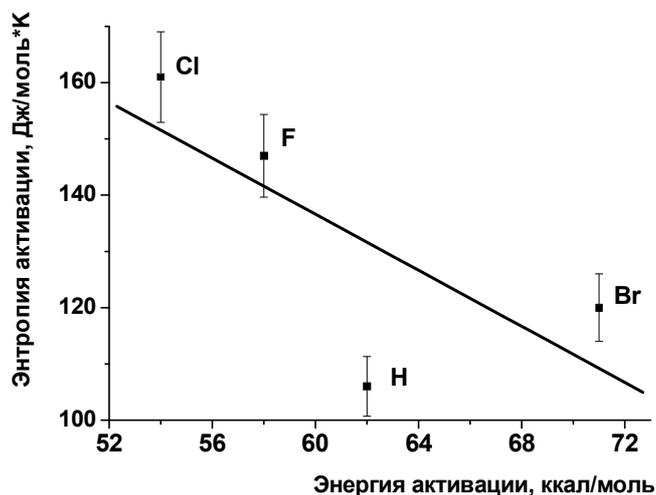


Рис. 2. Изокинетическое соотношение реакции образования комплекса ТАП и ТГТАП с Zn^{+2} в среде АсОН + 40 % Ру
 $\Delta S^{\#} = (286.094 \pm 103.186) - (2.49 \pm 1.68) \cdot E_a$, $R = -0.725$, $SD = 21.11$, $N = 4$, $P = 0.275$.

Еще более худшая корреляция ($R = -0.725$) по изокинетическому правилу наблюдается в среде $\text{AcOH} + 40\% \text{Py}$ (рис. 2). Очевидно, что незамещенный ТАП не входит в единую реакционную серию с его галогензамещенными по невыясненным пока причинам, поэтому далее рассматривались только данные по реакционной способности галогензамещенных ТАП.

Реакционная способность ТГТАП в реакции комплексообразования с Zn^{+2} в среде $\text{AcOH} (+ 1\% \text{Py})$ как функция МЭП на атоме азота, не несущего водород (N) описывается соотношением (1). Реакционная способность ТГТАП в реакции комплексообразования с Zn^{+2} в среде $60\% \text{AcOH} + 40\% \text{Py}$ как функция МЭП на атоме азота, не несущего водород (N) описывается соотношением (2):

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH})(298\text{K}) &= -(4099.8 \pm 245.3) - (222.8 \pm 13.3) \cdot \text{Vesp}(\text{N}), \\ R &= -0.998, \text{SD} = 0.018, N = 3, P = 0.038. \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH}+40\% \text{Py})(298\text{K}) &= (1176.8 \pm 363.2) + (64.0 \pm 19.8) \cdot \text{Vesp}(\text{N}), \\ R &= 0.955, \text{SD} = 0.0286, N = 3, P = 0.190. \end{aligned} \quad (2)$$

Аналогичные по смыслу, тренду, параметрам и указаниям на стадию, лимитирующую скорость, зависимости получены по МЭП на NH-группах (по атому азота) (3) и (4).

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH}) &= -(2712 \pm 292) - (147.9 \pm 16.0) \cdot \text{Vesp}(\text{NH}), \\ R &= -0.994, \text{SD} = 0.033, N = 3, P = 0.068. \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH}+40\% \text{Py}) &= (846.2 \pm 169.6) + (46.2 \pm 9.3) \cdot \text{Vesp}(\text{NH}), \\ R &= 0.981, \text{SD} = 0.019, N = 3, P = 0.126. \end{aligned} \quad (4)$$

Обращает на себя внимание противоположный характер трендов зависимостей (1) и (2.), а также (3) и (4) Отрицательный тренд зависимости (1) соответствует электрофильной атаке Zn^{+2} как стадии, определяющей скорость, так как чем более отрицателен МЭП, тем быстрее идет реакция. Положительный тренд зависимости (2) соответствует обратной картине, поскольку реакции способствует уменьшение отрицательного значения МЭП. В этом случае стадией, определяющей скорость, является, по всей вероятности, катионоидный отрыв протона (протонов) молекулой пиридина, так как чем менее отрицателен МЭП, тем легче отрывается протон.

Эффект изменения МЭП, однако **не согласуется** с электронными эффектами заместителей, поскольку аналогичные корреляции (по физическому смыслу) дают противоположное указание на стадию, лимитирующую скорость. При установлении соответствия между $\log K_v$ и $\sigma(m)$ -константами заместителей обнаружено, что в среде $\text{AcOH} + 1\% \text{Py}$ тренд корреляции положительный (5), а в среде $\text{AcOH} + 40\% \text{Py}$ – отрицательный (6).

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH}) &= (-5.636 \pm 0.779) + (7.362 \pm 2.115) \cdot \sigma(m), \\ R &= 0.961, \text{SD} = 0.0849, N = 3, P = 0.1781. \end{aligned} \quad (5)$$

$$\begin{aligned} \log K_v(\text{AcOH} + 40\% \text{Py}) &= (0.247 \pm 0.065) - (2.416 \pm 0.177) \cdot \sigma(m), \\ R &= -0.997, \text{SD} = 0.0071, N = 3, P = 0.0465. \end{aligned} \quad (6)$$

Вызвано это **парадоксальным фактом** увеличения отрицательного атомного электростатического потенциала при увеличении акцепторных свойств заместителя (7). На данной стадии исследования наблюдаемая картина не имеет теоретического объяснения. Можно лишь предполагать, что такое явление вызвано спецификой взаимодействия макроцикла с галогенными заместителями, относительно которых макроцикл может быть акцептором. Данный вопрос требует специального исследования.

$$V_{\text{esp}}(N) = (-18.389362 \pm 0.000119) - (0.000972 \pm 0.000055) \cdot \sigma(X),$$

$$R = -0.998, SD = 0.000078, N = 3, P = 0.036. \quad (7)$$

Это предположение представляет собой рабочую гипотезу, основанную на наблюдаемой картине зависимости реакционной способности ТГТАП от величины АЭП на реакционном центре и эффектах заместителей. Тем не менее данный подход на основе расчета АЭП может служить основой для диагностики механизма комплексообразования ТГТАП с катионом Zn^{+2} , поскольку АЭП представляется более адекватным дескриптором реакционной способности, чем σ -константы, представляющие собой эмпирические параметры в отличие от АЭП который физически обоснован и является физическим свойством реакционного центра.

Таким образом, при изменении состава растворителя по всей вероятности меняется соотношение между скоростями этих стадий, определяющими скорость, поскольку процесс является двухстадийным – электрофильная атака Zn^{+2} сопровождается катионоидным отрывом уходящей группы (RuH^+).

Корреляции $\log K_v$ и зарядов на атомах азота, как несущих протон, так и свободных, имеют существенно худшее качество, поскольку между зарядами и МЭП не наблюдается линейной зависимости, что подтверждает высказанное ранее предположение [20].

Заключение

Таким образом, молекулярный электростатический потенциал в его локальной форме (МЭП на атоме как реакционном центре) представляется весьма чувствительным к изменению структуры ТАП дескриптором, адекватно отражающим изменение их реакционной способности при комплексообразовании и изменение стадий, лимитирующих скорость этих двухстадийных процессов.

Библиографический список

1. Днепроvский А. С., Темникова Т. И. Теоретические основы органической химии. Л. : Химия, 1991. 560 с.
2. Гордеев Е. Г. Влияние электронного строения ряда дикарба-клозо-додекаборанов(12) на их реакционную способность : автореф. дис. ... канд. хим. наук. М. : МГАТХТ им. М. В. Ломоносова (МИТХТ). 2007. 26 с.
3. Дьюар М., Догерти Р. Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии. М. : Мир, 1977. 696 с.
4. Ишуткина М. В., Хелевина О. Г., Крылов Е. Н., Александрыйский В. В., Койфман О. И. Бромирование магниевого комплекса 5,10,15,20-тетразапорфина // ЖОрХ. 2015. Т. 51, вып. 11. С. 1681–1687.
5. Крылов Е. Н. Дескрипторы органических реакций: квантово-химические индексы реакционной способности // Вестник Ивановского государственного университета. 2014. Вып. 2. С. 39–53.
6. Тимофеева С. В. Реакция сульфирования и превращения сульфопроизводных тетразапорфина : автореф. дис. ... канд. хим. наук / ИГХТА (ИГХТУ). Иваново, 1994. 16 с.
7. A matter of density. Exploring the electron density concept in the chemistry, biological and materials sciences / ed. by N. Sukumar, Hoboken : J. Wiley and Sons Inc, 2013, 318 p.
8. Vaerends E. J. et al. ADF2014. SCM. Theoretical Chemistry. Vrije Universiteit. Amsterdam. The Netherlands. 2014. URL: <http://www.scm.com>. (дата обращения: 24.01.2019).

9. Chemical reactivity theory. A density functional view / ed. by P. K. Chattaraj, Boka Raton : CRC Press, 2009. 610 p.
10. Dewar M. S. J. Multibond Reactions Cannot Normally Be Synchronous // J. Am. Chem. Soc. 1984. Vol. 106, № 1. P. 209–219.
11. Hirshfeld F. L. Bonded atom fragments for describing molecular charge densities // Theor. Chim. Acta. 1977. Vol. 44, № 1. P. 129–138.
12. Liu S.-B. Conceptual density functional theory and some recent developments // Acta Phys.-Chim. Sin. 2009. Vol. 25, № 3. P. 590–600.
13. 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. P. 6378–6396.
14. Mennucci B., Cammi R. Continuum Solvation Models in Chemical Physics: From Theory to Applications. Chichester : John Wiley & Sons, 2008. P. 65–80.
15. Politzer P., Murray J. S. Molecular electrostatic potentials. Some observations // Concepts and methods in modern theoretical chemistry / ed. by S. K. Ghosh, P. K. Chattaraj. N. Y. : CRC Press, 2013. P. 181–199.
16. Murray J. S., Politzer P. The electrostatic potential: an overview // WIREs Comput. Mol. Sci. 2011. Vol. 1, iss. 2. P. 153–163.
17. Politzer P., Murray J. S. The fundamental nature and role of the electrostatic potential in atoms and molecules // Theor. Chem. Acc. 2002. Vol. 108, № 3. P. 134–142.
18. Stewart R. F. On the mapping of electrostatic properties from Bragg diffraction data // Chem. Phys. Lett. 1979. Vol. 65, № 2. P. 335–342.
19. Theoretical aspects of chemical reactivity / ed. by A. Toro-Labbe. Amsterdam : Elsevier. 2007. 321 p.
20. Wiberg K. B., Rablen P. R. Comparison of atomic charges derived via different procedures // J. Comput. Chem. 1993. Vol. 14, № 2. P. 1504–1518.

УДК 547.541.513:544.362.4

Е. Н. Крылов, Г. А. Сергеева

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЕ DFT-ДЕСКРИПТОРЫ КИСЛОТНОСТИ NH-ГРУППЫ СУЛЬФОНИЛАМИДОВ

Квантово-химические DFT-дескрипторы (молекулярный электростатический потенциал, локализованный на атоме сульфамидного азота ароматических сульфониламидов, заряд на этом атоме в схеме Хиршфельда, локальная электрофильность и относительная нуклеофильность по Zn^{+2}) представляются адекватными параметрами их молекул при оценке кислотности этих соединений по Бренстеду в рамках представлений QSAR

Ключевые слова: молекулярный электростатический потенциал, электрофильность, относительная нуклеофильность, QSAR, кислотность по Бренстеду, pKa.

Quantum-chemical descriptors (molecular electrostatic potential on sulphamidic nitrogen atom of aromatic sulphonyl amides, Hiershfeld's charge on these atom, local electrophilicity, relative nucleophilicity concerning Zn^{+2}) are the adequate descriptors of them Brønsted's acidity acidity in QSAR-framework.

Key words: molecular electrostatic potential, electrophilicity, relative nucleophilicity, QSAR, Brønsted's acidity, pKa

Введение

Использование сульфамидов как химиотерапевтических средств насчитывает около столетия, поскольку они были синтезированы в 1908 году и с 1935 года используются как противомикробные препараты [16]. Сульфонамидная группа является ключевым структурным фрагментом этих соединений, обеспечивающим их физиологическое действие, в том числе ингибирование различных ферментов, в частности карбоангидразы [33]. При этом сульфамиды связывают катион цинка в активном центре карбоангидразы атомом сульфамидного азота [33], тем самым прекращая ее каталитическое ферментативное действие. Следовательно, знание основных (а, значит, и кислотных) свойств сульфамидов способствует предсказанию действия сульфамидов как ингибиторов [21]. Известно, что константы диссоциации (рКа) являются ключевым параметром при адсорбции, распределении, метаболизме лекарственных препаратов, их выделении и токсичности, поскольку величины этих параметров контролируют растворимость, абсорбцию, распределение и удаление этих соединений [21, 26].

Влияние кислотности сульфамидов на их бактериостатическую активность известно давно [31] и подтверждено квантово-химическим расчетом [32].

Кислотность по Бренстеду как способность отдавать протон некоему основанию (В), более склонному присоединить его, чем отдать, в соответствии со схемой (1), для ароматических сульфамидов сходна с таковой для аналогичных органических структур [12].



Здесь X – заместитель в ароматическом фрагменте сульфида.

В частности, бензолсульфамид имеет рКа (10.1) сходный с таковым для фенола (10.0). Заместители-доноры уменьшают кислотность, а акцепторы – увеличивают, в соответствии с общетеоретическими представлениями [6], поэтому корреляционный анализ на основе принципа линейности свободных энергий (ПЛСЭ) в форме уравнения Гаммета определяет отрицательный коэффициент в уравнении, связывающем рКа сульфамидов и величины σ -констант Гаммета заместителей в виде $\text{pKa} = 10.0 - 1.06 \cdot \Sigma\sigma(\text{X})$ [36] или $\text{pK} = 10.05 - 0.93 \cdot \Sigma\sigma(\text{X})$ [20]. Знание кислотно-основных свойств ароматических сульфамидов позволяет оценить их способность ингибировать ряд ферментов в частности, карбоангидразу [21, 33].

Величины рКа, как правило, определяются при температуре 20–25 °С в водной среде [3]. Однако вследствие недостаточной растворимости сульфамидов в воде ряд данных получен также в среде 50 масс% водного EtOH [34] или бинарных системах MeCN – H₂O [29]. Кроме того, далеко не для всех заместителей определены σ -константы, в особенности ограничены данные по *орто*-изомерам, точнее, для *орто*-расположенных заместителей [6].

В то же время существует способ оценки кислотности органических соединений, лишенный этих недостатков. В частности, известно определение рК карбоновых кислот основанное на применении теоретических основ концептуальной DFT в варианте QSAR-QSPR [30] к протолитическим равновесиям кислот и оснований. При этом использованы зависимости между кислотностью (основностью) и квантово-химическими дескрипторами молекулярных структур, соответствующих количественной теории ЖМКО Пирсона, в свою очередь опирающейся на достижения теории DFT [18].

Это позволяет определить рKa методом квантово-химических дескрипторов, что и было сделано для некоторых ароматических ОН-кислот [22]. После квантово-химического расчета структур молекул кислот на уровне теории DFT B3LYP/6-31G(d)(PCM) с полной оптимизацией геометрии, авторами [22] были определены величины ΔG депротонирования, а также квантово-химические дескрипторы – электрофильность (ω) и жесткость (η), которые были использованы для определения рKa ОН-кислот методами корреляционного анализа.

На основании данного подхода возможно аналогичное проведение расчета структур замещенных бензолсульфамидов с последующим определением коэффициентов в корреляционных уравнениях, связывающих квантово-химические параметры этих соединений и величины их рKa. Полученные таким образом математические модели [1] могут быть далее использованы для расчета рKa тех соединений, для которых затруднительно или невозможно определение (расчет) этого параметра методами ПЛСЭ или экспериментально.

Результаты и их обсуждение

Расчет структур замещенных ароматических сульфамидов $XPhSO_2NH_2$ и их катионных форм, соответствующих предельной структуре при переносе заряда на электрофильный центр (например, катион цинка в ферментативном узле карбоангидразы), осуществлен программным комплексом ADF 2014.04 [17] на уровне теории DFT M06/6-311++G** с учетом неспецифической сольватации в среде H_2O в рамках метода SMD [25] (табл. 1) без ограничений по типу симметрии. Такой метод позволяет рассчитать энергии сольватации с «химической» точностью (0.6 – 1.0 ккал/моль) [27], что важно при учете влияния среды. Расчет зарядов проведен в схеме Хиршфельда [23], заряды в которой хорошо физически обоснованы [24].

Таблица 1

Квантово-химические параметры $XPhSO_2NH_2$ в среде H_2O

| X | Vesp(N) в SO_2NH_2 | E(HOMO) | E(LUMO) | Q(N) в SO_2NH_2 | pKa(20°C) [34] |
|-------------------------------------|----------------------|----------|----------|-------------------|----------------|
| H | -18.354624 | -0.28594 | -0.04632 | -0.1851 | 10.07 |
| 4-Me | -18.358902 | -0.27647 | -0.04326 | -0.1866 | 10.21 |
| 4-F | -18.347900 | -0.28622 | -0.04491 | -0.1844 | 9.99 |
| 4-Cl | -18.346289 | -0.28086 | -0.05289 | -0.1835 | 9.79 |
| 4-Br | -18.345895 | -0.27720 | -0.05451 | -0.1832 | 9.79 |
| 4-MeO | -18.360458 | -0.26010 | -0.03829 | -0.1873 | 10.28 |
| 4-OH | -18.359409 | -0.26337 | -0.03787 | -0.1876 | 10.27 |
| 4-NH ₂ | -18.370294 | -0.23716 | -0.03779 | -0.1912 | 10.51 |
| 4-CN | -18.333954 | -0.29603 | -0.07706 | -0.1808 | 9.48 |
| 3-NO ₂ | -18.333565 | -0.30111 | -0.11092 | -0.1804 | 9.34 |
| 4-NO ₂ | -18.328911 | -0.30191 | -0.11452 | -0.1783 | 9.19 |
| 3,5-(NO ₂) ₂ | -18.313445 | -0.31515 | -0.12210 | -0.1758 | 8.75 |
| 3,4-Cl ₂ | -18.339444 | -0.28103 | -0.05858 | -0.1812 | 9.60 |
| 3-Cl-4-Me | -18.350336 | -0.27520 | -0.04858 | -0.1830 | 9.84 |
| 3,4-Me ₂ | -18.361408 | -0.26949 | -0.04110 | -0.1874 | 10.13 |
| 3-Me-4-F | -18.350995 | -0.27896 | -0.04366 | -0.1855 | 10.06 |
| 2-Me *) | -18.353491 | -0.27396 | -0.04424 | -0.1739 | 8.68 |
| Сахарин | -18.322162 | -0.30059 | -0.07867 | -0.1002 | 1.6 |
| MeSO ₂ NHCOMe | -18.316423 | -0.30655 | -0.03856 | -0.1033 | 5.13 |

Продолжение табл. 1

| X | μ | η | ω | $Q(N)^+$ | $\omega(\text{лок})$ | $pK_a(20^\circ\text{C})$ [34] |
|-------------------------------------|---------|--------|----------|------------|----------------------|-------------------------------|
| H | -4.5207 | 3.2602 | 3.1342 | -0.1608 | 0.076161 | 10.07 |
| 4-Me | -4.3502 | 3.1730 | 2.9820 | -0.1430 | 0.130015 | 10.21 |
| 4-F | -4.5053 | 3.2832 | 3.0911 | -0.1312 | 0.164447 | 9.99 |
| 4-Cl | -4.5409 | 3.1017 | 3.3240 | -0.1364 | 0.15656 | 9.79 |
| 4-Br | -4.5132 | 3.0299 | 3.3613 | -0.1380 | 0.151931 | 9.79 |
| 4-MeO | -4.0598 | 3.0179 | 2.7307 | -0.1549 | 0.088475 | 10.28 |
| 4-OH | -4.0986 | 3.0681 | 2.7376 | -0.1508 | 0.100744 | 10.27 |
| 4-NH ₂ | -3.7409 | 2.7126 | 2.5795 | -0.1655 | 0.066293 | 10.51 |
| 4-CN | -5.0762 | 2.9793 | 4.3245 | -0.1110 | 0.30185 | 9.48 |
| 3-NO ₂ | -5.6060 | 2.5877 | 6.0725 | -0.1223 | 0.352812 | 9.34 |
| 4-NO ₂ | -5.6659 | 2.5496 | 6.2955 | *) -0.1409 | 0.235452 | 9.19 |
| 3,5-(NO ₂) ₂ | -5.9491 | 2.6266 | 6.7373 | 0.0630 | 1.608867 | 8.75 |
| 3,4-Cl ₂ | -4.6207 | 3.0266 | 3.5271 | -0.1464 | 0.122743 | 9.60 |
| 3-Cl-4-Me | -4.4053 | 3.0833 | 3.1470 | -0.1527 | 0.095354 | 9.84 |
| 3,4-Me ₂ | -4.2258 | 3.1074 | 2.8734 | -0.1574 | 0.086202 | 10.13 |
| 3-Me-4-F | -4.3895 | 3.2014 | 3.0092 | -0.1514 | 0.102614 | 10.06 |
| 2-Me *) | -4.3294 | 3.1255 | 2.9984 | -0.1602 | | 8.68 |
| Сахарин | | | | -0.0847 | | 1.6 |

Примечание: выделены значения pK_a , рассчитанные по корреляционному уравнению (3) по зарядам на атоме сульфамидного азота. *) Для 2-Me-PhSO₂NH₂ в ДМСО определено потенциометрическим титрованием $pK_a = 13.63$ [9], что согласуется с данными [13, 14], согласно которым в воде величины pK_a как правило меньше, чем в ДМСО, вследствие различия в типах сольватации нейтральных соединений и анионов.

*) V3LYP/6-311++G**

Наблюдается достаточно четкая линейная корреляция (рис. 1) между pK_a сульфамидов и величиной МЭП на атоме сульфамидного азота (2), а также между pK_a и зарядом Хиршфельда (рис. 2) на этом атоме (3).

$$pK_a = (-560.948 \pm 28.936) - (-31.119 \pm 1.577) \cdot V_{\text{esp}}(N),$$

$$R = -0.986, SD = 0.0786, N = 13, P < 0.0001. \quad (2)$$

$$pK_a = (-11.557 \pm 1.438) - (116.349 \pm 7.803) \cdot Q(N),$$

$$R = -0.976, SD = 0.103, N = 13, P < 0.0001. \quad (3)$$

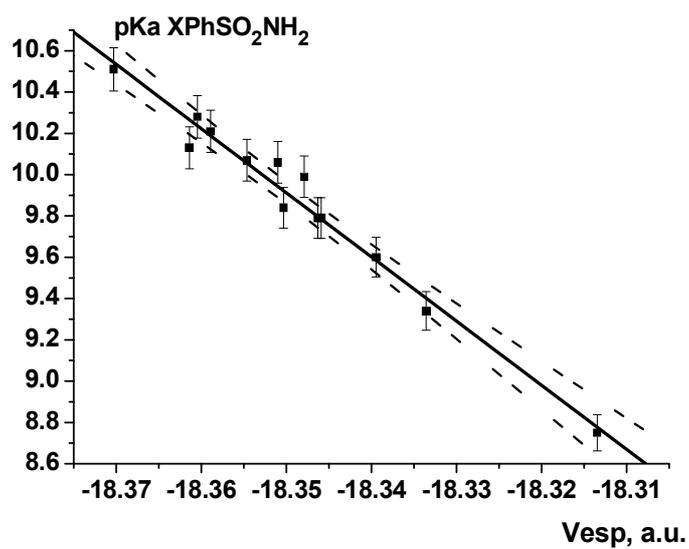
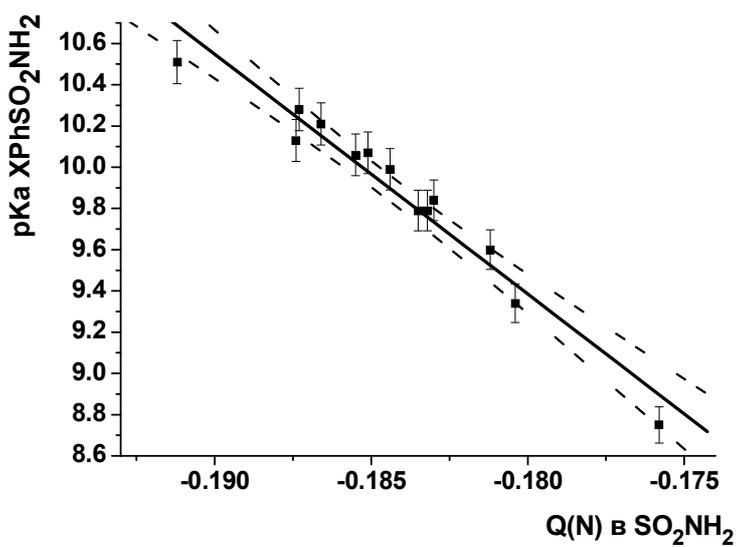


Рис. 1. Кислотность арилсульфамидов (pKa) по атому сульфамидного азота как функция атомного электростатического потенциала на этом атоме. Здесь и далее указан 5 %-ный коридор вероятных ошибок [1]



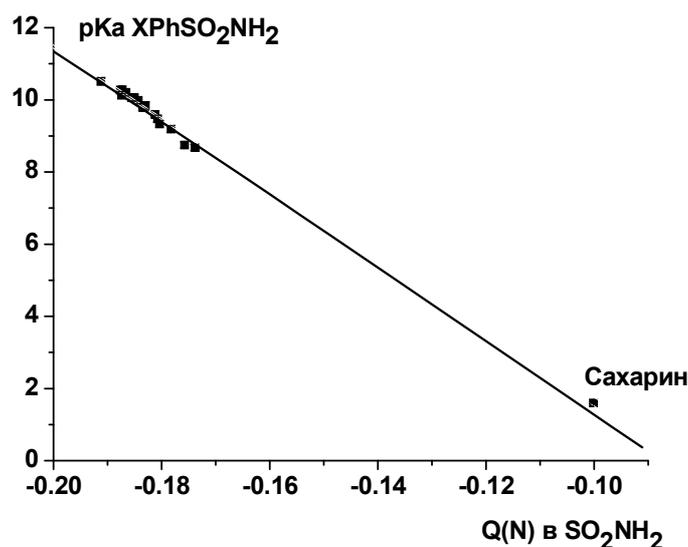


Рис. 3. Кислотность сульфамидов, включая сахарин, как функция заряда Хиршфельда на атоме сульфамидного азота
 $pK_a = (-8.40 \pm 0.25) - (99.14 \pm 1.40) \cdot Q(N)$, $R = -0.9984$,
 $SD = 0.116$, $N = 18$, $P < 0.0001$ (4)

В корреляцию (выборку) с набором сульфамидов по заряду на атоме азота входит также сахарин (рис. 3, соотношение 4), а алифатический сульфамид $MeSO_2NHC(OMe)_2$ – нет, вероятно, из-за того, что они образуют свою отдельную выборку. Это накладывает ограничение на применимость данного метода, основанного на принципе линейности свободных энергий.

Таблица 2

Свободные энергии кислотной диссоциации $XPhSO_2NH_2$ ΔG^0 (kJ/mol) и величины их pK_a

| 4-X | ΔG^0 (kJ/mol) [21] | pK_a (эксп) [34] | pK_a (расчет, табл. 1) |
|-----------------|----------------------------|--------------------|--------------------------|
| H | 1402.8 | 10.07 | |
| F | 1391.4 | 9.99 | |
| Cl | 1385.2 | 9.79 | |
| OH | 1407.2 | | 10.27 |
| CN | 1361.1 | | 9.48 |
| NH ₂ | 1421.9 | 10.51 | |
| NO ₂ | 1352.2 | | 9.19 |
| Me | 1404.3 | 10.21 | |
| OMe | 1411.0 | 10.28 | |

Обнаруженные закономерности согласуются с физическим смыслом параметра МЭП (точнее, АЭП), поскольку чем более отрицателен АЭП и чем более отрицателен заряд на атоме сульфамидного азота, тем в большей степени затруднен катионоидный отрыв протона.

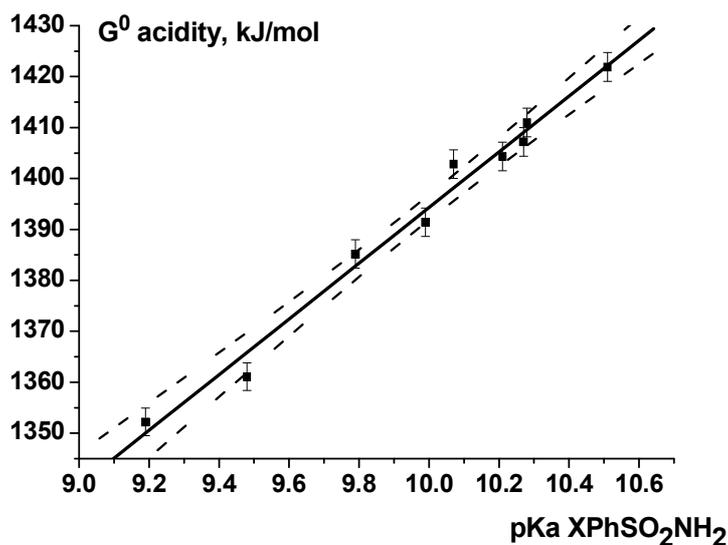


Рис. 4. Соотношение между ΔG^0 кислотной диссоциации сульфамидов и их pKa
 $\Delta G^0(\text{acidity}) = (847.63 \pm 26.11) + (54.67 \pm 2.61) \cdot \text{pKa}$,
 $R = 0.992$, $SD = 3.122$, $P < 0.0001$. (5)

Линейность соотношения (5) (рис. 4) показывает, что величины расчетных pKa, использованных в данной корреляции, соответствуют термодинамическим величинам свободных энергий кислотной диссоциации сульфамидов, полученных в независимом исследовании [21], и, следовательно, представляются адекватными.

Величины квантово-химических параметров (электронного химического потенциала (μ), жесткости (η) и электрофильности (ω) [15], а также относительной нуклеофильности арилсульфониламидов (ω^-) по катиону Zn^{+2} , рассчитанные по соотношениям (6) и данным табл. 1, приведены в табл. 1 и 3.

$$\begin{aligned} \mu &= 0.5 \cdot [E(\text{HOMO}) + E(\text{LUMO})], \\ \eta &= 0.5 \cdot [E(\text{LUMO}) - E(\text{HOMO})], \\ \omega &= 0.5 \cdot \mu^2 / \eta, \\ \omega^- &= 0.5 \cdot \eta(\text{Nu}) \cdot [\mu(\text{Nu}) - \mu(\text{E})]^2 / [\eta(\text{Nu}) + \eta(\text{E})]^2. \end{aligned} \quad (6)$$

Корреляционная зависимость на рис. 5 соответствует физическому смыслу коррелируемых параметров, поскольку чем выше нуклеофильная реакционная способность арилсульфониламидов по атому сульфамидного азота, тем ниже их брэнстедовская кислотность по это же атому в связи с упрочнением связи N-H из-за повышения на ней электронной плотности. Отклонение одной из точек вызвано не установленными к настоящему времени причинами.

Активность сульфамидов как ингибиторов карбоангидразы определяется силой их связывания с катионом цинка в ферментативном узле карбоангидразы, что приводит к ее ингибированию. Это связывание определяется в свою очередь нуклеофильной силой сульфониамида, поскольку оно представляет собой донорно-акцепторное взаимодействия кислоты Льюиса (Zn^{+2}) и основания Льюиса (сульфониламид). Поэтому знание даже кислотности по Брэнстеду позволяет предсказать активность сульфониламидов

при взаимодействии с катионом Zn^{+2} , находящимся в ферментативном узле карбоангидразы. Однако нуклеофильность представляется более корректным дескриптором, поскольку она отражает истинную природу взаимодействия атома сульфамидного азота и катиона цинка.

Таблица 3

Квантово-химические параметры сульфониламидов в водной среде

| X | μ | η | ω | ω^- |
|-------------------------------------|---------|--------|----------|------------|
| H | -4.5207 | 3.2602 | 3.1342 | 0.2282 |
| 4-Me | -4.3502 | 3.1730 | 2.9820 | 0.1946 |
| 4-F | -4.5053 | 3.2832 | 3.0911 | 0.2248 |
| 4-Cl | -4.5409 | 3.1017 | 3.3240 | 0.2336 |
| 4-Br | -4.5132 | 3.0299 | 3.3613 | 0.2283 |
| 4-MeO | -4.0598 | 3.0179 | 2.7307 | 0.1432 |
| 4-OH | -4.0986 | 3.0681 | 2.7376 | 0.1495 |
| 4-NH ₂ | -3.7409 | 2.7126 | 2.5795 | 0.0956 |
| 4-CN | -5.0762 | 2.9793 | 4.3245 | 0.3619 |
| 3-NO ₂ | -5.606 | 2.5877 | 6.0725 | 0.5180 |
| 4-NO ₂ | -5.6659 | 2.5496 | 6.2955 | 0.5371 |
| 3,5-(NO ₂) ₂ | -5.9491 | 2.6266 | 6.7373 | 0.6324 |
| 3,4-Cl ₂ | -4.6207 | 3.0266 | 3.5271 | 0.2514 |
| 3-Cl-4-Me | -4.4053 | 3.0833 | 3.1469 | 0.2059 |
| 3,4-Me ₂ | -4.2258 | 3.1074 | 2.8734 | 0.1716 |
| 3-Me-4-F | -4.3895 | 3.2014 | 3.0092 | 0.2020 |
| 2-Me ^{b)} | -4.3294 | 3.1255 | 2.9984 | 0.1908 |
| Сахарин | -5.1601 | 3.0194 | 4.4093 | 0.3841 |
| Zn ⁺² | -2.3349 | 2.5820 | 1.0557 | |

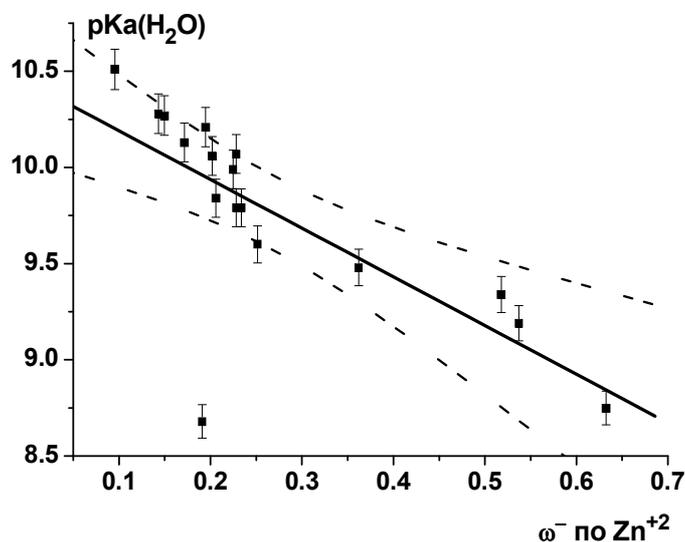


Рис. 5. Кислотность по Бренстеду $XPhSO_2NH_2$ как функция их относительной нуклеофильности (ω^- , eV), рассчитанной по Zn^{+2}

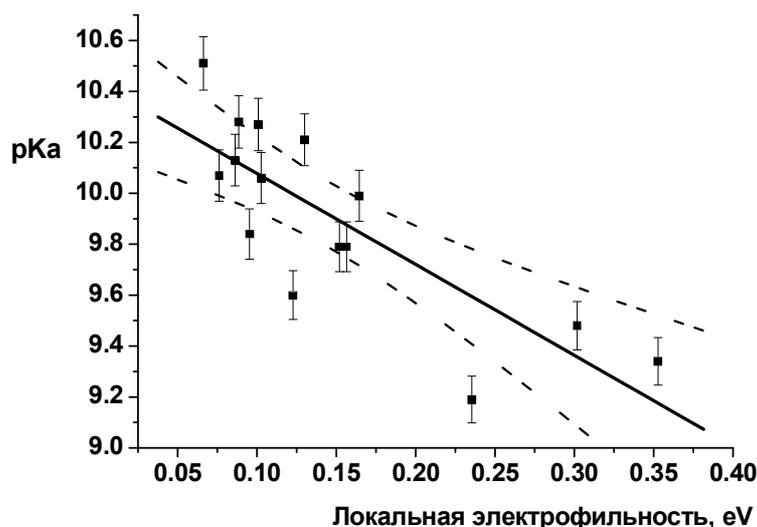


Рис. 6. Кислотность арилсульфонамидов как функция локальной электрофильности по атому сульфамидного азота
 $pK_a = (10.43 \pm 0.13) - (3.57 \pm 0.73) \cdot \omega(\text{лок})$, $R = -0.806$,
 $SD = 0.321$, $N = 15$, $P = 0.000286$.

Локальная электрофильность сульфониамидов $\omega(\text{лок})$ (табл. 1, рис. 6) рассчитана по соотношению $\omega(\text{лок}) = \omega \cdot [Q(N)^+ - Q(N)^0]$. Здесь $Q(N)^+$ представляет собой заряд на атоме азота в катионе сульфониамида, а $Q(N)^0$ – заряд на этом атоме в нейтральной состоянии. Катион сульфониамида есть предельная структура при размещении заряда на данном атоме, а разность зарядов представляет собой по определению функцию Фукуи [18]. Сам параметр электрофильности имеет физический смысл электроноёмкости, что соответствует энергии стабилизации системы при принятии заряда.

По всей видимости, данная выборка (рис. 6) представляет собой набор нескольких реакционных серий по локальной электрофильности, что требует специального статистического анализа [1]. Однако физический смысл зависимости на рис. 5 соответствует физическому смыслу параметра ω , поскольку чем выше локальная электроноёмкость (электрофильность), тем устойчивее соответствующий анион сульфониамида, а, следовательно, выше кислотность сульфониамида.

Заключение

Таким образом, как молекулярный электростатический потенциал на ключевом атоме азота в сульфонамидах, так и заряд Хиршфельда на этом атоме и его локальная, электрофильность, а также относительная нуклеофильность представляются адекватными дескрипторами для описания и предсказания кислотных свойств сульфонамидов, поскольку они являются внутренними свойствами атомов в отличие от σ -констант заместителей, по существу и происхождению являющихся эмпирическими.

Аналогичным образом были рассчитаны параметры кислотности (в виде рКа) ароматических сульфокислот [11], поскольку экспериментальное определение этих величин для сульфокислот до сих пор представляется весьма затруднительным [2, 8].

Данный подход на основе квантово-химических DFT-индексов реакционной способности был также успешно использован нами при анализе реакционной способности тетразапорфина при бромировании [7], полиметилбензолов в реакции ароматического бромирования [4], при диагностике механизма ароматического гидрохлорирования [5]. Обзоры по приложениям этого подхода см.: [10, 15, 19, 28, 35].

Библиографический список

1. Ахназарова С. А., Кафаров В. В. Методы оптимизации в химии и химической технологии. М. : Высш. шк., 1985. 327 с.
2. Багровская Н. А., Козлов В. А., Носков А. В. Состояние мезитилсульфокислоты в водных растворах серной кислоты // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 2006. Т. 49, вып. 11. С. 124–126.
3. Белл Р. Протон в химии. М. : Мир, 1977. 382 с.
4. Белякова М. В., Зубанова Е. А., Крылов Е. Н. Квантово-химические DFT-индексы реакционной способности полиметилбензолов как дескрипторы селективности реакции бромирования // Известия вуз. Химия и хим. технология. 2013. Т. 56, № 11. С. 23–28.
5. 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.
6. Днепровский А. С., Темникова Т. И. Теоретические основы органической химии. Л. : Химия, 1991. 560 с.
7. Ишуткина М. В., Хелевина О. Г., Крылов Е. Н., Александрійский В. В., Кофман О. И. Бромирование Mg-комплекса 5,10,15,20-тетразапорфина // ЖОрХ. 2015. Т. 51, вып. 11. С. 1681–1687.
8. Козлов В. А., Березин Б. Д., Попкова И. А. Оценка величины рКа ароматических сульфокислот // Журн. физ. химии. 1981. Т. 55, № 6. С. 1481–1486.
9. Клоос О. В., Недвецкая Г. Б., Айзина Ю. А., Розейнцвейг И. Б. Сульфонамиды и их кислотные свойства в диметилсульфоксиде // Изв. вузов. Прикл. химия и биотехнол. 2016. Т. 6, № 2. С. 23–28.
10. Крылов Е. Н. Дескрипторы органических реакций: квантово-химические индексы реакционной способности // Вестник Ивановского государственного университета. Сер.: Естественные, общественные науки. 2014. Вып. 2. С. 39–53.
11. 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.
12. Общая органическая химия / под ред. Д. Бартона, У. Д. Оллиса. Т. 5 / под ред. И. О. Сазерленда, Д. Н. Джонса. М. : Химия, 1983. 720 с.
13. Реутов О. А., Белецкая И. П., Бутин К. П. СН-кислоты. М. : Наука, 1980. 248 с.
14. Устынюк Ю. А. Лекции по органической химии. Ч. 1 : Вводный концентр. М. : Техносфера, 504 с.
15. A matter of density. Exploring the electron density concept in the chemistry, biological and materials sciences / ed. by N. Sukumar. Hoboken : J.Wiley and Sons Inc, 2013. 318 p.
16. Anand N. Sulfonamides and sulfones // Burger's medicinal chemistry and drug discovery / ed. by M. E. Wolff. N. Y. : Wiley and Sons. 1996. Vol. 2. P. 527–544.

17. *Baerends E. J., et al.* ADF2014. SCM. Theoretical Chemistry. Vrije Universiteit. Amsterdam. The Netherlands. 2014. URL: <http://www.scm.com>. (дата обращения: 12.01.2018).
18. Chemical reactivity theory. A density functional view / ed. by P. K. Chattaraj. Boca Raton : CRC Press, 2009. 576 p.
19. Concepts and methods in modern theoretical chemistry / ed. by S. K. Ghosh, P. K. Chattaraj. N. Y. : CRC Press, 2013, 450 p.
20. *Dauphin G., Kergomard A.* Etude de la dissociation acide de quelques sulphonamides // Bull. Soc. Chim. France. 1961. Iss. 3. P. 486–492.
21. *Gomes J. R. B., Gomes P.* Gas-phase acidity of sulfonamides: implications for reactivity and prodrugs design // Tetrahedron. 2005. Vol. 61. P. 2705–2712.
22. *Gupta K., Giri S., Chattaraj P. K.* Acidity of meta- and para-substituted aromatic acids: A conceptual DFT study // New J. Chem. 2008. Vol. 32. P. 1945–1952.
23. *Hirshfeld F. L.* Bonded atom fragments for describing molecular charge densities // Theor. Chim. Acta. 1977. Vol. 44, № 1. P. 129–138.
24. *Liu S.-B.* Conceptual density functional theory and some recent developments // Acta Phys.-Chim. Sin. 2009. Vol. 25, № 3. P. 590–600.
25. *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, № 18. P. 6378–6396.
26. *Martell A. E., Motekaitis R. J.* Determination and use of stability constants. N. Y. : VCH Publishers, 1992. 200 p.
27. *Mennucci B., Cammi R.* Continuum Solvation Models in Chemical Physics: From Theory to Applications. Chichester : John Wiley & Sons, 2008. P. 65–80.
28. *Politzer P., Murray J. S.* Molecular electrostatic potentials / ed. by S. K. Ghosh, P. K. Chattaraj. N. Y. : CRC Press, 2013, 450 p.
29. *Santi N., Santi S., Ozkan G., Denizli A.* Determination of pKa values of some sulfonamides by LC and LC-PDA methods in acetonitrile-water binary mixture // J. Braz. Chem. Soc. 2010. Vol. 21, № 10. P. 1952–1960.
30. *Seybold P. G.* Quantum chemical-QSAR estimation of the acidities and basicities of organic compound // Adv. Quant. Chem. 2012. Vol. 64. P. 84–99.
31. *Seydel J. K.* Sulfonamides, structure-activity relationship, and mode of action. Structural problems of the antibacterial action of 4-aminobenzoic acid (PABA) antagonists // J. Pharm. Sci. 1968. Vol. 57, iss. 9. P. 1455–1478.
32. *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, № 3. P. 165–172.
33. *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, № 3. P. 99–106.
34. The chemistry of sulphonic acids and their derivatives / ed. by S. Patai, Z. Rappoport. Chichester : Wiley and Sons, 1991. 1388 p.
35. Theoretical aspects of chemical reactivity / ed. by A. Toro-Labbe. Amsterdam : Elsevier, 2007, 321 p.
36. *Willi A. W.* Die Aciditätskonstanten von Benzolsulfonamiden und ihre Beeinflussbarkeit durch Substitution // Helv. Chim. Acta. 1956. Vol. 39, iss. 1. P. 46–53.

О ФИНИТНОЙ ОТДЕЛИМОСТИ ПОДГРУПП В РАСЩЕПЛЯЕМЫХ РАСШИРЕНИЯХ ГРУПП

Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B . Будем предполагать, что для каждого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. И пусть Ω — класс групп, удовлетворяющий следующим условиям: (i) если $X \in \Omega$, то любой гомоморфный образ группы X принадлежит Ω , (ii) если $X \in \Omega$, то любая подгруппа конечного индекса группы X принадлежит Ω .

Доказано, что следующие два условия равносильны.

1. В группе G все Ω -подгруппы финитно отделимы.

2. В группах A и B все Ω -подгруппы финитно отделимы и, сверх того, в группе A финитно отделимы все подгруппы, высекаемые в A Ω -подгруппами группы G .

Этот результат является обобщением следующей хорошо известной теоремы Р. Алленби и Р. Грегораса. Если группа A является конечно порожденной, все подгруппы группы A финитно отделимы и все конечно порожденные подгруппы группы B финитно отделимы, то все конечно порожденные подгруппы группы G финитно отделимы.

Ключевые слова: расщепляемое расширение группы, финитно отделимая подгруппа

Let G be a split extension of a group A by a group B . Suppose that for every natural number n the number of all subgroups of the group A of index n is finite. And let Ω be a class of groups satisfying the following conditions: (i) if $X \in \Omega$, then any homomorphic image of X belongs to Ω , (ii) if $X \in \Omega$, then any subgroup of finite index of X belongs to Ω .

It is proved that the following two conditions are equivalent.

1. All Ω -subgroups in G are finitely separable.

2. All Ω -subgroups in A and B are finitely separable, and, moreover, all subgroups of the group A that are the intersections of A with the Ω -subgroups of G are finitely separable.

This result is a generalization of the following well-known theorem by R. Allenby and R. Gregorac. If the group A is finitely generated, all subgroups of A are finitely separable and all finitely generated subgroups of B are finitely separable, then all finitely generated subgroups of G are finitely separable.

Key words: split extension of a group, finitely separable subgroup.

1. Введение

Напомним, что подгруппа H группы G называется финитно отделимой [9], если для каждого элемента g группы G , не принадлежащего подгруппе H , существует гомоморфизм группы G на некоторую конечную группу, при котором образ элемента g не принадлежит образу подгруппы H . Группа называется финитно аппроксимируемой, если ее единичная

© Азаров Д. Н., Кряжева А. А., 2019

Публикуемые результаты получены в рамках выполнения государственного задания Минобрнауки России № 1.8695.2017/БЧ.

подгруппа финитно отделима. Известно, [12, п. 1.3.10], что в полициклической группе все подгруппы финитно отделимы. Условие финитной отделимости всех подгрупп является достаточно жестким ограничением. Менее жестким ограничением является финитная отделимость всех конечно порожденных подгрупп. Р. Бернс [11] для обозначения групп с финитно отделимыми конечно порожденными подгруппами ввел термин LERF (locally-extended residually finite). Простейшим примером группы, не удовлетворяющей условию LERF, служит группа с одним соотношением $a^{-1}ba = b^2$. В этой группе циклическая подгруппа, порожденная элементом b , не является финитно отделимой.

Напомним, что группа G называется расщепляемым расширением группы A с помощью группы B , если группа A является нормальной подгруппой группы G , B — подгруппа группы G , $G = AB$ и $A \cap B = 1$. Расщепляемые расширения групп и их финитная аппроксимируемость рассматривались в работах А. И. Мальцева [9] и Д. Н. Азарова [1–4, 6]. Классическая теорема А. И. Мальцева утверждает, что расщепляемое расширение конечно порожденной финитно аппроксимируемой группы при помощи финитно аппроксимируемой группы само является финитно аппроксимируемой группой.

Данная статья посвящена исследованиям финитной отделимости подгрупп в расщепляемых расширениях. В основе этих исследований лежит следующая теорема Р. Алленби и Р. Грегораса [10].

Теорема 1. Пусть G — расщепляемое расширение конечно порожденной группы A с помощью группы B .

1. Если в группах A и B все подгруппы (все циклические подгруппы) финитно отделимы, то и в группе G все подгруппы (все циклические подгруппы) финитно отделимы.

2. Если в группе A все подгруппы финитно отделимы, а в группе B все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы, то в группе G все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы.

Р. Бернс в упомянутой выше работе [11] доказал, что любая свободная группа обладает свойством LERF. С другой стороны, хорошо известно и легко проверяется, что прямое произведение двух свободных групп ранга 2 не является LERF [10] и поэтому пункт 2 теоремы 1 нельзя сформулировать по аналогии с пунктом 1.

Легко также заметить, что первый пункт теоремы 1 можно очевидным образом обратить. Второй же пункт теоремы 1 дает только достаточное условие финитной отделимости конечно порожденных подгрупп в расщепляемом расширении G конечно порожденной группы A . Нам удалось ослабить это достаточное условие до критерия финитной отделимости всех конечно порожденных подгрупп группы G , который формулируется следующим образом.

Пусть G — расщепляемое расширение конечно порожденной группы A с помощью группы B . В группе G все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы и, сверх того, в группе A финитно отделимы все подгруппы, высекаемые в A конечно порожденными подгруппами группы G .

Кроме того, нам удалось обобщить теорему Р. Алленби и Р. Грегораса (и найденный нами критерий LERF расщепляемого расширения) в следующих двух направлениях.

Первое направление состоит в том, что условие конечной порожденности, накладываемое в теореме 1 на базовую группу A , мы ослабляем до следующего условия: для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. Напомним в связи с этим, что конечность числа всех подгрупп данного конечного индекса в произвольной конечно порожденной группе была установлена еще М. Холлом (см., например, [7, с. 250]).

Второе направление, в котором обобщаются теорема 1 и сформулированный выше критерий LERF, связано с тем, что вместо финитной отделимости всех подгрупп (всех конечно порожденных подгрупп, всех циклических подгрупп) мы исследуем более общее свойство финитной отделимости всех Ω -подгрупп, где Ω — класс групп, замкнутый относительно факторизации и подгрупп конечного индекса, т. е. класс групп, удовлетворяющий следующим двум условиям: (i) если $X \in \Omega$, то любой гомоморфный образ группы X принадлежит Ω , (ii) если $X \in \Omega$, то любая подгруппа конечного индекса группы X принадлежит Ω .

Подводя итоги сказанному выше, сформулируем основной результат настоящей работы.

Теорема 2. *Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B и для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. И пусть Ω — класс групп, замкнутый относительно факторизации и подгрупп конечного индекса. Тогда следующие два условия равносильны.*

1. *В группе G все Ω -подгруппы финитно отделимы.*
2. *В группах A и B все Ω -подгруппы финитно отделимы и, сверх того, в группе A финитно отделимы все подгруппы, высекаемые в A Ω -подгруппами группы G .*

Так как класс всех конечно порожденных групп замкнут относительно факторизации и подгрупп конечного индекса, то из теоремы 2 вытекает следующий критерий для свойства LERF.

Следствие 1. *Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B и для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. В группе G все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы и в группе A финитно отделимы все подгруппы, высекаемые в A конечно порожденными подгруппами группы G . В частности, если в группе A все подгруппы финитно отделимы, а в группе B все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы, то в группе G все конечно порожденные подгруппы финитно отделимы.*

Частным случаем этого критерия является достаточное условие LERF, установленное Р. Алленби и Р. Грегорасом (см. п. 2 теоремы 1).

Сформулируем теперь еще один результат работы, который получается из теоремы 2 при более сильных ограничениях на класс Ω . Мы уси-

ливаем требование замкнутости класса Ω относительно подгрупп конечного индекса, накладываемое в теореме 2, до требования замкнутости класса Ω относительно любых подгрупп. За счет этого критерий финитной отделимости всех Ω -подгрупп расщепляемого расширения принимает следующий более простой вид (по сравнению с теоремой 2).

Теорема 3. *Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B и для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. И пусть Ω — класс групп, замкнутый относительно факторизации и подгрупп. Тогда следующие два утверждения равносильны.*

1. *В группе G все Ω -подгруппы финитно отделимы.*
2. *В группах A и B все Ω -подгруппы финитно отделимы.*

Как уже отмечалось выше, теорема 3 может быть легко установлена с помощью теоремы 2. В самом деле, если Ω — класс групп, замкнутый относительно подгрупп, то п. 2 теоремы 2 равносильна п. 2 теоремы 3.

Если в теореме 3 в качестве Ω взять класс, состоящий только из единичной группы, то данная теорема дает критерий финитной аппроксимируемости расщепляемого расширения, существенно обобщающий упомянутую выше теорему А. И. Мальцева.

Очевидными примерами классов групп, замкнутых относительно подгрупп и факторизации, являются класс всех групп, класс всех циклических групп, класс всех полициклических групп, а также любое многообразие групп. Поэтому из теоремы 3 вытекает следующее утверждение.

Следствие 2. *Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B и для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. Тогда справедливы следующие утверждения.*

1. *В группе G все подгруппы финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все подгруппы финитно отделимы.*
2. *В группе G все циклические (полициклические) подгруппы финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все циклические (полициклические) подгруппы финитно отделимы.*
3. *Пусть V — многообразие групп. В группе G все подгруппы из многообразия V финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все подгруппы из многообразия V финитно отделимы.*
4. *В частности, в группе G все абелевы (разрешимые, нильпотентные) подгруппы финитно отделимы тогда и только тогда, когда в группах A и B все абелевы (разрешимые, нильпотентные) подгруппы финитно отделимы.*

Заметим, что следствие 2 является обобщением первого пункта теоремы Р. Алленби и Р. Грегораса.

Еще одно обобщение теоремы Р. Алленби и Р. Грегораса получено в работе [5], где доказано, что в теореме 1 условие конечной порожденности группы A можно ослабить до требования конечности ее общего ранга (термин был введен А. И. Мальцевым в работе [8]). Этот результат перекрывается теоремами 2 и 3, поскольку группа конечного общего ранга может содержать только конечное число подгрупп данного конечного индекса [1].

2. Вспомогательные утверждения

Докажем сначала несколько вспомогательных утверждений.

Лемма 1. Пусть G — группа, H — подгруппа группы G . Если подгруппа M группы H финитно отделима в группе G , то она финитно отделима и в группе H .

Доказательство. Пусть элемент h принадлежит подгруппе H , но не принадлежит подгруппе M . Так как M — подгруппа группы G , то по условию леммы M финитно отделима в группе G . Поэтому существует гомоморфизм φ группы G на некоторую конечную группу такой, что $h\varphi \notin M\varphi$. Пусть φ_1 — ограничение гомоморфизма φ на подгруппу H . Тогда φ_1 — гомоморфизм группы H на конечную группу и $h\varphi_1 \notin M\varphi_1$. Таким образом, подгруппа M финитно отделима в H . Лемма доказана.

Лемма 2. Пусть Ω — класс групп, замкнутый относительно подгрупп конечного индекса. И пусть H — подгруппа конечного индекса группы G . Если в группе H все подгруппы из класса Ω финитно отделимы, то и в группе G финитно отделимы все подгруппы из класса Ω .

Доказательство. Пусть подгруппа H группы G имеет конечный индекс в группе G и в группе H все подгруппы из класса Ω финитно отделимы. Тогда в подгруппе H содержится нормальная подгруппа H_1 группы G , имеющая в группе G конечный индекс, причем любая Ω -подгруппа группы H_1 по условию финитно отделима в H , а, значит, и в H_1 (см. лемму 1). Поэтому без потери общности будем предполагать, что подгруппа H нормальна в группе G .

Пусть A — произвольная подгруппа группы G из класса Ω , и элемент g группы G не принадлежит подгруппе A . Используя тот факт, что все подгруппы из класса Ω группы H финитно отделимы, покажем, что подгруппа A финитно отделима в группе G , т. е. в группе G существует нормальная подгруппа N , имеющая конечный индекс в группе G и такая, что элемент g не принадлежит подгруппе AN .

Если $g \notin AN$, то в качестве подгруппы N выступает сама подгруппа H .

Пусть теперь $g \in AN$, т. е. $g = ah$ для некоторых элементов $a \in A$ и $h \in H$. Полагая $A_1 = A \cap H$, получаем подгруппу A_1 группы H , не содержащую, очевидно, элемент h этой группы. Поскольку подгруппа конечного индекса некоторой группы высекает в каждой подгруппе этой группы подгруппу конечного индекса, индекс подгруппы A_1 в группе A конечен. Так как группа A принадлежит классу Ω и Ω замкнут относительно подгрупп конечного индекса, то подгруппа A_1 также принадлежит классу Ω . Таким образом, A_1 является финитно отделимой в группе H и поэтому существует нормальная подгруппа K конечного индекса группы H такая, что элемент h не принадлежит A_1K . Так как индекс подгруппы H в группе G конечен, то K является подгруппой конечного индекса группы G и поэтому содержит подгруппу N , нормальную в группе G и имеющую в группе G конечный индекс. Поскольку $h \notin A_1K$ и N — подгруппа группы K , элемент h не принадлежит A_1N .

Покажем, что $g \notin AN$, т. е. что подгруппа N — искомая. Предположим, напротив, что $g \in AN$, т. е. $g = a_1n$ для некоторых элементов

$a_1 \in A$, $n \in N$. Так как, к тому же, $g = ah$, имеем равенство $ah = a_1n$, т. е. $a^{-1}a_1 = hn^{-1}$. А так как $a^{-1}a_1 \in A$, $hn^{-1} \in H$, то получаем включение $a^{-1}a_1 \in A_1$. Отсюда $h = (a^{-1}a_1)n \in A_1N$, что невозможно. Тем самым лемма доказана.

Лемма 3. Пусть G — расщепляемое расширение конечной группы A с помощью группы B . И пусть Ω — класс групп, замкнутый относительно подгрупп конечного индекса. Если в группе B все подгруппы из класса Ω финитно отделимы, то и в группе G все подгруппы из класса Ω финитно отделимы.

Доказательство. Очевидно, что B — подгруппа конечного индекса группы G и индекс $[G : B]$ совпадает с порядком группы A . Поэтому данная лемма непосредственно вытекает из леммы 2.

Лемма 4. Пусть G — группа. И пусть A, H — подгруппы группы G . Если подгруппа H финитно отделима в группе G , то $A \cap H$ финитно отделима в A .

Доказательство. Пусть подгруппа H финитно отделима в группе G . Докажем, что $A \cap H$ финитно отделима в A . Возьмем элемент g из подгруппы A такой, что $g \notin A \cap H$. Тогда $g \notin H$. Подгруппа H финитно отделима в G , значит, существует гомоморфизм φ группы G на некоторую конечную группу такой, что $g\varphi \notin H\varphi$. Следовательно, $g\varphi \notin (A \cap H)\varphi$. Пусть φ_1 — ограничение гомоморфизма φ на подгруппу A . Тогда φ_1 — гомоморфизм группы A на некоторую конечную группу и $g\varphi_1 \notin (A \cap H)\varphi_1$. Таким образом, получаем, что $A \cap H$ финитно отделима в A .

Лемма 5. Пусть H — подгруппа группы G , индекс подгруппы H в группе G конечен и равен n . И пусть число всех подгрупп группы G индекса n конечно. Тогда в группе G существует характеристическая подгруппа N конечного индекса такая, что $N \subseteq H$.

Доказательство. Так как число всех подгрупп группы G индекса n конечно, то можно выписать все подгруппы группы G индекса n :

$$H_1, H_2, \dots, H_s.$$

Пусть $\varphi \in \text{Aut } G$. Так как автоморфизм группы G отображает подгруппу индекса n на подгруппу индекса n , то φ переставляет между собой подгруппы H_1, H_2, \dots, H_s . Поэтому

$$\{H_1, H_2, \dots, H_s\} = \{H_1\varphi, H_2\varphi, \dots, H_s\varphi\}$$

и, следовательно,

$$\left(\bigcap_{i=1}^s H_i \right) \varphi = \bigcap_{i=1}^s H_i \varphi = \bigcap_{i=1}^s H_i,$$

т. е., если положить

$$N = \bigcap_{i=1}^s H_i,$$

то $N\varphi = N$. Поэтому N — характеристическая подгруппа группы G . Так как по теореме Пуанкаре пересечение конечного числа подгрупп конечного индекса группы G является подгруппой конечного индекса группы G (см., например, [7, с. 53]), то N — подгруппа конечного индекса группы G .

Так как одна из подгрупп H_i совпадает с подгруппой H , то $N \subseteq H$. Следовательно, N — искомая подгруппа. Лемма доказана.

3. Доказательство теоремы 2

Теперь перейдем непосредственно к доказательству теоремы 2.

Докажем сначала достаточность в теореме 2. Пусть G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B . И пусть для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно. Пусть Ω — класс групп, замкнутый относительно факторизации и подгрупп конечного индекса. Предположим, что в группах A и B финитно отделимы все подгруппы из класса Ω и в группе A финитно отделимы все подгруппы, являющиеся пересечениями группы A со всеми подгруппами из класса Ω группы G .

Возьмем произвольную подгруппу H из класса Ω группы G и элемент g , принадлежащий группе G , но не принадлежащий подгруппе H .

Сначала рассмотрим случай, когда $g \notin HA$. В этом случае $gA \notin HA/A$. Фактор-группа HA/A является подгруппой группы G/A . Так как

$$G/A = BA/A \cong B/B \cap A \cong B,$$

а в группе B все подгруппы из класса Ω финитно отделимы, то и в группе G/A все подгруппы из класса Ω финитно отделимы. При этом подгруппа HA/A группы G/A принадлежит классу Ω , так как класс Ω замкнут относительно факторизации. Из последних двух обстоятельств следует, что подгруппа HA/A финитно отделима в группе G/A . Следовательно, существует гомоморфизм φ из фактор-группы G/A на конечную группу такой, что $(gA)\varphi \notin (HA/A)\varphi$. Пусть ψ — естественный гомоморфизм группы G на фактор-группу G/A , тогда $H\psi = HA/A$. Получаем, что $g\psi\varphi \notin H\psi\varphi$. Таким образом, гомоморфизм $\psi\varphi$ — искомый.

Теперь рассмотрим случай, когда $g \in HA$, т. е. когда $g = ha$, где $h \in H$, $a \in A$. Заметим, что элемент a не принадлежит подгруппе $H_1 = H \cap A$. По условию подгруппа H_1 финитно отделима в A . Поэтому в группе A существует нормальная подгруппа N конечного индекса такая, что $a \notin H_1N$. Так как для любого натурального числа n число всех подгрупп группы A индекса n конечно, то по лемме 5 любая подгруппа конечного индекса группы A содержит в себе характеристическую подгруппу группы A конечного индекса. Поэтому без потери общности можем считать подгруппу N характеристической в A . Поскольку подгруппа A является нормальной в группе G , то и подгруппа N нормальна в группе G . Покажем, что $g \notin HN$.

Если, напротив, элемент g принадлежит подгруппе HN , то элемент g представим в виде $g = h_1x$, где $h_1 \in H$, $x \in N$. С другой стороны, $g = ha$, где $h \in H$, $a \in A$. Тогда $ha = h_1x$. Следовательно, получаем равенство $h^{-1}h_1 = ax^{-1}$, где $h^{-1}h_1 \in H$, $ax^{-1} \in A$. Значит, $h^{-1}h_1 \in H_1$ и поэтому элемент $a = h^{-1}h_1x$ принадлежит подгруппе H_1N , но это противоречит выбору подгруппы N . Следовательно, $g \notin HN$.

Рассмотрим фактор-группу G/N и естественный гомоморфизм φ из группы G на фактор-группу G/N . Так как элемент g не принадлежит подгруппе HN , то $gN \notin HN/N$, т. е. $g\varphi \notin H\varphi$.

Поскольку G — расщепляемое расширение группы A с помощью группы B и подгруппа N содержится в A , то легко видеть, что G/N является расщепляемым расширением группы A/N с помощью группы BN/N , причем группа A/N конечна, так как подгруппа N имеет конечный индекс в группе A . Так как группа BN/N изоморфна группе B , то по условию теоремы в группе BN/N все подгруппы из класса Ω финитно отделимы. Поэтому в силу леммы 3 в группе G/N все подгруппы из класса Ω финитно отделимы.

Так как подгруппа H принадлежит классу Ω , то и подгруппа HN/N принадлежит классу Ω . Отсюда и из того, что в группе G/N все подгруппы из класса Ω финитно отделимы, следует, что HN/N финитно отделима в G/N , т. е. $H\varphi$ финитно отделима в G/N . А поскольку $g\varphi \notin H\varphi$, то существует гомоморфизм ψ группы G/N на некоторую конечную группу такой, что $(g\varphi)\psi \notin (H\varphi)\psi$. Таким образом, подгруппа H финитно отделима в группе G . Тем самым достаточность в теореме 2 доказана.

Необходимость в доказываемой теореме обеспечивается леммами 1 и 4. Теорема 2 полностью доказана.

Библиографический список

1. Азаров Д. Н. О группах конечного общего ранга // Вестник Ивановского государственного университета. Сер.: Биология, Химия, Физика, Математика. 2004. Вып. 3. С. 100–103.
2. Азаров Д. Н. О почти аппроксимируемости конечными p -группами // Чебышевский сборник. 2010. Т. 11, вып. 3. С. 11–21.
3. Азаров Д. Н. Аппроксимационные свойства групп автоморфизмов и расщепляемых расширений // Известия высших учебных заведений. Математика. 2015. № 8. С. 3–13.
4. Азаров Д. Н. Некоторые аппроксимационные свойства полициклических групп и расщепляемых расширений // Владикавказский математический журнал. 2015. Т. 17, № 4. С. 3–10.
5. Азаров Д. Н. О финитно аппроксимируемых группах конечного общего ранга // Математические заметки. 2017. Т. 101, № 3. С. 323–329.
6. Азаров Д. Н., Чуракова Е. И. Об аппроксимируемости конечными p -группами некоторых расщепляемых расширений // Вестник Ивановского государственного университета. Сер.: Естественные, общественные науки. 2009. Вып. 2. С. 68–71.
7. Курош А. Г. Теория групп. М.: Наука, 1967. 648 с.
8. Мальцев А. И. О группах конечного ранга // Математический сборник. 1948. Т. 22, № 2. С. 351–352.
9. Мальцев А. И. О гомоморфизмах на конечные группы // Ученые записки Ивановского государственного педагогического института. 1958 Т. 18, № 5. С. 49–60.
10. Allenby R., Gregorac R. On locally extended residually finite groups // Lecture Notes Math. 1973. Vol. 319. P. 9–17.
11. Burns R. C. On finitely generated subgroups of free products // J. Austral. Math. Soc. 1971. Vol. 12. P. 358–364.
12. Lennox J., Robinson D. The theory of infinite soluble groups. Oxford : Clarendon Press, 2004. 359 с.

УДК 519.67, 519.688

С. Е. Ваганов

ПОЛИНОМИАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ МЕЖКАДРОВОГО ДВИЖЕНИЯ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ УТОЧНЕНИЯ ОПТИЧЕСКОГО ПОТОКА

Предложен алгоритм построения и уточнения оптического потока по нескольким кадрам видео посредством использования полиномиальных моделей межкадровых движений точек. Проведен сравнительный анализ точности оптических потоков, построенных по двум и трем кадрам. В работе показано, что использование квадратичных моделей межкадровых движений точек позволяет найти более точную аппроксимацию оптического потока по сравнению с двухкадровыми методами.

Ключевые слова: обработка видео, градиентный спуск, оптический поток, полиномиальная модель межкадрового движения.

An algorithm for constructing and refining an optical flow over several video frames by using polynomial models of inter-frame points motion is proposed. A comparative analysis of the accuracy of optical flows constructed in two and three frames is carried out. The paper shows that the use of quadratic models of inter-frame movements of points allows to find a more accurate approximation of the optical flow compared with the two-frame methods.

Key words: video processing, gradient descent, optical flow, polynomial based motion model.

Введение

Оптический поток используется при решении многих задач компьютерного зрения. Среди них, в частности, слежение за объектами, реконструкция трехмерной сцены по набору кадров, предсказание и интерполяция кадров видео, сегментация и многие другие. Классическим подходом к решению задачи нахождения оптического потока является метод Лукаса — Канаде [1, 3, 6], вычисляющий аппроксимацию векторного поля скоростей по паре кадров видео. Существует множество модификаций и обобщений данного подхода [2, 4, 5, 10]. В настоящей работе для проведения сравнительного анализа будет рассматриваться алгоритм [5], позволяющий строить по паре кадров видео оптические потоки, обладающие более низкой вариацией и более высокой точностью по сравнению с методом [6]. Также существуют нейросетевые и многокадровые методы [7, 9, 11], рассмотрение которых выходит за рамки настоящей работы.

Одним из недостатков подходов, выполняющих построение оптического потока по паре кадров [4, 5, 6, 10], является низкая точность прогнозирования промежуточных кадров. Оптический поток сопоставляет точкам первого кадра вещественный вектор сдвига на второй кадр. Координаты точки на промежуточном кадре вычисляются посредством его линейной интерполяции.

В силу нелинейной изменчивости скорости межкадрового движения точек, линейная аппроксимация приводит к существенным пространственным искажениям интерполированного кадра. Решение данной проблемы является актуальной задачей.

© Ваганов С. Е., 2019

Предложенный в настоящей работе метод выполняет построение полиномиальных моделей, описывающих межкадровые траектории движения точек, то есть сопоставление моменту времени t координаты точки на плоскости. Производная модели по параметру t определяет векторное поле скоростей. В качестве примера рассмотрена квадратичная модель. По мнению автора, полиномиальные модели межкадровых движений более естественны с точки зрения решения задач, связанных с использованием оптического потока. Полиномиальные модели позволяют выполнить переход от набора оптических потоков к полиному и обратно. Предложенный метод может использоваться как для нахождения оптического потока, так и для уточнения существующего. Приведенные свойства полиномиальных моделей позволяют более гибко подходить к решению задач, основанных на использовании оптического потока.

В работе показано, что применение квадратичных моделей межкадровых движений точек позволяет существенно повысить точность оптического потока, построенного методом [5].

В п. 1 фиксируются некоторые общие понятия и обозначения, используемые в дальнейшей работе. В п. 2 представлено описание алгоритма построения квадратичных моделей межкадрового движения. В п. 3 сформулированы результаты сравнительного анализа предложенного метода с алгоритмом [5].

1. Основные понятия

Пусть f_0 , f_1 и f_2 — последовательные кадры видео. Тогда задачу поиска оптического потока по трем кадрам можно сформулировать в следующем виде.

Моделью движения точки будем называть векторную функцию

$$V(t) = (x(t), y(t))^T,$$

сопоставляющую моменту времени t координаты точки на плоскости. В случае видео $V(0) = (x_0, y_0)$ — целочисленная точка с кадра f_0 .

В общем виде задача нахождения модели движения точки может быть сформулирована в виде минимизации квадратичного функционала:

$$S = \sum_{t=1}^{N-1} \left(f_t(x(t), y(t)) - f_0(x_0, y_0) \right)^2 \rightarrow \min. \quad (1)$$

Зафиксируем в качестве $V(t)$ полиномиальную модель движений

$$V(t) = (x_0, y_0)^T + \sum_{k=1}^p (a_k t^k, b_k t^k)^T,$$

где p соответствует степени многочлена. Тогда решение можно искать в виде:

$$\begin{cases} \frac{\partial S}{\partial a_1} = \dots = \frac{\partial S}{\partial a_p} = 0, \\ \frac{\partial S}{\partial b_1} = \dots = \frac{\partial S}{\partial b_p} = 0. \end{cases}$$

Неизвестные коэффициенты полиномов $\bar{z} = (a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n)$ будем находить методом градиентного спуска:

$$z_{n+1} = z_n - LR \cdot \frac{\nabla S}{\|\nabla S\|},$$

где LR определяет шаг смещения весовых параметров в направлении антиградиента (*LearningRate*), а $\|\nabla S\|$ — длина вектора градиента.

При работе с данной моделью число последовательных кадров видео должно быть не менее степени полинома p .

2. Алгоритм построения квадратичных моделей межкадрового движения

Далее в качестве $V(t)$ будет рассматриваться полином второй степени (случай трех кадров):

$$V(t) = (a_2 t^2 + a_1 t + x_0, b_2 t^2 + b_1 t + y_0)^T.$$

Решение будем искать посредством минимизации (1).

Для борьбы с осцилляциями можно требовать минимизации второй производной. Для этого к S необходимо добавить член

$$\lambda \frac{d^2 V(t)}{dt^2},$$

где коэффициент λ — константа, определяющая вклад регуляризации.

Посредством оптимизации предложенной модели можно получить аппроксимацию полиномиальных моделей и при нулевом начальном приближении (нулевые коэффициенты многочленов). Однако, при этом сходимость градиентного спуска будет весьма медленной. Для её улучшения предлагается использовать (в качестве начального приближения) коэффициенты квадратичных полиномов, вычисленные по паре оптических потоков, а именно с первого кадра на второй и с первого кадра на третий. Для нахождения оптического потока использовался метод [5].

Предлагаемый подход позволяет выполнять переходы от набора оптических потоков к полиномиальным моделям и в обратную сторону (из полиномиальных моделей строить оптические потоки).

Пусть

$$F_{ij}(x, y) = (FX_{ij}(x, y), FY_{ij}(x, y))$$

— вектор сдвига точки (x, y) с кадра f_i на кадр f_j . Тогда для точки с координатами $p = (x_0, y_0)$ веса квадратичных полиномов определяются следующим образом:

$$\begin{aligned} a_1 &= 2 \cdot FX_{01}(p) - FX_{02}(p)/2, \\ a_2 &= -FX_{01}(p) + FX_{02}(p)/2, \\ b_1 &= 2 \cdot FY_{01}(p) - FY_{02}(p)/2, \\ b_2 &= -FY_{01}(p) + FY_{02}(p)/2. \end{aligned} \tag{2}$$

Расчет вектора сдвига $F_{01}(x, y)$ целочисленной точки кадра f_0 с координатами (x, y) на кадр f_1 можно выполнить следующим образом:

$$F_{01}(x, y) = V(1) - V(0) = \sum_{i=1}^2 (a_i, b_i)^T, \tag{3}$$

где V — модель движения точки (x, y) . Векторы движений для других кадров вычисляются аналогичным образом.

Для вычисления градиента использовалось численное дифференцирование. Вычисление аппроксимации частной производной функции S по аргументу z_i определяется следующим образом:

$$\frac{\partial S}{\partial z_i} = \frac{S(z_1, \dots, z_i + \varepsilon, \dots, z_n) - S(z_1, \dots, z_i - \varepsilon, \dots, z_n)}{2\varepsilon},$$

где $\bar{z} = (a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_n)$ — вектор неизвестных коэффициентов полиномиальной модели движения.

Уточнение оптического потока. Алгоритм уточнения оптического потока включает в себя последовательное выполнение следующих шагов.

1. Вычислить начальное приближение посредством (2). Установить $LR = 1$.
2. Выполнить шаг градиентного спуска с $\varepsilon = LR$.
3. Если качество потока ухудшилось, то выполнить замену текущих весов полиномов на коэффициенты с предыдущей итерации и положить $LR = LR/10$.
4. Если число прошедших итераций меньше N , то увеличить счетчик итераций и перейти к шагу 2.
5. Выполнить расчет оптического потока с первого кадра на второй посредством (3).

3. Результаты

Расчет коэффициентов полиномиальных моделей осуществлялся по набору первых троек видео-кадров [8]. Все кадры были уменьшены до размера 320×240 пикселей. Начальное приближение коэффициентов полиномов вычислялось по паре оптических потоков, найденных методом [5]. Для нахождения оптических потоков изображения были размыты фильтром Гаусса с размером ядра 3×3 . Число итераций алгоритма $N = 32$.

Для проведения сравнительного анализа предложенного метода уточнения оптического потока с алгоритмом [5] (для первых пар кадров [8]) использовались следующие оценки.

Средняя длина вектора сдвига, найденная по оптическому потоку F для кадров размера $m \times n$:

$$MD(F) = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \|F(x, y)\|^2}.$$

Корень из среднеквадратичного отклонения интенсивностей точек кадра f_0 и их образов на кадре f_1 , найденных посредством оптического потока F :

$$RMSE(f_0, f_1, F) = \sqrt{\frac{1}{mn} \sum_{x=1}^n \sum_{y=1}^m \left(f_1((x, y) + F(x, y)) - f_0(x, y) \right)^2},$$

где значения f_1 в нецелых точках вычисляются посредством билинейной интерполяции.

Качество потока SPF (построенного по квадратичному полиному, Square Polynomial Flow), определяемое процентным соотношением величины $RMSE$ предложенного метода и алгоритма FF (Farneback Flow) [5]:

$$Q = 100 \cdot \frac{RMSE(f_0, f_1, SPF)}{RMSE(f_0, f_1, FF)}.$$

**Оценки качества и средней длины оптических потоков
на наборе кадров [8]**

| Видео | $MD(FF)$ | R_{FF} | R_{SPF} | $Q, \%$ |
|------------------|--------------|--------------|--------------|---------------|
| bear | 0,861 | 3,131 | 2,179 | 69,587 |
| bike-packing | 0,654 | 2,905 | 2,060 | 70,911 |
| blackswan | 3,090 | 6,376 | 5,026 | 78,825 |
| bmx-bumps | 10,434 | 8,831 | 6,160 | 69,753 |
| bmx-trees | 9,104 | 13,081 | 10,541 | 80,585 |
| boat | 0,979 | 2,339 | 1,694 | 72,426 |
| boxing-fisheye | 3,208 | 7,984 | 5,910 | 74,025 |
| breakdance | 3,243 | 8,779 | 6,152 | 70,075 |
| breakdance-flare | 3,291 | 7,488 | 5,445 | 72,726 |
| bus | 2,411 | 3,354 | 2,507 | 74,733 |
| camel | 2,537 | 5,701 | 4,215 | 73,936 |
| car-roundabout | 7,612 | 12,196 | 7,637 | 62,624 |
| car-shadow | 2,991 | 5,193 | 4,135 | 79,633 |
| car-turn | 0,197 | 1,596 | 1,175 | 73,618 |
| cat-girl | 15,882 | 18,835 | 14,606 | 77,549 |
| classic-car | 10,233 | 11,429 | 8,449 | 73,926 |
| color-run | 4,400 | 6,102 | 3,999 | 65,530 |
| cows | 1,785 | 3,570 | 2,648 | 74,175 |
| crossing | 0,751 | 2,855 | 1,738 | 60,896 |
| dance-jump | 4,850 | 7,567 | 5,453 | 72,059 |
| dance-twirl | 2,116 | 4,708 | 3,405 | 72,310 |
| dancing | 3,461 | 14,316 | 9,881 | 69,018 |
| disc-jockey | 5,890 | 5,706 | 4,076 | 71,437 |
| dog | 5,485 | 5,374 | 3,360 | 62,522 |
| dog-agility | 6,513 | 18,303 | 14,361 | 78,466 |
| Среднее | 4,479 | 7,509 | 5,473 | 72,054 |

В приведенной таблице

$$R_{FF} = RMSE(f_0, f_1, FF), \quad R_{SPF} = RMSE(f_0, f_1, SPF),$$

где f_0 и f_1 — первая пара кадров видео. В последней строке представлены значения усредненных оценок.

Результаты численного эксперимента показывают, что минимизация (1) позволяет повысить точность исходных оптических потоков. При 32 итерациях предложенного алгоритма точность оптического потока с первого кадра на второй возрастает (в среднем) более чем на 25 %.

Предложенный в работе алгоритм может использоваться как для нахождения оптического потока по некоторому начальному приближению, так и для уточнения существующего. Использование пирамидального подхода позволит улучшить сходимость предложенного метода для случая нахождения коэффициентов с нулевым начальным приближением. Построение моделей по большему числу кадров позволит улучшить полученный в настоящей работе результат. Модификации предложенного алгоритма могут использоваться для решения задач интерполяции и сегментации кадров видео.

Библиографический список

1. Ваганов С. Е., Хашиш С. И. Сравнение эффективности различных версий метода Лукаса — Канаде // Вестник Ивановского государственного университета. Сер.: Естественные, общественные науки. 2017. Вып. 2. С. 63—70.
2. Хашиш С. И. Аффинная версия алгоритма Лукаса — Канады // Доклады Всероссийской конференции ММРО-13. М.: МАКС Пресс, 2011. С. 459—462.
3. Baker S., Gross R., Matthews I. Lucas — Kanade 20 years on: a unifying framework // Int. J. Computer Vision. 2002. Vol. 56. P. 111—122.
4. Brox T., Bruhn T., Papenberg N., Weickert J. High accuracy optical flow estimation based on a theory for warping // Pajdla T., Matas J. (eds) Computer Vision — ECCV 2004. Berlin, Heidelberg: Springer, 2004. P. 25—36. (Lecture Notes in Computer Science. Vol. 3024.)
5. Farnebäck G. Two-frame motion estimation based on polynomial expansion // Bigun J., Gustavsson T. (eds) Image Analysis. SCIA 2003. Berlin, Heidelberg: Springer, 2003. P. 363—370. (Lecture Notes in Computer Science. Vol. 2749.)
6. Lucas B. D., Kanade T. An iterative image registration technique with an application to stereo vision // Proc. of Imaging Understanding Workshop. 1981. P. 121—130.
7. Optical flow evaluation results : сайт. URL: <http://vision.middlebury.edu/flow/eval/results/results-i1.php> (дата обращения: 02.04.2019).
8. Perazzi F., Pont-Tuset J., McWilliams B., Van Gool L., Gross M., Sorkine-Hornung A. A benchmark dataset and evaluation methodology for video object segmentation // The IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). 2016. URL: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_cvpr_2016/papers/Perazzi_A_Benchmark_Dataset_CVPR_2016_paper.pdf (дата обращения: 02.04.2019).
9. Teney D., Hebert M. Learning to extract motion from videos in convolutional neural networks // arXiv:1601.07532. URL: <https://arxiv.org/abs/1601.07532> (дата обращения: 02.04.2019).
10. Wedel A., Pock T., Braun J., Franke J., Cremers D. Duality TV-L1 flow with fundamental matrix prior // 23rd International Conference Image and Vision Computing. New Zealand, 2008. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/4762119> (дата обращения: 02.04.2019).
11. Weinzaepfel P., Revaud J., Harchaoui Z., Schmid C. DeepFlow: large displacement optical flow with deep matching // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). 2013. URL: https://www.cv-foundation.org/openaccess/content_iccv_2013/papers/Weinzaepfel_DeepFlow_Large_Displacement_2013_ICCV_paper.pdf (дата обращения: 02.04.2019).

УДК 510.5

Б. Я. Солон, Е. В. Ерёмкина

СТРУКТУРА Е-СТЕПЕНЕЙ ПЕРЕЧИСЛЕНИЙ
МНОЖЕСТВ НАТУРАЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

В статье уточняется понятие перечисления множества натуральных чисел с использованием одного из фундаментальных понятий теории вычислимости — понятия сводимости по перечислимости. С помощью формализации понятия алгоритма в терминах машины Тьюринга и нашей формализации перечислений в статье приводятся эквивалентные определения сводимости по перечислимости.

Ключевые слова: сводимость по перечислимости, е-степень.

The article clarifies the notion of enumeration of the natural number set using one of the fundamental concepts of the computability theory — the concept of enumeration reducibility. With the formalization of the notion of algorithm in terms of Turing machines and the formalization of enumeration, the article gives an equivalent definition of enumeration reducibility.

Key words: enumeration reducibility, e-degree.

Пусть $\omega = \{0, 1, \dots\}$ — множество натуральных чисел. Будем использовать обозначения и термины, введенные в монографии [2]. Приведем те из них, которые будут использованы в нашей статье. Пусть $\{W_n : n \in \omega\}$ и $\{\varphi_n : n \in \omega\}$ — гёделева нумерация всех вычислимо перечислимых (в.п.) множеств и частично вычислимых (ч.в.) функций. Обозначим через W_n^s , $s = 0, 1, 2, \dots$, конечную часть в.п. множества W_n , полученную после s -го шага работы ЭВМ перечисления множества W_n . Как обычно, D_u — конечное множество с каноническим индексом u , $\langle k, l \rangle$ — канторовский номер упорядоченной пары (k, l) . Если $t = \langle k, l \rangle$, то $\langle t \rangle_1 = k$ и $\langle t \rangle_2 = l$.

Для множества A будем обозначать

$$\begin{aligned}\langle A \rangle_1 &= \{x : \exists y[\langle x, y \rangle \in A]\}, \\ \langle A \rangle_2 &= \{y : \exists x[\langle x, y \rangle \in A]\}.\end{aligned}$$

Через $|A|$ будем обозначать мощность множества A и писать $|A| = \infty$, если A — бесконечное, и $|A| < \infty$, если A — конечное множество.

Для функции $\alpha: \omega \rightarrow \omega$ через $\delta\alpha$ будем обозначать область определения, через $\rho\alpha$ — область значений и через

$$\tau\alpha = \{\langle x, \alpha(x) \rangle : x \in \delta\alpha\}$$

— график функции α . Если $x \in \delta\alpha$, то будем писать также $\alpha(x)\downarrow$ и, если $x \notin \delta\alpha$, то $-\alpha(x)\uparrow$. Множество A называется *однозначным*, если $A = \tau\alpha$ для некоторой функции α . отождествим произвольное *перечисление множества* $A \neq \emptyset$ с некоторой тотальной функцией $p: \omega \rightarrow A$, область значений которой $\rho\alpha = A$. Пусть $P(A)$ — множество перечислений непустого множества A . Буквы f, g, p, q будем использовать только для обозначения *тотальных функций*. Последовательность $\langle 0, g(0) \rangle, \langle 1, g(1) \rangle, \dots$ бу-

дем называть перечислением τd в естественном порядке. Обозначим для множества A через

$$c_A(x) = \begin{cases} 1, & \text{если } x \in A, \\ 0, & \text{если } x \notin A, \end{cases} \quad \text{и} \quad \chi_A(x) = \begin{cases} 0, & \text{если } x \in A, \\ \uparrow, & \text{если } x \notin A, \end{cases}$$

характеристическую и частичную характеристическую функции множества A , соответственно.

Важное место в теории вычислимости занимает изучение вычислимо перечислимых (в.п.) множеств, по сути, теория вычислимости возникла в процессе формирования этого понятия. Интуитивно, в.п. множество — это такое множество натуральных чисел, элементы которого можно перечислить с помощью некоторого алгоритмического процесса. Этот алгоритмический процесс можно представить в виде работы ЭВМ перечисления (будем расшифровывать эту аббревиатуру как «Эффективная вычислительная машина»), которая производит вычисления по заданным инструкциям (или по программе) и которая имеет только *выход*. Работа ЭВМ происходит дискретно, шаг за шагом, причем на каждом шаге может появиться некоторое число на выходе, но может и не появиться. Те числа, которые появляются на выходе ЭВМ, и образуют некоторое в.п. множество.

Важность понятий в.п. множества и его неформального аналога ЭВМ перечисления обусловлена следующими причинами. Во-первых, формальное описание алгоритмически вычислимых функций невозможно без рассмотрения частично вычислимых функций и их областей определения (последние и есть в.п. множества). Во-вторых, многие известные неразрешимые проблемы (такие как, например, проблема равенства слов в ассоциативном исчислении, проблема разрешимости исчисления предикатов, 10-я проблема Гильберта и т. д.), формализованные в арифметике, сводятся к проблеме вычислимости того или иного в.п. множества.

Тем не менее, класс в.п. множеств не может охватить весь класс множеств натуральных чисел и, следовательно, весь класс неразрешимых проблем. Поэтому зачастую приходится исследовать возможность эффективного перечисления множества A , которое может не быть вычислимо перечислимым, с использованием *известного* перечисления другого множества B . Если это так, то мы говорим, что множество A *сводится по перечислимости* (или, как говорят для краткости, *e-сводится*) к множеству B (обозначение: $A \leq_e B$).

Уточним это интуитивное определение относительной перечислимости, используя понятие ЭВМ перечисления. Пусть даны множества A и B . ЭВМ перечисления, описанную выше, несколько модернизируем, снабдив её *входом*. Работа ЭВМ происходит, как и ранее, по заданной программе и время от времени появляется некоторое число на выходе, однако в ней предусмотрено, что время от времени требуется «входное» число. Если затребован вход, то может быть подано любое натуральное число или не подано никакого числа. Пусть на вход подаются элементы множества B , а на выходе появляются элементы множества A . Порядок, в котором появляются элементы множества A , может меняться при изменении порядка подачи элементов B на вход. Будем допускать также повторяемость элементов в пересчете множества B и в пересчете множества A . Тогда множество A *алгоритмически перечислимо относительно B* или A *сводимо*

по перечислимости к B , если существует ЭВМ перечисления, которая, получая в качестве входов элементы B в каком бы то ни было порядке, на выходе перечисляет множество A в некотором порядке.

Если сформулировать это определение кратко, то скажем, что A сводимо по перечислимости или e -сводимо (от английского аналога *enumeration reducibility*) к множеству B , если существует ЭВМ перечисления A из любого перечисления множества B .

Приведем формальное определение этого интуитивно заданного понятия, принадлежащее Роджерсу и Фридбергу [2].

Определение. $A \leq_e B \Leftrightarrow \exists n \forall x [x \in A \Leftrightarrow \exists u [\langle x, u \rangle \in W_n \ \& \ D_u \subseteq B]]$.

Пусть, как обычно,

$$A \equiv_e B \Leftrightarrow A \leq_e B \ \& \ B \leq_e A,$$

$$\text{deg}_e(A) = \{X : X \equiv_e A\}$$

— e -степень множества A (для обозначения e -степеней будем также использовать малые жирные латинские буквы, например, $\mathbf{a} = \text{deg}_e(A)$). Отношение \leq_e на 2^ω индуцирует частичный порядок \leq на множестве e -степеней:

$$\text{deg}_e(A) \leq \text{deg}_e(B) \Leftrightarrow A \leq_e B.$$

Обозначим через D_e множество e -степеней, упорядоченное отношением \leq , и через $D_e(<\mathbf{a}) = \{\mathbf{x} : \mathbf{x} < \mathbf{a}\}$.

Непосредственно из определения e -сводимости, как интуитивного, так и формального, следует, что все в.п. множества e -эквивалентны и образуют наименьшую в D_e e -степень. Кроме того, известно, что D_e — верхняя полурешетка, не решетка с наименьшим элементом.

e -степени, содержащие графики тотальных функций, называются *тотальными*. Обозначим через T множество тотальных e -степеней, частично упорядоченное отношением \leq . Обозначения $T(<\mathbf{a})$ и $T(\leq\mathbf{a})$ используются в обычном смысле.

Предложение 1. e -степень $\mathbf{a} = \text{deg}_e(A)$ тотальна тогда и только тогда, когда $A \equiv_e p$ для некоторого перечисления $p \in P(A)$.

Предложение 2. T — верхняя подполурешетка D_e .

Предложения 1 и 2 были доказано в статье [4].

Термин *нетотальная e -степень* применим, таким образом, к e -степеням, которые не содержат графиков ни одной тотальной функции, то есть к элементам множества $D_e \setminus T$. Первый серьезный результат о e -сводимости был получен Ю. Т. Медведевым [1], а именно, было доказано, что существуют нетотальные e -степени, то есть, что $D_e \setminus T \neq \emptyset$.

Так как $\tau_{c_A} \in \text{deg}_T(A)$ для любого множества A , то при изучении T -степеней можно идентифицировать множество A его характеристической функцией c_A . Для e -степеней эта ситуация невозможна. Ясно, что любая нетотальная e -степень не содержит никаких характеристических функций. Не столь очевидно, что тотальные e -степени не содержат графики характеристических функций некоторых множеств, принадлежащих им. Другими словами, можно доказать (и это сделано в [3]), что для любой функции f существует множество A такое, что $A \equiv_e f$ и $c_A \not\equiv_e f$, то есть

$\tau c_A \notin \deg_e(f)$. В то же время, как легко заметить, $\deg_e(A)$ содержит $\tau \chi_A$ для любого множества A .

Обозначим через $D_e(A)$ частично упорядоченное (отношением \leq на D_e) множество e -степеней, содержащих некоторое перечисление множества A :

$$D_e(A) = \{\deg_e(\tau p) : p \in P(A)\}.$$

Легко проверить, что $D_e(A)$ — верхняя подполурешетка D_e и $D_e(A) \subseteq T$ для любого множества A . Нас интересуют свойства $D_e(A)$ для различных множеств A . Заметим, что если $|A| = 1$, то $D_e(A) = \{0_e\}$.

В статье [4] доказана следующая теорема 1, полностью описывающая $D_e(A)$ в случае, когда A — в.п. множество и $|A| \geq 2$.

Теорема 1. *Если A — вычислимо перечислимое множество и $|A| \geq 2$, то $D_e(A) = T$ и верхние полурешетки $D_e(A)$ и T изоморфны.*

Другая ситуация — в случае, когда A не является в.п. множеством. В статье [4] доказана следующая

Теорема 2. *Если множество A не является вычислимо перечислимым, то $D_e(A) \subset T \setminus \{0_e\}$, то есть не любая тотальная e -степень содержит перечисление множества A .*

В то же время, имеет место

Теорема 3. *Если $|A| \geq 2$ и $a = \deg_e(A)$, то $T(\geq a) = D_e(A)$ и частично упорядоченные множества $T(\geq a)$ и $D_e(A)$ изоморфны.*

Доказательство. Пусть $a_0 \neq a_1$ — элементы множества A . Докажем сначала, что $T(\geq a) \subseteq D_e(A)$.

Пусть тотальная e -степень $g = \deg_e(\tau g) \in T(\geq a)$, тогда $A = \Phi_z(\tau g)$ для некоторого z . Рассмотрим функцию f , заданную рекурсивной схемой:

$$f(0) = \begin{cases} \min \Phi_z^0(\tau g), & \text{если } \Phi_z^0(\tau g) \neq \emptyset, \\ a_0, & \text{если } \Phi_z^0(\tau g) = \emptyset, \end{cases} \quad \text{и}$$

$$f(n+1) = \begin{cases} \min(\Phi_z^{n+1}(\tau g) - \{f(n)\}), & \text{если } \Phi_z^{n+1}(\tau g) - \{f(n)\} \neq \emptyset, \\ f(n), & \text{если } \Phi_z^{n+1}(\tau g) - \{f(n)\} = \emptyset. \end{cases}$$

Так как $A = \Phi_z(\tau g)$, то $f \leq_e g$ и $\rho f = A$. Определим перечисление $p \in P(A)$ следующим образом:

$$p(x) = \begin{cases} f(y), & \text{если } x = 2y, \\ a_0, & \text{если } x = 2y + 1 \ \& \ y \in \tau g, \\ a_1, & \text{если } x = 2y + 1 \ \& \ y \notin \tau g. \end{cases}$$

Ясно, что $p \in P(A)$ и $p \equiv_e g$, откуда следует, что $g \in D_e(A)$.

Проверим теперь, что $D_e(A) \subseteq T(\geq a)$. Так как $A \leq_e p$, то для любой e -степени b имеем

$$b \in D_e(A) \Rightarrow (\exists p \in P(A))[p \in b] \Rightarrow A \leq_e p \Rightarrow a \leq b \Rightarrow b \in T(\geq a),$$

следовательно, $D_e(A) \subseteq T(\geq a)$.

Теперь докажем изоморфизм частично упорядоченных множеств $D_e(A)$ и $T(\geq a)$. Пусть $\iota: D_e(A) \rightarrow T(\geq a)$, $\iota(\deg_e(\tau p)) = \deg_e(\tau p)$, то есть ι — тождественное инъективное отображение. Для любой тотальной функ-

ции f , если $A \leq_e f$, то существует перечисление $p \in P(A)$ такое, что $p \equiv_e f$, поэтому ι — сюръективное отображение. Следовательно, частично упорядоченные множества $D_e(A)$ и $T(\geq a)$ изоморфны и теорема доказана.

Прежде чем доказать основную теорему, рассмотрим еще один подход к e -сводимости, позволяющий расширить интуитивную базу этого понятия. Сначала дадим ряд определений.

Обозначим

$$\Phi_n^s(X) = \{x : \exists u[\langle x, u \rangle \in W_n^s \ \& \ D_u \subseteq X]\}.$$

Очевидно, $\Phi_n^s(X)$ — конечное множество и $\Phi_n^s(X) \subseteq \Phi_n^{s+1}(X)$ для всех $n, s \in \omega$. Кроме того,

$$A = \Phi_n(B) \Rightarrow A = \bigcup_{s \in \omega} \Phi_n^s(B).$$

Последовательность $\{B^s : s \in \omega\}$ называется *конечной аппроксимацией* множества B , если $|B^s| < \infty$, $B^s \subseteq B^{s+1} \subseteq B$ для всех $s \in \omega$ и $B = \bigcup_{s \in \omega} B^s$. Пусть $A = \Phi_n(B)$, опишем *перечисление* A , связанное с данной конечной аппроксимацией множества B и e -оператором Φ_n . Пусть $\Phi_n^{s_0}(B^{s_0})$ — первое непустое множество, расположим его элементы в некотором фиксированном порядке (например, в порядке возрастания): a_0, \dots, a_{n_0} . Для всех $s \geq s_0$ элементы $\Phi_n^s(B^s)$ будем располагать в некотором фиксированном порядке (например, в порядке возрастания) и последовательно добавлять к полученному ранее начальному отрезку перечисления множества A . Например, элементы множества $\Phi_n^{s_0+1}(B^{s_0+1})$ получат номера $a_{n_0+1}, \dots, a_{n_1}$, и т. д. В результате получим перечисление $p: \omega \rightarrow A$ множества A такое, что $p(n) = a_n$ для всех $n \in \omega$. Перечисление множества A зависит от выбора конечной аппроксимации $\{B^s : s \in \omega\}$ множества B .

Будем называть W -оператором любое отображение

$$F: 2^\omega \rightarrow 2^\omega,$$

$$F(X) = \bigcup_{s \in \omega} F^s(X^s),$$

где

$$F^s(X) = \{x : \exists u[\langle x, u \rangle \in W^s \ \& \ D_u \subseteq X]\},$$

$\{W_s : s \in \omega\}$ — фиксированная конечная аппроксимация множества W и $\{X^s : s \in \omega\}$ — произвольная конечная аппроксимация множества X . Заметим, что, вообще говоря, W -оператор не является однозначным отображением и $F(X)$ зависит от выбранной аппроксимации $\{X^s : s \in \omega\}$.

Будем называть W -оператор B -униформным, если $F(B)$ — одно и то же множество, не зависящее от конечной аппроксимации $\{B^s : s \in \omega\}$ множества B . В случае B -униформного W -оператора F имеем

$$F(B) = \bigcup_{s \in \omega} F^s(B).$$

Наконец, скажем, что W -оператор *униформен*, если он B -униформный для любого множества B .

Если W — в.п. множество и $\{W^s : s \in \omega\}$ — вычислимая конечная аппроксимация множества W , то W -оператор, будем называть *по-*

что e -оператором. Легко заметить, что в нашей терминологии любой e -оператор — это равномерный почти e -оператор.

Определим сводимость множеств, которая на первый взгляд «шире» e -сводимости: множество A *интуитивно e -сводимо* к множеству B (обозначение: $A \leq_{ie} B$), если существует B -униформный почти e -оператор F такой, что $A = F(B)$. Очевидно, что если $A \leq_e B$, то $A \leq_{ie} B$. Оказывается, верна и обратная импликация.

Теорема 4. Для любых множеств A и B $A \leq_{ie} B \Leftrightarrow A \leq_e B$.

Следующая теорема 5 имеет интуитивную подоплеку. Как оказалось, e -сводимость множеств можно эквивалентным образом определить через перечисления (рассматриваемые как тотальные функции), причем в этом определении можно переставить кванторы (см. для сравнения интуитивное определение e -сводимости): множество A e -сводится к множеству B , если для **любого** перечисления B **существует** алгоритм, позволяющий получить некоторое перечисление A . Формально, имеет место следующая

Теорема 5. $A \leq_e B \Leftrightarrow (\forall p \in \mathbf{P}(B))(\exists n)[A = \Phi_n(\tau p)]$.

Доказательство. Пусть $A \leq_e B$, тогда $A = \Phi_l(B)$ для некоторого l . Так как $B \leq_e \tau p$ для любого перечисления $p \in \mathbf{P}(B)$, то $B = \Phi_m(\tau p)$ для некоторого m (зависящего, вообще говоря, от p). Рассмотрим оператор $\Psi(X) = \Phi_l(\Phi_m(X))$. Ясно, что Ψ — e -оператор и $\Psi = \Phi_n$ для некоторого n . Мы имеем, таким образом,

$$A = \Phi_l(B) = \Phi_l(\Phi_m(\tau p)) = \Phi_n(\tau p),$$

что и требовалось доказать.

Обратно, пусть

$$(\forall p \in \mathbf{P}(B))(\exists n)[A = \Phi_n(\tau p)].$$

Ясно, что в этом случае $A \leq_e \tau p$ для любого перечисления $p \in \mathbf{P}(B)$.

Если $|B| < \infty$, то A — вычислимо перечислимое множество и тогда теорема выполнена тривиально. Пусть B — бесконечное множество, $B = \{b_0, b_1, \dots\}$ и $b_0 < b_1$. Обозначим

$$\mathbf{P}_n(B) = \{f : f \in \mathbf{P}(B) \ \& \ A = \Phi_n(\tau f)\}.$$

Будем использовать далее буквы α и β в качестве переменных для начальных сегментов перечислений B . Для завершения доказательства теоремы нам понадобится следующая

Лемма. $(\exists n)(\exists \alpha)(\forall \beta)[\alpha \subseteq \beta \rightarrow (\exists f \in \mathbf{P}_n(B))[\beta \subseteq f]]$.

Доказательство леммы. Допустим, что утверждение леммы неверно и

$$(\forall n)(\forall \alpha)(\exists \beta)[\alpha \subseteq \beta \ \& \ (\forall f \in \mathbf{P}_n(B))[\beta \not\subseteq f]].$$

Это, в частности, означает, что

$$(\forall n)(\forall \alpha)(\exists \beta)[\alpha \subseteq \beta \ \& \ (\forall f \in \mathbf{P}_n(B))[\beta \subseteq f \rightarrow f \notin \mathbf{P}_n(B)]]. \quad (1)$$

Построим последовательность конечных функций $\{\gamma_i : i \in \omega\}$ такую, что $\gamma_i \subseteq \gamma_{i+1}$ и $\rho \gamma_i \subseteq B$ для всех $i \in \omega$. Полагаем $\gamma_0 = \emptyset$. Пусть γ_n уже построена. Для данных n и $\alpha = \gamma_n$ пусть β^* — конечная функция, для ко-

торой $\tau\beta$ имеет наименьший канонический индекс среди β , удовлетворяющих условию (1). Полагаем

$$\tau\gamma_{n+1} = \tau\beta^* \cup \{ \langle x_n, b_n \rangle \}.$$

Очевидно, что $\gamma_i \subseteq \gamma_{i+1}$ и $\rho\gamma_i \subseteq B$ для всех $i \in \omega$.

Пусть

$$f = \bigcup_{i \in \omega} \gamma_i.$$

Из построения видно, что f — тотальная функция. Так как $b_n \in \rho\gamma_{n+1}$ для всех n , то $\rho f = B$, поэтому $f \in \mathbf{P}(B)$ и, следовательно, $A \leq_e \tau f$. Пусть $f \in \mathbf{P}_n(B)$, то есть $A = \Phi_n(\tau f)$. Однако, так как (найденная по данному n) функция $\beta^* \subseteq f$ в силу (1), это влечет, что $f \notin \mathbf{P}_n(B)$. Полученное противоречие доказывает лемму.

Пусть n^* — наименьшее число и α^* — конечная функция, для которой $\tau\alpha^*$ имеет наименьший канонический индекс среди n и α , удовлетворяющих доказанной выше лемме. Рассмотрим множество

$$V = \{ \langle x, v \rangle : D_v = \langle D_u \rangle_2 \ \& \ \langle x, u \rangle \in W_{n^*} \ \& \\ \& \ \tau\alpha^* \cup D_u \text{ — однозначное множество} \}.$$

Ясно, что V — в.п. множество и $V = W_m$ для некоторого m . Покажем, что в этом случае $A = \Phi_m(B)$, и тогда теорема будет полностью доказана.

Пусть $x \in A$ и $f \in \mathbf{P}_{n^*}(B)$ — такая функция, что $\alpha^* \subseteq a$. Так как $A = \Phi_{n^*}(\tau f)$, то

$$\langle x, u \rangle \in W_{n^*} \ \& \ D_u \subseteq \tau f$$

для некоторого u . Так как $D_u \subseteq \tau f$ и $\tau\alpha^* \subseteq \tau f$, то $D_u \cup \tau\alpha^*$ — однозначное множество, $\langle x, v \rangle \in W_m$, где $D_v = \langle D_u \rangle_2$, и $D_v \subseteq \rho f = B$. Следовательно, $x \in \Phi_m(B)$ и $A \subseteq \Phi_m(B)$.

Докажем обратное включение. Пусть $x \in \Phi_m(B)$, то есть

$$(\exists u)[\langle x, u \rangle \in W_{n^*} \ \& \ \tau\alpha^* \cup D_u \in SV \ \& \ D_v \subseteq B].$$

Пусть $\tau\beta = \tau\alpha^* \cup D_u$. Очевидно, $\tau\alpha^* \subseteq \tau\beta$ и $\rho\beta \subseteq B$, поэтому, в силу леммы, найдется такая функция $f \in \mathbf{P}_n(B)$, что $\beta \subseteq f$. Так как $\langle x, u \rangle \in W_{n^*}$ и $D_u \subseteq \tau\beta \subseteq \tau f$, то $x \in \Phi_{n^*}(\tau f) = A$, то есть $\Phi_m(B) \subseteq A$. Теорема доказана.

Библиографический список

1. *Медведев Ю. Т.* Степени трудности массовых проблем // Доклады АН СССР. 1955. Т. 104, № 4. С. 501–594.
2. *Роджерс Х.* Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость. М.: Мир, 1972. 624 с.
3. *Солон Б. Я.* Соотношения между ϵ -степенями и T -степенями // Известия высших учебных заведений. Математика. 1995. Т. 394, № 3. С. 51–61.
4. *Солон Б. Я., Ерёмкина Е. В.* Перечисления множеств и степени перечислимости // Евразийский Союз Ученых. Ежемесячный научный журнал. 2014. № 8. С. 17–20.

УДК 519.67

С. И. Хашин

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕДАТОЧНЫХ ФУНКЦИЙ НЕЙРОСЕТИ

Рассматриваются несколько простых вариантов архитектуры нейросети с двумя и тремя входными параметрами и с различными активаторными функциями. Для каждого случая производится 40 000 попыток обучения нейросети с различными случайными начальными значениями. Сравняется эффективность различных выборов активаторных функций и приводится оценка общего количества экстремумов целевой функции.

Ключевые слова: нейросеть, передаточная (активаторная) функция.

A few simple variants of the neural network architecture with two and three input parameters and with various activation functions are considered. For each case, 40 000 attempts are made to train a neural network with various random initial values. The effectiveness of different choices of activation functions is compared and an estimate of the total number of local extremums of the objective function is given.

Key words: neural network, activation function.

1. Введение

Использование нейронных сетей за последнее время привело к значительным успехам во многих разделах компьютерной графики [1, 2, 3]. К сожалению, большинство результатов в этой области носит экспериментальный характер, выбор той или иной архитектуры нейросети, выбор активаторных функций основывается на интуиции разработчика. Обучение нейронной сети требует больших вычислительных ресурсов, и у разработчиков обычно не доходят руки до проверки и сравнения эффективности различных вариантов.

В настоящей работе мы пытаемся на простейших примерах из компьютерной графики сравнить эффективность нескольких различных архитектур и активаторных функций. Все рассмотренные алгоритмы были реализованы на C++ (Visual Studio, [4]).

2. Архитектура нейросети

В работе мы рассматриваем простейшую задачу NN-регрессии (Neural Network Regression). Под нейросетью будем понимать действительную функцию от двух аргументов $F(X, W)$, где $X \in \mathbb{R}^d$ — вектор входных значений и $W \in \mathbb{R}^k$ — вектор внутренних параметров нейросети.

В работе мы будем рассматривать нейросети с двумя и тремя входными параметрами, содержащие два или три нейрона.

Определение. а) Нейросетью с двумя входными параметрами (x_1, x_2) и с двумя нейронами будем называть функцию $y = F(x_1, x_2)$ от двух переменных, вычисляемую по формулам:

$$\begin{aligned}x_3 &= f(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2), \\y &= w_3 + w_4x_1 + w_5x_2 + w_6x_3,\end{aligned}$$

где $f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{R}$ — передаточная функция и (w_0, \dots, w_6) — внутренние параметры нейрона.

б) Нейросетью с двумя входными параметрами (x_1, x_2) и с тремя нейронами будем называть функцию $y = F(x_1, x_2)$ от двух переменных, вычисляемую по формулам:

$$\begin{aligned}x_3 &= f(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2), \\x_4 &= f(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3), \\y &= w_4 + w_5x_1 + w_6x_2 + w_7x_3 + w_8x_4,\end{aligned}$$

где (w_0, \dots, w_8) — внутренние параметры нейрона.

в) Нейросетью с тремя входными параметрами (x_1, x_2, x_3) и с двумя нейронами будем называть функцию $y = F(x_1, x_2, x_3)$ от трёх переменных, вычисляемую по формулам:

$$\begin{aligned}x_4 &= f(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3), \\y &= w_4 + w_5x_1 + w_6x_2 + w_7x_3 + w_8x_4,\end{aligned}$$

где (w_0, \dots, w_8) — внутренние параметры нейрона.

г) Нейросетью с тремя входными параметрами (x_1, x_2, x_3) и с тремя нейронами будем называть функцию $y = F(x_1, x_2, x_3)$ от трёх переменных, вычисляемую по формулам:

$$\begin{aligned}x_4 &= f(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 + w_3x_3), \\x_5 &= f(w_4 + w_5x_1 + w_6x_2 + w_7x_3 + w_8x_4), \\y &= w_9 + w_{10}x_1 + w_{11}x_2 + w_{12}x_3 + w_{13}x_4 + w_{14}x_5,\end{aligned}$$

где (w_0, \dots, w_{14}) — внутренние параметры нейрона.

В качестве передаточной (активаторной) функции $f(x)$ мы рассматриваем одну из следующих:

- (1) $f(x) = \operatorname{atg}(x)/\pi + 1/2$,
- (2) $f(x) = 1/(1 + \exp(-x))$,
- (3) $f(x) = (x < 0 ? 0 : x)$ (ReLU),
- (4) $f(x) = (x < 0 ? 0 : x < 1 ? x : 1)$,
- (5) $f(x) = (x < 0 ? 0 : 1)$ (sign),
- (6) $f(x) = (1 + \operatorname{th}(x))/2$.

Задача обучения нейросети сводится к подбору внутренних параметров $W = W_0$ так, чтобы функция $X \rightarrow F(X, W_0)$ максимально точно удовлетворяла заданным условиям. Точнее, дано некоторое обучающее множество точек (X_1, \dots, X_n) и ожидаемые значения функции в них (y_1, \dots, y_n) . Рассмотрим целевую функцию

$$S(W) = \sum_{i=1}^n (F(X_i, W) - y_i)^2 / n$$

и будем искать вектор W_0 , её минимизирующий.

3. Обучающее множество

Для примера рассмотрим задачу из компьютерной графики: аппроксимацию значения яркости в точке через её значения в соседних точках. Для удобства в качестве значения функции возьмем отклонения яркости в точке от её билинейной аппроксимации. Поделив яркости на 255, будем считать, что входные параметры x_i лежат в интервале от 0 до 1.

В случае двух входных параметров было взято следующее обучающее множество из 18 точек:

| y | x_1 | x_2 |
|------------|------------|------------|
| -0.0375000 | -0.0039216 | -0.1450980 |
| -0.0375000 | 0.0117647 | -0.0039216 |
| -0.1004902 | -0.0039216 | -0.0196078 |
| -0.0004902 | -0.0039216 | -0.0431373 |
| 0.0004902 | 0.0039216 | -0.0352941 |
| -0.0129902 | 0.0392157 | -0.0039216 |
| -0.0129902 | 0.0862745 | -0.0039216 |
| 0.0134804 | -0.0039216 | -0.0352941 |
| -0.0134804 | 0.0039216 | 0.0039216 |
| -0.0014706 | 0.0509804 | 0.0039216 |
| 0.0144608 | -0.0039216 | -0.0235294 |
| -0.0269608 | 0.0039216 | -0.0509804 |
| -0.0144608 | 0.0078431 | 0.0039216 |
| -0.0024510 | 0.0431373 | -0.0039216 |
| -0.0154412 | 0.0274510 | 0.0039216 |
| -0.0279412 | 0.0627451 | 0.0039216 |
| 0.0159314 | 0.0039216 | -0.0196078 |
| 0.0034314 | 0.0313725 | 0.0039216 |

В случае трёх входных параметров было взято следующее обучающее множество опять из 18 точек:

| y | x_1 | x_2 | x_3 |
|------------|------------|------------|------------|
| 0.0125000 | -0.0039216 | -0.0156863 | -0.0156863 |
| 0.0250000 | -0.0039216 | -0.0352941 | -0.0313725 |
| -0.1004902 | -0.0039216 | -0.0196078 | -0.0156863 |
| -0.0269608 | 0.0274510 | 0.0039216 | 0.0235294 |
| 0.0024510 | -0.0039216 | -0.0078431 | -0.0039216 |
| -0.0149510 | -0.0039216 | -0.0156863 | -0.0156863 |
| 0.0024510 | 0.0196078 | 0.0039216 | 0.0156863 |
| 0.0024510 | 0.0235294 | -0.0039216 | 0.0274510 |
| -0.0024510 | 0.0431373 | -0.0039216 | 0.0470588 |
| 0.0154412 | -0.0039216 | -0.0117647 | -0.0117647 |
| 0.0154412 | -0.0039216 | -0.0117647 | -0.0117647 |
| 0.0174020 | 0.0117647 | -0.0039216 | 0.0117647 |
| -0.0424020 | 0.0156863 | -0.0039216 | 0.0156863 |
| -0.0174020 | 0.0196078 | 0.0039216 | 0.0196078 |
| 0.0299020 | 0.0235294 | -0.0039216 | 0.0274510 |
| 0.0174020 | 0.0274510 | -0.0039216 | 0.0274510 |
| -0.0299020 | 0.0274510 | -0.0039216 | 0.0313725 |
| -0.0053922 | -0.0039216 | -0.0078431 | -0.0039216 |

4. Полученные результаты

Алгоритмы поиска минимума целевой функции, применяемые в нейросетях, в основном являются вариантами градиентных методов и начинаются со случайного выбора начального вектора W .

Для каждой архитектуры нейросети:

- два входных параметра, два нейрона;
- два входных параметра, три нейрона;
- три входных параметра, два нейрона;
- три входных параметра, три нейрона;

и для каждой активаторной функции (1) — (6) было проведено по 40 000 циклов обучения с различными случайными векторами начальных значений W . В следующих таблицах достигнутые значения целевой функции умножаются на 10^5 и округляются до целых. В строках таблиц указано, какое наименьшее значение целевой функции было достигнуто за $K = 10\ 000$, 1000, 100 и 10 случайных попыток и какое наименьшее значение было получено за все 40 000 испытаний (строка «min»).

Два входных аргумента

В случае двух входных аргументов наименьшее найденное значение целевой функции равно $1,8 \cdot 10^{-4}$. Так как полученные значения целевой функции умножаются на 10^5 и округляются до целых, то наименьшее значение в таблице равно 18.

| K | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 10000 | 62 | 62 | 23 | 24 | 34 | 61 | 59 | 60 | 20 | 21 | 39 | 58 |
| 1000 | 62 | 62 | 53 | 48 | 46 | 62 | 62 | 62 | 25 | 30 | 64 | 60 |
| 100 | 63 | 63 | 65 | 65 | 67 | 62 | 62 | 62 | 64 | 62 | 64 | 62 |
| 10 | 65 | 65 | 68 | 68 | 67 | 64 | 65 | 63 | 67 | 67 | 67 | 63 |
| <i>min</i> | 61 | 62 | 21 | 23 | 25 | 26 | 58 | 59 | 18 | 19 | 34 | 57 |

Оценим также, на основе полученных данных, количество локальных экстремумов целевой функции:

| K | 21 | 22 | 26 | 31 | 32 | 36 |
|------------|------|------|-----|-------|-------|-----|
| N_{extr} | 120K | 105K | 31K | > 50M | > 50M | 10M |

Замечание. Если активаторная функция — кусочно-линейная (номера 3, 4, 5), то и целевая функция $S(W)$ будет кусочно-линейной. На каждой области, где она линейна, минимум будет достигаться в бесконечном множестве точек, поэтому в данном случае вопрос о количестве локальных минимумов нельзя ставить.

Три входных аргумента

В этом случае наименьшее найденное значение целевой функции равно $2,7 \cdot 10^{-4}$. В дальнейшем полученные значения целевой функции умножаются на 10^5 и округляются до целых, то есть наименьшее значение в таблице равно 27.

| K | 21 | 22 | 23 | 24 | 25 | 26 | 31 | 32 | 33 | 34 | 35 | 36 |
|-------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 10000 | 83 | 84 | 45 | 47 | 52 | 79 | 67 | 72 | 33 | 31 | 52 | 48 |
| 1000 | 83 | 87 | 69 | 68 | 78 | 79 | 74 | 77 | 50 | 47 | 76 | 59 |
| 100 | 85 | 88 | 81 | 78 | 90 | 81 | 81 | 82 | 75 | 75 | 90 | 72 |
| 10 | 89 | 91 | 92 | 90 | 90 | 88 | 87 | 86 | 92 | 90 | 90 | 81 |
| min | 82 | 84 | 41 | 42 | 52 | 78 | 62 | 70 | 27 | 28 | 51 | 45 |

Как и выше, оценим на основе полученных данных количество локальных экстремумов целевой функции:

| K | 21 | 22 | 26 | 31 | 32 | 36 |
|------------|------|------|-----|---------------|---------|---------------|
| N_{extr} | 640K | 200K | 61K | $\approx 50M$ | $> 50M$ | $\approx 40M$ |

5. Заключение

На основе проведенных экспериментов можно сделать следующие выводы.

1. Достаточно очевидный и ожидаемый результат: с помощью трёх нейронов можно достичь лучшей аппроксимации, чем с помощью двух.

2. Почти во всех случаях наилучших результатов можно добиться с помощью активаторной функции ReLU: $f(x) = \max(0, x)$, с ней может соперничать функция RuLU1: $f(x) = \min(\max(0, x), 1)$.

Библиографический список

1. Галушкин А. И. Нейрокомпьютеры : учеб. пособие // М. : Альянс, 2014. 528 с.
2. Николенко С., Кадурын А., Архангельская Е. Глубокое обучение // СПб. : Питер, 2018. 480 с.
3. Основы нейрокибернетики. М. : Горячая линия – Телеком, 2015. 372 с.
4. Центр загрузки Microsoft. URL: <https://www.microsoft.com/ru-ru/download> (дата обращения: 20.01.2019).

УДК 512.714

Ю. А. Хашина

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ n -КВАДРАТИЧНОЙ ФУНКЦИИ В ВИДЕ СУММЫ КВАДРАТОВ

n -квадратичная функция, представимая в виде суммы квадратов n -линейных функций, может быть представлена в виде такой суммы, состоящей не более чем из $2^n - 1$ слагаемых и неотрицательной константы.

Ключевые слова: n -квадратичная функция, экстремум.

An n -quadratic function represented as a sum of squares of n -linear functions can be represented as such a sum consisting of no more than $2^n - 1$ terms and a non-negative constants.

Key words: n -quadratic function, extremum.

Утверждение следующей теоремы является обобщением результата работы автора «Биквадратичные функции и их представление в виде суммы квадратов» (Вестник Ивановского государственного университета. Сер.: Естественные, общественные науки. 2017. Вып. 2. С. 36–42).

Теорема. Если n -квадратичная функция $F = F(x_1, \dots, x_n)$ может быть представлена в виде суммы нескольких квадратов n -линейных функций:

$$F = \sum_{j_1, \dots, j_n=0}^2 a_{j_1 \dots j_n} x_1^{j_1} \dots x_n^{j_n} = \sum_{r=1}^m \left(\sum_{i_1, \dots, i_n=0}^1 b_{i_1 \dots i_n}^{(r)} x_1^{i_1} \dots x_n^{i_n} \right)^2, \quad (1)$$

то F можно представить в виде суммы

- 1) не более чем 2^n таких слагаемых,
- 2) не более чем $2^n - 1$ таких слагаемых и неотрицательной константы.

Доказательство. Существование представления (1) эквивалентно системе равенств соответствующих коэффициентов.

Пусть $b_{i_1 \dots i_n} = (b_{i_1 \dots i_n}^{(1)}, \dots, b_{i_1 \dots i_n}^{(m)})$ — векторы строк коэффициентов. Тогда систему равенств коэффициентов можно записать как систему равенств скалярных произведений вида

$$\sum_{\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_l=0}^1 b_{i_1 \dots \varepsilon_1 \dots \varepsilon_l \dots i_n} \cdot b_{i_1 \dots (1-\varepsilon_1) \dots (1-\varepsilon_l) \dots i_n} = a_{2i_1 \dots 1 \dots 1 \dots 2i_n}$$

для всех $0 \leq l \leq n$, всех $1 \leq k_1 < \dots < k_l \leq n$ и всех наборов (i_1, \dots, i_n) , где $i_j \in \{0; 1\}$ и $j \neq k_1, \dots, k_l$.

- 1) Рассмотрим ортонормированный базис линейной оболочки

$$\langle \{b_{i_1 \dots i_n} \mid i_j \in \{0; 1\}\} \rangle.$$

В этом базисе векторы $b_{i_1 \dots i_n}$ будут задаваться не более чем 2^n координатами. Равенства скалярных произведений сохранятся, следовательно, и равенства соответствующих коэффициентов в формуле (1) для $m = 2^n$ будут выполнены.

- 2) Выберем новый ортонормированный базис линейной оболочки

$$\langle \{b_{i_1 \dots i_n} \mid i_j \in \{0; 1\}\} \rangle$$

так, чтобы первые $2^n - 1$ векторов этого базиса порождали линейную оболочку

$$\langle \{b_{i_1 \dots i_n} \mid i_j \in \{0; 1\}, \sum i_j > 0\} \rangle$$

векторов с ненулевыми мультииндексами. Тогда для всех ненулевых мультииндексов последняя координата равна нулю:

$$b_{i_1 \dots i_n}^{(2^n)} = 0, \quad i_j \in \{0; 1\}, \quad \sum i_j > 0.$$

Следовательно, последний квадрат n -линейной функции в правой части равенства (1) имеет вид $(b_{0 \dots 0}^{(2^n)})^2$ и является неотрицательной константой.

ББК 67.407.11

Н. Г. Булацкая

ПРАВОВОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ОГРАНИЧЕНИЙ И ОБРЕМЕНЕНИЙ ПРАВ НА ЗЕМЛЮ

Проводится анализ норм земельного и гражданского законодательства, регулирующих основания установления и ограничений прав на земельные участки. Рассматривается порядок государственной регистрации ограничений.

Ключевые слова: земельный участок, право собственности на землю, права на землю, производные права на землю, ограничения прав на землю, обременения прав на землю, государственная регистрация прав и ограничений прав.

The analysis of the norms of land and civil legislation governing the establishment and restrictions of land rights is carried out. The procedure for the state registration of restrictions is considered.

Key words: land, property right to land, land rights, derivative land rights, restrictions of land rights, encumbrances of land rights, state registration of rights and restrictions.

Правовая основа ограничения свободы владения, пользования и распоряжения земельными участками прямо предусмотрена ч. 2 ст. 36 Конституции РФ: собственник осуществляет эти правомочия свободно, если не наносит ущерб окружающей среде и не нарушает права и законные интересы иных лиц. Учитывая норму ч. 2 ст. 8 о равноправии всех форм собственности, можно сделать вывод, что ограничения распространяются на субъектов всех форм собственности на землю. С развитием института права собственности на земельные участки возрастает потребность регулировать отношения между собственниками и владельцами соседних земельных участков, а также отношения между владельцами сооружений, коммуникаций и собственниками или иными владельцами земельных участков по поводу пользования чужими (соседними) земельными участками. Кроме того, появляется необходимость в нормативном регулировании ограничений прав на землю собственников и правообладателей земельных участков в публичных интересах и установлении пределов государственного, общественного вторжения в границы осуществляемого права на землю.

Определение пределов и ограничений прав на землю рассматривается в современной литературе как тенденция в развитии гражданского и земельного законодательства. Установить ограничения обязан законодатель. Согласно ч. 3 ст. 36 Конституции РФ условия и порядок пользования землей (при соблюдении всех конституционных требований и ограничений) определяются на основе федерального закона, а не на основании актов другого уровня.

Впервые легальная дефиниция ограничений (обременений) появилось в ст. 1 Федерального закона от 21 июля 1997 г. № 122-ФЗ «О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним» [4] (далее – Закон № 122-ФЗ). Названным Законом установлено, что ограничение (обременение) – наличие установленных законом или уполномоченными органами в предусмотренном законом порядке условий, запрещений, стесняющих правообладателя при осуществлении права собственности либо иных вещных прав на конкретный объект недвижимого имущества (сервитута, ипотеки, доверительного управления, аренды, ареста имущества и других). Понятия, содержащиеся в Законе № 122-ФЗ, в том числе и понятие «ограничение (обременение)» как указано в ст. 1, используются для целей названного закона, который по своей сути является процедурным, определяющим порядок государственной регистрации, в том числе порядок внесения записей в Единый государственный реестр прав. Именно для целей государственной регистрации объединены под термином «ограничения (обременения)» такие понятия как сервитут и ипотека (залог), аренда и арест, доверительное управление и заявление о праве требования в отношении объекта недвижимого имущества. В абз. 6 ч. 6 ст. 12 данного Закона указано, что в подраздел III Единого государственного реестра прав вносятся записи об ограничениях (обременениях) права собственности и других прав на недвижимое имущество. Кроме того, необходимо отметить, что в Законе № 122-ФЗ термины «ограничения» и «обременения» представляются как тождественные.

В составе института вещных прав ограничение права собственности является наименее изученным юридическим феноменом, представляющим несомненный теоретический и практический интерес [1].

Право собственности нельзя определять как неограниченное право собственности, так как «в действительности оно всегда является правом ограниченным во владении, пользовании или распоряжении по закону или вследствие интересов третьих лиц» [2]. Право собственности немислимо без пределов. Эти пределы устанавливает закон. Законодатель, когда устанавливает непосредственно ограничения права собственности, должен исходить из определенных подходов и критериев, а именно, исходить из интересов общества и государства, а также охраны прав третьих лиц. Пределы осуществления права собственности обозначены наиболее ёмко в п. 2 ст. 209 Гражданского кодекса РФ. Собственник вправе по своему усмотрению совершать в отношении принадлежащего ему имущества любые действия, не противоречащие закону и иным правовым актам и не нарушающие права и охраняемые законом интересы других лиц.

Владение, пользование и распоряжение землей и другими природными ресурсами в той мере, в какой их оборот допускается законом, осуществляется их собственником свободно, если это не наносит ущерба окружающей среде и не нарушает прав и законных интересов других лиц. Например, не допустимо использование земельного участка способами, ведущими к его загрязнению. Собственник не может произвольно, исключительно по своему волеизъявлению прекратить право постоянного (бессрочного) пользования земельным участком. Собственник при использовании земельного участка должен обеспечить возможность прохода по участку в случае установления сервитута.

Право пользования чужой вещью – институт сервитута – был известен еще римскому праву. Так называемый римский период развития отношений

характеризуется свободой собственности. Владелец права собственности в Риме имел всестороннюю возможность пользоваться и распоряжаться вещью, исключая вмешательство всех прочих лиц. Римское право определяло собственность как неограниченное и исключительное господство лица над вещью. Право собственности в Риме было, по существу, свободным. Свобода собственника предполагалась. Что же касается ограничений, то всякое ограничение собственности должно было быть доказано. Для установления ограничения права собственности необходимо было такое серьезное основание, как интересы соседей, благо общества.

Римское право оставило нам достаточно разработанную систему сервитутов. В современном же российском законодательстве только в 1994 г., в Основных положениях программы приватизации государственных и муниципальных предприятий в Российской Федерации, когда уже шел процесс приватизации, появилось упоминание о публичных сервитутах. В п. 4.10. Основных положений, утвержденных указом Президента РФ от 22.07.1994 г. № 1535, указывалось на обязанность собственников земельных участков обеспечить использование объектов общественного пользования, возможность размещения на участке межевых и геодезических знаков, возможность доступа на участок соответствующих муниципальных служб для ремонта объектов инфраструктуры. Введение новых сервитутов могло быть осуществлено только федеральным законом или принятым в соответствии с ним нормативным актом. Земельный кодекс РСФСР вообще не содержал такого понятия как сервитут и не вел речь о каких-либо ограничениях прав на земельные участки. В Земельном кодексе РФ, который был принят в октябре 2001 г., как мы видим, уже существует перечень целей установления публичных сервитутов. Нормы, регулирующие частный сервитут, появились только в конце 1994 г., когда была принята ч. 1 Гражданского кодекса РФ, но гл. 17, которая, содержит соответствующие статьи, вступила в силу с 28 апреля 2001 г. Таким образом, развитие сервитутного права в Российской Федерации только набирает обороты.

Особое место в системе прав на землю занимают вещные права лиц, не являющихся собственниками (ограниченные (производные) вещные права на земельный участок). Ограниченное вещное право на чужую вещь является нормативно установленным и фактическим ограничением права собственности. Право постоянного (бессрочного) пользования земельным участком, право пожизненного наследуемого владения земельным участком зависят от воли собственника и приобретаются, как правило, по воле собственника. Вместе с тем одновременно с возникновением у какого-либо лица ограниченного вещного права на земельный участок сокращается объем полномочий у самого субъекта права собственности на землю.

Право государственной и муниципальной собственности на земельные участки при принятии решения о предоставлении земельных участков на праве постоянного (бессрочного) пользования ограничиваются в той мере, в какой соответствующие права предоставлены субъекту вещного права, производного от права собственности. Ограничения в этом случае определяются законом.

Другие права на чужие вещи – право постоянного (бессрочного) пользования и право пожизненного наследуемого владения – сами в силу своей сущности и определения являются уже ограниченными правами. Согласно ст. 267 Гражданского кодекса РФ. Распоряжение земельным участком,

находящимся на праве пожизненного наследуемого владения, не допускается, за исключением перехода прав на земельный участок по наследству. В тоже время указанные ограниченные права предоставляют и определенные возможности их обладателю. В п. 1 ст. 269 Гражданского кодекса РФ указано, что лицо, которому земельный участок предоставлен в постоянное пользование, осуществляет владение и пользование этим участком в пределах, установленных законом, иными правовыми актами и актом о предоставлении участка в пользование.

Право постоянного (бессрочного) пользования и право пожизненного наследуемого владения так же, как и рассмотренное выше вещное право (сервитут), при появлении у какого-либо субъекта порождают уменьшение господства над вещью со стороны собственника. Права у собственника сужаются. При необходимости прокладки дороги через земельный участок необходимо будет пройти определенную процедуру с целью прекращения права постоянного (бессрочного) пользования. Согласно п. 2 ст. 269 Гражданского кодекса РФ лицо, которому земельный участок предоставлен в постоянное пользование, вправе, если иное не предусмотрено законом самостоятельно использовать участок в целях, для которых он предоставлен, включая возведение для этих целей на участке зданий, сооружений и другого недвижимого имущества. Здания, сооружения, иное недвижимое имущество, созданное этим лицом для себя, являются его собственностью.

Можно отметить, что право постоянного (бессрочного) пользования и право пожизненного наследуемого владения настолько ограничивают право собственности, что правомочия собственника сводятся к нулю. По сути, объем правомочий у владельца рассматриваемых вещных прав даже больше, чем у собственника.

В п. 5 ст. 22 Земельного кодекса РФ указано, что арендатор земельного участка вправе передать свои права и обязанности по договору аренды земельного участка третьему лицу, в том числе отдать арендные права земельного участка в залог и внести их в качестве вклада в уставный капитал хозяйственного товарищества или общества либо паевого взноса в производственный кооператив в пределах срока договора аренды земельного участка без согласия собственника земельного участка при условии его уведомления, если договором аренды земельного не предусмотрено иное. П. 9 ст. 22 Земельного кодекса РФ, который регулирует вопросы, связанные с правами арендатора земельного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, при сроке аренды более, чем пять лет, предоставляет еще большие права арендатору, согласие собственника на действия по распоряжению вообще не требуются. При аренде земельного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, на срок более чем пять лет, арендатор земельного участка имеет право в пределах срока договора аренды земельного участка передавать свои права и обязанности по этому договору третьему лицу, в том числе права и обязанности, указанные в соответствующих пунктах ст. 22 Земельного кодекса РФ, без согласия собственника земельного участка при условии его уведомления.

Права на землю могут быть ограничены по основаниям, установленным федеральными законами. Так, например, ст. 56 Земельного кодекса РФ предусмотрено, что могут устанавливаться следующие ограничения прав на землю:

– особые условия использования земельных участков и режим хозяйственной деятельности в охранных, санитарно-защитных зонах;

– особые условия охраны окружающей среды, в том числе животного и растительного мира, памятников природы, истории и культуры, археологических объектов, сохранения плодородного слоя почвы, естественной среды обитания, путей миграции диких животных;

– условия начала и завершения застройки или освоения земельного участка в течение установленных сроков по согласованному в установленном порядке проекту, строительства, ремонта или содержания автомобильной дороги (участка автомобильной дороги) при предоставлении прав на земельный участок, находящийся в государственной или муниципальной собственности;

– иные ограничения использования земельных участков в случаях, предусмотренных федеральными законами.

Ограничение прав на землю подлежит государственной регистрации в порядке, установленном Федеральным законом «О государственной регистрации недвижимости» от 13.07.2015 № 218-ФЗ (далее – Закон о регистрации) [3]. При этом ограничения (обременения) прав на недвижимое имущество, возникающие на основании договора или акта органа государственной власти, акта органа местного самоуправления, подлежат государственной регистрации в случаях, предусмотренных законом.

Ограничения (обременения) – это наличие установленных законом или уполномоченными органами в предусмотренном законом порядке условий, запрещений, стесняющих правообладателя при осуществлении права собственности либо иных вещных прав на конкретный объект недвижимого имущества, в том числе на земельный участок.

На этом основании в соответствии с действующим законодательством государственной регистрации подлежат следующие ограничения (обременения) прав на землю: аренда, ипотека, сервитут, доверительное управление, ограничения прав на землю, установленные актами исполнительных органов государственной власти, актами органов местного самоуправления или решением суда, безвозмездное срочное пользование лесным участком, находящимся в государственной или муниципальной собственности, права владения и пользования концессионера по концессионному соглашению предоставленным земельным (лесным) участком, арест (запрещение совершения определённых действий с земельным участком).

Отметим ряд общих особенностей, присущих ограничениям (обременениям) прав на землю и процедуре их государственной регистрации, независимо от конкретного вида ограничения (обременения):

1) ограничения прав на землю могут устанавливаться бессрочно или на определённый срок;

2) ограничения прав на землю сохраняются при переходе права собственности на земельный участок к другому лицу;

3) одной из мер защиты интересов лица, чьи права на землю ограничены в установленном законом порядке, является то, что это лицо вправе обжаловать ограничение прав в судебном порядке;

4) государственная регистрация ограничения (обременения) вещного права возможна только при наличии в Едином государственном реестре прав на недвижимое имущество и сделок с ним (ЕГРП) записи о вещном праве на данный объект недвижимого имущества. Однако до разграничения государственной собственности на землю государственная регистрация права государственной собственности на землю для осуществления распоряжения землями, находящимися в государственной собственности, не требуется;

5) при осуществлении регистрационных действий по государственной регистрации ограничений (обременения) прав на землю в записях ЕГРП об ограничениях (обременениях) права указываются, в частности, следующие сведения: содержание ограничения (обременения), срок его действия, лица, в пользу которых ограничиваются права, а также лица, права которых ограничиваются, наименование документа, на основании которого возникает ограничение (обременение) права, время его действия;

б) если ограничение (обременение) права регистрируется не по заявлению правообладателя, то правообладатель (правообладатели) уведомляются о зарегистрированном ограничении (обременении) права в срок не более чем пять рабочих дней со дня проведения государственной регистрации.

Ограничения прав на землю, установленные в публичных интересах актами органов государственной власти или органов местного самоуправления, регистрируются по инициативе этих органов.

Ещё одним видом ограничений (обременений) являются аренда и право ограниченного пользования чужими лесными участками (сервитут), безвозмездное срочное пользование лесным участком (ст. 9 Лесного кодекса РФ).

Необходимо учитывать, что лесным участком является земельный участок, местоположение, границы и площадь которого определяются соответственно по лесным кварталам и (или) лесотаксационным выделам, их границам и площади. Лесные участки в составе земель лесного фонда находятся в федеральной собственности. Формы собственности на лесные участки в составе земель иных категорий определяются в соответствии с земельным законодательством. Право ограниченного пользования чужими лесными участками (сервитут), право аренды лесных участков, а также право безвозмездного срочного пользования лесными участками возникает и прекращается по основаниям и в порядке, которые предусмотрены гражданским и земельным законодательством. В аренду, безвозмездное срочное пользование лесные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности, предоставляются юридическим лицам и гражданам. При этом к договору аренды лесного участка применяются положения об аренде, предусмотренные Гражданским кодексом РФ, если иное не предусмотрено Лесным кодексом. Предоставление лесных участков, находящихся в государственной или муниципальной собственности, в безвозмездное срочное пользование юридическим лицам и гражданам осуществляется в порядке, предусмотренном Земельным кодексом РФ, если иное не предусмотрено Лесным кодексом РФ.

Объектом аренды могут быть только лесные участки, находящиеся в государственной или муниципальной собственности и прошедшие государственный кадастровый учёт. Договор аренды лесного участка, находящегося в государственной или муниципальной собственности, заключается на срок от десяти до сорока девяти лет, а в случаях использования лесов для выполнения работ по геологическому изучению недр, для разработки месторождений полезных ископаемых, для строительства и эксплуатации водохранилищ, иных искусственных водных объектов, а также гидротехнических сооружений, специализированных портов, для строительства, реконструкции, эксплуатации линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и иных линейных объектов – на срок от одного года до сорока девяти лет.

Право ограниченного пользования чужими лесными участками (сервитут), как ограничение (обременение), подлежит государственной регистрации

с учётом указанных выше особенностей, установленных для земельных участков.

Относительно новым видом ограничений (обременении) прав является концессионное соглашение (Федеральный закон «О концессионных соглашениях» № 115-ФЗ от 21.07.2005 г.). Концессионным соглашением может предусматриваться предоставление концедентом во владение и в пользование концессионера имущества, принадлежащего концеденту на праве собственности, образующего единое целое с объектом концессионного соглашения и (или) предназначенного для использования по общему назначению для осуществления концессионером деятельности, предусмотренной концессионным соглашением. При этом права владения и пользования концессионера объектом концессионного соглашения, а также указанным недвижимым имуществом, предоставленным концессионеру, подлежат государственной регистрации в качестве обременения права собственности концедента. В соответствии с Законом о концессионных соглашениях таким недвижимым имуществом, передаваемым концедентом концессионеру по концессионному соглашению, может быть земельный участок, лесной участок, водный объект, участок недр. Земельный участок, на котором располагается объект концессионного соглашения и (или) который необходим для осуществления концессионером деятельности, предусмотренной концессионным соглашением; лесной участок (строительство гидротехнических сооружений и специализированных портов, линий электропередачи, линий связи, дорог, трубопроводов и других линейных объектов, физкультурно-оздоровительных, спортивных и спортивно-технических сооружений), необходимые для создания и (или) реконструкции объекта концессионного соглашения и (или) для осуществления деятельности, предусмотренной концессионным соглашением, предоставляются концессионеру в аренду (субаренду) или на ином законном основании в соответствии с земельным, лесным законодательством на срок, который устанавливается концессионным соглашением в соответствии с земельным, лесным законодательством и не может превышать срок действия концессионного соглашения.

Следует отметить, что договор аренды (субаренды) земельного участка должен быть заключён с концессионером не позднее чем через шестьдесят рабочих дней со дня подписания концессионного соглашения, если иные сроки не установлены конкурсной документацией. Использование концессионером предоставленных ему земельного участка, лесного участка осуществляется в соответствии с земельным, лесным законодательством.

Прекращение концессионного соглашения является основанием для прекращения предоставленных концессионеру прав в отношении земельного участка, лесного участка. Государственная регистрация права владения и пользования концессионера по концессионному соглашению предоставленным земельным (лесным) участком проводится на основании заявления правообладателя (концедента) или концессионера или уполномоченного на то лица при наличии у него нотариально удостоверенной доверенности.

Арест земельного участка (запрещение совершения определённых действий с земельным участком) также является ограничением права. Государственная регистрация ареста (запрещения совершения определённых действий с земельным участком) проводится без заявления, без уплаты государственной пошлины на основании копии решения (определения, постановления) о наложении ареста на земельный участок (о запрещении

совершать определённые действия с земельным участком), вынесенного судом или судебным приставом-исполнителем [5].

Библиографический список

1. Аккуратов И. Ю., Кориунов Н. М., Хореев А. А. К вопросу об ограничениях и обременениях права собственности // Государство и право. 2000. № 10. С. 68.
2. Калинин Н. А. Общедоступный очерк русского гражданского права. СПб., [Б. г.]. С. 48.
3. О государственной регистрации недвижимости : федеральный закон от 13.07.2015 № 218-ФЗ (ред. от 25.12.2018) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019) // СЗ РФ. 2015. № 29 (часть I). Ст. 4344.
4. О государственной регистрации прав на недвижимое имущество и сделок с ним : федеральный закон от 21.07.1997 № 122-ФЗ (ред. от 03.07.2016) (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2017) // СЗ РФ. 1997. № 30. Ст. 3594. Окончание действия документа – 31.12.2019.
5. Об исполнительном производстве : федеральный закон от 02.10.2007 № 229-ФЗ (ред. от 06.03.2019) // Российская газета. 2007. 6 окт. № 223.

ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО СЛЕДСТВИЯ В РОССИИ

Дается краткий анализ исторического развития института предварительного следствия в России, с середины XIX века. Исследуются позиции процессуалистов о самостоятельности следователя в системе правоохранительных органов. Предлагается отделить функцию уголовного преследования от функции обвинения и вернуться к институту судебного следователя.

Ключевые слова: институт предварительного следствия в России, процессуальная самостоятельность следователя, судебный следователь.

The article gives a brief analysis of the historical development of the Institute of preliminary investigation in Russia since the mid-nineteenth century. There examines the position of proceeding specialists about the independence of investigators in the law enforcement system. It is proposed to separate the function of criminal prosecution from the function of arraignment and return to the institution of judicial investigator.

Key words: institute of preliminary investigation in Russia, procedural independence of the investigator, coroner.

Становление следователя в качестве самостоятельного участника уголовного процесса, по общепризнанному мнению, произошло в связи с принятием Указов Александра II от 8 июня 1860 года. Однако, данный факт не означает, что до принятия данных нормативных правовых актов в России не осуществлялись функции, присущие следователю. Создание первых следственных органов в форме так называемых «майорских следственных канцелярий» датируется 1713 годом.

К моменту начала судебных реформ осуществление следствия находилось в компетенции полиции. Существовали должности приставов уголовных дел, частных приставов, приставов следственных дел, однако официальной государственной должности следователя на тот момент не было. Все это привело к отсутствию единого, четко определенного правового статуса лица, осуществлявшего предварительное следствие. Единственным нормативным правовым актом, регулирующим данный вопрос, являлся Свод законов Российской империи 1832 года, к тому времени уже сильно устаревший [1, с. 218]. Вполне естественно, что такое положение дел порождало массовые нарушения законодательства, которые происходили в процессе осуществления следствия. В свою очередь, это приводило к усиливающемуся в обществе недовольству полицейским следствием, что в совокупности с повышением правовой культуры общества, ознакомлением со следственными моделями европейских стран актуализировало проблему проведения в России крупномасштабной реформы судостроительства и уголовно-процессуального законодательства.

8 июня 1860 года издается Императорский указ «Об отделении следственной части от полиции». Одним из главных положений указанного акта стало введение должности судебных следователей, которые находились в ведении Министерства Юстиции. Одновременно с принятием указа 8 июня 1860 года было издано нескольких нормативных правовых актов, которые дополняли и детализировали его положения: «Учреждение судебных следователей», «Наказ судебным следователям», «Наказ полиции о производстве первоначальных исследований по преступлениям и проступкам» [4, с. 166].

«Учреждение судебных следователей» регламентировало правовой статус судебных следователей, их взаимосвязь с органами исполнительной власти, суда, прокуратуры, полиции. «Наказ судебным следователям» и «Наказ полиции о производстве первоначальных исследований по преступлениям и проступкам» преимущественно состояли из процессуальных норм, регламентировавших порядок осуществления предварительного расследования. Провозглашаемая июньскими указами модель предварительного следствия являлась судебной, поскольку следствие проводилось под контролем прокурора и в иерархической подчиненности судебным органам. Помимо этого, судебные следователи имели право на участие в рассмотрении дел наравне с судьями, за исключением дел, по которым они сами осуществляли предварительное следствие.

Тем не менее, центральным элементом процессуального статуса судебного следователя являлся закрепленный законом самостоятельный характер его деятельности. Так, статья 18 «Учреждения судебных следователей» говорит о том, что именно судебный следователь определяет ход и направление проводимого следствия. Однако, о полной процессуальной самостоятельности и независимости судебного следователя от местных властей в тот период времени говорить невозможно.

Предварительное следствие могло осуществляться как единолично судебным следователем, так и следственной комиссией, состав которой определялся судом.

В «Учреждении судебных следователей» детально регламентировались полномочия судебных следователей. Важнейшими из них являлись: право начинать производство следствия, право на задержание подозреваемых и обвиняемых, право на составление протоколов следственных действий.

Порядок осуществления судебным следователем своей деятельности определялся «Наказом судебным следователям». В нем устанавливались поводы и основания для начала предварительного следствия, цели деятельности судебного следователя, его полномочия.

Принятие нормативных актов 1860 года стало существенным шагом вперед для российского процессуального законодательства того времени. Однако, сфера уголовного судопроизводства нуждалась в более серьезных преобразованиях.

Такие преобразования последовали в результате осуществления Судебной реформы 1864 года, нормативной основой которой стали такие акты как «Учреждение судебных установлений», «Устав уголовного судопроизводства», «Устав о наказаниях, налагаемых мировыми судьями». Указанные нормативные акты были разработаны в соответствии с «Основными положениями о преобразовании судебной части» – документом, ставшим своеобразной программой Судебной реформы 1864 года [5, с. 102].

Новые законы практически в полном объеме включали положения «Учреждения судебных следователей», «Наказа судебным следователям», «Наказа полиции о производстве первоначальных исследований по преступлениям и проступкам». Вместе с тем, они содержали ряд прогрессивных идей, которые касались модели организации предварительного следствия.

Кроме того, новые уставы привели уголовно-процессуальное законодательства в четкую систему, избавили его от ряда анахронизмов.

В результате принятия нового законодательства был существенно повышен статус судебного следователя, укреплена его процессуальная самостоятельность. Так, «Учреждение судебных установлений» закрепляло положение о том, что судебный следователь был членом окружного суда – суда первой инстанции, созданного в ходе судебной реформы 1864 года. Более того, назначение судебного следователя осуществлялось Императором по представлению Министра юстиции.

В соответствии с новым законодательством судебный следователь получал право на проведение всех необходимых мер по производству следствия. Производство следствия могло быть прекращено только судом.

В «Уставе уголовного судопроизводства» были четко урегулированы взаимоотношения судебных следователей с прокурорами. Фактически был установлен прокурорский надзор за деятельностью органов предварительного расследования, о чем свидетельствует статья 249 «Устава уголовного судопроизводства», которая гласит: «Предварительное следствие о преступлениях и проступках, подсудных окружным судам, производится судебными следователями при содействии полиции и при наблюдении прокуроров и их товарищей». А в соответствии со статьей 281 «Устава уголовного судопроизводства» судебный следователь был обязан выполнять все законные требования прокурора по вопросам расследования уголовного дела и собирания доказательств. Материалы оконченного уголовного дела должны были отправляться не в суд, а прокурору, который составлял обвинительный акт и направлял дело в суд или возвращал дело с целью проведения дополнительного расследования.

Органом, осуществлявшим контроль за производством предварительного следствия, являлся окружной суд, в компетенцию которого входило рассмотрение жалоб на действия судебного следователя и заключений прокурора о прекращении или приостановлении следствия.

Следственный аппарат, созданный в ходе Судебной реформы 1864 года, эффективно проявил себя. Предварительное следствие стало проводится быстрее, качественнее, повысилась степень соблюдения прав его участников. В период с 1864 года по 1917 год никаких существенных изменений в статус следователя внесено не было.

Принятие Декрета Совета Народных Комиссаров РСФСР № 1 «О суде» [14] привело к кардинальным изменениям в сфере уголовного судопроизводства. В том числе, Декретом был упразднен институт судебных следователей. Функция предварительного следствия осуществлялась судьями и следственными комиссиями, которые создавались при Советах или революционных трибуналах и лишь впоследствии единолично следователями, которые находились в ведении судов.

В марте 1918 года принимается Декрет Всероссийского Центрального Исполнительного Комитета № 2 «О суде» [9], а в июле того же года – Декрет Совета Народных Комиссаров РСФСР № 3 «О суде» [15]. Указанные

правовые акты предусматривали образование следственных комиссий окружных судов, осуществлявших расследование наиболее тяжких преступлений.

30 ноября 1918 года было принято Положение о народном суде РСФСР [11], согласно которому предварительное расследование дел, подлежащих коллегиальному рассмотрению судьями и присяжными заседателями, производилось уездными и городскими следственными комиссиями. В исключительных случаях, проведение расследования поручалось народному судье.

В 1919 году вводятся должности военных следователей, которые состояли при революционных военных трибуналах и при военных комиссариатах. В это же время вводятся должности следователей в структуре Всероссийской чрезвычайной комиссии по борьбе с контрреволюцией и саботажем при СНК РСФСР. В их компетенцию входило осуществление предварительного расследования государственных преступлений.

Еще одним нормативным актом, который регулировал процессуальный статус следователя, являлось Положение о народном суде от 21 октября 1920 года [10]. Данный акт наделял следователя правом самостоятельного принятия решения о возбуждении уголовного дела, о проведении следственных действий, об избрании меры пресечения. Кроме того, упразднились уездные и городские следственные комиссии и вводился новый институт народных следователей. Проведением расследования по особо важным делам занимались следователи по важнейшим делам, должности которых учреждались при губернских комиссариатах. Таким образом, был произведен переход от коллегиальной формы следствия к единоличной.

Положение о народном суде от 21 октября 1920 года не предусматривало создание органов, осуществлявших контроль над следствием. На практике такой контроль осуществляли местные народные суды, революционные трибуналы, местные советы. 25 мая 1922 года принимается Уголовно-процессуальный кодекс РСФСР [12], который сыграл значимую роль в дальнейшем развитии процессуального статуса советского следователя. А 28 мая 1922 года было принято Положение о прокурорском надзоре, значительно расширившее компетенцию органов прокуратуры в области осуществления предварительного следствия.

Уголовно-процессуальный кодекс РСФСР устанавливал надзор прокуратуры за осуществлением предварительного следствия. Прокурор был наделен полномочиями по направлению уголовных дел для проведения расследования, даче указаний по направлению и дополнения расследования, которые были обязательны для исполнения следователями.

Тем не менее, процессуальная самостоятельность следователя как важнейший элемент его процессуального статуса сохранялась, поскольку в отношении следователя прокурор не обладал административными полномочиями. Такие полномочия возлагались на суды. В частности, только суд принимал решения о назначении следователя на должность, об отстранении его от производства по делу, о передаче дела из одного следственного участка в другой.

Новая редакция Уголовно-процессуального кодекса РСФСР, которая была принята в 1923 году, по сравнению с редакцией 1922 года, расширила полномочия прокурора в отношении следователя. Так, прокурор получил полномочия по передаче дел между следователями, рассмотрению всех жалоб, поступивших на следователя.

С принятием Постановления ВЦИК и СНК РСФСР «Об изменении Положения о судостроительстве РСФСР» от 3 сентября 1928 года [13] следственный аппарат был полностью передан в подчинение прокуратуры, что привело к существенному ограничению процессуальной самостоятельности следователя. В. П. Божьев и А. И. Трусов отмечают, что предварительное следствие по своему характеру стало прокурорским расследованием [2, с. 251]. Большинство уголовных дел стало рассматриваться органами милиции, в которых образовывались следственные отделения.

Начало Великой Отечественной войны привело к ряду изменений в сфере осуществления предварительного расследования. Указ Президиума Верховного Совета СССР «О военном положении» [8] передавал функции осуществления расследования преступлений, совершенных в местностях, находящихся на военном положении органам военной юстиции. Кроме того, следствие должно было проводиться в срок, не превышающий пятнадцати суток.

Следующей ступенью в развитии процессуального статуса советского следователя стало принятие Основ уголовного судопроизводства Союза ССР и союзных республик [7] от 25 декабря 1958 года. Именно с принятием данного нормативного акта связывается законодательное закрепление принципа самостоятельности и независимости следователей. 27 октября 1960 года был принят Уголовно-процессуальный кодекс РСФСР [6]. Он расширил количество ведомств, в которых имелся следственный аппарат. Функции осуществления предварительного следствия появились у органов прокуратуры и государственной безопасности. В части 1 статьи 127 УПК РСФСР 1960 года указывалось, что все решения о направлении следствия и производстве следственных действий следователь принимает самостоятельно, за исключением случаев, когда законом предусмотрено получение санкции от прокурора, и несет полную ответственность за их законное и своевременное проведение. Следователи получили право на обжалование указаний прокурора и начальника следственного отдела. Закон также предоставлял следователю возможность дачи органам дознания обязательных для исполнения поручений о производстве отдельных розыскных и следственных действий.

Однако, как констатирует В. Д. Дармаева, процессуальная самостоятельность следователя, как и многие другие нормы УПК РСФСР 1960 года остались лишь декларацией [3, с. 14]. Автор связывает данное обстоятельство с излишне широкими полномочиями, которые были предоставлены прокурору и начальнику следственного отдела на стадии предварительного расследования.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что с момента введения в дореволюционной России института судебных следователей до настоящего времени следователь является одним из ключевых участников досудебного производства по уголовному делу.

Существующее на данный момент определение следователя как должностного лица, уполномоченного в пределах компетенции, предусмотренной УПК, осуществлять предварительное следствие по уголовному делу является узким и нуждается в расширении путем внесения в определение полномочий следователя по возбуждению уголовного дела. Мы предлагаем следующую формулировку части 1 статьи 38 УПК РФ: «Следователь является должностным лицом, уполномоченным в пределах компетенции, предусмотренной настоящим Кодексом, возбуждать уголовное дело и осуществлять предварительное следствие по уголовному делу».

В науке уголовного процесса отсутствует единый взгляд на понятие и содержание процессуального статуса следователя. В литературе включаются в данное понятие функции, задачи, права и обязанности, ответственность, процессуальную самостоятельность следователя. На наш взгляд, центральным элементом процессуального статуса следователя выступает процессуальная самостоятельность. Имеются точки зрения о признании процессуальной самостоятельности правовым институтом, принципом, общим условием предварительного расследования, нормативным предписанием. По нашему мнению, наиболее правильным является определение процессуальной самостоятельности следователя как основополагающего элемента процессуального статуса следователя, представляющего собой комплекс прав, дающего ему возможность самостоятельного принятия решений, связанных с направлением следствия и независимого осуществления процессуальных полномочий в соответствии с принципами уголовного судопроизводства на стадиях досудебного производства. Элементами процессуальной самостоятельности выступают: право следователя на самостоятельное определение хода расследования и принятие решений о производстве следственных и иных процессуальных действий; право на обжалование решений прокурора; дача органам дознания обязательных для исполнения письменных поручений о производстве оперативно-розыскных мероприятий; свобода оценки доказательств; право на вынесение постановлений и иных, обязательных для исполнения актов; право на обоснование перед судом заявленных ходатайств и отстаивание законности своих действий (бездействий) и принятых решений.

Напрямую с процессуальной самостоятельностью связан вопрос о взаимодействии следователя с участниками уголовного процесса, осуществляющими контроль или надзор за его деятельностью — руководителем следственного органа, прокурором, судом. Анализ соотношения ведомственного контроля, прокурорского надзора, судебного контроля за деятельностью следователя и его процессуальной самостоятельностью позволяет говорить о существенном ограничении последней.

Для решения указанной проблемы мы предлагаем возродить существовавший в дореволюционной России институт судебных следователей. Выведение судебных следователей из участников уголовного процесса со стороны обвинения и подчинение их суду позволило бы существенно повысить процессуальную самостоятельность следователей и обеспечить состязательность процесса в ходе досудебного производства.

Таким образом, более детальное регламентирование процессуального статуса следователя и повышение степени его процессуальной самостоятельности должно стать одним из приоритетных направлений развития российского уголовно-процессуального законодательства.

Библиографический список

1. *Аверченко А. К.* Формирование и развитие уголовно-процессуального статуса судебного следователя в период судебных реформ Александра II (1860–1864 годы) // Историко-правовые проблемы: новый ракурс. 2014. № 9. С. 217–231.
2. *Божьев В. П., Трусов А. И.* Процессуальная самостоятельность и независимость следователя: история и современность // Божьев В. П. Избранные труды. М., 2010. 265 с.

3. Дармаева В. Д. Уголовно-процессуальный статус следователя : автореф. дис. ... канд. юрид. наук. М., 2003. 305 с.
4. Упоров И. В. Учреждение судебных следователей как начало модернизации судебной системы Российской империи во второй половине XIX века // Наука и современность. 2016. № 42. С. 166–170.
5. Хлебникова Г. В. Институт судебных следователей по судебным уставам 1864 года // Историко-правовые проблемы: новый ракурс. 2015. № 13. С. 101–109.
6. Уголовно-процессуальный кодекс РСФСР (утв. ВС РСФСР 27.10.1960) (утр. силу) // Ведомости ВС РСФСР. 1960. № 40. Ст. 592.
7. Об утверждении Основ уголовного судопроизводства Союза ССР и союзных республик : закон СССР от 25.12.1958 (утр. силу) // Ведомости ВС СССР. 1959. № 1. Ст. 15.
8. О военном положении : указ Президиума ВС СССР от 22.06.1941 (утр. силу) // Ведомости ВС СССР. 1941. № 29.
9. О суде: Декрет ВЦИК от 07.03.1918 № 2 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1918. № 26. Ст. 420.
10. Положение о народном суде РСФСР : декрет ВЦИК от 21.10.1920 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1920. № 83. Ст. 407.
11. Положение о народном суде РСФСР : декрет ВЦИК от 30.11.1918 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1918. № 85. Ст. 889.
12. Об Уголовно-Процессуальном кодексе : постановление ВЦИК от 25.05.1922 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1922. № 20–21. Ст. 230.
13. Об изменении Положения о судостроительстве РСФСР : постановление ВЦИК, СНК РСФСР от 03.09.1928 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1928. № 117. Ст. 733.
14. О суде : декрет СНК РСФСР от 24.11.1917 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1917. № 4. Ст. 50.
15. О суде : декрет СНК РСФСР от 13.07.1918 №3 (утр. силу) // СУ РСФСР. 1918. № 52. Ст. 589.

ББК 67.408.121.20

С. П. Коваль, М. Ю. Цветков

УНИЧТОЖЕНИЕ (ПОВРЕЖДЕНИЕ) ИМУЩЕСТВА ПО НЕОСТОРОЖНОСТИ В УГОЛОВНОМ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВЕ РОССИИ И ЗАРУБЕЖНЫХ СТРАН

Предпринята попытка провести сравнительный анализ российского и зарубежного законодательства об ответственности за уничтожение (повреждение) имущества по неосторожности (разжигание огня по неосторожности). Авторами рассматриваются два разных подхода к пониманию указанного преступления, которые отражают позиции законодателей России, стран СНГ и других стран. В работе приводятся различные определения термина «уничтожение или повреждение имущества по неосторожности». Проводятся различия в описаниях объектов данного преступления, способов его совершения, в определении стоимости уничтоженного или поврежденного имущества в результате неосторожного обращения с огнем. Авторы вносят предложение об освобождении от уголовной ответственности лиц, которые уничтожили или повредили имущество путем неосторожного обращения с огнем и добровольно возместили причиненный вред.

© Коваль С. П., Цветков М. Ю., 2019

• Серия «Естественные, общественные науки»

Ключевые слова: уничтожение, повреждение, имущество, неосторожность, пожар, ближнее зарубежье, дальнее зарубежье.

This article attempts to conduct a comparative analysis of Russian and foreign legislation on liability for destruction (damage) of property by negligence (inciting fire by negligence). The authors consider two different approaches to the understanding of this crime, which reflect the positions of the legislators of Russia, CIS and other countries. The paper presents various definitions of the term "destruction or damage to property by negligence". Differences are made in the descriptions of the objects of this crime, the methods of its Commission, in determining the value of destroyed or damaged property as a result of careless handling of fire. The authors propose the exemption from criminal liability of persons who destroyed or damaged property by careless handling of fire and voluntarily compensated for the damage caused.

Key words: destruction, damage, property, negligence, fire, near abroad, far abroad.

Уничтожение или повреждение имущества по неосторожности является довольно распространенным преступлением, в результате которого наносится большой материальный ущерб. Указанное преступление относится к некорыстным деяниям против собственности.

В Уголовном кодексе Российской Федерации статья 168 «Уничтожение или повреждением имущества по неосторожности» расположена в главе 21 «Преступления против собственности» [14]. В Модельном Уголовном кодексе для государств – участников СНГ, Уголовных кодексах Республики Казахстан, Латвийской Республики, Республики Таджикистан, Украины указанные деяния также включены в раздел преступлений против собственности. Так, уголовное законодательство Республики Беларусь предусматривает ответственность за умышленное (повреждение) имущества по неосторожности в разделе 8 «Преступления против собственности и порядка осуществления экономической деятельности» [9].

В уголовном законодательстве некоторых стран указанные преступления выделены в отдельные главы и разделы. В Уголовном кодексе Республики Болгария [11] статья, регламентирующая поджог по неосторожности чужого имущества, помещена в главу «Преступления, совершенные общеопасным способом или общеопасными средствами» (статья 330. (1,2) УК Республики Болгария). Параграф 170 «Неосторожное создание пожароопасной ситуации» расположен в седьмом разделе «Общеопасные преступные деяния и преступные деяния против окружающей среды» Уголовного кодекса Австрии [5]. Статья 322-5 Уголовного кодекса Франции [15], предусматривающая ответственность за неумышленные уничтожение, повреждение или порчу имущества, помещена в отдел II «Об уничтожении, повреждении и порче, опасных для людей».

Анализ указанных деяний в законодательстве России и зарубежных стран позволяет выделить два подхода к их пониманию. Первый подход присущ российскому законодательству и законодательству стран ближнего зарубежья и предусматривает наступление ответственности за уничтожение или повреждение имущества по неосторожности. В российском уголовном законодательстве ответственность за указанные посягательства наступает в случае наступления крупного размера (свыше 250 тыс. рублей) и совершения путем неосторожного обращения с огнем или иными источниками повышенной опасности.

В юридической литературе нет единого определения термина «уничтожение (повреждения) имущества». Согласимся с мнением исследовательницы Н. А. Лопашенко, которая под уничтожением имущества понимает «такие действия виновного в отношении имущества, которые привели к его полной негодности. При повреждении имущества ему причиняется такой вред, который может быть устранен путем вложения дополнительных материальных затрат и (или) путем приложения труда» [1]. Е. М. Плютина в определениях указанных терминов указывает на способы уничтожения и повреждения (путем механического, термического, химического или иного воздействия) имущества [2]. И. Г. Шевченко добавляет в понятие «уничтожение имущества» указания на такие ситуации, когда вещь не может быть найдена или иначе удалена из экономического оборота [3].

Огонь – это такой интенсивный процесс окисления, который сопровождается излучением в видимом диапазоне и выделением тепловой энергии. Иными источниками повышенной опасности могут являться, например, транспортные средства, бытовые электроприборы, электрический ток, взрывчатые вещества, различные механизмы, горючие жидкости. Неосторожное обращение с огнем или иными источниками повышенной опасности состоит в ненадлежащем обращении с источниками воспламенения вблизи горючих материалов, в эксплуатации технических устройств с неустраненными дефектами (например, использование в лесу трактора без искрогасителя, оставление без присмотра непогашенных печей, костров либо невыключенных электроприборов, газовых горелок и т. п.) (п. 11 постановления Президиума Верховного Суда РФ от 5 июня 2002 г. № 14). Преступление считается оконченным, с момента причинения имуществу собственника или законного владельца ущерба в крупном размере. Если ущерб меньше крупного размера, то в этом случае наступает гражданско-правовая ответственность.

Аналогичная трактовка понятия уничтожения или повреждения имущества по неосторожности содержится в Уголовных кодексах Республики Армения, Республики Беларусь, Республики Казахстан, Латвийской республики, Республики Таджикистан, Украины. УК Франции предусматривает уголовную ответственность за неумышленные уничтожение, повреждение или порчу имущества, принадлежащего другому лицу, в результате взрыва или пожара.

В рамках второго подхода предусматривается уголовная ответственность не за уничтожение или повреждение имущества, а за действия, которые приводят к пожару: «поджог по неосторожности» (Уголовный кодекс ФРГ), «разжигание огня по опрометчивости» (Примерный Уголовный кодекс США), «учинение пожара по неосторожности» (Уголовный кодекс Японии), «возгорание движимого или недвижимого имущества» (Уголовный кодекс Бельгии). Так, законодательство ФРГ различает два вида поджога: поджог по неосторожности и поджог по небрежности (параграф 306d. (1, 2) УК ФРГ [16]). А уголовным законодательством Японии [17] предусмотрена ответственность за следующие преступления: «учинение пожара по неосторожности» и «пожар или взрыв в силу упущения по роду деятельности или тяжкой неосторожности» (статьи 116 и 117-П УК Японии).

В законодательстве некоторых стран уголовная ответственность наступает за создание опасности пожара. Параграф 306f. (1, 2, 3) УК ФРГ предусматривает ответственность в том случае, если виновное лицо бросает

окурки, использует открытый огонь или свет, выбрасывает тлеющие или горящие предметы и подвергает опасности чужие пожароопасные, сельскохозяйственные предприятия (сооружения) и предприятия (сооружения) по производству продуктов питания, леса, поля, луга или болота и т. д. В параграфе 2 статьи 164 Уголовного кодекса Республики Польша [12] устанавливается ответственность за неумышленное «вызывание опасности происшествия» (пожара, взрыва, разрушения строения и т. д.). А в уголовном законодательстве других европейских стран ответственность наступает за «создание общей опасности для собственности», «создание опасности для жизни другого человека» (Уголовный кодекс Голландии), «создание опасности для жизни и здоровья человека» (Уголовный кодекс Швейцарии).

В уголовных законах ряда стран посягательства, связанные с разжиганием огня по неосторожности, не являются самостоятельными составами преступлений и включены в статью, устанавливающую ответственность за поджог. Так, статья 220.1. (2, 3) «Поджог и родственные ему посягательства» Примерного УК США [4] содержит два разных состава преступления: «разжигание огня или взрыва по опрометчивости» и «непринятие мер к установлению контроля над представляющим опасность огнем или несообщение о нем».

В уголовно-правовых нормах некоторых стран перечисляются различные объекты, которые подвергаются воздействию пожара. Так, в УК ФРГ предусматривается ответственность, если виновное лицо уничтожает или частично разрушает:

- 1) здания или жилые постройки;
- 2) производственные площади или технические сооружения, особенно машины;
- 3) склады или запасы товаров;
- 4) автомобильные, рельсовые, воздушные или морские транспортные средства;
- 5) леса, поля, луга или болота;
- 6) сельскохозяйственные, пищевые или лесоводческие сооружения или продукты.

В соответствии с УК ФРГ уголовная ответственность наступает в том случае, если виновное лицо поджигает или путем поджога полностью или частично разрушает:

- 1) здание, судно, жилую постройку или какое-либо другое помещение, которое служит для проживания людей;
- 2) церковь или какое-либо другое здание, служащее для богослужения;
- 3) помещение, которое время от времени служит местом для пребывания людей, в то время, когда люди там обычно находятся.

По-разному регламентируются способы совершения указанных посягательств в уголовном законодательстве ряда стран Западной Европы. Например, часть 3 параграфа 291 Уголовного кодекса Дании [7] определяет наказание за ущерб, который был причинен по грубой небрежности. Способ разрушения, повреждения или уничтожения в уголовно-правовой норме не указан. В уголовном законодательстве других стран указаны не один, а несколько способов возгорания имущества. В УК Бельгии [10] предусматривается, что возгорание движимого или недвижимого имущества, принадлежащего другим лицам, может возникнуть: из-за ветхости или отсутствия ремонта или очистки печей, каминов, кузниц, ближайших домов или заводов; зажигания костров в поле на расстоянии менее ста метров от домов, зданий;

переносимых и оставленных огней; искусственных огней, зажженных без достаточной предосторожности (ст. 519 УК Бельгии).

Квалифицирующими признаками в указанных деяниях, предусмотренных уголовным законодательством ряда стран, выступают крупный ущерб и особо крупный ущерб. Так, крупным размером в статье 256 УК Республики Таджикистан [13] признается стоимость имущества, в одну тысячу раз превышающая показатель для расчетов. Особо крупным размером (сделкой, ущербом, доходом в особо крупном размере) в уголовном законодательстве Республики Беларусь признается в тысячу и более раз превышающую размер базовой величины, установленный на день совершения преступления.

Квалифицирующие признаки в виде причинения тяжких телесных повреждений (тяжелого вреда здоровью) или смерти человека (гибель людей), указаны в составах преступлений об уничтожении (повреждении) имущества по неосторожности и характерны для Уголовных кодексов Азербайджанской Республики, Кыргызской Республики, Латвийской Республики, Республики Польша, Украины. Так, например, состав преступления, предусмотренного статьей 187 «Уничтожение или повреждение имущества по неосторожности» УК Азербайджанской Республики [6] содержит три квалифицирующих признака (крупный ущерб, тяжкие последствия и особо крупный ущерб).

Ряд уголовных кодексов Европы и стран СНГ содержат поощрительные нормы, предоставляющие возможность следственным и судебным органам освобождать от уголовной ответственности лиц, причинивших ущерб, при наличии определенных обстоятельств. Так, наказанию не подлежит виновное лицо, которое добровольно потушит пожар прежде, чем был причинен существенный вред. Даже, если пожар был потушен без участия указанного лица перед наступлением существенного вреда, то достаточно его добровольных и настойчивых усилий для тушения пожара (параграф 306е. (2, 3) УК ФРГ). В УК Кыргызской Республики предусмотрено одно основание освобождения от уголовной ответственности, которое заключается в добровольном возмещении ущерба собственнику (примечание к статье 176 УК Кыргызской Республики [8]).

На основании изложенного можно сделать следующие выводы:

1. В уголовном законодательстве России и некоторых зарубежных стран по-разному закреплены диспозиции уголовно-правовых норм, связанных с уничтожением (повреждением) имущества путем неосторожного обращения с огнем или возникновением пожара по неосторожности (разжиганием огня по неосторожности).

2. Наказания за указанные деяния в России, в том числе и странах дальнего и ближнего зарубежья, относятся к категории небольшой тяжести. В других странах наказания за указанные преступления вообще не связаны с лишением свободы (УК Республики Беларусь). При отягчающих обстоятельствах указанные посягательства относятся к категории средней тяжести, а согласно УК Польши преступление в виде неумышленного создания пожара, повлекшего смерть человека или причинение тяжелого вреда здоровью многих людей, относится к тяжким.

3. Уголовное законодательство России и стран СНГ не содержит самостоятельного состава преступления, который позволяет отграничивать неосторожное обращение с огнем от уничтожения (повреждения) имущества по неосторожности. Наказанию подлежит не само действие (разжигание огня), а способ его совершения (неосторожное обращение с огнем). В то время

как в законодательстве Европы и некоторых других стран ответственность наступает именно за активные действия, которые приводят к пожару, повлекшему уничтожение (повреждение) имущества.

4. В уголовном законодательстве некоторых европейских государств ответственность наступает за создание опасности пожара. В уголовных кодексах России и ближнего зарубежья уголовная ответственность предусматривается только за активное поведение, которое выражается в уничтожении или повреждении любого вида имущества путем неосторожного обращения с огнем.

5. Законодатель отдельных зарубежных стран включил различные квалифицирующие признаки в состав преступления, связанного с неосторожным разжиганием огня, например, значительный ущерб, особо крупный ущерб, тяжкие последствия, смерть человека и т. д. До декабря 2003 года в составе преступления по статье 168 УК РФ содержался такой квалифицирующий признак как тяжкие последствия, которые впоследствии были декриминализованы. Согласно УК РФ в случае причинения тяжкого вреда здоровью или смерти человека по неосторожности ответственность за указанные деяния наступает в совокупности с другими статьями (118, 109 УК РФ).

6. В уголовных законах некоторых европейских стран указываются конкретные объекты, которые подвергаются воздействию пожара. В российском уголовном законодательстве не содержится конкретизации объектов или имущества, которые уничтожаются или повреждаются путем неосторожного обращения с огнем. Имуществом могут быть любые движимые и недвижимые вещи, которые являются чужими для виновного лица.

7. В уголовно-правовых нормах одних стран перечисляются различные способы возгорания или совершения пожара, а в статьях уголовных кодексов других стран не указано ни одного способа разжигания огня. В то время как в российском уголовном законодательстве указан только один способ уничтожения или повреждения имущества: неосторожное обращение с огнем и иными источниками повышенной опасности.

8. Размер ущерба за указанные деяния в уголовном законодательстве ряда стран вообще не указан, а в уголовных законах стран СНГ он определяется в различных величинах: показателях для расчетов, размере базовой величины и т. д. В российском уголовном законодательстве размер крупного ущерба, указанного в ст. 168 УК РФ, установлен в строго определенном денежном размере.

9. На наш взгляд представляется целесообразным предусмотреть норму в российском уголовном законодательстве об освобождении виновных лиц, совершивших преступление в виде уничтожения (повреждения) имущества по неосторожности, и возместивших причиненный ущерб. Такая поощрительная мера могла бы способствовать скорейшему возмещению ущерба виновным лицом, в том случае, если оно будет освобождено от исполнения наказания и сможет продолжать свою трудовую деятельность.

Библиографический список

1. *Лопашенко Н. А.* Посягательства на собственность : монография. М. : Норма : ИНФРА-М, 2012. 393 с.

2. *Плютина Е. М.* Уничтожение или повреждение имущества: уголовно-правовой анализ : монография. Краснодар : Кубанский гос. ун-т, 2005. 227 с.
3. *Шевченко И. Г.* Уничтожение и повреждение имущества в уголовном праве России : автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Самара, 2007. 25 с.
4. Примерный уголовный кодекс США. URL: <http://www.constitutions.ru/?p=5849> (дата обращения: 12.03.2019).
5. Уголовный кодекс Австрии. URL: <http://www.okpravo.ru/zarubezhnoe...уголовный-кодекс-австрии> (дата обращения: 12.03.2019).
6. Уголовный кодекс Азербайджанской Республики. URL: http://www.online.zakon.kz/Юрист/document/?doc_id=30420353 (дата обращения: 12.03.2019).
7. Уголовный кодекс Дании. URL: <http://www.okpravo.ru/zarubezhnoe...уголовный-кодекс-дании.html> (дата обращения: 12.03.2019).
8. Уголовный кодекс Кыргызской Республики. URL: <http://www.cbd.minjust.gov.kg/act/view/ru-ru/568> (дата обращения: 12.03.2019).
9. Уголовный Кодекс Республики Беларусь. URL: http://www.belzakon.net/Кодексы/Уголовный_Кодекс_РБ (дата обращения: 12.03.2019).
10. Уголовный Кодекс Бельгии. URL: <http://www.law.edu.ru/norm/norm.asp> ... (дата обращения: 12.03.2019).
11. Уголовный кодекс Республики Болгария. URL: <http://www.kpravo.ru...pravo...уголовный-кодекс-болгарии.html> (дата обращения: 12.03.2019).
12. Уголовный кодекс Республики Польша. URL: <http://www.okpravo.ru/news/уголовный-кодекс-польши.html> (дата обращения: 12.03.2019).
13. Уголовный кодекс Республики Таджикистан. URL: <http://www.online.zakon.kz/Document/...> (дата обращения: 12.03.2019).
14. Уголовный кодекс Российской Федерации от 13.06.1996 № 63-ФЗ. URL: http://www.Consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/ (дата обращения: 12.03.2019).
15. Уголовный кодекс Франции. URL: http://www.yurist-online.org/laws/foreign/criminalcode_fr/... (дата обращения: 12.03.2019).
16. Уголовный кодекс ФРГ. URL: <http://www.constitutions.ru/?p=5854> (дата обращения: 12.03.2019).
17. Уголовный кодекс Японии. URL: <http://www.constitutions.ru/?p=407> (дата обращения: 12.03.2019).

ББК 67.410.2

О. В. Кузьмина

ПРАВОВАЯ ОПРЕДЕЛЕННОСТЬ СУДЕБНЫХ РЕШЕНИЙ КАК НЕОБХОДИМОЕ УСЛОВИЕ ПРАВОСУДИЯ ПО УГОЛОВНЫМ ДЕЛАМ

В статье с учетом позиций Европейского Суда по правам человека и современной доктрины правовая определенность рассматривается как межотраслевой процессуальный принцип и конкретизируются пределы его действия в российском уголовном процессе.

Ключевые слова: принцип права, правовая определенность, истинность приговора, стабильность судебного решения, отмена (изменение) решения суда, судебные решения, правосудие, уголовные дела.

Taking into account the standpoints of the European Court of Human Rights and the present-day doctrine the article treats legal certainty as an intersectoral procedural principle and specifies the scope of its validity in Russian criminal procedure.

Key words: principle of law, legal certainty, validity of judicial sentence, stability of court judgement, reversal (amendment) of judgement, court judgements, court judgements, justice, criminal cases.

Принцип стабильности вступивших в законную силу судебных решений обеспечивает доверие к судебной системе. Это связано, в первую очередь, с безусловным исполнением таких решений судов, что имеет особое значение для уголовного процесса в силу его публичного характера.

В качестве самостоятельного процессуального принципа правовая определенность (*resjudicata*) впервые была признана Европейским Судом по правам человека (далее – ЕСПЧ, Европейский Суд) в гражданском судопроизводстве [20]. Кроме того, в деле «Рябых против России» Европейский Суд определил положения, в соответствии с которыми отмена или изменение судебного решения, вступившего в законную силу, допускается при наличии исключительно существенных или фундаментальных нарушений закона [21]. Однако ЕСПЧ признает также особую важность принципа *resjudicata* и для производства по уголовным делам [23].

Европейское правосудие стоит над национальными судебными органами, но их не заменяет. Принимая решения по отдельным делам, оно выделяет руководящие принципы, предназначенные для регулирования деятельности национальных органов власти, особенно законодательных и правоприменительных. В этой связи государственные органы могут заимствовать из практики Европейского Суда элементы, позволяющие соблюдать как коллективные, так и индивидуальные интересы. Таким образом, практика ЕСПЧ служит объединяющим фактором, проводником общеевропейских идей в национальные системы [16, с. 14, 34]. В своих постановлениях ЕСПЧ довольно часто ссылался на несоблюдение Российской Федерацией статей 5 и 6 Конвенции о защите прав человека и основных свобод 1950 года (далее –

© Кузьмина О. В., 2019

Конвенция), исходя из толкования принципа верховенства права, содержащегося в ее преамбуле [14, с. 3–4]. В частности, – на нарушения правовой определенности, как одного из его компонентов, который специально в тексте Конвенции не закреплен. Такие постановления против России продолжают приниматься, их число неуклонно растет. Однако исполнение подобных решений и указание на необходимость устранения нарушений принципа правовой определенности внутригосударственными способами защиты, является обязательным для нашей страны [12].

Между тем понятие правовой определенности является спорным в российской правовой науке и по-разному трактуется в правоприменительной практике. Как справедливо отмечают А. Т. Боннер и О. Ю. Котов, в Конвенции о защите прав человека и основных свобод нет ни одного упоминания о данном принципе. Текстуально он не закреплен и в иных международно-правовых источниках [2, с. 200]. Рассматривать понятие *res judicata* как принцип правовой определенности необходимо в свете эволюционного толкования Конвенции Европейским Судом.

В процессуальной доктрине термин «правовая определенность» имеет два значения. В первом он понимается как принцип судопроизводства (*res judicata*), означающий устойчивость судебного решения, вступившего в законную силу (правовая определенность судебных решений) [4, с. 46–48]. Согласно второму значению, правовая определенность рассматривается как ясность, четкость, недвусмысленность, непротиворечивость правовых норм и положений судебных актов (т. е. определенность правовых норм как их качество). Видимо, именно правовые позиции Европейского Суда породили двойственный подход к пониманию правовой определенности в узком и широком смыслах. Так, из постановлений, принятых ЕСПЧ по делам «Бакоев против Российской Федерации» [27] и «Прошкин против Российской Федерации» [25], следует, что национальное законодательство и судебные акты должны быть ясными, непротиворечивыми и предсказуемыми с точки зрения их применения во избежание угрозы произвола. В решении по делу «Величко против Российской Федерации» [26] можно видеть понимание Европейским Судом принципа правовой определенности в двух значениях. С одной стороны, он отмечает, что в делах, затрагивающих лишение свободы, особенно важно соблюдение этого принципа: законодательство должно быть предсказуемым с точки зрения его применения. Относительно второго значения ЕСПЧ отмечает, что если суды окончательно разрешили вопрос, то их решение не должно ставиться под сомнение. Отступления от этого принципа оправданы только при наличии обстоятельств существенного и непреодолимого (фундаментального) характера. Таким образом, применительно к сфере действия ст. 6 Конвенции принцип правовой определенности рассматривается Европейским Судом в двух аспектах. Во-первых, это правовая определенность самих судебных решений. По мнению ЕСПЧ, противоречивые решения высшего национального суда сами являются источником правовой неопределенности и нарушают право на справедливое судебное разбирательство. Во-вторых, это право на устойчивость судебного решения, вступившего в законную силу. Европейский Суд считает, что принцип правовой определенности предполагает отсутствие у сторон права добиваться пересмотра судебного решения, вступившего в законную силу, лишь в целях повторного

рассмотрения дела и вынесения нового решения [18, с. 244–245]. Однако, представляется, что правовая определенность в первом значении является важной правовой категорией, но не может рассматриваться в виде процессуального принципа. Она выступает в качестве характеристики нормы права или судебного акта.

И. В. Рехтина отмечает, что обращение к древним источникам права позволяет утверждать, что категория «правовая определенность» зародилась в период появления первых формализованных норм права (V в. до н. э.) и связывалась с такими понятиями, как окончательность судебного решения, ограниченный срок рассмотрения дела. *Resjudicata* как понятие непосредственно возникло в римском праве в рамках институтов судебного решения и его законной силы. Именно в римском праве получают терминологическое обозначение и нормативное закрепление различные последствия вступления решения в законную силу: неопровержимость, исключительность, преюдициальность, обязательность, исполнимость [13, с. 71–79]. Следовательно, выделение законной силы в качестве самостоятельного свойства судебного решения в римском частном праве послужило основанием для появления принципа правовой определенности (*resjudicata*). Он является самостоятельным и предусматривает, что вступившее в законную силу судебное решение обладает свойствами непоколебимости, устойчивости, незыблемости. Принцип правовой определенности можно охарактеризовать как межотраслевой процессуальный принцип, который означает в контексте уголовного процесса незыблемость и устойчивость приговора (иного судебного решения по уголовному делу), вступившего в законную силу, и предполагает установление разумных сроков, ограниченных пределов (обстоятельств) и количества судебных инстанций для обжалования таких решений [1, с. 71].

ЕСПЧ призывает к необходимости в равной степени следовать принципу правовой определенности в гражданском и уголовном процессе. Рассматривая уголовные дела, он непосредственно ссылается на гражданские и наоборот. Т. В. Трубникова отмечает, что, поскольку Европейским Судом принято большое количество постановлений, констатирующих нарушение Российской Федерацией принципа правовой определенности вследствие пересмотра в порядке надзора как решений по гражданским делам, так и приговоров, постановленных по уголовным делам, то ЕСПЧ использует один и тот же системный подход [18, с. 246]. Понятием принципа *resjudicata* Европейский Суд руководствуется также в делах, связанных с производством по вновь открывшимся обстоятельствам [22]. Это указывает на то, что термин «возобновление дела» является единым в понимании ЕСПЧ. Следовательно, принцип правовой определенности носит межотраслевой характер.

В деле «Брумареску против Румынии» [20] Европейский Суд указал, что одним из основополагающих аспектов принципа верховенства права является принцип правовой определенности (*resjudicata*), который требует, чтобы в случае вынесения судами окончательного (вступившего в законную силу) судебного решения, оно не подлежало пересмотру (не вызывало сомнения). ЕСПЧ в данном деле впервые признал существование правовой определенности именно в смысле принципа *resjudicata*, который означает устойчивость, незыблемость вступивших в законную силу судебных решений.

В этом же постановлении ЕСПЧ пришел к выводу о том, что осуществление права обжалования окончательных решений должно быть ограничено

во времени, поскольку судебные решения не могут подвергаться сомнению бесконечно, в том числе с точки зрения полномочий должностных лиц, поскольку они должны быть ограниченными.

Кроме того, Европейский Суд обратил внимание на поиск справедливого баланса между интересами общества и требованиями о защите основных прав индивида.

В деле «Рябых против России» [21] ЕСПЧ указал на необходимость уважения принципа *res judicata*, то есть принципа окончательности судебных решений. По мнению Европейского Суда, он предполагает, что стороны не вправе добиваться пересмотра подлежащего исполнению судебного решения лишь в целях проведения повторного рассмотрения (пересмотра) и вынесения нового решения по делу. Полномочия вышестоящих судов по пересмотру должны осуществляться в целях исправления судебных ошибок, неправильного отправления правосудия. Одна лишь возможность двух взглядов по делу не может служить основанием для повторного рассмотрения. Отойти от этого принципа возможно, только если есть существенные и бесспорные обстоятельства. Помимо этого, было отмечено, что внутренняя правовая система государств не должна позволять, чтобы окончательное обязывающее судебное решение оставалось недействующим в ущерб одной стороне.

На основании изложенного можно констатировать, что принцип правовой определенности реально существует и используется в практике ЕСПЧ, который неукоснительно следует этому принципу и считает его самостоятельной ценностью, требующей защиты. Обнаружение Европейским Судом нарушения данного принципа государством-ответчиком по делу влечет за собой соответствующие правовые последствия.

Таким образом, принцип *res judicata* в современном виде возник из судебной практики, был признан ею, а теперь требует законодательного закрепления в главе 2 Уголовно-процессуального кодекса Российской Федерации (далее – УПК РФ).

Приговор суда должен быть законным, обоснованным и справедливым (ст. 297 УПК РФ), что невозможно, на наш взгляд, без установления истины по уголовному делу. Как справедливо отмечала П. А. Лупинская, в отношении вступившего в законную силу приговора действует презумпция его истинности [19, с. 725]. Суть данной презумпции заключается в том, что приговор, вступивший в законную силу, предполагается истинным, пока обратное не доказано в установленном законом порядке. Эта презумпция является оспоримой (опровержимой) при определенных обстоятельствах. В настоящее время презумпция истинности вступившего в законную силу судебного решения выступает основой принципа правовой определенности. Она действительно существует в уголовном процессе как предположение о его правильности, хотя прямо в УПК РФ не предусмотрена. Законодательное закрепление этой презумпции будет иметь, безусловно, положительное значение.

Прежде чем обратиться к рассмотрению пределов действия принципа *res judicata* в современном уголовном процессе России, необходимо отметить следующее. Пересмотр судебных решений в кассационном порядке и в порядке надзора является экстраординарными стадиями уголовного процесса [7, с. 21; 10, с. 284]. Представляется, что именно отмена (изменение) вступившего в законную силу судебного акта, а также специальные основания пересмотра такого решения позволяют вести речь об исключительности

данных стадий процесса. Однако, проведенный нами сравнительный анализ оснований пересмотра судебных решений, вступивших в законную силу, позволяет сделать вывод о том, что надзорные основания (ч. 1 ст. 412.9 УПК РФ) фактически тождественны кассационным (ч. 1 ст. 401.15 УПК РФ). Таким образом, с точки зрения оснований пересмотра, ни кассация, ни надзор не стали единственно экстраординарными. Нельзя не согласиться с Н. Н. Ковтуном в том, что в УПК РФ нашел закрепление явно ошибочный подход, согласно которому кассационная проверка судебных решений, вступивших в законную силу, может осуществляться неоднократно и в различных кассационных инстанциях. Идея неоднократной кассационной проверки судебных решений является непродуктивной для реформированного кассационного производства [9, с. 92–93].

Как верно пишет О. А. Сухова, международные стандарты принципиально диктуют обеспечение такого кассационного порядка проверки, при котором окончательные решения суда проверялись бы только единожды в кассационном порядке и в одной кассационной инстанции [17, с. 197]. В. А. Лазарева, указывая на то, что кассация и надзор различаются только судебными инстанциями, справедливо отмечает, что происходит двойное правовое регулирование одних и тех же, по сути, общественных отношений [11, с. 129–130].

Дублирование инстанций существенно снижает эффективность всей судебной реформы. Поскольку в законе установлено практически полное тождество в нормативной регламентации кассационного и надзорного производства, то законодателю, видимо, необходимо сделать выбор и создать только одну действительно исключительную инстанцию, ибо иное противоречит принципу правовой определенности. В этой связи представляет интерес позиция А. Ю. Заксон, которая предлагает создание кассационного обжалования как исключительного (экстраординарного), используя опыт Франции [6].

Присоединение России к Конвенции о защите прав человека и основных свобод, признание юрисдикции ЕСПЧ по вопросам применения и толкования Конвенции обязывают наше государство соблюдать принцип правовой определенности (*res judicata*). Законодатель, правоприменители должны уважать и соблюдать незыблемость, устойчивость и преюдициальность судебных решений, вступивших в законную силу. Однако рассматриваемый принцип не является абсолютным и безусловным, поэтому существует институт пересмотра окончательных решений суда. Очевидно, что он вступает в коллизию с принципом *res judicata*, и это нельзя не учитывать законодателю при установлении им механизма пересмотра судебных решений, вступивших в законную силу [5, с. 37–38]. При этом обжалование названных решений необходимо ограничить соответствующими условиями (пределами), иными словами, возникает проблема определения оснований отмены (изменения) вступивших в законную силу судебных актов, т. е. пределов действия принципа правовой определенности.

В литературе отмечается, что вопрос о допустимых основаниях для отмены вступивших в законную силу судебных решений является наиболее сложным и неопределенным в практике ЕСПЧ [16, с. 73–74]. Действие принципа правовой определенности применительно к процедурам пересмотра вступивших в законную силу судебных решений, по мнению ЕСПЧ, проявляется в возможности отмены таких актов только для исправления

существенных ошибок. Вместе с тем используемые Европейским Судом критерии являются оценочными, в то время как формирование более четких, универсальных и объективных критериев существенности нарушений, которые могут привести к отмене вступивших в законную силу судебных актов, является основным вопросом для государства, устанавливающего основания отмены судебных решений в экстраординарных процедурах и желающего обеспечить соответствие этих оснований Конвенции [16, с. 73–74]. В Постановлении по делу «Сутяжник» против Российской Федерации» ЕСПЧ прямо указал, что понятия существенных недостатков или судебной ошибки не имеют точного определения и в каждом деле приходится решать, насколько было допустимо отступление от принципа правовой определенности [24].

Возникает вопрос: есть ли необходимость и возможность закрепления в российском уголовно-процессуальном законодательстве конкретного перечня оснований пересмотра вступивших в законную силу судебных решений? В настоящее время существуют противоположные позиции Конституционного Суда РФ относительно определения в процессуальном законодательстве пределов действия принципа *res judicata*. В постановлении от 17 июля 2002 г. № 13-П он указал на то, что предусматривая возможность отмены вступивших в законную силу приговоров, законодатель был обязан сформулировать безусловные основания к их отмене с достаточной определенностью, точностью и ясностью, с тем, чтобы исключить произвольное применение закона судом. Не выполнив этого, он тем самым исказил критерии допустимости отмены окончательных приговоров, вытекающие из Конституции РФ и Протокола № 7 к Конвенции [28]. В то же время в постановлении от 5 февраля 2007 г. № 2-П (применительно к гражданскому судопроизводству) Конституционный Суд РФ выразил другую позицию, в соответствии с которой суду надзорной инстанции должна быть предоставлена определенная свобода усмотрения при решении вопроса о наличии или отсутствии оснований для отмены или изменения судебных решений, поскольку разнообразие обстоятельств, подтверждающих наличие соответствующих оснований, делает невозможным установление их перечня в законе [29].

УПК РФ (в современной редакции) устранил имевшуюся в УПК РСФСР 1960 г. тождественность оснований для вступивших и не вступивших в законную силу судебных решений. Однако, как было отмечено ранее, кассационные основания пересмотра фактически стали тождественны надзорным (ч. 1 ст. 401.15 и ч. 1 ст. 412.9 УПК РФ). Как видим, законодатель не установил никакого перечня существенных нарушений закона. Некоторые ученые к этому факту относятся положительно и считают, что критерии, которым должны отвечать существенные нарушения, повлиявшие на исход дела, должны быть выработаны судебной практикой [5, с. 44–50]. Полагаем, что и в этом случае законодатель обязан закрепить перечень существенных нарушений в уголовно-процессуальном законе. Тем более, что на прецеденты ЕСПЧ сложно ориентироваться, поскольку используемые им критерии являются оценочными, а степень соответствия критерию существенности как основанию для отступления от правовой определенности устанавливается Европейским Судом индивидуально для каждого дела.

При установлении пределов действия принципа правовой определенности в российском уголовном процессе основной проблемой является, что следует понимать под существенным нарушением уголовно-процессуального

и (или) уголовного закона. Важно заметить, что говоря о существенных нарушениях, ЕСПЧ имеет в виду нарушения норм процессуального права. Нарушения же норм материального права, с точки зрения Европейского Суда, должны исправляться судом апелляционной инстанции. Иное положение вещей будет свидетельствовать о нарушении принципа правовой определенности [3, с. 81]. Однако, к подобной позиции ЕСПЧ нужно подходить осторожно, поскольку могут существовать такие нарушения материального права, которые сами по себе искажают саму суть правосудия: назначение судом в приговоре такого вида наказания, которое не предусмотрено законом, например, смертной казни в случае ее отмены или признания соответствующих норм УК РФ недействующими. Такие материально-правовые нарушения трудно не считать фундаментальными, а значит, и влекущими отмену судебного решения, ступившего в законную силу [15]. В этой связи представляется верным закрепление в УПК РФ в качестве оснований для отмены и изменений вступивших в законную силу судебных решений существенных нарушений как уголовно-процессуального, так и уголовного закона, если они повлияли на исход дела, т. е. на правильность его разрешения по существу. Однако в контексте кассационного и надзорного производства правильнее было бы использовать следующую формулировку: существенное нарушение уголовно-процессуального закона и неправильное применение уголовного закона, что, по нашему глубокому убеждению, должно найти отражение в ст. 401.15 и ст. 412.9 УПК РФ.

По обоснованному замечанию Н. Н. Ковтуна, при определении юридических оснований отменены, изменения окончательных актов суда (кассация и надзор), законодатель не поясняет, насколько эти существенные основания тождественны столь же существенным нарушениям закона, которые приведены в качестве оснований ординарной апелляционной проверки. Тем не менее эти основания, исходя из практики ЕСПЧ, должны быть различны [8].

Для решения данной проблемы необходимо, на наш взгляд, закрепить в УПК РФ перечень существенных нарушений уголовно-процессуального законодательства, влекущих отмену (изменение) судебных решений, вступивших в законную силу. Сделать это можно на основании имеющейся судебной практики. Так, Т. М. Алексеева, обобщив практику Верховного Суда РФ, выявила следующие типы нарушений уголовно-процессуального закона, которые были отнесены им к разряду существенных: 1) нарушения, которые относятся к формированию и полномочиям суда (например, нарушение правил подсудности); 2) нарушение принципов уголовного судопроизводства, которые повлекли нарушение прав участников процесса (например, нарушение права подозреваемого, обвиняемого на защиту); 3) несоблюдение установленного уголовно-процессуальным законом порядка рассмотрения уголовных дел (например, нарушение установленного порядка прекращения уголовного дела (преследования) в связи с истечением сроков давности уголовного преследования) [1, с. 196]. Полагаем, что на них следует ориентироваться как законодателю, так и правоприменителю, понимая, что данный перечень не является исчерпывающим.

Представляется, что основания отмены (изменения) судебного решения, которые преследуют цель ухудшения положения обвиняемого (осужденного, оправданного), должны быть ограничены исключительно неправильным применением уголовного закона.

При возобновлении производства ввиду новых и вновь открывшихся обстоятельств пределы действия принципа правовой определенности качественно изменяются в связи с иными целями и основаниями данного вида пересмотра.

Таким образом, пределами действия принципа правовой определенности являются основания, при которых вступившее в законную силу судебное решение подлежит отмене (изменению), а именно: существенные нарушения уголовно-процессуального закона, неправильное применение уголовного закона, а при возобновлении производства по уголовному делу – закрепленные в законе новые и вновь открывшиеся обстоятельства. Четкое определение в УПК РФ этих пределов позволит соблюсти необходимый баланс между правом на обжалование судебных решений и требованием о стабильности судебных актов.

Библиографический список

1. *Алексеева Т. М.* Правовая определенность судебных решений в уголовном судопроизводстве. М. : Юрлитинформ, 2016. 208 с.
2. *Боннер А. Т., Котов О. Ю.* Принцип правовой определенности в практике Европейского Суда по правам человека // Закон. 2008. № 4. С. 199–211.
3. *Борисова Е. А.* Правовая определенность и право на справедливое судебное разбирательство // Законодательство. 2010. № 8. С. 76–82.
4. *Головки Л. В.* Новеллы УПК РФ: прогресс или институциональный хаос? // Апелляция, кассация, надзор: новеллы ГПК РФ и УПК РФ. Первый опыт критического осмысления / под ред. Н. А. Колоколова. М. : Юрист, 2011. С. 46–48.
5. *Давыдов В. А.* Пересмотр судебных решений по уголовным делам: о некоторых законодательных новеллах накануне их применения // Уголовный процесс. 2012. № 11. С. 44–51.
6. *Заксон А. Ю.* Экстраординарные способы обжалования в уголовном процессе Франции как функция уголовного правосудия : дис. ... канд. юрид. наук. М., 2011. 201 с.
7. *Качалова О. В.* Кассационное производство: пути оптимизации // Уголовный процесс. 2014. № 5. С. 20–23.
8. *Ковтун Н. Н.* Апелляционное, кассационное и надзорное производство в российском уголовном процессе: ожидания практики // Уголовный процесс. 2012. № 11. С. 26–33.
9. *Ковтун Н. Н.* Апелляция, кассация, надзор: анализ содержания // Апелляция, кассация, надзор: новеллы ГПК РФ и УПК РФ. Первый опыт критического осмысления / под ред. Н. А. Колоколова. М. : Юрист, 2011. С. 80–106.
10. *Ковтун Н. Н.* Судебный контроль в уголовном судопроизводстве России: понятие, сущность, формы : дис. ... д-ра юрид. наук. Н. Новгород, 2002. 520 с.
11. *Лазарева В. А.* Апелляция, кассация, надзор: анализ формы // Апелляция, кассация, надзор: новеллы ГПК и УПК РФ. Первый опыт критического осмысления / под ред. Н. А. Колоколова. М. : Юрист, 2011. С. 106–140.
12. О ратификации Конвенции о защите прав человека и основных свобод и Протоколов к ней: Федеральный закон от 30 марта 1998 г. № 54-ФЗ // Собрание законодательства РФ. 1998. № 14. Ст. 1514.
13. *Рехтина И. В.* Истоки принципа правовой определенности (resjudicata) в законодательстве Древнего Рима // Вопросы современной юриспруденции : материалы XXVII Международной заочной науч.-практ. конференции (31 июля 2013 г.). Новосибирск, 2013. С. 71–79.
14. *Сидоренко А. И.* Принцип правовой определенности в судебной практике: имплементация решений Европейского Суда по правам человека : автореф. дис. ... канд. юрид. наук. Пермь, 2016. 30 с.

15. *Смирнов А. В.* Реформа порядка пересмотра судебных решений по уголовным делам: кассация. Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
16. Стандарты справедливого правосудия (международные и национальные практики) / под ред. Т. Г. Морщаковой. М. : Мысль, 2012. 584 с.
17. *Сухова О. А.* Институт кассации в уголовном процессе России и Франции: генезис и сравнительно-правовой анализ современного состояния в контексте соответствия международно-правовому стандарту // Вестник Удмуртского ун-та. 2014. Вып. 2. С. 190–198.
18. *Трубникова Т. В.* Право на справедливое судебное разбирательство: правовые позиции Европейского Суда по правам человека и их реализация в уголовном процессе Российской Федерации. Томск : Изд-во Том. ун-та, 2011. 296 с.
19. Уголовно-процессуальное право Российской Федерации / под ред. П. А. Лупинской. М. : Норма, 2009. 1072 с.
20. Постановление ЕСПЧ по делу «Брумареску против Румынии» от 28 октября 1999 г. (жалоба № 28342/95). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
21. Постановление ЕСПЧ по делу «Рябых против России» от 24 июля 2003 г. (жалоба № 52854/99). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
22. Постановление ЕСПЧ по делу «Праведная против Российской Федерации» от 18 ноября 2004 г. (жалоба № 69529/01). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
23. Постановление ЕСПЧ по делу: «Эдуард Чистяков против Российской Федерации» от 9 апреля 2009 г. (жалоба № 15336/02). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
24. Постановление ЕСПЧ по делу «Сутяжник» против Российской Федерации» от 23 июля 2009 г. (жалоба № 8269/02). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
25. Постановление ЕСПЧ по делу «Прошкин против Российской Федерации» от 7 февраля 2012 г. (жалоба № 28869/03). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
26. Постановление ЕСПЧ по делу «Величко против Российской Федерации» от 15 января 2013 г. (жалоба № 19664/07). Доступ из СПС «КонсультантПлюс».
27. Постановление ЕСПЧ по делу «Бакоев против Российской Федерации» от 5 февраля 2013 г. (жалоба № 30225/11). Доступ из СПС «КонсультантПлюс»..
28. Постановление Конституционного Суда РФ от 17 июля 2002 г. № 13-П «По делу о проверке конституционности отдельных положений статей 342, 371, 373, 378, 379, 380 и 382 Уголовно-процессуального кодекса РСФСР, статьи 41 Уголовного кодекса РСФСР и статьи 36 Федерального закона «О прокуратуре Российской Федерации» в связи с запросом Подольского городского суда Московской области и жалобами ряда граждан» // Собрание законодательства РФ. 2002. № 31. Ст. 3160.
29. Постановление Конституционного Суда РФ от 5 февраля 2007 г. № 2-П «По делу о проверке конституционности положений статей 16, 20, 112, 336, 376, 377, 380, 381, 382, 383, 387, 388 и 389 Гражданского процессуального кодекса Российской Федерации в связи с запросом Кабинета Министров Республики Татарстан, жалобами открытых акционерных обществ «Нижнекамскнефтехим» и «Хакасэнерго», а также жалобами ряда граждан» // Собрание законодательства РФ. 2007. № 7. Ст. 932.

Е. Л. Поцелуев, А. А. Меркуленко

ФОРМА ГОСУДАРСТВЕННОГО УСТРОЙСТВА И ГОСУДАРСТВЕННЫЙ РЕЖИМ РОССИИ В КОНЦЕ XX – НАЧАЛЕ XXI ВЕКА

Анализируемая статья посвящена форме современного российского государственного устройства и существующему государственному режиму. В научной и учебной юридической литературе по теории государства и права, конституционному праву Российской Федерации и сравнительному правоведению существуют различные подходы ко всем трем элементам формы отечественного государства в постсоветский период. Существует несколько точек зрения, какой вид федерации и государственного режима имеет наша страна. Эта сложная проблема имеет важное теоретическое и практическое значение, так как от правильной оценки современной модели российского государства и его элементов может зависеть выбор стратегии в государственном строительстве, принятие тех или иных федеральных законов, поправок и изменений в Конституцию РФ и федеральные конституционные законы. В результате проведенного исследования, авторы приходят к следующим выводам: в настоящее время это конституционная, территориально-национальная и сравнительно централизованная федерация; государственный режим – это режим становящейся демократии с элементами мягкого авторитаризма.

Ключевые слова: форма государственного устройства, федерация, конституционная федерация, национально-территориальная федерация, ассиметричная федерация, государственный режим, государственно-правовой режим.

The article focuses on the form of the modern Russian state structure and existing state regime. In the scientific and educational legal literature on the theory of state and law, the constitutional law of the Russian Federation and comparative law, there are different approaches to all three elements of the form of the state in the post-Soviet period. There are several points of view about what kind of federation, and state regime (there is an amplitude of assessments from authoritarian to democratic) our country has. This complex problem has a great theoretical and practical importance, since the choice of strategy in state building, the adoption of certain federal laws, changes and amendments to the Constitution of the Russian Federation and federal constitutional laws may depend on a correct assessment of the current model of the Russian state and all its elements. As a result of the study, the authors come to the following conclusions: at present it is a constitutional, territorial-national and a relatively centralized federation; The state regime is a regime of emerging democracy with elements of soft authoritarianism.

Key words: form of the state structure, federation, constitutional federation, national-territorial federation, asymmetric federation, state regime, state-legal regime.

Современное российское государство качественным образом отличается от предшествующего ему советского государства. Несмотря на то, что прошедшую через четверть века государственную систему можно назвать

устоявшейся и стабильной, тем не менее, возникают вопросы относительно характеристики формы российского государства.

Форма государственного устройства современной России. Из самого названия «Российская Федерация» становится понятна форма государственного устройства. Для более полной характеристики приведем классификации федеративных государств, и то, какое место занимает в них Россия, хотя, как пишет А. В. Саленко, «каждая федерация по-своему уникальна и неповторима» [5, с. 1], поскольку становление и развитие федераций проходило в разных исторических, политических, социальных и экономических условиях [6; 5, с. 1]. По степени централизации можно выделить централизованные и децентрализованные федерации. Россия относится к первым. Связано это прежде всего с большим объемом предметов ведения федерального центра. Ни один из субъектов нашего государства не имеет права выхода из состава федерации в отличие, например, от Бельгии и Канады. Кроме того, в отличие от тех же США [7] Президент РФ может отрешить высшее должностное лицо субъекта РФ от должности и распустить законодательный (представительный) орган субъекта РФ [4]. Различают национальную и территориальную федерации. Россия представляет собой национально-территориальную федерацию, т. к. наряду с национальными субъектами существуют также и территориальные субъекты. Различают также симметричные и асимметричные федерации. В асимметричной федерации субъекты имеют разный правовой статус [3, с. 167]. Существует три разновидности асимметрии [9, с. 150–158] и Россия относится к такой разновидности, в которой субъекты юридически равноправны, но различаются по своему фактическому положению, так как имеется шесть видов субъектов, которые согласно Конституции РФ равноправны в своем положении в Федерации (ч. 1 ст. 5) и во взаимоотношениях с федеральными ОГВ (ч. 4 ст. 5), но фактическое их положение различается. Соответственно только в республиках есть конституции (в ФРГ теперь во всех землях есть Конституции, поэтому немецкой юридической наукой «была разработана доктрина конституционной автономии земель» – *Verfassungsgautonomie der Länder*. Этой доктрине, земли имеют право путем принятия конституций регулировать вопросы собственной правовой, социальной, экономической и культурной жизни» [5, с. 7]) согласно ст. 66 Конституции РФ устав субъекта РФ может приниматься только законодательным (представительным) органом субъекта РФ, а конституция республики может приниматься различными способами (даже через референдум). Фактическое неравенство субъектов РФ отмечают и другие исследователи. Они связывают это с тем, что активно «заключавшиеся двусторонние договоры о разграничении полномочий между Федерацией и субъектами позволили части последних получить значительно больший объем прав по сравнению с иными (этот больший объем получили в основном республики в составе России)» [1, с. 500]. Следует отметить, во-первых, что подобные соглашения о разграничении предметов ведения и полномочий между федеральными органами власти и органами государственной власти субъектов РФ заключались первоначально в основном с республиками; во-вторых, в конечном счете, они были заключены примерно с половиной субъектов нашей страны; в-третьих, после того как Президентом России стал В. В. Путин большинство законодательных органов субъектов РФ приняли лаконичные решения, в которых говорилось, что в связи с тем, что цели, которые были предусмотрены в вышеуказанных соглашениях достигнуты, то эти договоры утрачивают силу. Как отмечает

В. Н. Синюков в 2012 г.: «Современная политическая практика федерализма побудила к фактическому отказу от двусторонних соглашений федерации и регионов» [8, с. 376]. По его мнению, РФ, «вероятно, закономерно ассиметрична» по причине ее многонациональности [8, с. 374] и при этом констатирует, что «Конституция восприняла идею формальной симметрии федерации, возведя в статус субъектов республики, края, области, города федерального значения, автономную область, что, в принципе, является нежелательным, но хотя бы легальным решением вопроса» [8, с. 375]. По мнению некоторых ученых, после 2000 г. «федеральный центр на деле стал проводить старую политику избирательных взаимоотношений с регионами – двусторонних предпочтений и ограничений, с одной стороны, и фактического перераспределения конституционных полномочий от регионов в пользу федеральной власти – с другой». Имеется в виду, в частности, отмена выборности населением глав регионов, шаги по элиминации национально-территориальной автономии. В. Н. Синюков делает вывод, что в результате «взвинчивания» статусов «внутренней государственности» «мы в тончайшей сфере федеративных отношений, в конечном счете, сбились на худший путь явочной авторитарной централизации, подменив суть проблемы децентрализации, самоуправления и устойчивости государства созданием властной вертикали» [8, с. 375].

Форма государственного режима современной России. В. В. Лазарев и С. В. Липень выделяют следующие признаки демократического политического режима (но, по нашему мнению, многие из них можно экстраполировать и на государственный режим): 1) наличие гарантированных прав и свобод граждан; 2) нормальное функционирование представительных учреждений, народ – единственный источник государственной власти; 3) контроль населения за принятием политических решений; 4) разделение властей, всей полнотой власти в государстве не обладает ни один орган; 5) ограничение государственного насилия преимущественно сферой отклоняющегося поведения граждан, деятельность правоохранительных органов основана, прежде всего, на строгой законности; 6) свободная деятельность оппозиционных политических партий, разнообразие общественных организаций; 7) политический плюрализм – свободное выражение интересов всех социальных групп общества (а его показатели – деятельность различных политических партий и общественных организаций); 8) наличие гражданского общества [3, с. 173]. Присущи эти черты государственно-правовой и политической жизни современной России или нет? Все характеристики налицо или нет? В определенной мере, все ответы будут носить оценочный характер. Во-первых, действующая Конституция закрепила многие естественные, вечные, неотчуждаемые права человека. В законодательстве зафиксирован плюрализм форм собственности, идеологии, многопартийность, что существует и на практике. Если право человека на территории России нарушено, и он использовал все судебные возможности страны, то он имеет право обратиться с заявлением (петицией) в Европейский Суд по правам человека и в случае решения Суда в его пользу может получить денежную компенсацию от нашей страны. Но насколько собственность, бизнес защищены от криминального мира, организованной преступности, рейдерских захватов, использования правоохранительных органов и судебной системы (высшее руководство страны заявляло ранее и о коррупции в судебной системе) в незаконных целях? Можно ли в определенной мере коррумпированное государство (в ежегодных

мировых рейтингах РФ никогда не была на местах, где минимум коррупции) назвать демократическим? Насколько гарантированы права человека и гражданина на территории Российской Федерации (право на жизнь, собственность, благоприятную окружающую среду и др.) в условиях достаточно большого количества совершаемых преступлений? Ликвидированы ли полностью неуставные отношения в Вооруженных Силах РФ? Во-вторых, функционирование различных государственных органов, в том числе и представительных, можно назвать нормальным (на наш взгляд, корректнее оперировать терминами легальность и легитимность), поскольку они действуют в законодательном поле, принимают на федеральном уровне довольно много законов (руководство парламента предприняло шаги по укреплению дисциплины и наказанию депутатов, пропускающих заседания без уважительных причин), но, как мы уже отмечали, нижняя палата парламента работает в условиях, когда над ней висит «Дамоклов меч» роспуска. Кроме того, 5 % барьер, а тем более существовавший некогда 7 % барьер, по нашему мнению, дают искаженную картину политической системы общества и партийных предпочтений электората – граждан РФ. Лидеры ряда российских оппозиционных политических партий в недавнем прошлом неоднократно публично заявляли, что соперничество с правящей партией на разного рода выборах не было равным (звучали обвинения в использовании административного ресурса; оценка деятельности главы субъекта РФ Президентом страны зависела от результатов голосования за правящую партию, поскольку считалось, что тем самым население оценивало работу главы региона на своем посту; а, как известно, большинство региональных руководителей – члены правящей партии и в любом случае их кандидатура была поддержана региональным парламентом и региональным отделением правящей партии), выражали сомнения в подсчете голосов и обращались в судебные инстанции. Руководство правящей партии признавали, что на выборах были отдельные нарушения избирательного законодательства, но они не повлияли на окончательный результат. Такую же позицию занимал в свое время и Верховный суд страны в ответ на обращения И. М. Хакамады, Г. А. Явлинского и др. На Западе, как правило, не возникает сомнений в правильности подсчета голосов на выборах президента страны или парламента и проигравший политик нередко еще до официального оглашения результатов поздравляет победителя и признает свое (или своей партии) поражение. Существует подход, который мы разделяем, что, если есть все признаки демократического политического или государственного режима, но результаты выборов фальсифицируются, то перед нами «мягкий» авторитарный режим. Но мы будем исходить применительно к РФ из презумпции честного (в целом) подсчета голосов, пока иное не доказано в судебном порядке или другим убедительным способом. Правда, отдельные нарушения избирательного законодательства отчетливо видны в случаях при видеофиксации и что еще важнее – признаны в решениях российских судов. Заслуживает внимания и характеристика, так называемых, «мягких» авторитарных режимов, данная В. В. Лазаревым и С. В. Липенем: ограничение граждан в политических правах; как правило, не допускается деятельность политической оппозиции (по нашему мнению, это признаки «классического» авторитарного режима. – *Е. П., А. М.*), «однако государство воздерживается от применения крайнего насилия, террористических методов по отношению к населению (в этом нет необходимости, например, высокого авторитета

правителя или страха. – Е. П., А. М.)» [3, с. 175]. Конечно, такой режим нельзя ни в коем случае назвать «жестким» авторитарным режимом, но мы полагаем, что это традиционный, классический, «средний» вариант авторитаризма. В-третьих, мнение населения, по крайней мере, его активной части далеко не всегда учитывается высшим руководством страны. К примеру, общественность (отдельные военные журналисты и др.) публично требовали отставки А. Э. Сердюкова (министра обороны РФ в 2007–2012 гг.) или часть АН России – отставки Д. В. Ливанова (министра образования РФ в 2012–2016 гг.), но кадровые решения были приняты в обоих случаях позднее и, возможно, по другим причинам. В-четвертых, разделение властей, безусловно, есть, но совершенно очевиден гиперпрезидентонализм – дисбаланс в сторону полномочий Президента страны и большие властные ресурсы его Администрации. В-пятых, в современной России, пожалуй, есть все институты гражданского общества, но, по понятным причинам, все они еще недостаточно развиты, сила общественного мнения не так сильно влияет на высшее руководство страны как, например, в ФРГ, Португалии и подобных странах, когда негативная реакция активной части общества, СМИ приводит к отставкам тех или иных министров. Нужно, конечно, помнить, что, по историческим меркам, прошло незначительное время с момента провозглашения демократических ценностей в нашем обществе. Точкой отсчета становления демократии в России следует считать 25 декабря 1993 года (предтечей был период перестройки в СССР) – день вступления в силу российской Конституции. Для реального воплощения демократических ценностей нужны не только демократические законодательство и соответствующая деятельность органов власти, но и высокий уровень правосознания и соответственно правовой культуры всего общества. А для привития такой культуры российскому социуму, менее века назад прошедшему через сталинские репрессии, требуется немалое время. В связи с этим наша страна еще долгие годы будет иметь элементы автократичности. Следует помнить, что определяющую роль в жизни России на протяжении всех этапов ее исторического развития играет единоличный правитель [2, с. 25]. Поэтому режим можно охарактеризовать как режим становящейся демократии как с поступательным (прогрессивным), так и в определенных сферах, попятным (регрессивным) движением.

Таким образом, можно определить современную Россию как конституционную, централизованную, асимметричную, национально-территориальную федерацию с демократическим де-юре государственным режимом и де-факто режимом становления демократии с некоторыми чертами «мягкого» авторитарного режим.

Библиографический список

1. Голубева Л. А., Черноков А. Э. Сравнительное государственное управление : учебник для высших учебных заведений. СПб. : ИВЭСЭП, Знание, 2009. 557 с.
2. Дмитриев А. Ю. Форма правления в России в период Конституционной реформы 1993 г. // Юридическая мысль. 2011. № 2. С. 25–30.
3. Лазарев В. В., Липень С. В. Теория государства и права : учебник для бакалавров. 4-е изд., перераб. и доп. М. : Юрайт, 2012. 634 с.
4. Об общих принципах организации законодательных (представительных) и исполнительных органов государственной власти субъектов Российской Федерации :

- федеральный закон от 06.10.1999 № 184-ФЗ (ред. от 28.12.2016) // Российская газета. 1999. 19 окт. № 206 ; Российская газета. 2016. 30 дек. № 298.
5. *Саленко А.* Конституционные основы германского федерализма // Сравнительное конституционное обозрение. 2015. № 6 (109). С. 1–9.
 6. *Саломатин А. Ю.* Логика становления и развития федерализма (сравнительный, государственно-правовой и политологический обзор) / А. Ю. Саломатин, М. И. Рыхтик, Е. В. Наквакина, О. Ю. Шмелева // Наука. Общество. Государство : электрон. науч. журн. 2017. Т. 5, № 2 (18). С. 17–31.
 7. *Саломатин А. Ю., Корякина А. С.* Трансформация федеративных отношений в США и Германии в условиях постмодернизационных отношений // Там же. С. 32–38.
 8. *Синюков В. Н.* Российская правовая система. Введение в общую теорию. 2-е изд., доп. М. : Норма, 2012. 672 с.
 9. *Чиркин В. Е.* Модели современного федерализма: сравнительный анализ // Государство и право. 1994. № 8/9. С. 150–158.

Сведения об авторах

АЗАРОВ
Дмитрий Николаевич доктор физико-математических наук,
доцент, профессор кафедры алгебры
и математической логики,
Ивановский государственный университет.
azarovdn@mail.ru

БАРИНОВА
Марина Олеговна кандидат биологических наук,
доцент кафедры общей биологии
и физиологии,
Ивановский государственный университет.
nauka@list.ru

БОРИСОВА
Елена Анатольевна доктор биологических наук,
профессор, заведующая кафедрой
общей биологии и физиологии,
Ивановский государственный университет.
flogaea@mail.ru

БУЛАЦКАЯ
Наталья Геннадьевна старший преподаватель кафедры
трудового и экологического права,
Ивановский государственный университет.

ВАГАНОВ
Сергей Евгеньевич аспирант кафедры прикладной математики
и компьютерных наук,
Ивановский государственный университет.
pro100-pioner@mail.ru

ВИРЗУМ
Людмила Викторовна кандидат химических наук,
доцент кафедры общей химии,
Ивановской государственной сельскохозяйст-
венной академии им. Д. К. Беляева.
virzum@list.ru

ЕРЁМИНА
Елена Викторовна кандидат экономических наук,
доцент кафедры алгебры
и математической логики,
Ивановский государственный университет.
e.eremina71@mail.ru

ЗАРИПОВ
Владимир Николаевич кандидат биологических наук,
доцент кафедры общей биологии и физиологии,
Ивановский государственный университет.
zaripow@mail.ru

КОВАЛЕВ
Сергей Евгеньевич старший преподаватель кафедры
уголовного права и процесса,
Ивановский государственный университет.
bomelaid@mail.ru

- КОВАЛЬ Сергей Петрович** кандидат исторических наук, доцент кафедры конституционного права и прав человека, Ивановский государственный университет. petrovitsch17@mail.ru
- КОРОЛЕВА Светлана Валерьевна** доктор медицинских наук, доцент, профессор кафедры основ гражданской обороны и управления в ЧС, Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России. drqueen@mail.ru
- КРЫЛОВ Евгений Николаевич** доктор химических наук, профессор кафедры органической и физической химии, Ивановский государственный университет. enk2000S@yandex.ru
- КРЯЖЕВА Анастасия Алексеевна** аспирантка кафедры алгебры и математической логики, Ивановский государственный университет. stasia.07.10@mail.ru
- КУЗЬМИНА Ольга Владимировна** кандидат юридических наук, доцент, декан юридического факультета, заведующая кафедрой уголовного права и процесса, Ивановский государственный университет. Kuzolga03@mail.ru
- КУРГАНОВ Антон Александрович** кандидат биологических наук, доцент кафедры общей биологии и физиологии, Ивановский государственный университет. 07011991_anton@mail.ru
- МЕРКУЛЕНКО Александр Александрович** студент магистратуры, факультет права, НИУ «Высшая школа экономики»; г. Москва. al.merckulenko@yandex.ru
- ПОЦЕЛУЕВ Евгений Леонидович** кандидат исторических наук, доцент, заведующий кафедрой теории и истории государства и права, Ивановский государственный университет. elp777@yandex.ru
- СЕРГЕЕВА Галина Анатольевна** студентка 4 курса, бакалавриат, Ивановский государственный университет. _galya-331.555@mail.ru
- СОЛОН Борис Яковлевич** доктор физико-математических наук, профессор, декан факультета математики и компьютерных наук, заведующий кафедрой алгебры и математической логики, Ивановский государственный университет. bysolon@gmail.com

ХАШИН кандидат физико-математических наук,
Сергей Иванович доцент кафедры прикладной математики
и компьютерных наук,
Ивановский государственный университет.
khash2@mail.ru

ХАШИНА кандидат физико-математических наук, доцент
Юлия Анатольевна кафедры математического анализа и геометрии,
Ивановский государственный университет.
khashina_julia@mail.ru

ЦВЕТКОВ кандидат философских наук,
Михаил Юрьевич старший преподаватель кафедры основ
экономики функционирования РСЧС,
Ивановская пожарно-спасательная академия
ГПС МЧС России.
kleopatra-lebedeva@mail.ru

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ АВТОРОВ

«ВЕСТНИКА ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

1. В журнал принимаются материалы в электронном виде на дискете стандартного формата с приложением одного экземпляра распечатки на белой бумаге.

Максимальный размер статьи — 1,0 авт. л. (20 страниц текста через 1,5 интервала, 30 строк на странице формата А4, не более 65 знаков в строке, выполненного в редакторе Microsoft Word шрифтом Times New Roman или Times New Roman Cyr, кегль 14), сообщения — 0,5 авт. л. (10 страниц).

2. Материал для журнала должен быть оформлен в следующей последовательности: **УДК** (для естественных и технических специальностей), **ББК** (в библиографическом отделе библиотеки ИвГУ); на русском и английском языках: **инициалы и фамилия автора, название материала**, для научных статей — **аннотация** (объемом 10—15 строк), **ключевые слова; текст статьи** (сообщения).

3. Библиографические источники должны быть пронумерованы в алфавитном порядке, ссылки даются в тексте статьи в скобках в строгом соответствии с пристатейным списком литературы. Библиографическое описание литературных источников к статье оформляется в соответствии с ГОСТами 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.

4. Фотографии, прилагаемые к статье, должны быть черно-белыми, контрастными, рисунки — четкими.

5. В конце представленных материалов следует указать полный почтовый адрес автора, его телефон, фамилию, имя, отчество, ученую степень, звание, должность. Материал должен быть подписан всеми авторами.

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

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

8. Рукописи аспирантов публикуются бесплатно.

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.

**ВЕСТНИК
ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**
Серия «Естественные, общественные науки»
2019. Вып. 1/2. Биология. Химия. Математика. Юриспруденция

Директор издательства *Л. В. Михеева*
Технический редактор *И. С. Сибирева*
Компьютерная верстка *Т. Б. Земсковой*

Издается в авторской редакции

Дата выхода в свет 30.09.2019 г.
Формат $70 \times 108^{1/16}$. Бумага писчая. Печать плоская.
Усл. печ. л. 8,75. Уч.-изд. л. 6,8. Тираж 100 экз. Заказ № 70. Цена свободная

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