

ВЕСТНИК
ЮГОРСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

ВЫПУСК 3(58)/2020

Свидетельство о регистрации
ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

г. Ханты-Мансийск
2020 г.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ ЖУРНАЛА «ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА»

Исламутдинов Вадим Фаруарович – главный редактор, доктор экономических наук, проректор по научной работе Югорского государственного университета, v_islamutdinov@ugrasu.ru, +7 (3467) 377-000 (доб. 105);

Шарова Полина Сергеевна – ответственный секретарь редакционной коллегии, заведующий единой редакцией научных журналов ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

05.13.00 Информатика, вычислительная техника и управление по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки):

Карминская Татьяна Дмитриевна – кандидат технических наук, доцент, ректор ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» – главный редактор;

Быстров Виталий Викторович – кандидат технических наук, старший научный сотрудник Института информатики и математического моделирования – обособленное подразделение ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук»;

Вохминцев Александр Владиславович – кандидат технических наук, заведующий научно-исследовательской лабораторией «Интеллектуальные информационные технологии и системы» ФГБОУ ВО «Челябинский государственный университет» совместно с ФИЦ «Информатика и управление» Российской академии наук, Институт системного анализа;

Попков Юрий Соломонович – доктор технических наук, профессор, ведущий научный сотрудник Института (НОЦ) технических систем и информационных технологий ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Мельников Андрей Витальевич – доктор технических наук, профессор базовой кафедры ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет» на базе АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий», директор АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

Полищук Юрий Михайлович – доктор физико-математических наук, профессор, главный научный сотрудник центра дистанционного зондирования Земли АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»;

Пятков Сергей Григорьевич – доктор физико-математических наук, профессор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Славский Виктор Владимирович – доктор физико-математических наук, профессор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Халиуллина Дарья Николаевна – кандидат технических наук, научный сотрудник Института информатики и математического моделирования – обособленного подразделения ФГБУН ФИЦ «Кольский научный центр Российской академии наук».

05.16.00 Металлургия и материаловедение по специальности 05.16.09 Материаловедение (по отраслям) (технические науки):

Баев Владимир Константинович – доктор технических наук, главный научный сотрудник ФГБУН «Институт теоретической и прикладной механики имени С. А. Христиановича Сибирского отделения Российской академии наук»;

Бороненко Марина Петровна – кандидат технических наук, доцент Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Долматов Алексей Викторович – кандидат технических наук, доцент Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Иордан Владимир Иванович – кандидат физико-математических наук, доцент ФГБОУ ВО «Алтайский государственный университет»;

Алымов Михаил Иванович – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Гуляев Павел Юрьевич – доктор технических наук, профессор Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Котванова Маргарита Кондратьевна – кандидат химических наук, доцент Института нефти и газа ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Милюкова Ирина Васильевна – кандидат физико-математических наук, доцент Института цифровой экономики ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

12.00.00 Юридические науки по специальности 12.00.08 Уголовное право и криминология; уголовно-исполнительное право (юридические науки):

Авдеев Вадим Авдеевич – профессор, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права и уголовного процесса ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Козаченко Иван Яковлевич – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права ФГБОУ ВО «Уральский государственный юридический университет»;

Рарог Алексей Иванович – доктор юридических наук, профессор, научный руководитель кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный Юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

Кибальник Алексей Григорьевич – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права и процесса ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет»;

Ким Евгений Петрович – доктор юридических наук, профессор, заведующий кафедрой уголовного права ФГКОУ ВО «Московская Академия Следственного комитета Российской Федерации»;

Наваан Гантулга – кандидат юридических наук, профессор, начальник Института исполнения судебных решений МНР;

Сергевнин Владимир Анатольевич – доктор юридических наук, профессор, директор Центра прикладного уголовного правосудия, профессор Школы Правоохранения и управления юстицией Западного Иллинойского университета;

Розенко Станислав Васильевич – кандидат юридических наук, доцент, директор Юридического института ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»;

Понятовская Татьяна Григорьевна – профессор, доктор юридических наук, профессор кафедры уголовного права ФГБОУ ВО «Московский государственный юридический университет имени О. Е. Кутафина»;

Анисимов Валерий Филиппович – доктор юридических наук, доцент, профессор кафедры правоохранительной деятельности и адвокатуры ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет».

Журнал входит в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

РОССИЙСКИЙ ИНДЕКС
НАУЧНОГО ЦИТИРОВАНИЯ
Science Index 

ISSN 1816-9228 (печатная версия)
ISSN 2078-9114 (электронная версия)
Журнал издается с 2005 года
Журнал включен в РИНЦ

© ФГБОУ ВО «Югорский
государственный университет», 2020

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	5
Алексеев В. И. Применение вейвлетного фазового метода исследования сигналов к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли	7
Баранчук В. А., Пятков С. Г. О некоторых классах обратных задач с точечным переопределением для математических моделей теплопереноса	36
Бурлуцкий В. В., Керамов Н. Д., Балуев В. А., Изерт М. И., Якимчук А. В. Разработка мультиагентной интеллектуальной системы для решения задач классификации и ранжирования материалов в сети Интернет	47
Годовников Е. А., Коротков М. Г., Татьянкин В. М. Разработка программного обеспечения для управления и мониторинга солнечного гибридного инвертора	53
Е. А. Годовников, О. А. Петухова, В. М. Татьянкин, Р. Т. Усманов, А. В. Шицелов, Т. В. Пронькина Технология управления доступом в помещение через web-приложение по сети Интернет	61
Коротков М. Г., Петров А. А., Куркина М. В. Проблемы идентификации интервалов временного ряда при прогнозировании динамики числа заражённых COVID-19 статистическими методами на примере Югры	70
Куркина М. В., Семенов С. П., Славский В. В., Самарина О. В., Петухова О. А., Петров А. А., Финогенов А. А., Самарин В. А. Выравнивание временных рядов с использованием обобщенного преобразования лежандра и методов идемпотентой математики	75
Татьянкин В. М., Шергин С. Н. Математическое моделирование естественного выбытия населения в задаче прогнозирования кадровой потребности региона	83
УГОЛОВНО-ПРАВОВЫЕ И КРИМИНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ ПРЕСТУПНОСТИ В РФ	91
Кудаева Л. А. Состояние современного уголовного законодательства об ответственности за преступления, совершаемые исключительно женщинами	93
Меньшикова А. Г. Медицинский критерий особой жестокости	105
Радостева Ю. В. Еще раз к вопросу о защите генетической информации	116
Наши авторы	122

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ
МОДЕЛИРОВАНИЕ И
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В. И. Алексеев

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕЙВЛЕТНОГО ФАЗОВОГО МЕТОДА ИССЛЕДОВАНИЯ СИГНАЛОВ К АНАЛИЗУ АСИММЕТРИЧНЫХ БАРИЦЕНТРИЧЕСКИХ ДВИЖЕНИЙ СОЛНЦА И ИЗМЕНЕНИЙ ПРОЦЕССОВ, ПРОИСХОДЯЩИХ НА СОЛНЦЕ, ОКОЛОЗЕМНОМ ПРОСТРАНСТВЕ И В НЕДРАХ ЗЕМЛИ

Выполнен комплекс исследований, указывающих на то, что солнечная активность и процессы, связанные с ней, с высокой достоверностью согласованы с движением Солнца относительно барицентра, обусловленным воздействием сил гравитации между Солнцем, Юпитером, Сатурном, Ураном и Нептуном как системы взаимодействий многих тел. В качестве процессов, связанных с активностью Солнца, исследованы: изменения основных магнитных потоков, площадей полярных пятен, количество полярных факелов на полюсах Солнца; индекса геомагнитной активности и индекса отношения плазменного давления к магнитному солнечному ветру (СВ), медленных и высокоскоростных потоков СВ, интенсивности космических лучей (КЛ); среднегодовых значений вектора межпланетного магнитного поля и его составляющих; температуры, плотности и скорости потока плазмы СВ, синодического периода обращения Солнца как звезды, радиуса Солнца в относительных единицах; дальности географического полюса Земли от условного международного начала координат, скорости изменения положения северного магнитного полюса Земли, основных ионосферных параметров и угла наклона оси вращения Земли и вулканических извержений; асимметричного движения Солнца вокруг ЦМ Солнечной системы (в долях солнечного радиуса); расстояния от ЦМ Солнечной системы до Солнца в км, расстояния от ЦМ Солнечной системы до Земли. В основу исследований положено математическое вейвлетное преобразование наблюдений перечисленных выше переменных в тех или иных интервалах времени с последующим вычислением их фазочастотных и фазовременных характеристик, матриц корреляций между характеристиками. Исследуемые переменные разбиваются на группы, в которые входят барицентрическое движение Солнца и изменения солнечной активности. Вычисленные две матрицы корреляций вейвлетных характеристик группы переменных и графики этих характеристик в двух системах координат и отражают согласованность изменений группы переменных. Выполненные исследования указывают на то, что термоядерная реакция, происходящая в недрах Солнца, внешним проявлением которого является солнечная активность, управляется движениями крупных планет Солнечной системы относительно Солнца.

Ключевые слова: барицентрические движения Солнца, процессы на Солнце, комплексный вейвлет, одномерное вейвлет-преобразование, вейвлетные фазочастотные, фазовременные характеристики сигналов, матрицы корреляций вейвлетных характеристик.

В работе приведен обзор современных методов изучения динамики структурообразования материалов. Выполнен анализ возможностей методов динамической электронной микроскопии и оптических методов контроля структурно-фазового состояния материалов в высокотемпературных быстропротекающих процессах. Рассмотрены методы пирометрии в области СВС, газотермического напыления покрытий и аддитивного синтеза изделий из металла и керамики. Представлен обзор нового бесконтактного метода измерения температуры и спектральной степени черноты материалов. Приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на реализацию подхода пирометрического контроля структурообразования в высокотемпературных процессах. Приведен

пример комплексных исследований динамики структурных образований: металл-кислород, металл-углерод – на поверхности фольги вольфрама, молибдена и тантала, нагреваемой электрическим током в инертной газовой среде. В нем результаты пирометрических исследований сопоставлены с микроструктурой и микроэлементным составом фаз замороженных образцов. В завершении работы приведен вывод о рациональной организации контроля структурообразования в процессах высокотемпературного синтеза с точки зрения построения системы автоматического регулирования.

Ключевые слова: СВС, газотермическое напыление, аддитивный синтез, фаза, структура, температура, динамическая электронная микроскопия, тепловизионная съемка, степень черноты, материал.

V. I. Alekseev

APPLICATION OF THE WAVELET PHASE METHOD OF SIGNAL STUDY TO THE ANALYSIS OF ASYMMETRIC BARYCENTRIC MOTIONS OF THE SUN AND CHANGES IN PROCESSES OCCURRING ON THE SUN, NEAR-EARTH SPACE AND IN THE INTERIOR OF THE EARTH

A set of studies has been carried out, indicating that solar activity and processes associated with the activity of the Sun: changes in the main magnetic fluxes, areas of polar spots, the number of polar torches at the poles of the Sun; -index of geomagnetic activity and -index of the ratio of plasma pressure to magnetic solar wind (SW), slow and high-speed flows of SW, cosmic ray intensity (CR); average annual values of the interplanetary magnetic field vector and its components; the temperature, density, and flow rate of the SW plasma, the synodic period of the revolution of the Sun as a star, and the radius of the Sun in relative units; the distance of the Earth's geographic pole from the conventional international origin, the rate of change of the position of the Earth's north magnetic pole, the main ionospheric parameters; the angle of the Earth's axis of rotation and volcanic eruptions; asymmetric movement of the Sun around the solar system of the solar system (in fractions of the solar radius); the distances from the solar system's CM to the Sun in km, the distances from the solar system's CM to the Earth, with high accuracy, are consistent with the movement of the Sun relative to the barycenter. The research is based on the wavelet transformation of the observations listed above variables in various time intervals with the subsequent calculation of their phase-frequency and phase-time characteristics, correlation matrices between characteristics. The studied variables are divided into groups, which include the barycentric movement of the Sun and changes in solar activity. The calculated two correlation matrices of the wavelet characteristics of the group of variables and the graphs of these characteristics in two coordinate systems reflect the consistency of changes in the group.

The studies carried out indicate that the thermonuclear reaction occurring in the interior of the Sun, the external manifestation of which is solar activity, is controlled by the movements of the large planets of the Solar System relative to the Sun.

Key words: barycentric motions of the Sun, processes on the Sun, complex wavelet, one-dimensional wavelet transform, wavelet phase-frequency, phase-time characteristics of signals, correlation matrix of wavelet characteristics.

Введение

Солнце является основным источником гравитационной энергии в Солнечной системе и основным источником энергии, поступающей на Землю в волновом и корпускулярном излучении. Все изменения в физическом режиме Солнца находят отражение в состоянии околоземного космического пространства и планеты Земля [1]. В работе [2] установлено, что в барицентрическом движении Солнца присутствует хорошо выраженный период 178.77 года,

совпадающий с периодом 178.55 лет в ряде чисел Вольфа, характеризующих активность Солнца. В работах [3-6] утверждается, что Солнце является ретранслятором гравитации для всей Солнечной системы и движения крупных планет Солнечной системы индуцируют движения во всей Солнечной системе.

В научных статьях, изучающих явления, связанные с солнечной активностью, с изменениями ее магнитного поля, межпланетного магнитного поля (ММП), солнечного ветра (СВ), космических лучей (КЛ), параметров изменений ионосферы и магнитного поля Земли, причинами, контролирующими эти явления, связывают с неизвестными астрономическими силами, внешними факторами или не обсуждаются первичные причины возникновения этих процессов.

В работах [7-16] обсуждаются результаты, в которых проявляется влияние барицентрических движений Солнца на изменения климата на Земле, на изменения во вращении Земли.

В работе проводится анализ влияния барицентрических движений Солнца в рамках задачи многих тел [17-19], обусловленных воздействием Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна [5] на процессы, происходящие на Солнце, в межпланетном пространстве, магнитосфере и на Земле. Такими процессами на Солнце, рассмотренными в работе, являются изменения среднегодовых значений чисел Вольфа, плотности потока радиоизлучения, напряженности общего магнитного поля Солнца, вариации среднегодовых значений напряженности магнитного поля солнечных пятен в северной полярности [1], П-индексы крупномасштабного полярного магнитного поля Солнца, полученные на основе наблюдений в течение последних полутора столетий: а) солнечной короны во время полных солнечных затмений, представленных фотографиями и зарисовками различных наблюдателей в разное время; б) высокоширотных солнечных протуберанцев (волокон); широтно-временное распределение полярных факелов и солнечных пятен в северном и южном полушариях с 1955 по 1994 год [20]. Анализированы кривые изменений среднегодовых значений вектора ММП и элементов напряженностей этого поля, среднегодовые значения изменений температуры плазмы, плотности и скорости потока плазмы СВ, изменений интенсивности потока космических лучей, отклонений радиуса Солнца в относительных единицах, дальности географического полюса от условного международного начала координат, долговременных изменений ионосферного параметра $f - \min$ в МГц и изменений минимально действующей высоты следа отражений О-компоненты $h'F$, вариаций элементов магнитного поля Земли в нТл, временных вариаций индекса АА магнитной активности, количества магнитных бурь [1]. Важность изучения физических процессов, происходящих в солнечно-земных системах, на основе новых технических решений подчеркнута в работе [21]. В основу исследований положено математическое вейвлетное преобразование наблюдений (временных рядов) перечисленных выше переменных в тех или иных интервалах времени с последующим вычислением их фазочастотных и фазовременных характеристик, матриц корреляций между характеристиками.

Целью исследований является установление того, что солнечная активность и процессы, происходящие на Солнце, в межпланетном пространстве и на Земле, обусловлены барицентрическими движениями Солнца, влиянием крупных планет Солнечной системы, гравитационными силами.

Кривые изменений переменных, использованных при анализе, оцифрованы и приведены на рисунках 1-8. Характерным в изменениях этих кривых является то, что они циклические. В их частотном составе содержатся составляющие с периодами $\approx (11 \div 12)$, $\approx (19 \div 21)$ лет и другие. Периодичности переменных вычисляются с использованием временных вейвлетных фазовременных функций $\varphi_f(a, b)$ [22, 23].

МЕТОД АНАЛИЗА

Анализ кривых производится с использованием многомасштабного вейвлетного фазового метода, введенного и использованного в работах [22, 23]. Программа позволяет вычислить для каждой исследуемой кривой $f(t)$ две информативные характеристики: вейвлетные фазочастотную $a1_φ_f(a, \bar{b})$ и $a2_φ_f(\bar{a}, b)$ фазовременную, являющиеся основой для сравнительных исследований переменных $f_i(t), i=1, \dots, l$. Мгновенные фазовые характеристики функции $f(t)$ в пакете Matlab вычисляются с использованием преобразования $φ_f(a, b) = \text{angle}[Wf(a, b)]$, изменяющиеся в интервале $\pm \pi$ радиан, где многомасштабная комплекснозначная матрица $Wf(a, b)$ размерности $\dim(a) \times N$, N – число дискретных отсчетов сигнала $f(t)$ в исследуемом временном интервале $[t_n : t_k]$; характеристики $a1_φ_f(a, \bar{b})$ и $a2_φ_f(\bar{a}, b)$ получаются из матрицы $φ_f(a, b)$ усреднениями по b и a соответственно. Первая из них характеризует изменения фазы сигнала в зависимости от задаваемого масштаба a вейвлета, а вторая – изменения фазы сигнала во времени (фазовременная характеристика), позволяющие представить и сравнивать множество исследуемых сигналов в двух системах координат: $(a1, a(\text{частота}))$ и $(a2, b)$. Каждому значению масштаба a вейвлета соответствует определенная частота сигнала $f(t)$, и характеристика $a1_φ_f(a, \bar{b})$ называется фазочастотной. Многомасштабное вейвлет-преобразование функции $f(t)$ производится по формуле [24]

$$Wf(a, b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_R f(t) \cdot \overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)} \cdot dt. \quad (1)$$

В формуле (1) функция $\overline{\psi\left(\frac{t-b}{a}\right)}$ – комплексно-сопряженный вейвлет с параметрами $a(1:k)$ и b , где b – параметр сдвига на временной оси (в вычислениях b изменяется в интервале $t_n : t_{k_a}$ с N -отсчетами); максимальное значение k масштаба a вейвлета, задаваемое исследователем, определяется частотным составом сигнала $f(t)$ и интервалом времени его наблюдения.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В исследованиях, показывающих статистическую зависимость процессов, происходящих на Солнце, в межпланетном пространстве и на Земле с барицентрическими движениями Солнца и солнечной активности в заданных интервалах времени, для выбранных групп переменных вычисляются их вейвлетные фазочастотные и фазовременные характеристики и для сравнения отображаются в двух системах координат, указанных выше; вычисляются также линейные коэффициенты корреляций между сравниваемыми характеристиками переменных и представляются в двух таблицах.

А. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барицентра, солнечной активности и солнечной постоянной с 1656.5 до 2009 года

На графиках рисунка 1а) – 1с) представлены графики изменений барицентрических движений Солнца $Rbar$, солнечной активности $Sact$, солнечной постоянной $Sconst$ и их вейвлетных d) фазочастотных $a1_φ_f(a, \bar{b})$, e) фазовременных $a2_φ_f(\bar{a}, b)$ характеристик, а также f) разности фазовременной характеристики $a2_Sact - a2_Rbar$ переменных $Sact$ и $Rbar$, сглаженных по 20-ти отсчетам.

Вейвлетные характеристики переменных вычислены по наблюдениям в 1656.5–2009 го-
ды при масштабах вейвлета $a = 1 : 1100$. При этом в исследуемых гелиокосмических сигналах
 $f_i(t), i = 1, 2, 3$ выделяются все гармоники сигналов, соответствующие наблюдаемому интер-
валу времени. Этот интервал можно оценить построением функций $\varphi_{f_i}(a, b)$ и характеристик
 $a1_ \varphi_{f_i}(a, \bar{b}), i = 1, 2, 3$, как, например, на рисунке 1 d). На этом рисунке все бифуркации
функций $\varphi_{f_i}(a, b)$, острые пики на графиках находятся левее точки $k = 1100$. Применяя ме-
тод оценивания периодичностей сигналов, изложенный в [Алексеев, 2020], получены оценки
периодов сигналов в годах при заданных значениях k вейвлетных масштабов a :

$$\varphi_{Sact}(950, b) \approx 184.9, \varphi_{Sact}(75, b) \approx 11.1(1.7); \varphi_{Rbar}(625, b) = 178.2,$$

$$\varphi_{Rbar}(125, b) \approx 20(0.8), \varphi_{Rbar}(50, b) \approx 12.8(1.9); \varphi_{Sconst}(950, b) \approx 144.8(1.9)$$

$\varphi_{Sconst}(50, b) \approx 10.9(2.73)$ В скобках указаны стандартные отклонения оценок периодично-
стей сигналов, вычисленные для числа периодов, больших 2-м.

В исследуемом интервале времени зафиксированы значительные климатические измене-
ния: минимумы Маундера, Дальтона, современный максимум и современный минимум тре-
тьей фазы малого ледникового периода [7]. Эти характеристики отображают индивидуаль-
ные особенности изменений сигналов $f_i(t), i = 1, 2, 3$, изменения их усредненных по времени и
вейвлетным масштабам мгновенных фаз сигналов. Заметим, что на рисунках задаваемым
масштабам вейвлета a соответствуют частоты изменений переменных. Графики на рисунках
получены при использовании комплексного вейвлета 'cgau5'.

В таблице 1 приведены средние значения опережений (запаздываний) фазовременных
характеристик переменных в трех характерных интервалах времени 1656,5–1719, 1719,1–
1891, 1891,1–2009 годы, из которых и графиков рисунков 1d) и 1e) следует, что изменения
переменных $Sact$ и $Sconst$ строго следуют изменениям барицентрических движений Солнца
 $Rbar$ в фазочастотной и фазовременной областях; изменения переменных происходят в сов-
падающих фазах и в противофазах. При этом в среднем интенсивность роста $Rbar$ опережает
интенсивность роста $Sact$ на 0.053 радиана с $\sigma = 0.879$ и отстает от интенсивности роста
 $Sconst$ на -0.135 радиан с $\sigma = 0.592$.

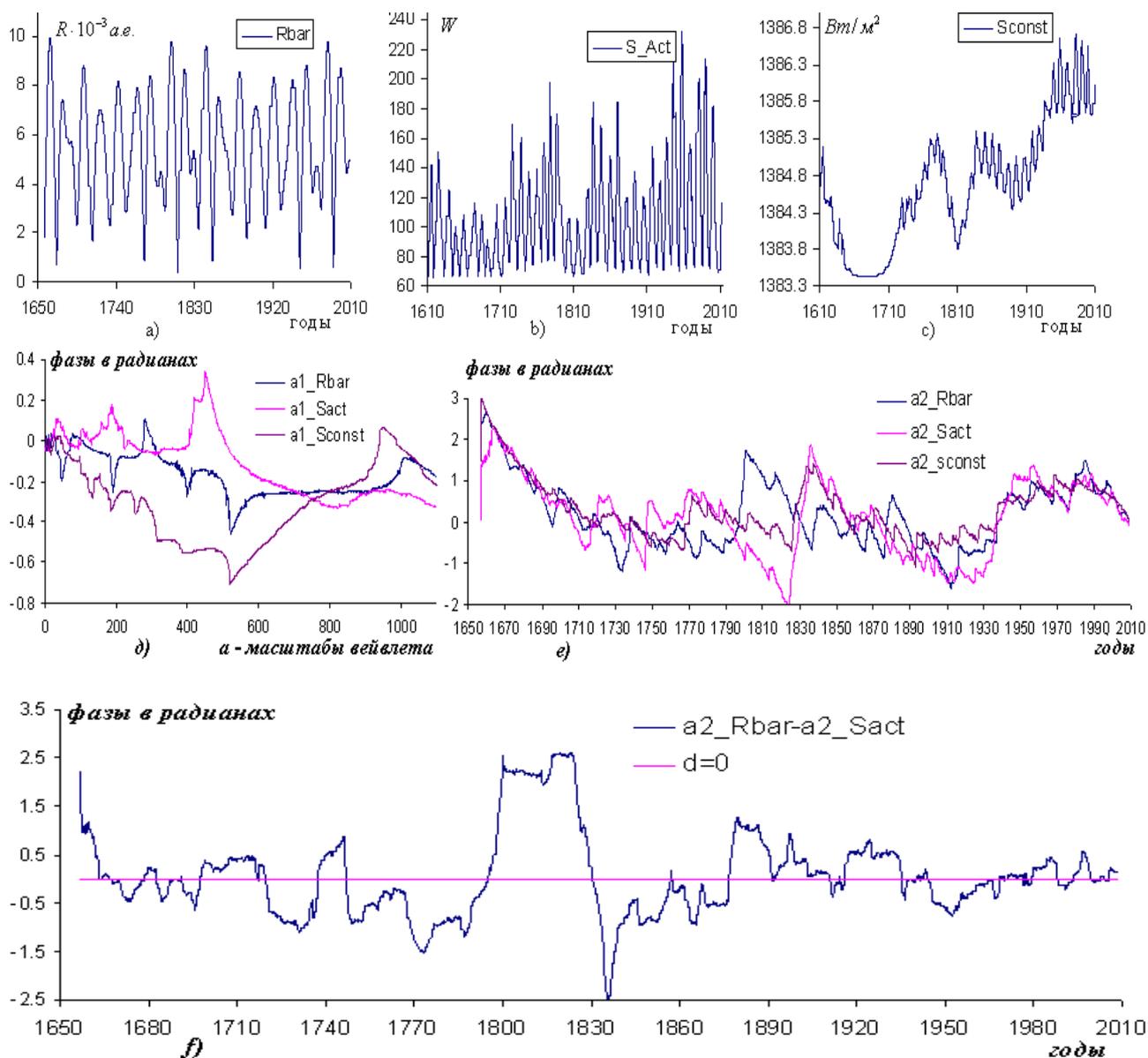
Таблица 1

Относительные опережения (запаздывания) вейвлетных фазовременных характеристик
переменных в радианах, приведенных на графике рисунка 1 e) в соответствующих
интервалах времени

Разности фазовременных характеристик перемен- ных	Годы, средние значения опережений (запаздываний) mean и σ в скобках			
	1656.5–1719	1719.1–1891	1891.1– 2009	1656.5– 2009
$a2_Rbar - a2_Sact$	0.12 (0.41)	0.01 (1.19)	0.08 (0.34)	0.05 (0.87)
$a2_Rbar - a2_Sconst$	-0.14 (0.24)	-0.11 (0.78)	-0.17 (0.34)	-0.14 (0.59)
$a2_Sconst - a2_Sact$	0.26 (0.38)	0.12 (0.56)	0.25 (0.50)	0.19 (0.52)

Характерным в согласованных изменениях графиков фазовременных характеристик
 $a2_f(a, b)$ барицентрических движений Солнца, солнечной активности и солнечной посто-
янной в интервале времени 1656.5–2009 годы является то, что эти движения асимметричны,
не стационарны в каждом из временных интервалов; в минимуме Маундера, в 1645–1715 го-
ды, все три переменные находятся в положительной фазе уменьшения, в которой замедле-

ние фазы $Rbar$ опережает замедление фазы $Sact$ на 0.12 радиана с $\sigma = 0.41$. В минимуме Дальтона, в 1790–1820 годы, изменения $Rbar$ и $Sact$ находятся в существенных противофазах, резкому росту фазы переменной $Rbar$ в интервале 1792–1801 годы соответствует резкое падение фазы переменной $Sact$ в 1792–1824 годы. В интервале 1790–1820 годы в среднем изменение $Rbar$ опережает изменение $Sact$ на 1.595 радиан с $\sigma = 1.0324$. В среднем в интервале времени 1719.1–1891 годы сумма разностей фаз $Rbar$ и $Sact$ составляет 0.01 радиан с большим $\sigma = 1.19$ разбросом в радианах. На рисунке 1 f) представлен график изменения разности усредненных мгновенных фаз $a2_Sact(t) - a2_Rbar(t)$, на котором выделяются минимумы Маундера и Дальтона; в особенности минимум Дальтона. В этих минимумах изменения фаз переменных $a2_Sact$ и $a2_Rar$ происходят в противофазах, переменная $a2_Rar$ находится в положительной фазе роста.



Применение вейвлетного фазового метода исследования сигналов к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли

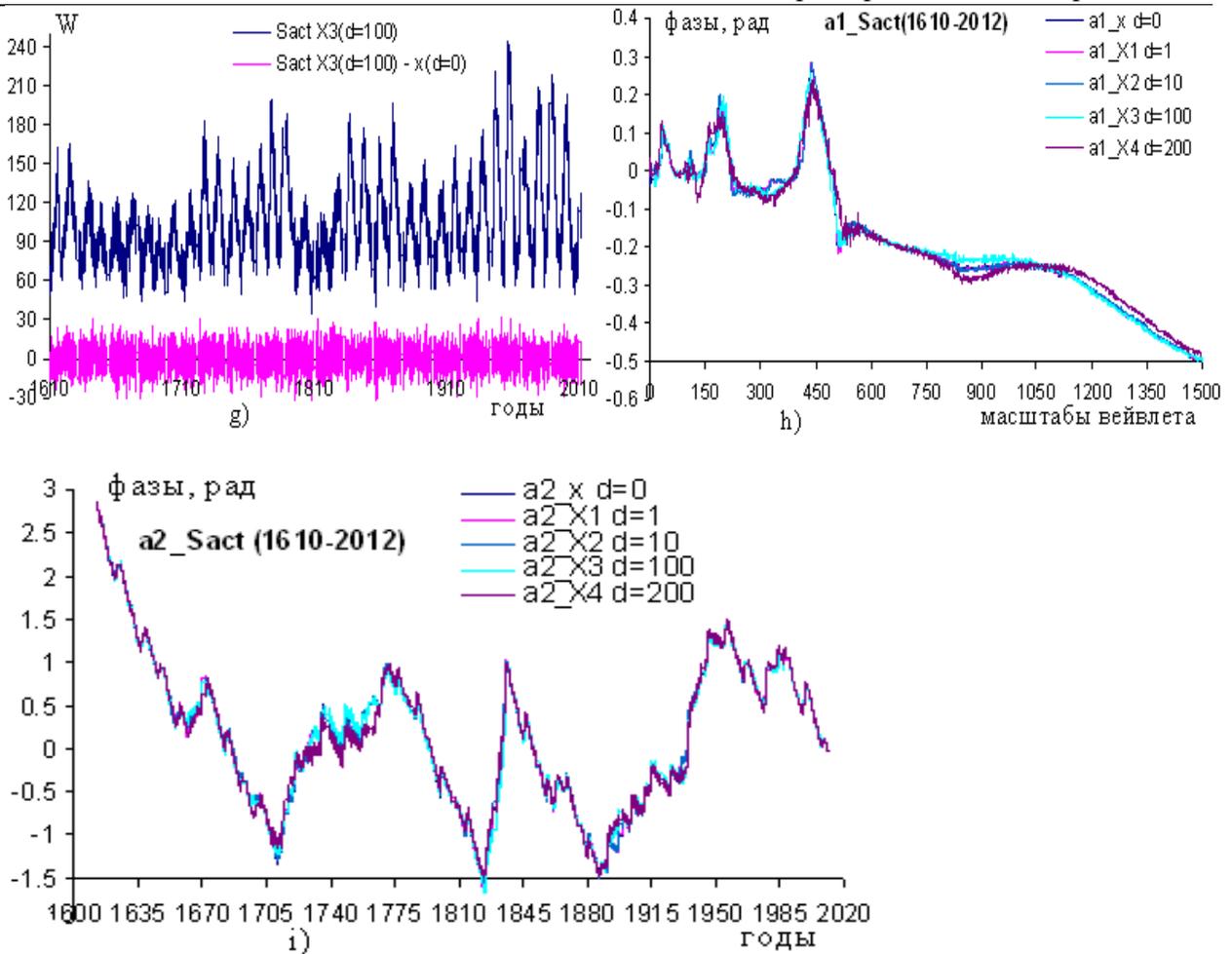


Рисунок 1. Графики изменений: а) расстояния центра масс Солнца от барицентра $Rbar$ в $10^{-3} a.e.$ на интервале 1656.5–2009 гг. с учетом Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна [5]; б) солнечной активности $Sact$ на интервале 1610–2012 гг. [6]; в) солнечной постоянной $Sconst$ на интервале 1610–2010 гг. [Абдусаматов, 2009]; вейвлетных д) фазочастотных и е) фазовременных характеристик переменных на интервале времени 1656.5–2009 гг.; ф) – разности фаз между фазовременными характеристиками переменных $Sact$ и $Rbar$ в интервале времени 1656.6–2009 гг., усредненные по 20 точкам; г) изменений солнечной активности с аддитивной нормально распределенной помехой с дисперсией $d=100$ и помехи (выделен цветом); h) и i) изменений вейвлетных фазочастотных $a1_Sact$ и фазовременных $a2_Sact$ характеристик солнечной активности, на которые наложены аддитивные помехи нормального распределения с дисперсиями $d=0, 1, 10, 100, 200$ единиц соответственно.

На рисунке 1 е), в интервале 1950–2004 годы, так называемого современного максимума солнечной активности, наблюдается рост характеристик всех трех переменных; причем интенсивные росты фаз переменных происходили с 1912 по 1947 год, затем до 2000 года изменялись колебательно в положительной фазе; в интервале времени 2000–2009 годы фазовременные характеристики переменных уменьшались монотонно.

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными и фазовременными характеристиками факторов $Rbar$, $Sact$, $Sconst$ по наблюдениям в 1656,5–2009 годы

Факторы	$a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики			$a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ – фазовременные характеристики		
	$Rbar$	$Sact$	$Sconst$	$Rbar$	$Sact$	$Sconst$
$Rbar$	1.00			1.00		
$Sact$	0.46	1.00		0.48	1.00	
$Sconst$	0.42	-0.30	1.00	0.69	0.82	1.00

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0,95 по критерию Стьюдента [26].

Таблица 2 корреляций между характеристиками $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ является характеристикой согласованности изменений графиков, приведенных на рисунках 1 d) и 1 e) соответственно, высокую положительную согласованность изменений $Sact$, $Sconst$ с изменениями $Rbar$ в двух пространствах: фазочастотной и фазовременной.

Помехоустойчивость алгоритма. Представляет самостоятельный интерес исследование на помехоустойчивость используемого метода вычисления характеристик $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ с использованием вейвлетного многомасштабного преобразования (1). В работе используется множество графиков гелиокосмических и климатических переменных, характеризующих изменения в солнечно-земной системе продолжительное время. Графики изменений переменных получены современными измерительными средствами, содержащими, как правило, как истинные значения измеряемых величин, так и погрешности, возникающие из-за методов измерения. Используемые графики переменных преобразуются в цифровой формат, при котором также появляются шумы дискретизации. При преобразовании инструментальных данных в цифровой формат с соблюдением неравенства Котельникова $0 < \Delta t < 1/(2 \cdot f_c)$, где Δt – шаг дискретизации, f_c – верхняя граничная частота в наблюдениях, математическая модель наблюдений исследуемых переменных, содержащих аддитивные помехи, представлена в виде

$$y(t) = s(t) + \text{sqrt}(d) * \text{randn},$$

где $s(t)$ – наблюдаемая переменная, d – дисперсия помехи, randn – датчик нормально распределенных случайных чисел, $y(t)$ – выход модели наблюдений с задаваемым уровнем помехи. В исследованиях шаг дискретизации Δt задан в виде $\Delta t = 0.1$ лет.

На рисунке 1 g) представлен график модели наблюдений солнечной активности $Sact$ с аддитивной нормально распределенной помехой с дисперсией $d = 100$, график сгенерированного шума представлен цветом; $s(t)$ – исходный график $Sact$ приведен на рисунке 1 b). На графиках рисунков 1 h) и 1 i) представлены результаты преобразований моделей наблюдений $y(t)$, т. е. вейвлетных фазочастотных $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и фазовременных $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ характеристик при значениях дисперсий помех: $d = \sigma^2 = 0, 1, 10, 100, 200$; на этих графиках помехи наблюдений $Sact$, равномерно распределенные по всей кривой на рисунке 1 g), в преобразованиях $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ на графиках рисунков 1 h) и 1 i), проявляются в окрестностях характерных точек: бифуркаций и в интервалах неравномерных изменений фазы переменной.

Помехоустойчивость вычисления вейвлетных фазочастотных и фазовременных характеристик солнечной активности S_{act} по наблюдениям в 1610–2012 годы

Уровень и помех σ	mean, rad		std, rad	
	$a1 \cdot 10^{-4}$	$a2 \cdot 10^{-4}$	$a1 \cdot 10^{-2}$	$a2 \cdot 10^{-2}$
1	0.9	-0.9	0.4	1.1
3.16	-1	1	0.8	2.2
10	1.4	-1.4	1.8	6.6
14.14	2.4	-2.4	2.5	8.2

В первом столбике таблицы приведены стандартные отклонения σ задаваемой помехи на наблюдения солнечной активности (максимальное значение S_{act} в интервале наблюдения составляет 272). В следующих столбиках таблицы 2 а) приведены полученные точности вычислений характеристик $a1_{-\varphi_{S_{act}}(a, \bar{b})}$ и $a2_{-\varphi_{S_{act}}(a, b)}$: среднего $mean$ и std в радианах. В таблице проявляются следующие особенности: а) точности оцениваний среднего $mean$ и стандартного отклонения std отличаются примерно на два порядка, точнее, оцениваются средние значения; б) оценки точностей средних значений $mean$ характеристик $a1_{-\varphi_{S_{act}}(a, \bar{b})}$ и $a2_{-\varphi_{S_{act}}(a, b)}$ совпадают по абсолютной величине, оценки стандартных отклонений std характеристики $a2_{-\varphi_{S_{act}}(a, b)}$ примерно в три раза хуже оценок характеристики $a1_{-\varphi_{S_{act}}(a, \bar{b})}$; скорее всего, это связано с задаваемой размерностью 1500×4021 матрицы $\varphi_{S_{act}}(a, b)$, ее усреднением по числу столбцов при вычислении $a1_{-\varphi_{S_{act}}(a, \bar{b})}$ и усреднением $\varphi_{S_{act}}(a, b)$ по числу строк при вычислении $a2_{-\varphi_{S_{act}}(a, b)}$; в) примечательно то, что применение вейвлетного метода оценивания фазовых характеристик сигнала позволяет подавлять значительные уровни помех; из таблицы 2 а) этот уровень примерно составляет $D_p = 21$ дБ (отношения уровня помех на входе к уровню оценок точности вейвлетной характеристики $a2_{-\varphi_{S_{act}}(a, b)}$).

Такие же исследования проведены с использованием барицентрических движений Солнца $Rbar$ и вулканических извержений на Земле; метод вычисления $a1_{-\varphi_f(a, \bar{b})}$ и $a2_{-\varphi_f(a, b)}$ использован для анализа гелиокосмических и климатических переменных в работе [22].

Б. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барицентра, солнечной активности, знакопеременных и основных рядов среднегодовых значений П-индекса в северном N и южном S полушариях Солнца с 1863,7 до 2005,7 года

На графиках рисунка 2 приведены изменения знакопеременных а) NP_index_Sun , б) SP_index_Sun и основных в) $NP_index_Osn_Sun$, д) $SP_index_Osn_Sun$ рядов среднегодовых значений П-индекса в северном N и южном S полушариях Солнца [20], характеризующие изменяющиеся во времени магнитные потоки на полюсах Солнца и их вейвлетные е) фазочастотные и ф) фазовременные характеристики. В таблицах 3 а) и б) приведены коэффициенты линейных корреляций между одноименными характеристиками вейвлетных преобразований.

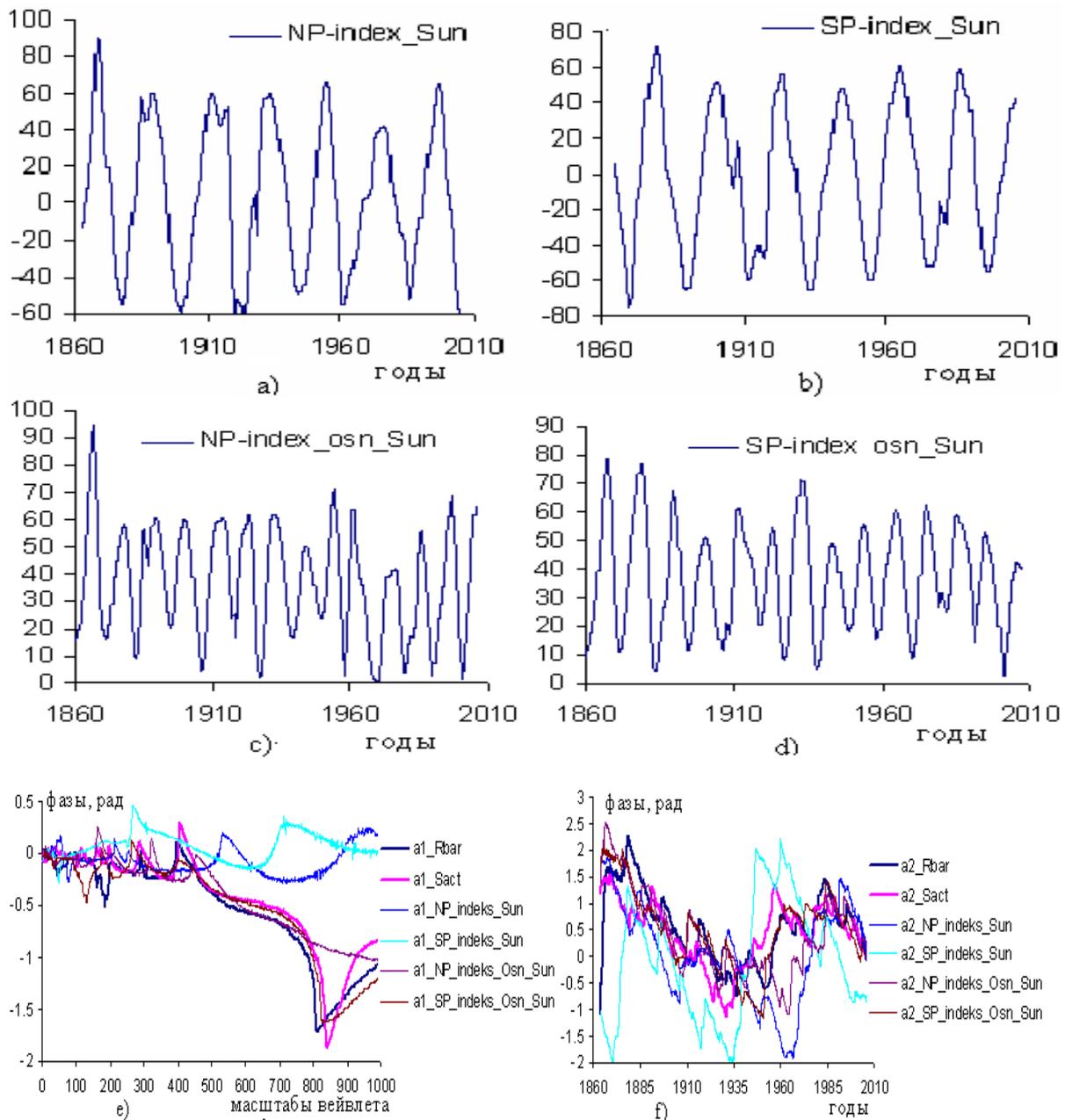


Рисунок 2. Графики изменений знакопеременных *a) NP_index_Sun*, *b) SP_index_Sun* и основных *c) NP_index_Osn_Sun*, *d) SP_index_Osn_Sun* рядов среднегодовых значений П-индекса в северном *N* и южном *S* полушариях Солнца и их вейвлетных фазочастотных *e) a1_φ_f(a, b̄)* и фазовременных *f) a2_φ_f(ā, b)* характеристик: барицентрических движений Солнца *Rbar*, солнечной активности *Sact*, знакопеременных и основных временных рядов среднегодовых значений П-индекса в северном и южном полушариях Солнца.

Таблица 3а

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными характеристиками факторов $Rbar$, $Sact$, NP_index_Sun , SP_index_Sun , $NP_index_Osn_Sun$, $SP_index_Osn_Sun$

Факторы	$a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики					
	$Rbar$	$Sact$	NP_index_Sun	SP_index_Sun	$NP_index_osn_Sun$	$SP_index_osn_Sun$
$Rbar$	1					
$Sact$	0.96	1				
NP_index_Sun	-0.14	-0.12	1			
SP_index_Sun	-0.05	-0.03	-0.43	1		
$NP_index_osn_Sun$	0.92	0.88	-0.14	-0.03	1	
$SP_index_osn_Sun$	0.96	0.96	-0.23	0.01	0.91	1

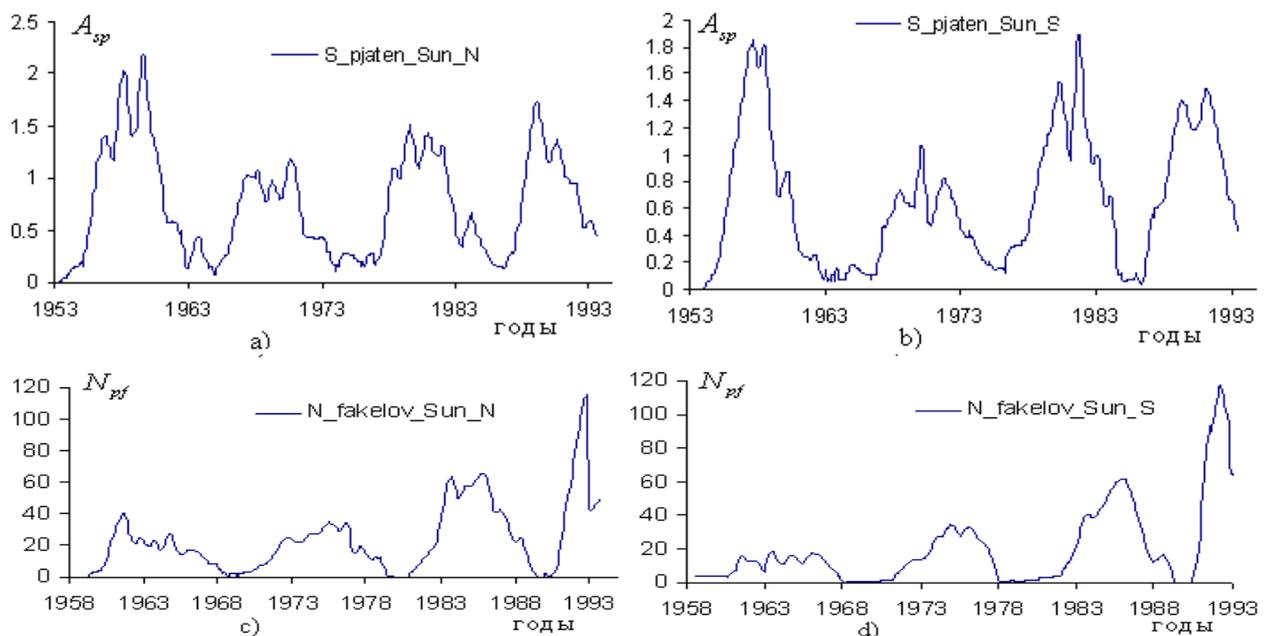
Из графиков рисунка 2 и таблиц 3а и 3б линейных корреляций между одноименными вейвлетными характеристиками наблюдается значительная статистическая зависимость изменений переменных: барицентрических движений Солнца $Rbar$, солнечной активности $Sact$, П-индекса основных значений полярных магнитных полей Солнца $NP_index_Osn_Sun$ и $SP_index_Osn_Sun$ с коэффициентами $k \geq 0.88$ в фазочастотных и с $k \geq 0.53$ в фазовременных координатах по наблюдениям в 1863.7–2005.7 годы. Из этих же данных наблюдается слабая статистическая зависимость изменений знакопеременных рядов среднегодовых значений NP - и SP -индексов в полушариях Солнца при барицентрических движениях Солнца и солнечной активности с $k \leq -0.14$ в фазочастотных и с $k \leq 0.46$ в фазовременных координатах. Особенности наблюдений знакопеременных рядов среднегодовых значений NP - и SP -индексов в полушариях Солнца, в отличие от наблюдений П-индекса основных значений полярных магнитных полей Солнца $NP_index_Osn_Sun$ и $SP_index_Osn_Sun$, барицентрических движений Солнца $Rbar$ и солнечной активности $Sact$, является то, что в их частотном составе слабо выражены колебания с периодом ≈ 11 лет; графики изменений их фазочастотных характеристик $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ существенно отличаются от сравниваемых переменных на рисунке 2е). Эти же отличия наблюдаются и на временной области изменений фазовременных характеристик рисунка 2 ф), наблюдаются нестационарность влияния барицентрических движений Солнца на изменения солнечной активности и NP - и SP -индексов. В таблицах корреляций 3а и 3б наблюдается также асимметричность взаимодействий основных рядов среднегодовых значений П-индекса в северном N и южном S полушариях Солнца с их знакопеременными значениями в фазочастотной и фазовременных областях.

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазовременными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, NP_index_Sun , SP_index_Sun , $NP_index_Osn_Sun$, $SP_index_Osn_Sun$

	$a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ – фазовременные характеристики					
Факторы	$Rbar$	$Sact$	NP_index_Sun	SP_index_Sun	$NP_index_osn_Sun$	$SP_index_osn_Sun$
$Rbar$	1					
$Sact$	0.68	1				
NP_index_Sun	0.46	0.25	1			
SP_index_Sun	0.16	0.40	-0.55	1		
$NP_index_osn_Sun$	0.67	0.53	0.80	-0.27	1	
$SP_index_osn_Sun$	0.77	0.67	0.53	-0.05	0.74	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0,95 по критерию Стьюдента [26].

В. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барического центра, солнечной активности, площадей полярных пятен $S_pyatna_Sun_N$, $S_pyatna_Sun_S$ и количества полярных факелов $N_fakelov_Sun_N$, $N_fakelov_Sun_S$ в северном N и южном S полушариях Солнца по наблюдениям в 1959.4–1993.6 годы [32]



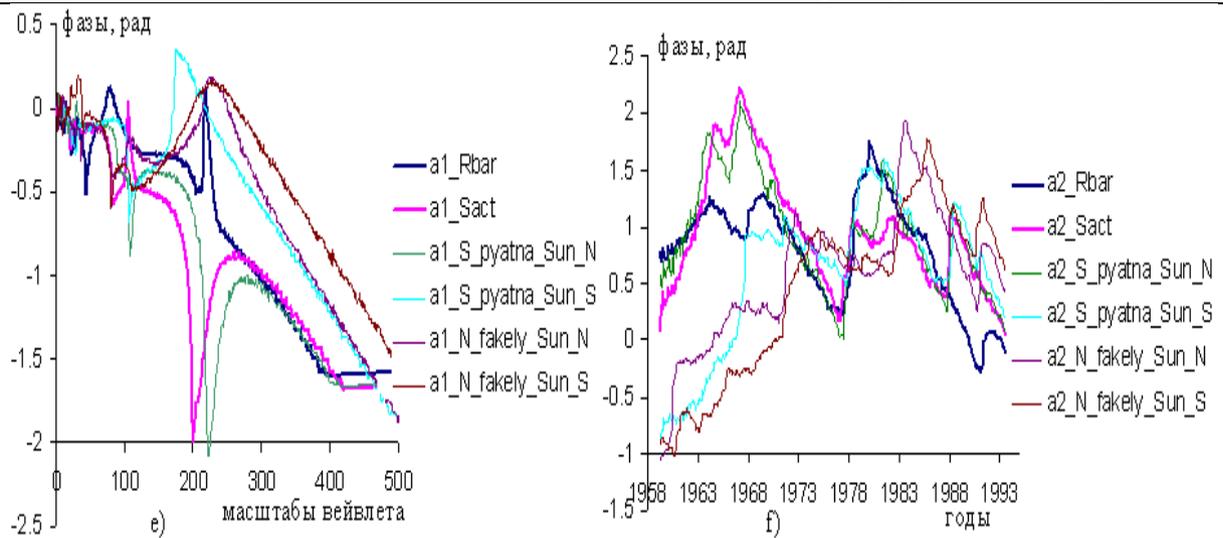


Рисунок 3. Графики изменений площадей полярных пятен а) $S_pyatna_Sun_N$, б) $S_pyatna_Sun_S$, числа полярных факелов в) $N_fakelov_Sun_N$ д) $N_fakelov_Sun_S$ в северном N и южном S полушариях Солнца, вейвлетных е) фазочастотных $a1_φ_f(a, \bar{b})$ и ф) фазо-временных $a2_φ_f(\bar{a}, b)$ характеристик переменных: барицентрических движений Солнца $Rbar$, солнечной активности $Sact$, площадей полярных пятен $S_pyatna_Sun_N$, $S_pyatna_Sun_S$ и числа полярных факелов в северном N и южном S полушариях Солнца.

Таблица 4а

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $S_pyatna_Sun_N$, $S_pyatna_Sun_S$, $N_fakelov_Sun_N$, $N_fakelov_Sun_S$

факторы	$a1_φ_f(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики					
	$Rbar$	$Sact$	$S_pyatna_Sun_N$	$S_pyatna_Sun_S$	$N_fakelov_Sun_N$	$N_fakelov_Sun_S$
$Rbar$	1					
$Sact$	0.84	1				
$S_pyatna_Sun_N$	0.85	0.89	1			
$S_pyatna_Sun_S$	0.90	0.71	0.75	1		
$N_fakelov_Sun_N$	0.86	0.72	0.66	0.95	1	
$N_fakelov_Sun_S$	0.76	0.63	0.68	0.92	0.97	1

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазовременными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $S_pyatna_Sun_N$, $S_pyatna_Sun_S$, $V_fakely_Sun_N$, $N_fakely_Sun_N$

	$a2_φ_f(a, \bar{b})$ – фазовременные характеристики					
факторы	$Rbar$	$Sact$	$S_pyatna_Sun_N$	$S_pyatna_Sun_S$	$N_fakely_Sun_N$	$N_fakely_Sun_S$
$Rbar$	1					
$Sact$	0.57	1				
$S_pyatna_Sun_N$	0.67	0.92	1			
$S_pyatna_Sun_S$	0.12	0.04	-0.01	1		
$N_fakely_Sun_N$	-0.12	-0.22	-0.29	0.68	1	
$N_fakely_Sun_S$	-0.37	-0.48	-0.54	0.68	0.90	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [26].

Из графиков рисунка 3е и таблицы корреляций 4а следует, что фазочастотные характеристики солнечной активности, площадей солнечных пятен и частоты появлений факелов на полярных областях Солнца значительно коррелированы с изменениями фазочастотных характеристик барицентрических движений Солнца с $k \geq 0.76$; при масштабах вейвлета $130 < a < 284$ наблюдается, что изменения солнечной активности и площадей пятен в северном полушарии Солнца происходят в противофазе с движениями Солнца относительно барицентра, изменениями числа появлений факелов на полушариях и площадей пятен в южном полушарии; изменения площадей пятен на полушариях Солнца находятся в противофазах. Последнее отображается графиками на рисунке 3е и таблицей корреляций 4б. В фазовременной области наблюдаются сильные нестационарные изменения групп переменных с образованием расходящихся и сходящихся перемежаемых областей с периодом около 5 лет, обусловленные внутренней динамикой процессов на Солнце под воздействиями гравитационных сил планет Солнечной системы.

Г. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барицентра $Rbar$, солнечной активности $Sact$, Ap – индекса геомагнитной активности ($Ap - ind$), β – параметра отношения плазменного давления к магнитному солнечному ветру ($beta - para$) [27], коэффициентов асимметрии распределения азимутов межпланетного магнитного поля (ММП) медленного солнечного ветра (СВ) ($As.MMP.medl$) и хвостовой части высокоскоростных потоков СВ ($As.MMP.bystr$) [31], межпланетного магнитного поля ММП [1] и интенсивности космических лучей ($Intensiv.KL$) по наблюдениям в 1965.1–2009 годы

На рисунке 4 представлены графики переменных $a) - f)$, перечисленных выше, и их вейвлетные $g)$ фазочастотные и $h)$ фазовременные характеристики.

Применение вейвлетного фазового метода исследования сигналов к анализу асимметричных бариецентрических движений Солнца и изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном пространстве и в недрах Земли

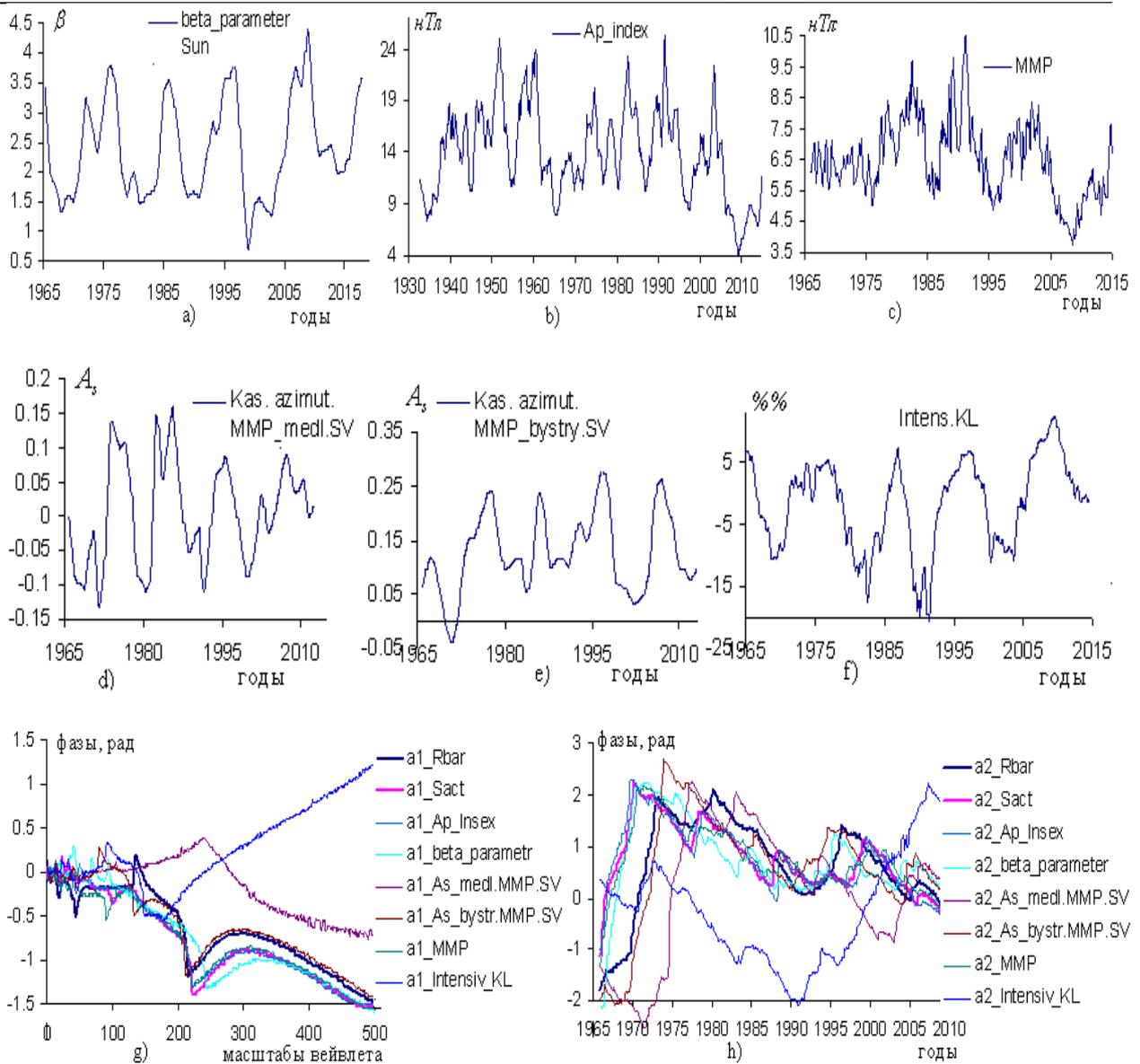


Рисунок 4. Графики изменений: а) β – параметра отношения плазменного давления к магнитному солнечному ветру (β – *parametr*), б) A_p – индекса геомагнитной активности (A_p – *ind*), в) межпланетного магнитного поля MMP [1]; д) коэффициентов асимметрии распределения азимутов MMP : медленного СВ и е) хвостовой части высокоскоростных потоков СВ, ф) интенсивности космических лучей ($Intensiv.KL$), вейвлетных г) фазочастотных $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и h) фазовременных $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ характеристик переменных: бариецентрических движений Солнца $Rbar$, солнечной активности $Sact$, A_p – индекса геомагнитной активности Земли (A_p – *ind*), β – *parametr* отношения плазменного давления к магнитному солнечного ветра (β – *ind*), коэффициентов асимметрии распределения азимутов MMP медленного СВ и хвостовой части высокоскоростных потоков СВ, MMP и интенсивности космических лучей $Intensivn.KL$ [1]

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $Ap-ind$, $\beta-parametr$, $As.MMP.medl$, $As.MMP.bystry$, MMP и $Intensiv.KL$

	$a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики							
факторы	$Rbar$	$Sact$	$Ap-ind$	$\beta-param$	$As.MMP medl$	$As.MMP bystry$	MMP	KL
$Rbar$	1							
$Sact$	0.96	1						
$Ap-ind$	0.97	0.98	1					
$\beta-param$	0.91	0.96	0.95	1				
$As.MMP medl$	0.64	0.55	0.64	0.59	1			
$As.MMP bystry$	0.94	0.96	0.97	0.93	0.58	1		
MMP	0.97	0.99	0.98	0.95	0.58	0.96	1	
KL	-0.76	-0.67	-0.72	-0.69	-0.90	-0.67	-0.71	1

Таблица 5б

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазовременными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $Ap-ind$, $\beta-parametr$, $As.MMP.medl$, $As.MMP.bystry$, MMP и KL

	$a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ – фазовременные характеристики							
факторы	$Rbar$	$Sact$	$Ap-ind$	$\beta-param$	$As.MM medl$	$As.MMP bystry$	MMP	KL
$Rbar$	1							
$Sact$	0.46	1						
$Ap-ind$	0.56	0.88	1					
$\beta-param$	0.56	0.75	0.88	1				
$As.MMP medl$	0.55	-0.20	-0.09	-0.06	1			
$As.MMP bystry$	0.89	0.23	0.44	0.50	0.64	1		
MMP	0.57	0.95	0.95	0.83	-0.13	0.37	1	
KL	-0.19	-0.09	-0.05	0.09	-0.33	-0.14	-0.05	1

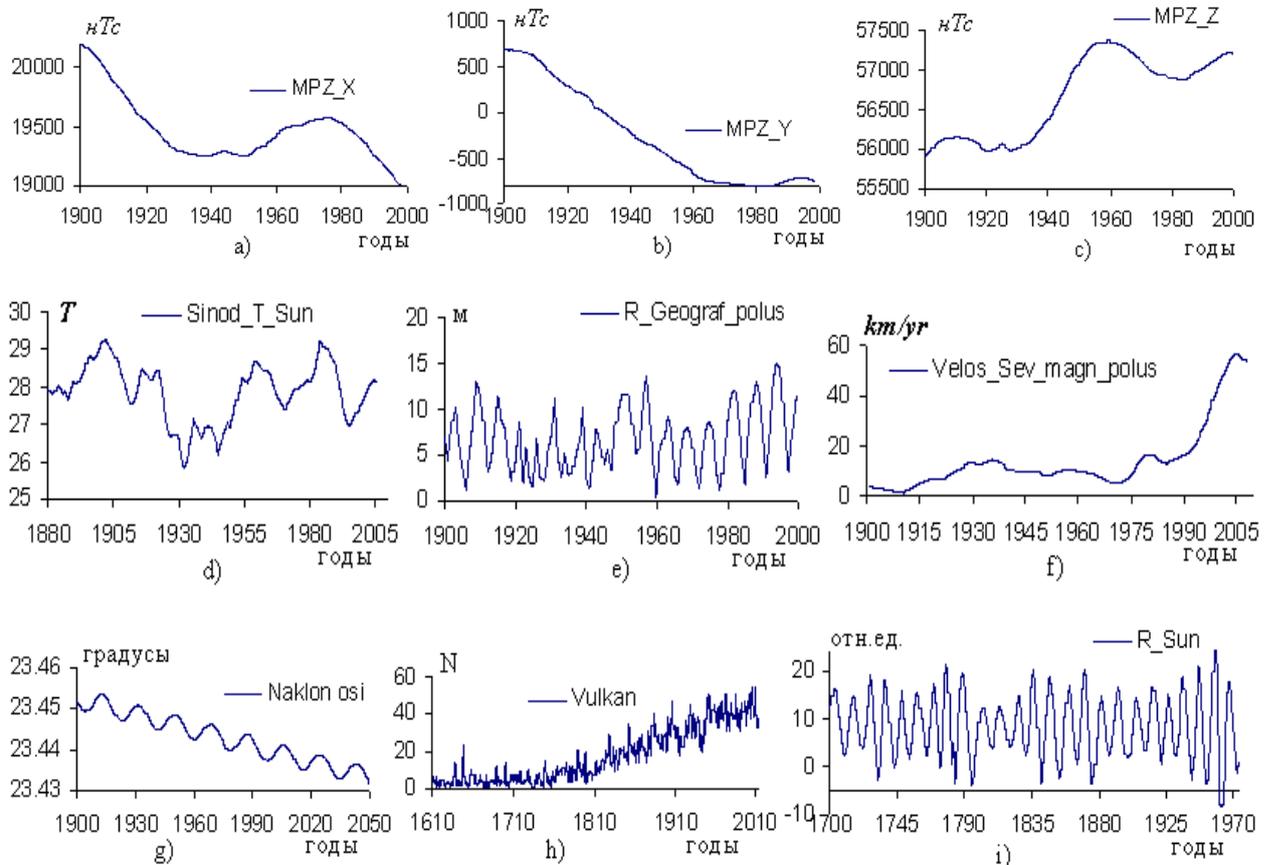
Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [26].

Эта группа переменных, как видно из графиков рисунка 4г и таблицы 5а линейных коэффициентов корреляций вейвлетных фазочастотных характеристик, значительно согласована с барицентрическим движением Солнца $Rbar$ с коэффициентом $k \geq 0.64$ и с изменениями солнечной активности $Sact$ с $k \geq 0.55$; проявляются отличия откликов медленных и быстрых составляющих коэффициентов асимметрий распределений азимутов межпланетного магнитного поля солнечного ветра на барицентрические движения Солнца и солнечной активности (более подвержены к изменениям хвостовые части высокоскоростных потоков СВ). Проявляется высокая отрицательная изменчивость интенсивности космических лучей на барицентрические движения Солнца с $k_1 = -0.76$ и с $k_2 = -0.67$ на изменения солнечной активности. Согласованность изменений этой группы переменных с барицентрическим дви-

жением Солнца и солнечной активностью проявляются и на графиках рисунка 4h и в таблице 5б фазовременных характеристик; результаты показывают, что на интенсивность космических лучей могут оказывать влияние и космические факторы.

Д. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барицентра R_{bar} , солнечной активности $Sact$, пространственных элементов магнитного поля Земли по X, Y, Z , синодического периода вращения Солнца как звезды, дальности географического полюса Земли от международного начала координат, скорости изменения положения северного магнитного полюса, угла наклона оси вращения Земли, вулканических извержений и радиуса Солнца в относительных единицах в интервале времени 1900,7–1999 годы

На графиках рисунка 5j и 5к и в таблицах корреляций 6а и 6б приведены характеристики согласованностей изменений элементов X, Y, Z магнитного поля Земли MPZ_X, MPZ_Y, MPZ_Z , синодического периода вращения Солнца как звезды $Sinod_T_Sun$, дальности географического полюса от условного международного начала координат $R_geograf_polus$, скорости дрейфа северного магнитного полюса $Velos_sev_magn_polus$, наклона оси вращения Земли $Naklonosi$, вулканических извержений $Vulkan$ и радиуса Земли $R.Sun$ в относительных единицах и их вейвлетных фазочастотных и фазовременных характеристик с движениями Солнца относительно барицентра и солнечной активности в 1900.7–1999 годы.



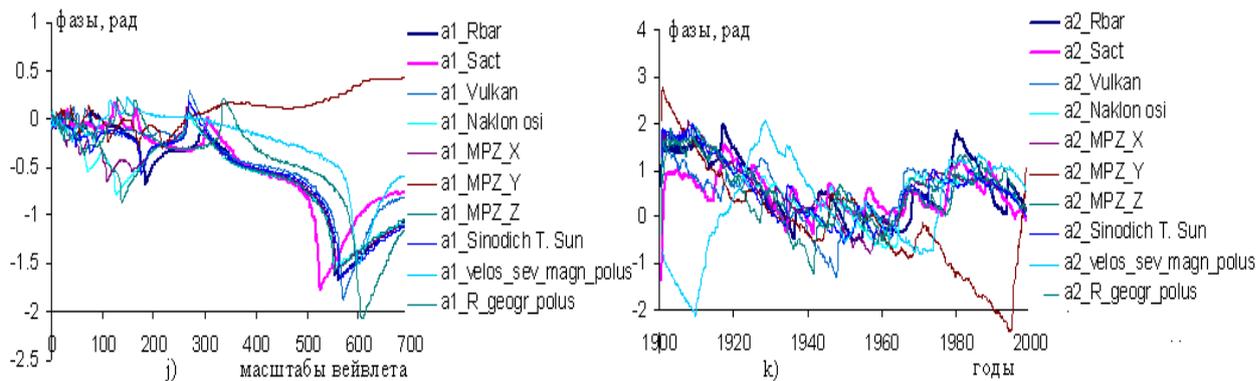


Рисунок 5. Графики изменений элементов X, Y, Z магнитного поля Земли а) MPZ_X , б) MPZ_Y , в) MPZ_Z [1], г) синодического периода вращения Солнца как звезды $Sinod.T.Sun$ [29], д) дальности географического полюса Земли от условного международного начала координат $R.geogr.pol.Zemly$, е) скорости дрейфа северного магнитного полюса $velos.sever.magn.polus$ [1], г) угла наклона оси вращения Земли $Naklon.osi$ [19], з) частоты извержений вулканов $Vulkan$ [30], отклонения радиуса Солнца в отн. ед. $R.Sun$ [1] и их вейвлетных ж) фазочастотных $a1_φ_f(a, b)$ и к) фазовременных $a2_φ_f(a, b)$ характеристик.

Таблица 6а

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $Vulkan$, $Naklon.osi$, $MPZ-X$, $MPZ-Y$, $MPZ-Z$ и $Sinod_T_Sun$, $velos.sev_magn_polus$, $R_geograf_polus$

факторы	$a1_φ_f(a, b)$ – фазочастотные характеристики									
	$Rbar$	$Sact$	$Vulkan$	$Naklon.osi$	$MPZ-X$	$MPZ-Y$	$MPZ-Z$	$Sinod.T.Sun$	$velos.sever.magn.polus$	$R.geogr.pol.Zemly$
$Rbar$	1									
$Sact$	0.87	1								
$Vulkan$	0.95	0.85	1							
$Naklon.osi$	0.90	0.79	0.93	1						
$MPZ-X$	0.94	0.80	0.95	0.98	1					
$MPZ-Y$	-0.77	-0.67	-0.76	-0.75	-0.76	1				
$MPZ-Z$	0.91	0.80	0.93	0.99	0.98	-0.73	1			
$Sinod.T.Sun$	0.97	0.83	0.97	0.95	0.97	-0.81	0.85	1		
$velos.sever.magn.polus$	0.85	0.69	0.84	0.82	0.84	-0.82	0.81	0.89	1	
$R.geogr.pol.Zemly$	0.85	0.67	0.78	0.70	0.81	-0.79	0.77	0.86	0.94	1

Таблица 6б

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазовременными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $Vulkan$, $Naklon.osi$, $MPZ-x$, $MPZ-y$, $MPZ-z$ и $Sinod.T.Sun$, $velos.sev.magn.polus$, $R.geograf.polus$

$a2_{-\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазовременные характеристики										
факторы	$Rbar$	$Sact$	$Vulkan$	$Naklon.osi$	$MPZ-x$	$MPZ-y$	$MPZ-z$	$Sinod.T.Sun$	$velos.sev.magn.polus$	$R.geogr.pol.Zemly$
$Rbar$	1									
$Sact$	0.75	1								
$Vulkan$	0.48	0.43	1							
$Naklon.osi$	0.76	0.55	0.67	1						
$MPZ-x$	0.81	0.51	0.62	0.92	1					
$MPZ-y$	0.34	0.14	0.19	0.45	0.41	1				
$MPZ-z$	0.79	0.59	0.67	0.97	0.92	0.45	1			
$Sinod.T.Sun$	0.78	0.54	0.68	0.90	0.93	0.42	0.92	1		
$velos.sev.magn.polus$	-0.19	0.01	-0.13	-0.34	-0.35	-0.58	-0.36	-0.39	1	
$R.geogr.pol.Zemly$	0.75	0.61	0.65	0.81	0.75	0.27	0.83	0.77	-0.36	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [26].

Матрица 6 а) коэффициентов корреляций фазочастотных характеристик $a1_{-\varphi_f}(a, \bar{b})$ и графики изменений этих переменных на рисунке 5 j) характеризуют высокую согласованность изменений группы переменных с коэффициентом $k \geq |0.77|$ с движением Солнца относительно барицентра во всех частотных диапазонах сигналов, для которых $a < 700$. В интервале $104 \leq a \leq 233$ вейвлетного масштаба a наблюдаются четко выраженные изменения двух групп переменных в противофазе. В одну подгруппу входят изменения переменных магнитного поля MPZ_x , MPZ_z и угла наклона Земли $Naklon.osi$, а в другую подгруппу входят все другие переменные в группе, включая и изменения $Rbar$. Характерно то, что изменение переменной MPZ_y сильно согласовано с изменениями $Rbar$ с отрицательным знаком $k = -0.77$; значительно согласованы изменения всех переменных с изменениями $Rbar$ и между собой в фазочастотной области. Это объясняется тем, что изменения всех переменных в группе сильно согласованы с барицентрическими движениями Солнца. В графиках изменений фазовременных характеристик переменных, приведенных на рисунке 5 k) и в матрице корреляций 6 б), проявляется сильная взаимосогласованность изменений переменных за исключением составляющей Y магнитного поля Земли в интервале времени 1900–1942 годы и скорости изменений северного магнитного полюса Земли в интервале времени 1964–1999 годы с барицентрическим движением Солнца.

Проведены исследования, связанные с согласованностью отклонений радиуса Солнца в относительных единицах в интервале времени 1900–1972 годы [1] с движениями Солнца относительно барицентра и переменными, приведенными в матрицах 6. Получена высокая согласованность изменений отклонений радиуса Солнца R_Sun с его барицентрическими

движениями с $k = 0.92$ в фазочастотной области и с $k = 0.59$ в фазовременной области. Значительны корреляции изменений переменной R_Sun с изменениями других факторов, приведенных в матрице 6 а) с $k \geq 0.82$ в фазочастотной области и с $k \geq 0.42$ – в фазовременной области.

Е. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от ба-рицентра $Rbar$, солнечной активности $Sact$, ионосферных параметров f_min и $h'F$, межпланетного магнитного поля MMP и Ap – индекса активности магнитосферы Земли в интервале времени 1958.5–1994.9 годы

На рисунке 6 представлены графики изменений ионосферных параметров а) $f_min_ionosfery$ и б) $h'F_ionosfery$, характеризующих критическую минимальную частоту сигналов в МГц, наблюдаемых на ионограммах вертикального радиозондирования ионосферы, и минимально действующую высоту следа отражений O – компоненты сигналов в км и вейвлетных с) фазочастотных $a1_φ_f(a, \bar{b})$ и д) фазовременных $a2_φ_f(a, \bar{b})$ характеристик переменных $Rbar$, $Sact$, $f_min_ionosfery$, $h'F_ionosfery$, MMP и Ap_index .

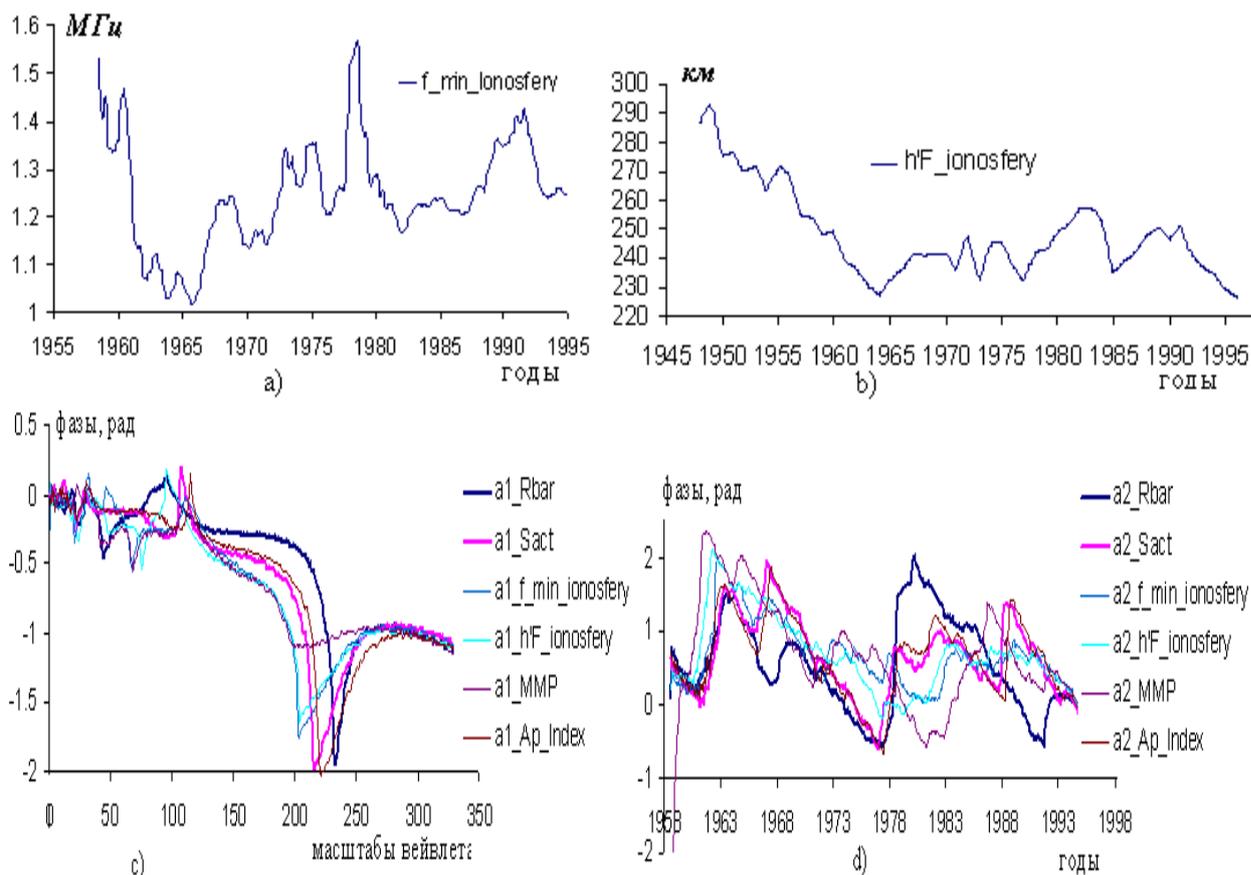


Рисунок 6. Графики изменений: а) вариаций ионосферных параметров $f_min_ionosfery$, б) $h'F_ionosfery$ [1], с) фазочастотных $a1_φ_f(a, \bar{b})$ и д) фазовременных $a2_φ_f(a, \bar{b})$ характеристик исследуемых переменных $Rbar$, $Sact$, f_min , $h'F$, $f_min_ionosfery$, $h'F_ionosfery$, MMP и Ap_index .

Таблица 7а

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазочастотными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $f_min_ionosfery$, $h'F_ionosfery$, MMP , SV_Sst , SV_R и Ap_index

	$a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики					
факторы	$Rbar$	$Sact$	$f.min$ $ionosfery$	$h'F$ $ionosfery$	MMP	Ap_index
$Rbar$	1					
$Sact$	0.83	1				
$f.min$ $ionosfery$	0.76	0.93	1			
$h'F$ $ionosfery$	0.81	0.93	0.98	1		
MMP	0.83	0.90	0.95	0.95	1	
Ap_index	0.90	0.97	0.88	0.89	0.88	1

Таблица 7б

Линейные коэффициенты корреляций между вейвлетными фазовременными характеристиками факторов: $Rbar$, $Sact$, $f_min_ionosfery$, $h'F_ionosfery$, MMP и Ap_index

	$a2_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазовременные характеристики					
факторы	$Rbar$	$Sact$	$f.min$ $ionosfery$	$h'F$ $ionosfery$	MMP	Ap_index
$Rbar$	1					
$Sact$	0.48	1				
$f.min$ $ionosfery$	0.12	0.65	1			
$h'F$ $ionosfery$	0.24	0.63	0.87	1		
MMP	-0.05	0.24	0.70	0.74	1	
Ap_index	0.56	0.92	0.59	0.61	0.17	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [26].

Графики на рисунках 6с и 6д и таблицы корреляций 7а и 7б вейвлетных фазочастотных и фазовременных характеристик подчеркивают высокие статистические зависимости сложных нестационарных процессов, происходящих в ионосфере Земли с изменениями межпланетного магнитного поля MMP , индекса геомагнитной активности Земли $Ap - ind$, солнечной активности $Sact$ и барицентрических движений Солнца. На графиках рисунка 6с) и в таблице 7а фазочастотных характеристик проявляются высокие взаимосогласованные изменения переменных в группе с барицентрическим движением Солнца с $k \geq 0.76$. На графиках рисунка 6д) и в таблице 7б фазовременных характеристик проявляются значительная согласованность изменений

ионосферных переменных с изменениями солнечной активности с $k \geq 0.63$ и изменений солнечной активности – с барицентрическим движением Солнца с $k = 0.48$.

Ж. Характеристики изменений во времени расстояния центра масс Солнца от барицентра, солнечной активности, среднегодовых значений межпланетного магнитного поля и его составляющих, частоты изменений магнитных бурь, напряженности общего магнитного поля Солнца, плотности потока плазмы, температуры плазмы солнечного ветра и скорости его изменения в интервале времени 1968.1–1997.2 годы

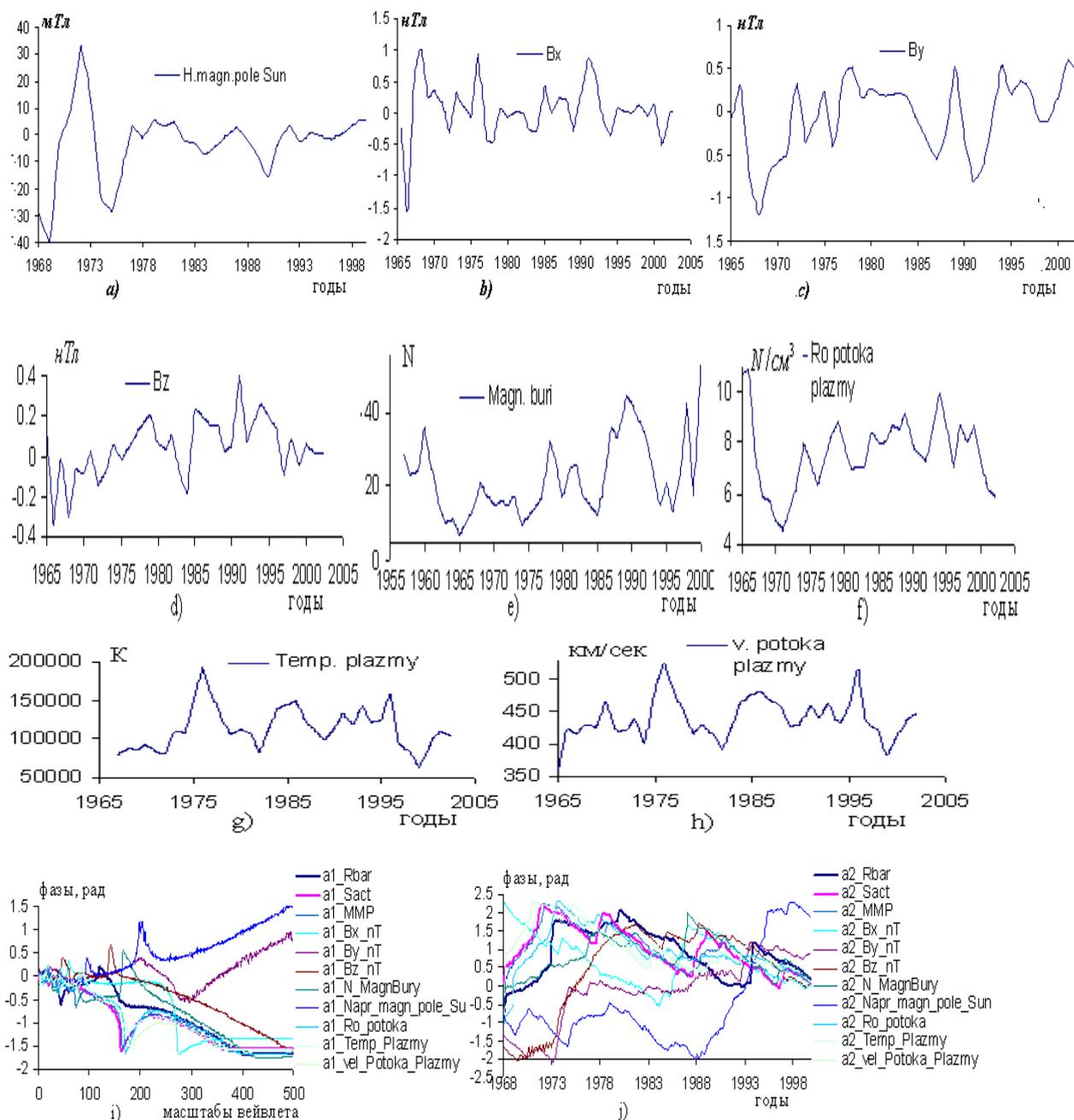


Рисунок 7. Графики изменений среднегодовых значений [1]: а) напряженности общего магнитного поля Солнца ($H_{\text{magn.pole_Sun}}$); б) – д) составляющих межпланетного магнитного поля B_x, B_y, B_z ; е) частоты магнитных бурь (Magn.buri), ф) плотности потока плазмы (Ro.potoka plazmy), г) температуры плазмы солнечного ветра (Temp.plazmy), h) скорости потока плазмы ($v.\text{potoka plazmy}$), и) фазочастотных $a1_{-\varphi_f}(a, \bar{b})$ и j) фазовременных $a2_{-\varphi_f}(a, b)$ характеристик гелиокосмических $Rbar, Sact$, магнитных переменных Солнца MMP, B_x, B_y, B_z , количества магнитных бурь $N.magnbury$, общей

Применение вейвлетного фазового метода исследования сигналов
к анализу асимметричных барицентрических движений Солнца и
изменений процессов, происходящих на Солнце, околоземном
пространстве и в недрах Земли

напряженности магнитного поля Солнца (*Napr.magn.pole.Sun*), плотности потока плазмы солнечного ветра (*Ro.potoka*), температуры плазмы (*Temp.plazmy*), скорости потока плазмы (*vel.PotokaPlazmy*)

В таблицах 8а и 8б приведены коэффициенты корреляций между вейвлетными и фазочастотными характеристиками указанных переменных.

Таблица 8а

$a1_{-\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики											
факторы	<i>Rbar</i>	<i>Sact</i>	<i>MMP</i>	<i>Bx</i>	<i>By</i>	<i>Bz</i>	<i>M.bury</i>	<i>H.mag.pole.Sun</i>	<i>po.potoka.plazmy</i>	<i>Temp.plazmy</i>	<i>v.potoka.plazmy</i>
<i>Rbar</i>	1										
<i>Sact</i>	0.90	1									
<i>MMP</i>	0.92	0.99	1								
<i>Bx</i>	0.87	0.80	0.81	1							
<i>By</i>	-0.46	-0.41	-0.44	-0.13	1						
<i>Bz</i>	0.93	0.80	0.84	0.83	-0.58	1					
<i>M.bury</i>	0.87	0.72	0.75	0.85	-0.46	0.92	1				
<i>H.mag.pole.Sun</i>	-0.90	-0.82	-0.84	-0.73	0.68	-0.92	-0.83	1			
<i>po.potoka.plazmy</i>	0.93	0.97	0.98	0.79	-0.50	0.86	0.76	-0.87	1		
<i>Temp.plazmy</i>	0.94	0.98	0.98	0.84	-0.42	0.84	0.76	-0.86	0.98	1	
<i>v.potok.plazmy</i>	0.90	0.96	0.96	0.79	-0.40	0.80	0.71	-0.85	0.96	0.98	1

Таблица 8б

$a2_{-\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазовременные характеристики											
факторы	<i>Rbar</i>	<i>Sact</i>	<i>MMP</i>	<i>Bx</i>	<i>By</i>	<i>Bz</i>	<i>M.bury</i>	<i>H.mag.pole.Sun</i>	<i>po.potoka.plazmy</i>	<i>Temp.plazmy</i>	<i>v.potoka.plazmy</i>
<i>Rbar</i>	1										
<i>Sact</i>	0.40	1									
<i>MMP</i>	0.47	0.95	1								
<i>Bx</i>	-0.55	0.21	0.09	1							
<i>By</i>	0.11	-0.56	-0.50	-0.51	1						
<i>Bz</i>	0.41	-0.21	-0.18	-0.52	0.72	1					
<i>M.bury</i>	0.36	0.25	0.20	-0.04	0.29	0.71	1				
<i>H.mag.pole.Sun</i>	-0.21	-0.53	-0.47	-0.38	0.56	-0.05	-0.43	1			

Продолжение таблицы 8б

$\rho_{\text{.potoka}}$ <i>.plazmy</i>	0.72	0.75	0.82	-0.12	-0.15	0.10	0.35	-0.34	1		
<i>Temp.</i> <i>plazmy</i>	0.48	0.79	0.88	0.02	-0.40	-0.20	0.09	-0.35	0.88	1	
$v_{\text{.potok}}$ <i>plazmy</i>	0.21	0.78	0.81	0.31	-0.71	-0.56	-0.16	-0.40	0.65	0.87	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [26].

На графиках рисунков 7 i и 7j проявляется высокая согласованность многоэтапных взаимосвязанных изменений всей группы переменных с барицентрическим движением Солнца: солнечной активности, общей напряженности магнитного поля Солнца, межпланетного магнитного поля и его составляющих, других переменных в группе; проявляется изменение общей напряженности магнитного поля Солнца $H_{\text{mag.pole.Sun}}$ и составляющих B_x и B_y ММП в противофазе с изменениями других переменных в группе, нестационарность сложного процесса взаимодействия движений Солнца с изменениями солнечной активности и других переменных, сильно коррелирующих с изменениями солнечной активности. Характер относительных расположений кривых на рисунках 7i) и 7j) однозначно отображается в таблицах корреляций 8а) и 8б) – мер взаимосогласованных изменений переменных. Корреляции между переменными значительны в фазочастотной области.

Анализ взаимодействующих факторов в Солнечной системе

На рисунках графиков вейвлетных фазовых характеристик взаимодействующих между собой переменных (сигналов), приведенных в статье, отображаются усредненные значения изменяющихся мгновенных фаз по времени и масштабам вейвлета (частотам сигнала). Взаимодействие между факторами осуществляется гравитационными и термодинамическими силами, зависящими от изменений расстояний между планетами системы. На графиках вейвлетных преобразований $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ и $a2_{\varphi_f}(\bar{a}, b)$ и в матрицах корреляций в группах исследуемых факторов отображаются меры их взаимодействий при заданных условиях вейвлетного преобразования (1) и временных интервалов наблюдений. Выбор совпадающих временных интервалов исследований в группах ограничивается интервалами их наблюдений.

На графиках вейвлетных фазочастотных характеристик переменных отображается главная закономерность изменений природных факторов, – частоты изменений взаимодействующих факторов происходят с той или иной согласованностью с изменениями движения Солнца относительно барицентра, – являются функциями времени, следовательно, имеют фазы. В научной литературе особенности изменений каждого природного или иного изменяющегося во времени фактора чаще всего представляются только набором Фурье-частот, спектральным составом, что недостаточно отражает характер изменений процессов в наблюдаемом интервале времени (пространстве) и взаимодействий между ними.

Вычислением частотных составов переменных, исследованных в статье, с использованием временных вейвлетных фазочастотных функций $\varphi(a, b)$ установлено, что в спектральных составах переменных содержатся выраженные периоды в интервалах $10 \div 12.5$ и $20 \div 22.4$ лет. Такие же периоды содержатся и в спектрах графиков функций: асимметричных движений Солнца вокруг центра масс (ЦМ) Солнечной системы $R_{\text{asimm.dv.Sun}}$ [8], расстояния от ЦМ Солнечной системы $R_{\text{Centr} - \text{Sun}}$, расстояния от ЦМ Солнечной системы до Зем-

ли $R.Centr-Zemly$ [28], изменений радиуса Солнца $Radius_Sun$ [1], синодического периода обращения Солнца как звезды $Sinod_T$ [29]. Представляет интерес вейвлетного анализа этих функций в комплексе с факторами $Rbar$ и $Sact$ в интервале времени 1878.7–1974.2 годы с целью установления согласованности изменений группы переменных с барицентрическими движениями Солнца, обусловленными движениями крупных планет Солнечной системы.

На графиках d и e рисунка 8 и в таблицах 9а и 9б представлены результаты сравнительных исследований.

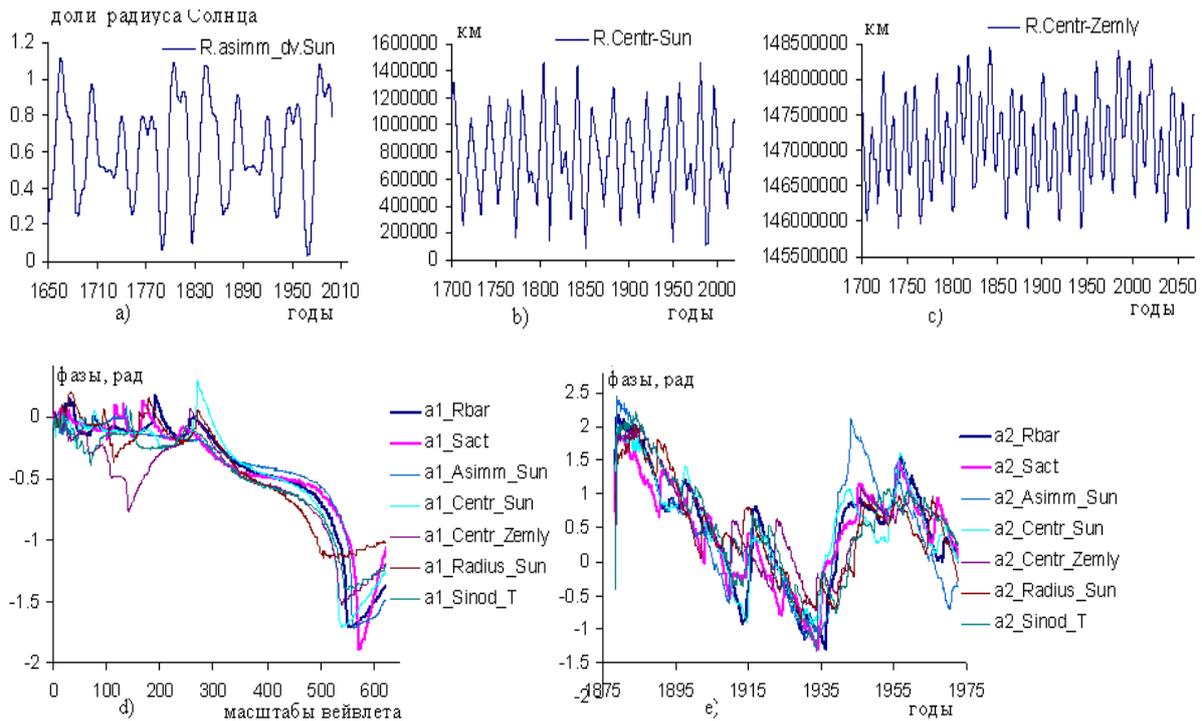


Рисунок 8. Графики изменений: а) расстояния центра масс (ЦМ) Солнечной системы (в долях солнечного радиуса) от точки (0.95; 0.00) в интервале времени 1650 – 2000 г.; б) расстояния от ЦМ Солнечной системы до Солнца в км в 1700 – 2018 гг, в) расстояния от ЦМ Солнечной системы до Земли в км в 1700 – 2068 г; д) и е) вейвлетные фазочастотные и фазовременные характеристики переменных $Rbar$, $Sact$, $Asimm_Sun$, $Centr.Sun$, $Centr.Zemly$, $Radius.Sun$ и $Sinod.T$ $a1_ \varphi_f(a, \bar{b})$.

Таблица 9а

Коэффициентов линейных корреляций фазочастотных характеристик переменных: $Rbar$, $Sact$, $Asimm.Sun$, $Centr.Sun$, $Centr.Zemly$, $Radius.Sun$, $Sinod.T$

	$a1_ \varphi_f(a, \bar{b})$ – фазочастотные характеристики						
факторы	$Rbar$	$Sact$	$Asimm.Sun$	$Centr.Sun$	$Centr.Zemly$	$Radius.Sun$	$Sinod.T$
$Rbar$	1						
$Sact$	0.96	1					
$Asimm.Sun$	0.97	0.96	1				
$Centr.Sun$	0.97	0.91	0.92	1			
$Centr.Zemly$	0.93	0.87	0.88	0.96	1		
$Radius.Sun$	0.90	0.87	0.83	0.92	0.90	1	
$Sinod.T$	0.98	0.94	0.94	0.98	0.94	0.93	1

Коэффициентов линейных корреляций фазовременных характеристик переменных:
 $Rbar$, $Sact$, $Asimm.Sun$, $Centr.Sun$, $Centr.Zemly$, $Radius.Sun$, $Sinod.T$

	$a2_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ – фазовременные характеристики						
факторы	$Rbar$	$Sact$	$Asimm.Sun$	$Centr.Sun$	$Centr.Zemly$	$Radius.Sun$	$Sinod.T$
$Rbar$	1						
$Sact$	0.89	1					
$Asimm.Sun$	0.87	0.84	1				
$Centr.Sun$	0.95	0.89	0.84	1			
$Centr.Zemly$	0.82	0.82	0.73	0.76	1		
$Radius.Sun$	0.80	0.84	0.73	0.73	0.89	1	
$Sinod.T$	0.88	0.85	0.71	0.83	0.91	0.90	1

Примечание. Коэффициенты корреляций $r > |0.1|$ значимы с вероятностью 0.95 по критерию Стьюдента [Кремер, 2018].

Графики на рисунках 8 и первые столбики в таблицах корреляций 9а и 9б характеризуют высокую согласованность изменений группы переменных с движением Солнца относительно барицентра как в фазочастотных с $k \geq 0.90$, так и в фазовременных координатах с $k \geq 0.80$. Значительны коэффициенты взаимных корреляций и между вейвлетными преобразованиями $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ с $k \geq 0.83$ и $a2_{\varphi_f}(a, \bar{b})$ с $k \geq 0.71$. Это означает, что движения (изменения) всех переменных в группе обусловлены изменениями со временем расстояния центра масс Солнца от барицентра, гравитационными силами Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна и характерный ≈ 11 -годовой цикл солнечной активности, скорее всего, индуцирован барицентрическим движением Солнца. Заметим, что в спектральном составе изменений переменной $Rbar$ содержатся (7.6, 9.9, 12.8, 20, 35.7, 46.6, 174.6) годовые периоды, отмеченные также в работе [5]. В работе [18] обсуждается обусловленность солнечной активности с термоядерными процессами в недрах Солнца. Результаты исследований свидетельствуют об участии движений крупных планет Солнечной системы в управлении термодинамическим процессом в недрах Солнца.

КРАТКОЕ ОБСУЖДЕНИЕ И ВЫВОДЫ

Согласованность изменений исследуемых групп переменных с барицентрическими движениями Солнца отображается на двух типах графиков вейвлетных преобразований: фазочастотном и фазовременном и двумя матрицами корреляций этих преобразований. Графики фазочастотных характеристик переменных условно можно разделить на две части: высоко- и низкочастотные. Они отличаются разной согласованностью изменений переменных в двух фазочастотных областях.

Частотный состав графиков фазочастотных характеристик, соответственно, и значения коэффициентов корреляций в матрицах определяются частотным составом исходных переменных, интервалами наблюдений за переменными и задаваемым исследователем масштаба вейвлета. Задаваемый масштаб a вейвлета должен охватить полный набор частот исследуемой функции, временного ряда; выбор вейвлетного масштаба a для исследования конкретного наблюдения $f(t)$ можно установить вычислением и построением графика преобразования $a1_{\varphi_f}(a, \bar{b})$.

1. Основным результатом выполненной работы является то, что установлена причина ранее известных и изучаемых возмущений в системе солнечно-земных связей, проявлений солнечной активности с $T \approx 11$ -годовой периодичностью. Таковым является барицентрическое движение Солнца, обусловленное влиянием Юпитера, Сатурна, Урана и Нептуна.

2. Результатом таких движений Солнца являются квазипериодические изменения солнечной активности и сопровождающие этот сложный процесс электромагнитные потоки, солнечные пятна и факелы на полюсах Солнца, межпланетного магнитного поля, солнечного ветра, магнитных бурь.

3. Изменяющиеся электромагнитные процессы межпланетного пространства сопровождаются изменениями магнитосферы Земли, ее магнитных напряженностей, характеристик ионосферы.

4. С барицентрическим движением Солнца согласованы не только процессы солнечной активности и межпланетного пространства, но и вулканическая деятельность Земли, изменения наклона оси вращения Земли, изменения радиуса Солнца в относительных единицах и синодического периода Солнца. Скорее всего, циклические проявления солнечной активности являются признаком согласованности термоядерных процессов в недрах Солнца с ее барицентрическим движением.

5. Результатом изменений солнечно-земных связей, обусловленных барицентрическим движением Солнца, является и изменение климата на Земле, геофизических процессов.

6. Перечисленные выше результаты стали возможными благодаря использованию в обработке сигналов вейвлетного преобразования с комплексным вейвлетом с последующим вычислением их фазочастотных и фазовременных характеристик, матриц корреляций характеристик и анализом результатов в совокупности.

Литература

1. Кокоуров, В. Д. Многолетние изменения в системе Солнце – Земля / В. Д. Кокоуров. – Текст : электронный // Солнечно-земная физика. ИСЗФ СО РАН. – URL:<http://rcrc2016.msu.ru/irkutsk/kok/changes.htm> (Дата обращения: 10.04.2020).

2. Joze, P. D. Sun's motion and sunspots / P. D. Joze // *Aston Journal*. – 1965. – Vol. 70, № 3. – P. 193–200.

3. Khlystov, A. I. Barycentric movement of the Sun and Solar-Terrestrial rotation / A. I. Khlystov, V. P. Dolgachev, L. M. Domozhilova // *Biophysics*. – 1992. – Vol. 37, № 3. – P. 455–460.

4. Хлыстов, А. И. Когда просыпаются вулканы Марса? / А. И. Хлыстов. – Текст : непосредственный // *Техника – молодежи*. – 2004. – № 4. – С. 10–14.

5. Хлыстов, А. И. Резонанс третьего рода в Солнечной системе / А. И. Хлыстов, Р. К. Клиге, Н. С. Сидоренко. – Текст : непосредственный // *Современные глобальные изменения природной среды : Т. 3. Факторы глобальных изменений*. – Москва : Научный мир, 2012. – С. 147–160.

6. Хлыстов, А. И. Нелинейный метод прогноза 24-го солнечного цикла / А. И. Хлыстов, Б. В. Сомов. – Текст : непосредственный // *Современные глобальные изменения природной среды : Т. 3. Факторы глобальных изменений*. – Москва : Научный мир, 2012. – С. 137–146.

7. Прокудина, В. С. Анализ возможных причин продолжительного минимума 24 цикла / В. С. Прокудина. – Текст : непосредственный // *Всероссийская ежегодная конференция по физике Солнца. Солнечная и солнечно-земная физика (Пулково, 3 – 7 октября)*. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 81–84.

8. Вильсон Ян Р. Г. Изменение во вращении Земли относительно барицентра и климатический эффект / Р. Г. Вильсон Ян. – Текст : непосредственный // *Современные глобальные изменения природной среды : Т. 3. Факторы глобальных изменений*. – Москва : Научный мир. – 2012. – С. 78–102.

9. Perryman, M. A. C. The barycentric motion of exoplanet host stars. Tests of solar spin-orbit coupling / M. A. C. Perryman, T. Schulze-Hartung // *Astronomy and Astrophysics manuscript*. – 2010. – October 6. – P. 15668–15674.

10. Javaraiah, J. Sun's retrograde motion and violation of even-odd cycle rule in sunspot activity / J. Javaraiah // *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*. – 2005. – Vol. 362. – P. 1311–1318.
11. Mackey, R. Rhodes Fairbridge and the idea that the solar system regulates the Earth's climate / R. Mackey // *Journal of Coastal Research*. – 2007. – Issue 50. – P. 955–968.
12. Landscheidt, T. Beziehungen zwischen der Sonnenaktivität und dem Massenzentrum des Sonnensystems // *Nachr. D. Olbersgesellschaft Bremen*. – 1976. – Vol. 100. – P. 3–19.
13. Landscheidt, T. Solar oscillations, sunspot cycles, and climatic change / T. Landscheidt // *Weather and climate responses to solar variations* / editor B. M. McCormac. – Boulder : Associated Univ. Press, 1983. – P. 293–308.
14. Landscheidt, T. Klimavorhersage mit astronomischen Mitteln? / T. Landscheidt // *Aus Fusion*. – 1997. Vol. 1. – P. 58.
15. Landscheidt Cycles Research. – URL: <http://landscheidt.wordpress.com> (Date of request: 15.09.2020).
16. Charvatova, I. On the relation between solar motion and the solaractivity in the yers 1700-80 and 191–60 a.d. / I. Charvatova // *Bulletin of the Astronomical Institutes of Czechoslovakia*. – 1990. – Vol.4, № 3. – P. 200–204.
17. Лукьянов, Л. Г. Лекции по небесной механике : учебное пособие для вузов / Л. Г. Лукьянов, Г. И. Ширмин. – Алматы, 2009. – 227 с. – Текст : непосредственный.
18. Mahmoud, E. Yousif. The Solar Flare Mechanism / E. Mahmoud // *Physics Department - The University of Nairobi*. – 2011. – URL: <https://www.researchgate.net/publication/215870630> (Дата обращения: 20.03.2020).
19. Федоров, В. М. Тенденции и причины изменений глобального климата Земли в современную эпоху / В. М. Федоров. – Москва : КДУ : Добросвет, 2018. – URL: <https://bookonlime.ru/product/tendencii-i-prichiny-izmeneniy-globalnogo-klimata-zemli-v-sovremennuyu-epoxy> (Дата обращения: 15.07.2020). – Текст : электронный.
20. Гусева, С. А. К описанию крупномасштабного полярного магнитного потока Солнца / С. А. Гусева, Ю. А. Наговицин. – Текст : непосредственный // *Труды XI Пулковской Международной конференции по физике Солнца, 2-7 июля 2007 г. Пулково*. – Санкт-Петербург, 2007. – С. 127–130.
21. Жеребцов, Г. А. Комплекс гелиогеофизических инструментов нового поколения / Г. А. Жеребцов. – DOI:10.12737/szf-62202001. – Текст : непосредственный // *Солнечно-земная физика*. – 2020. – Т. 6, № 2. – С. 6–18.
22. Алексеев, В. И. Исследование изменений глобального климата как сложной системы с использованием вейвлетных фазочастотных функций, фазочастотных и фазовременных характеристик гелиокосмических и климатических переменных. Часть 1. / В. И. Алексеев. – Текст : непосредственный // *Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов*. – 2020. – Т. 331, № 7. – С. 238–250.
23. Алексеев, В. И. Программный комплекс для вейвлетной обработки временных рядов (сигналов) и визуализации результатов в Matlab и Surfer : свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ : № 2019663399 : дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 16.10.2019. – Москва, 2019. – Текст : непосредственный.
24. Дьяконов, В. П. Вейвлеты. От теории к практике / В. П. Дьяконов. – Москва : СОЛОН-Пресс, 2004. – 400 с. – ISBN 5-93455-150-7. – Текст : непосредственный.
25. Абдусаматов, Х. И. Солнце диктует климат Земли / Х. И. Абдусаматов. – Санкт-Петербург : Logos, 2009. – 197 с. – ISBN 978-5-87278-386-9. – Текст : непосредственный.

26. Кремер, Н. Ш. *Математическая статистика : учебник и практикум / Н. Ш. Кремер.* – Москва : ЮРАЙТ, 2018. – 259 с. – ISBN 978-5-534-01654-3. – Текст : непосредственный.

27. Зотов, О. Д. Влияние параметра β солнечного ветра на статистические характеристики A_p -индекса в цикле солнечной активности / О. Д. Зотов, Б. И. Клейн, Н. А. Куражковский. – DOI:10.12737/szf-54201906. – Текст : непосредственный // Солнечно-земная физика. – 2019. – Т. 5, № 4. – С. 55–63.

28. Федулов, К. В. Структура климатических изменений (по палеоданным и данным инструментальной эпохи) / К. В. Федулов, Н. М. Астафьева. – Москва : ИКИ РАН, 2008. – 60 с. – Текст : непосредственный.

29. Бадалян, О. Г. Скорость вращения Солнца как звезды на большом интервале времени / О. Г. Бадалян. – Текст : непосредственный // Труды всероссийской конференции по физике Земли. Солнечная и солнечно-земная физика, Пулково, 3 – 7 октября 2011. – Санкт-Петербург, 2011. – С. 15–18.

30. *Volkano eruptions of 2014 and all eruptions since 1600 to present // The Big Wobble. – 18 June 2016. – URL: <http://www.thebigwobble.org/2016/06/volcano-eruptions-of-2014-and-all.html> (Date of request: 20.11.2019).*

31. Ерофеев, Д. В. Влияние крупномасштабной неоднородности скорости солнечного ветра на распределение направлений вектора межпланетного магнитного поля / Д. В. Ерофеев. – Текст : непосредственный // Солнечно-земная физика. – 2019. – Т. 5, № 3. – С. 50–63.

32. Филиппов, Б. П. Эруптивные процессы на Солнце / Б. П. Филиппов. – Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2007. – 216 с. – Текст : непосредственный.

В. А. Баранчук, С. Г. Пятков

**О НЕКОТОРЫХ КЛАССАХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ С ТОЧЕЧНЫМ
ПЕРЕОПРЕДЕЛЕНИЕМ ДЛЯ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
ТЕПЛОМАССОПЕРЕНОСА**

В работе рассматривается вопрос о корректности в пространствах Соболева обратных задач о восстановлении функции источников специального вида для математических моделей конвекции-диффузии и теплопереноса. Неизвестные функции, зависящие от времени, входят в функцию источника. В качестве условий переопределения рассматриваются значения решения в некотором наборе точек области, лежащих как внутри области, так и на ее границе. Приведены условия, гарантирующие глобальную по времени корректность задачи в классах Соболева. Условия на данные задачи минимальны. Полученные результаты являются точными.

Ключевые слова: модели теплопереноса, параболическая система, обратная задача, функция источника, конвекция-диффузия.

V. A. Baranchuk, S. G. Pyatkov

**ON SOME CLASSES OF INVERSE PROBLEMS WITH POINT OVERDIRECTION FOR
MATHEMATICAL MODELS OF HEAT AND MASS TRANSFER**

The paper considers the question of the correctness in Sobolev spaces of inverse problems of recovering the function of sources of a special form for mathematical models of convection-diffusion and heat and mass transfer. Unknown time-dependent functions are included in the source function. The values of the solution in a certain set of points of the region lying both inside the region and on its boundary are considered as conditions for redefining. Conditions are given that guarantee the global correctness of the problem in Sobolev classes. The conditions for these tasks are minimal. The results are accurate.

Key words: heat and mass transfer models, parabolic system, inverse problem, source function, convection-diffusion.

Введение

Мы рассматриваем обратные задачи с точечным переопределением для параболической системы вида

$$Lu = u_t + A(t, x, D)u = f(x, t), \quad (t, x) \in Q = (0, T) \times G, \quad G \subset \mathbb{R}^n, \quad (1)$$

$$\text{где} \quad A(t, x, D)u = -\sum_{i,j=1}^n a_{ij}(t, x)u_{x_i x_j} + \sum_{i=1}^n a_i(t, x)u_{x_i} + a_0(t, x)u,$$

G – ограниченная область с границей $\Gamma \in C^2$, a_{ij} , a_i матрицы размера $h \times h$ и u – вектор длины h . Система (1) дополняется начальными и граничными условиями

$$u|_{t=0} = u_0, \quad Bu|_S = g, \quad S = (0, T) \times \Gamma, \quad (2)$$

где $Bu = \sum_{i=1}^n \gamma_i(t, x)u_{x_i} + \gamma_0(t, x)u$. Условия переопределения записываются в виде:

$$u(x_i, t) = \psi_i(t), \quad i = 1, 2, \dots, r. \quad (3)$$

Правая часть имеет вид $f = \sum_{i=1}^m f_i(x, t)q_i(t) + f_0(x, t)$. Задача состоит в определении неизвестных функций $q_i(t)$ и решения u системы (1), удовлетворяющего условиям (2), (3).

1. Проблемы подобного вида возникают при описании процессов тепломассопереноса, диффузионных процессов, процессов фильтрации и во многих других областях (см. [1, 2]). Прежде всего мы сошлемся на работу [3], где получена теорема существования и единственности решений задачи (1)-(3) в пространствах Гельдера в случае $h = r = 1, s = 1$. В случае $n = 1, r = 1$ и $G = \mathbb{R}$ аналогичный результат получен в работах [4, 5]. Общие теоремы о разрешимости абстрактных задач такого вида в квазилинейном случае получены в монографии [6, 6.6,9.4] в пространствах функций, удовлетворяющих условию Гельдера по t в случае, когда главная часть оператора A не зависит от неизвестных функций и $D(A)$ не зависит от времени. Результаты применимы и к задачам вида (1)-(3), и при выполнении некоторых (довольно жестких и, вообще говоря, значительно завышенных) условий на данные задачи, которые гарантируют локальную по времени разрешимость. Задачи вида (1)-(3) были рассмотрены в работах авторов в [7, 8, 9] (здесь условия на данные минимальны), а квазилинейные задачи того же вида в работе [8], где были ослаблены условия на данные по сравнению с теми, которые были использованы в [6, 9.4]. В отличие от этих результатов в данной работе мы рассматриваем случай, когда точки замеров $\{x_i\}$ могут лежать и на границе области G . Этот случай труднее того, что уже был рассмотрен. В приложениях такая ситуация также возникает, и имеется ряд работ, посвященных численным методам решения этой задачи, в том числе и в случае точечных источников (см., например, [10]). Отметим, что численные методы решения различных модельных задач, входящих в класс (1)-(3), рассматривались, например, в книгах [2, 3] и большом количестве работ (см., например, [11, 12]), выделим работу [13], где рассматривался случай квазилинейной параболической системы.

1. Вспомогательные результаты

Вначале приведем некоторые обозначения. Пусть E – банахово пространство. Через $L_p(G; E)$ (G – область в \mathbb{R}^n) обозначается пространство сильно измеримых функций, определенных на G со значениями в E и конечной нормой $\| \| u(x) \| \|_E \|_{L_p(G)}$ [14]. Мы также используем пространства $C^k(\bar{G}; E)$, состоящие из функций, имеющих в G все производные до порядка k включительно, непрерывные в G и допускающие непрерывное продолжение на замыкание \bar{G} . Обозначения для пространств Соболева $W_p^s(G; E)$, $W_p^s(Q; E)$ и т. д. – стандартные (см. [14, 15, 16]). При нецелых s пространство Соболева $W_p^s(G; E)$ совпадает с пространством Бесова $B_{p,p}^s(G; E)$. Если $E = \mathbb{C}$ или $E = \mathbb{C}^n$, то последнее пространство обозначаем просто через $B_{p,p}^s(G)$. Аналогично вместо $W_p^s(G; E)$ или $C^k(\bar{G}; E)$ используем обозначение $W_p^s(G)$ или $C^k(\bar{G})$. Таким образом, включение $u \in W_p^s(G)$ (или $u \in C^k(\bar{G})$) для данной вектор-функции $u = (u_1, u_2, \dots, u_k)$ означает, что каждая из компонент u_i принадлежит пространству $W_p^s(G)$ (или $C^k(\bar{G})$). В этом случае под нормой вектора понимаем сумму норм координат. Будем считать, что аналогичное соглашение справедливо и для матриц, т. е. включение $a \in W_p^s(G)$ для данной матрицы-функции $a = \{a_{ij}\}_{j,i=1}^k$ означает, что $a_{ij}(x) \in W_p^s(G)$ для всех i, j . Для данного интервала $J = (0, T)$, положим, $W_p^{s,r}(Q) = W_p^s(J; L_p(G)) \cap L_p(J; W_p^r(G))$, соответственно, $W_p^{s,r}(S) = W_p^s(J; L_p(\Gamma)) \cap L_p(J; W_p^r(\Gamma))$. Аналогично определяем анизотропные пространства Гельдера $C^{\alpha,\beta}(\bar{Q})$, $C^{\alpha,\beta}(\bar{S})$.

Определение вложения $\Gamma \in C^2$ может быть найдено в [17, Гл. 1]. Далее мы считаем, что параметр $p > n + 2$ зафиксирован. Пусть $B_\delta(x_i)$ – шар радиуса δ с центром в точке x_i (см. условие (3)). Будем считать, что точки $\{x_i\}_{i=1}^s$ – граничные, а точки $\{x_i\}_{i=s+1}^r$ – внутренние. Параметр $\delta > 0$ назовем допустимым, если $\bar{B}_\delta(x_i) \subset G$ для внутренних точек $x_i \in G$, $\bar{B}_\delta(x_i) \cap$

$\overline{B_\delta(x_j)} = \emptyset$ для $i \neq j$, $i, j = 1, 2, \dots, r$. Пусть $Q^\tau = (0, \tau) \times G$, $G_\delta = \cup_i B_\delta(x_i)$, $\tilde{G}_\delta = \cup_{i=1}^s B_\delta(x_i)$, $Q_\delta = (0, T) \times G_\delta$, $Q_\delta^\tau = (0, \tau) \times G_\delta$.

Наложим условия на коэффициенты операторов A и B : найдется допустимое $\delta > 0$ такое, что

$$a_{ij} \in C(\overline{Q}), a_k \in L_p(Q), \gamma_i \in C^{1/2,1}(\overline{S}), a_{ij} \in L_\infty(0, T; W_\infty^1(G_\delta \cap G)); \quad (4)$$

$$a_k \in L_p(0, T; W_p^1(G_\delta \cap G)), i, j = 1, 2, \dots, n, k = 0, 1, \dots, n. \quad (5)$$

Также предполагается, что L – параболический оператор и выполнено условие Лопатинского. Сформулируем эти условия. Рассмотрим матрицу $A_0(t, x, \xi) = -\sum_{i,j=1}^n a_{ij}(t, x)\xi_i\xi_j$ ($\xi \in \mathbb{R}^n$) и предположим, что существует постоянная $\delta_1 > 0$, такая что корни p полинома

$$\det(A_0(t, x, i\xi) + pE) = 0$$

(E – единичная матрица) удовлетворяют условию

$$\operatorname{Re} p \leq -\delta_1|\xi|^2 \quad \forall \xi \in \mathbb{R}^n \quad \forall (x, t) \in Q. \quad (6)$$

Условие Лопатинского может быть сформулировано следующим образом: для любой точки $(t_0, x_0) \in S$ и операторов $A_0(x, t, D)$ и $B_0(x, t, D) = \sum_{i=1}^n \gamma_i(t, x) \partial_{x_i}$, записанных в локальной системе координат y в этой точке (ось y_n направлена по нормали к S , и оси y_1, \dots, y_{n-1} лежат в касательной плоскости в точке (x_0, t_0)), система

$$(\lambda E + A_0(x_0, t_0, i\xi', \partial_{y_n}))v(z) = 0, \quad B_0(x_0, t_0, i\xi', \partial_{y_n})v(0) = h_j, \quad (7)$$

где $\xi' = (\xi_1, \dots, \xi_{n-1})$, $y_n \in \mathbb{R}^+$, имеет единственное решение из $C(\overline{\mathbb{R}^+})$, убывающее на бесконечности при всех $\xi' \in \mathbb{R}^{n-1}$, $|\arg \lambda| \leq \pi/2$ и $h_j \in \mathbb{C}$ таких, что $|\xi'| + |\lambda| \neq 0$.

Алгебраические условия, гарантирующие выполнение (7), могут быть найдены, например, в [17]. Дополнительно к условию Лопатинского для задачи (1)-(3) мы также будем предполагать, что существует постоянная $\varepsilon_1 > 0$, такая, что

$$\operatorname{Re} (-A_0(t, x, \xi)\eta, \eta) \geq \varepsilon_1|\xi|^2|\eta|^2 \quad \forall \xi \in \mathbb{R}^n, \eta \in \mathbb{C}^h, \quad (8)$$

где скобки (\cdot, \cdot) обозначают скалярное произведение в \mathbb{C}^h . Последнее условие называется условием сильной эллиптичности (см. [17, определение 7, § 8, Гл. 7]). Как показано в работе [18], условие (8) влечет, что выполнено условие параболичности и условие Лопатинского на S для задачи (1)-(3), где условие третьей краевой задачи заменено условием Дирихле, т. е. $Bu = u$.

Без ограничения общности можем считать, что

$$|\det(\sum_{i=1}^n \gamma_i v_i)| \geq \varepsilon_0 > 0, \quad (9)$$

где v – внешняя единичная нормаль к Γ и ε_0 – некоторая положительная постоянная. Основные условия на данные имеют вид

$$u_0(x) \in W_p^{2-2/p}(G), \quad g \in W_p^{2k_0, k_0}(S), \quad B(x, 0)u_0(x)|_\Gamma = g(x, 0) \quad \forall x \in \Gamma, \quad (10)$$

где $k_0 = 1/2 - 1/2p$. Фиксируем допустимое $\delta > 0$. Построим функцию $\varphi(x) \in C_0^\infty(G_\delta)$ такую, что $\varphi(x) = 1$ в $G_{\delta/2}$ и $\varphi(x) = 0$ в $G \setminus G_{3\delta/4}$. В силу допустимости в этом случае $\varphi = \sum_{i=1}^r \varphi_i(x)$, $\varphi_i(x) \in C_0^\infty(B_\delta(x_i))$ и эти функции имеют непересекающиеся носители. Дополнительно предположим, что

$$\varphi(x)u_0(x) \in W_p^{3-2/p}(G). \quad (11)$$

Поскольку Γ принадлежит классу C^2 , найдется число $\delta_0 > 0$ такое, что для любой $x_0 \in \Gamma$ найдется окрестность U (координатная окрестность) этой точки, и система координат y (локальная система координат), полученная с помощью поворота и переноса начала координат из исходной такая, что ось y_n направлена по внутренней нормали в Γ в точке x_0 и уравнение границы $U \cap \Gamma$ имеет вид $y_n = \omega(y')$, $\omega(0) = 0$, $|y'| < \delta_0$, $y' = (y_1, \dots, y_{n-1})$,

причем $\omega \in C^2(\overline{B_{\delta_0}'(0)})$ ($B_{\delta_0}'(0) = \{z': |z'| < \delta_0\}$) и $G \cap U = \{y: |y'| < \delta_0, 0 < y_n - \omega(y') < \delta_1\}$, $(\mathbb{R}^n \setminus G) \cap U = \{y: |y'| < \delta_0, -\delta_1 < y_n - \omega(y') < 0\}$. Числа δ_0, δ_1 для области G фиксированы. Отметим, что мы всегда сможем считать, что $\delta_1 > (M + 1)\delta_0$, где M – постоянная Липшица функции ω . Это условие обеспечивает включение $B_{\delta_0}(x_0) \subset U_i$. Ниже без ограничения общности мы считаем, что допустимый параметр δ в вышеприведенных условиях на данные таков, что $\delta = \delta_0$ (иначе мы уменьшим значения параметров). Обозначим через U_i координатные окрестности, отвечающие точкам x_i ($i = 1, \dots, s$). Дополнительно к условию $\Gamma \in C^2$ мы предположим, что

$$\Gamma \cap B_{\delta}(x_i) \in C^3, \quad i = 1, 2, \dots, s, \quad (12)$$

т. е. имеем $\omega(y') \in C^3(\overline{B_{\delta}'(0)})$ для соответствующих функций ω .

Мы используем выпрямление границы. Это преобразование $z_n = y_n - \omega(y')$, $z' = y'$. При выполнении условия (12) оно и обратное к нему $y_n = z_n + \omega(z')$, $y' = z'$ принадлежат классу C^3 в области U_i .

Пусть $S_{\delta} = (0, T) \times \cup_{i=1}^s (\Gamma \cap B_{\delta}(x_i))$. Фактически это множество состоит из s непересекающихся компонент связности. По аналогии с условием (11) введем условие

$$\varphi g \in W_p^{k_1, 2k_1}(S) \quad (k_1 = 1 - 1/2p), \quad \nabla_{z'} \gamma_k(x(z', 0)) \in C^{1/2, 1}(S_0), \quad (13)$$

где $k = 0, 1, 2, \dots, n$, $S_0 = (0, T) \times B_{\delta}'(0)$ и последнее включение выполнено для любой из областей U_i и соответствующего преобразования координат z . Для удобства записи мы опускаем индекс i в обозначениях систем координат.

Применяя лемму 7.2 в [19], можем отметить, что первое включение в (13) влечет, что

$$\begin{aligned} \nabla_{z'} \varphi g(t, x(z', 0)) \in W_p^{k_0, 2k_0}(S_0), \quad \|\nabla_{z'} \varphi g(t, x(z', 0))\|_{W_p^{k_0, 2k_0}(S_0)} \leq \\ c \|\varphi g\|_{W_p^{k_1, 2k_1}(S)}, \end{aligned} \quad (14)$$

где c – некоторая положительная постоянная. Приведем некоторые вспомогательные результаты.

Теорема 1. Пусть выполнены условия (4)–(13) для некоторого достаточно малого допустимого $\delta > 0$ и соответствующей функции φ , $f \in L_p(Q^{\tau})$, $f\varphi \in L_p(0, \tau; W_p^1(G))$ и $\tau \in (0, T]$. Тогда существует единственное решение $u \in W_p^{2, 1}(Q^{\tau})$ задачи

$$Lu = u_t + Au = f \quad ((x, t) \in Q), \quad u|_{t=0} = u_0(x), \quad Bu|_S = g. \quad (15)$$

Причем $\varphi u_t \in L_p(0, \tau; W_p^1(G))$, $\varphi u \in L_p(0, \tau; W_p^3(G))$. Если $g \equiv 0$, $u_0 \equiv 0$, то справедливы оценки

$$\begin{aligned} \|u\|_{W_p^{1, 2}(Q^{\tau})} \leq c \|f\|_{L_p(Q^{\tau})}, \quad \|u\|_{W_p^{1, 2}(Q^{\tau})} + \|\varphi u_t\|_{L_p(0, \tau; W_p^1(G))} + \\ \|\varphi u\|_{L_p(0, \tau; W_p^3(G))} \leq c [\|f\|_{L_p(Q^{\tau})} + \|\varphi f\|_{L_p(0, \tau; W_p^1(G))}], \end{aligned} \quad (16)$$

где постоянная c не зависит от f , решения u и $\tau \in (0, T]$.

Доказательство. Вначале считаем, что $\tau = T$. Как вытекает из известных результатов (см., например, теорему 10.4 гл. 7 [4]), существует единственное решение задачи (15) из класса $u \in W_p^{1, 2}(Q)$, удовлетворяющее оценке

$$\|u\|_{W_p^{1, 2}(Q)} \leq c (\|f\|_{L_p(Q)} + \|u_0\|_{W_p^{2-2/p}(G)} + \|g\|_{W_p^{1/2-1/2p, 1-1/p}(S)}). \quad (17)$$

Утверждение теоремы о дополнительной гладкости решений в Q может быть обосновано с применением результатов и рассуждений из гл. 3 (§ 12) и гл. 4 в [4]. В случае, если все точки x_i внутренние, аналогичное утверждение получено в теореме 1.1 работы [21]. Поэтому мы остановимся на более сложном случае граничной точки x_i и приведем только

схему доказательства без подробных выкладок. Возьмем точку $x_i \in \Gamma$ и отвечающую окрестности U_i функцию φ_i ($i \leq s$). Умножая уравнение на φ_i , имеем

$$Lv = v_t + Av = \varphi_i f + [\varphi_i, A]u = \tilde{f}, \quad v = \varphi_i u, \\ v|_{t=0} = \varphi_i u_0(x), \quad Bv|_S = \varphi_i g + [\varphi_i, B]u, \quad (18)$$

где $[\varphi_i, A]u = \varphi_i Au - A(\varphi_i u) = 2 \sum_{l,k=1}^n a_{lk} u_{x_k} \varphi_{ix_l} - \sum_{k=1}^n a_k \varphi_{ix_k} u$, $[\varphi_i, B]u = - \sum_{k=1}^n \gamma_k \varphi_{ix_k} u$ (т. о. квадратные скобки обозначают соответствующий коммутатор). Выпрямим границу преобразованием $z_n = y_n - \omega(y')$, $z' = y'$ и перейдем к новым координатам z в уравнении. Получим задачу

$$Lv = v_t + \tilde{A}v = \tilde{f}, \quad v|_{t=0} = \tilde{u}_0(z) = \varphi(x(z))u_0(x(z)), \\ \tilde{B}v|_{z_n=0} = \varphi_i g(x(z', 0)) + [\varphi_i, B]u(x(z', 0)) = \tilde{g}(t, z'), \quad (19)$$

где \tilde{A} , \tilde{B} – операторы A, B , записанные в системе координат z с коэффициентами $\tilde{a}_{kl}, \tilde{a}_k, \tilde{\gamma}_k$. Уравнение рассматривается в соответствующей окрестности $\{z: |z'| < \delta, 0 < z_n < \delta_1\}$. Пусть $\Delta_j v = (v(z + e_j \eta) - v(z))/\eta$ (e_j – j -й координатный вектор), где $|\eta| < \delta/4$ и $j \leq n - 1$. Тогда функция $w = \Delta_j v$ есть решение задачи

$$w_t + \tilde{A}(t, z, D)w = [\tilde{A}, \Delta_j]v + \Delta_j \tilde{f} = \tilde{f}_0, \\ \tilde{B}w|_{z_n=0} = [\tilde{B}, \Delta_j]v + \Delta_j \tilde{g} = \tilde{g}_0, \quad w|_{t=0} = \Delta_j \tilde{u}_0 = \tilde{u}_{01}, \quad (20)$$

где $[\tilde{A}, \Delta_j]v = \sum_{k,l=1}^n \Delta_j \tilde{a}_{kl} v_{z_k z_l} - \sum_{k=1}^n \Delta_j \tilde{a}_k v_{z_k} - \Delta_j \tilde{a}_0 v$, $[\tilde{B}, \Delta_j]v = - \sum_{k=1}^n \Delta_j \tilde{\gamma}_k v_{z_k} - \Delta_j \tilde{\gamma}_0 v$. Вернемся к переменным x и продолжим все функции в (20) нулем вне $U_j \cap G$. Тогда функция $w \in W_p^{1,2}(Q)$ есть решение задачи (15) с некоторыми новыми правыми частями в граничном условии и уравнении, т. е.

$$Lw = w_t + Aw = \tilde{f}_0 \quad ((x, t) \in Q), \quad w|_{t=0} = \tilde{u}_{01}, \quad Bw|_S = \tilde{g}_0. \quad (21)$$

Далее нам нужны некоторые оценки. Они более или менее очевидны. Мы используем леммы 4.10, 4.11 гл. 2 в [4] о свойствах конечных разностей и теоремы о точечных мультипликаторах (см., например, [22, теорема 3.3.2, с. 198]), а также наши условия на коэффициенты и теоремы о следах. Имеем, что

$$\|\tilde{u}_{01}\|_{W_p^{2-2/p}(U_i \cap G)} \leq c \|\varphi u_0(x(z))\|_{W_p^{3-2/p}(B_{\delta'}(0))} \leq c_1 \|\varphi u_0\|_{W_p^{3-2/p}(G)}, \quad (22)$$

где постоянная c_1 не зависит от величины η . Используя также (14) и лемму 3.4 гл. 2 в [4], имеем

$$\|\tilde{g}_0\|_{W_p^{1/2-1/2p, 1-1/p}(S_0)} \leq c(\|u\|_{W_p^{1,2}(Q)} + \|\varphi g\|_{W_p^{1-1/2p, 2-1/p}(S)}), \quad (23)$$

где опять постоянная c не зависит от η . Наконец, имеем оценку

$$\|\tilde{f}_0\|_{L_p((0, T) \times U_i \cap G)} \leq c(\|u\|_{W_p^{1,2}(Q)} + \|\varphi_i f\|_{L_p(0, T; W_p^1(G))}). \quad (24)$$

Используя оценку (17) для решений задачи (21) для каждого $j = 1, 2, \dots, n - 1$ и $i = 1, 2, \dots, s$ и переходя к переменным z в координатных окрестностях U_i , получим, что

$$\sum_{j=1}^n \sum_{i=1}^s \|\Delta_j \varphi_i u\|_{W_p^{1,2}((0, T) \times B_{\delta'}(0) \times (0, \delta_1))} \leq C_0,$$

где постоянная C_0 не зависит от параметра η и есть сумма соответствующих правых частей неравенств (22)-(24), умноженная на некоторую постоянную. Тогда лемма 4.11 гл. 2 в [4] гарантирует, что

$$\nabla_{z'} \varphi_i u(x(z)) \in W_p^{1,2}((0, T) \times B_{\delta'}(0) \times (0, \delta_1)) \quad (25)$$

для каждого i . Таким образом, мы показали, что касательные производные обладают необходимой гладкостью. Покажем это для нормальной производной u_{z_n} . Фиксируем параметр i и рассмотрим равенства (19). Перепишем уравнение и граничные условия в виде

$$\begin{aligned} v_t - \tilde{a}_{nn}(t, z)v_{z_n z_n} &= \tilde{f} + \sum_{k,l=1, k+l < 2n}^n \tilde{a}_{kl}v_{z_k z_l} - \sum_{k=1}^n \tilde{a}_k u_{z_k} - \tilde{a}_0 u = f_{02}(t, z), \\ V|_{t=0} &= \varphi(x(z))u_0(x(z)) = u_{02}(z), \\ v_{z_n}|_{z_n=0} &= \tilde{\gamma}_n^{-1}(\tilde{g}(t, z') - \sum_{k=1}^{n-1} \tilde{\gamma}_k v_{z_k} - \gamma_0 v) = g_{02}(z'). \end{aligned} \quad (26)$$

Отметим, что $\det \tilde{\gamma}_n = (-1)^n (1 + |\nabla \omega|^2)^{n/2} \det(\sum_{i=1}^n \gamma_i v_i) \neq 0$ (см. (9)). Отметим, что условие (8) сохраняется при невырожденном преобразовании координат. В частности, для предыдущего уравнения будет выполнено условие

$$\operatorname{Re}(\tilde{a}_{nn} \xi^2 \eta, \eta) \geq \varepsilon_2 |\xi|^2 |\eta|^2, \quad \varepsilon_2 > 0, \quad \forall \xi \in \mathbb{R}, \quad \eta \in \mathbb{C}^h, \quad (27)$$

для всех $t \in (0, T)$, $z \in B_\delta'(0) \times (0, \delta_1)$. Предыдущее условие есть таким образом просто условие положительной определенности матрицы \tilde{a}_{nn} . Мы можем ее продолжить на всю область $z_n > 0$ с сохранением этого условия. Например, нужное нам продолжение можно осуществить следующим образом. Построим функцию $\psi(z) \in C_0^\infty(B_\delta(0))$ такую, что $\psi = 1$ на $B_{3\delta/4}(0)$, $\psi \geq 0$ и $\psi = 0$ при $z \notin B_\delta(0)$. Таким образом, ψ равна 1 на носителе $\varphi_i(x(z))$. В качестве новой матрицы возьмем матрицу $E(1 - \psi) + \psi \tilde{a}_{nn}$. Она удовлетворяет всем условиям и совпадает с единичной матрицей при $z \rightarrow \infty$. Для продолжения сохраним то же самое обозначение. Продолжим функцию v и данные задачи нулем на всю область $z_n > 0$. Функция v будет решением задачи (26) уже в области $z_n > 0$. В силу включения (25) правая часть f_{02} в уравнении принадлежит $L_p(0, T; W_p^1(\mathbb{R}^n))$, соответственно, $u_{02} \in W_p^{3-2/p}(\mathbb{R}_+^n)$ ($\mathbb{R}_+^n = \{z: z_n > 0\}$), $g_{02} \in W_p^{1-1/2p, 2-1/p}(\mathbb{R}^{n-1})$. Рассмотрим задачу

$$\begin{aligned} v_{0t} - \tilde{a}_{nn}(z)v_{0z_n z_n} - \tilde{a}_{nnz_n}v_{0z_n} &= f_{02z_n}(t, z), \\ v_0|_{t=0} &= u_{02z_n}(z), \quad v_0|_{z_n=0} = g_{02}(z') \end{aligned} \quad (28)$$

для $z \in \mathbb{R}_+^n$. В силу общей теории (см. теорему 10.4 в [4]) и выполнения условия (27) существует единственное решение задачи из класса $W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+)$ при п.в. z' и справедлива оценка

$$\begin{aligned} \|v_0(t, z)\|_{W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+)} \leq & c(\|f_{02z_n}(t, z)\|_{W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+)} + \|u_{02}\|_{W_p^{3-2/p}(\mathbb{R}_+)} + \\ & \|g_{02}(z')\|_{W_p^{1/2-1/2p, 1-1/p}((0, T) \times \mathbb{R}_+)}. \end{aligned}$$

Используя известные свойства интеграла Лебега, заключаем, что

$$v_0 \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+)).$$

В силу компактности носителей данных полученное решение обладает свойством, что $(1 + |z|^2)^\beta v_0 \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+))$ для всех $\beta > 0$. Установить это факт несложно. На первом шаге умножим уравнение (28) и начально-краевые условия на $(1 + |z|^2)^{1/2}$ и обозначим $v_1 = (1 + |z|^2)^{1/2} v_0$. Существует единственная функция $v_1 \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+))$ являющаяся решением полученной задачи. Функция $\tilde{v}_0 = v_1 / (1 + |z|^2)^{1/2}$ есть уже решение исходной задачи, и в силу единственности получим, что $v_0 = \tilde{v}_0$. Таким образом, $(1 + |z|^2)^{1/2} v_0 \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+))$. Повторяя рассуждение, мы установим нужное вложение. Положим, $w_0 = -\int_{z_n}^\infty v_0(t, z', \xi) d\xi$. Функция w_0 удовлетворяет уравнению и граничным условиям в (26) и $w_0, w_{0z_n} \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+))$. В силу теоремы единственности заключаем, что

$w_0 = v$. Следовательно, существует обобщенная производная $v_{z_n} \in L_p(\mathbb{R}^{n-1}; W_p^{1,2}((0, T) \times \mathbb{R}_+))$. Отсюда заключаем, что $\nabla_z v \in W_p^{1,2}(Q)$. В исходных переменных x мы получим, что $\nabla_x \varphi_i u \in W_p^{1,2}(Q)$. Оценка из условия теоремы очевидным образом вытекает из вышеприведенных рассуждений. Чтобы показать, что оценка справедлива в области Q^τ и постоянные не зависят от τ , используется следующее доказательство. Фиксируем $\tau \in (0, T)$. Строим функцию $f_\tau(t, x) = f(t, x)$ на $(0, \tau)$ и равную 0 при $t > \tau$. Соответствующее решение в Q удовлетворяет оценке (16), где $\tau = T$, т. е. оценке

$$\|u\|_{W_p^{1,2}(Q)} + \|\varphi u_t\|_{L_p(0,T;W_p^1(G))} + \|\varphi u\|_{L_p(0,T;W_p^3(G))} \leq c[\|f_\tau\|_{L_p(Q)} + \|\varphi f_\tau\|_{L_p(0,T;W_p^1(G))}]. \quad (29)$$

Здесь постоянная c не зависит от τ . Однако в Q^τ это решение будет совпадать с решением задачи (15). Следовательно, имеет место оценка (16), поскольку

$$\|f_\tau\|_{L_p(Q)} + \|\varphi f_\tau\|_{L_p(0,T;W_p^1(G))} = \|f\|_{L_p(Q^\tau)} + \|\varphi f_\tau\|_{L_p(0,\tau;W_p^1(G))}.$$

2. Главные результаты

Опишем дополнительные условия на данные. Фиксируем достаточно малое $\delta > 0$ и построим функцию φ , описанную перед теоремой 1. Предположим, что

$$\psi_j \in W_p^1(0, T), \quad u_0(x_j) = \psi_j(0), \quad j = 1, 2, \dots, r, \quad (30)$$

$$f_i \in L_\infty(0, T; L_p(G)), \quad \varphi(x)f_i \in L_\infty(0, T; W_p^1(G)) \quad (i = 1, \dots, m), \quad m = rh,$$

$$f_0 \in L_p(Q), \quad \varphi(x)f_0 \in L_p(0, T; W_p^1(G_\delta \cap G)). \quad (31)$$

Построим матрицу $B(t)$ размерности $m \times m$, чьи строки с номерами s ($j-1$) $h+1$ до j состоят из вектор-столбцов $(f_1(x_j, t), f_2(x_j, t), \dots, f_m(x_j, t))$. Отметим, что при выполнении условий (31) имеем $\varphi f_i \in W_p^1(G; L_p(0, T))$ и, следовательно, можем считать, что $\varphi f_i \in C^{1-n/p}(\bar{G}; L_p(0, T))$ (см. [13, вложение (5.4)] и [23, соотношения (3.3), (3.6)]). Таким образом, определены следы $f_k(t, x_j)$ при всех i, j . Более того, имеем неравенство

$$\|f_k(t, x_j)\|_{L_\infty(0,T)} \leq c \|\varphi_k f_k(t, x)\|_{W_p^1(G)} \|L_\infty(0,T)\| \leq c \|\varphi_k f_k(t, x)\|_{L_\infty(0,T;W_p^1(G))},$$

откуда вытекает, что $f_k(t, x_j) \in L_\infty(0, T)$. Далее считаем параметр $\delta > 0$ фиксированным. Нам также необходимо следующее условие: существует число $\delta_0 > 0$ такое, что

$$|\det B(t)| \geq \delta_0 \text{ п. в. на } (0, T). \quad (32)$$

Отметим, что элементы матрицы B принадлежат $L_\infty(0, T)$. Теперь мы можем сформулировать наш основной результат.

Теорема 2. Пусть выполнены условия (4)–(13), (30)–(32) для некоторого достаточно малого допустимого $\delta > 0$. Тогда существует единственное решение $(u, q_1, q_2, \dots, q_m)$ задачи (1)–(3) такое, что $u \in W_p^{1,2}(Q)$, $q_i(t) \in L_p(0, T)$, $i = 1, \dots, m$. Более того, $\varphi u \in L_p(0, T; W_p^3(G))$, $\varphi u_t \in L_p(0, T; W_p^1(G))$.

Доказательство. Сначала мы строим функцию Φ как решение задачи

$$L\Phi = f_0 \quad ((x, t) \in Q), \quad \Phi|_{t=0} = u_0(x), \quad B\Phi|_S = g. \quad (33)$$

По теореме 1 $\Phi \in W_p^{1,2}(Q)$, $\varphi \Phi_t \in L_p(0, T; W_p^1(G))$, $\varphi \Phi \in L_p(0, T; W_p^3(G))$. По теореме Фубини $\Phi_t \in W_p^1(G; L_p(0, T))$ и поэтому $\Phi_t \in C(\bar{G}; L_p(0, T))$ (см. [13, 23]). Вследствие этого $\Phi(t, x_j) \in W_p^1(0, T)$. Функция $w = u - \Phi$, где u – решение задачи (1)–(3), есть решение задачи

$$Lw = \sum_{i=1}^m f_i q_i = F \quad ((x, t) \in Q), \quad w|_{t=0} = 0, \quad Bw|_S = 0, \quad (34)$$

$$w(x_j, t) = \tilde{\Psi}_j(t) = \psi_j(t) - \Phi(x_j, t) \in W_p^1(0, T), \quad j = 1, 2, \dots, r. \quad (35)$$

Зафиксируем функцию $q_j \in L_p(0, \tau)$ и найдя решение w задачи (34) на интервале $(0, \tau)$, построим отображение $w = w(\vec{q}) = L^{-1}F(\vec{q} = (q_1, \dots, q_m))$. Из теоремы 1 следует, что это отображение переводит $L_p(0, \tau)$ в класс $w \in W_p^{1,2}(Q^\tau)$, $\varphi w \in L_p(0, \tau; W_p^3(G))$, $\varphi w_t \in L_p(0, \tau; W_p^1(G))$ для всех $\delta_1 < \delta$. Используя теорему 1 и условия (31), получим

$$\|w\|_{W_p^{1,2}(Q^\tau)} + \|\varphi w_t\|_{L_p(0,\tau;W_p^1(G))} + \|\varphi w\|_{L_p(0,\tau;W_p^3(G))} \leq c \|\vec{q}\|_{L_p(0,\tau)}, \quad (36)$$

где постоянная c не зависит от τ . Предположим, что w является решением задачи (34), (35). Возьмем $x = x_j$ в (34). Заметим, что эти следы существуют, поскольку w_t и все слагаемые в выражении Aw принадлежат пространству $W_p^1(G; L_p(0, T))$. В силу теорем вложения для векторнозначных пространств Соболева (см. [13, вложение (5.4)] и [23, соотношения (3.3), (3.6)]) они принадлежат $C^\alpha(\bar{G}; L_p(0, T)) \subset C(\bar{G}; L_p(0, T))$ с $\alpha \leq s - n/p$. Получим систему

$$\tilde{\Psi}_{j_t} + Aw(x_j, t) = \sum_{i=1}^m f_i(x_j, t)q_i(t), \quad j = 1, 2, \dots, r, \quad (37)$$

которую можно записать в виде $B\vec{q} = \vec{\Psi} + R(\vec{q})$, где координаты векторов $\vec{\Psi}$ and $R(\vec{q})$ с числами от $(j-1)h+1$ до jh совпадают с векторами $\tilde{\Psi}_{j_t}$ и $Aw(x_j, t)$ ($w = w(\vec{q})$) соответственно. Таким образом, мы приходим к интегральному уравнению

$$\vec{q} = B^{-1}\vec{\Psi} + B^{-1}R(\vec{q}), \quad (38)$$

где оператор $B^{-1}R(\vec{q}): L_p(0, \tau) \rightarrow L_p(0, \tau)$ ограничен. Получим соответствующие оценки. С учетом условия (32) получим

$$\|B^{-1}R(\vec{q})\|_{L_p(0,\tau)} \leq c_1 \|R(\vec{q})\|_{L_p(0,\tau)}. \quad (39)$$

Для оценки правой части мы используем (36) и теоремы вложения. Легко заметить, что

$$\|R(\vec{q})\|_{L_p(0,\tau)} \leq c_2 \sum_{j=1}^r \left(\sum_{|\alpha|=2} \|D^\alpha w(x_j, t)\|_{L_p(0,\tau)} + (\|\nabla u(x_j, t)\|_{L_\infty(0,\tau)} + \|u(x_j, t)\|_{L_\infty(0,\tau)}) \right), \quad (40)$$

где константа c_2 зависит от величины $\|a_{ij}\|_{L_\infty(Q)}$ и $\|a_i(x_j, t)\|_{L_p(0,T)}$. Мы можем оценить последнюю величину $\|a_i\|_{L_p(0,T;W_p^1(G_\delta))}$. Оценим старшие производные. Оставшиеся оценки проще. Имеем для $n/p < s_1 < 1$, и $|\alpha| = 2$, что

$$\begin{aligned} \|D^\alpha w(x_j, t)\|_{L_p(0,\tau)} &\leq c_3 \|\varphi_j w\|_{L_p(0,\tau;W_p^{2+s_1}(G))} \leq \\ &c_4 \|\varphi_j w\|_{L_p(0,\tau;W_p^3(G))}^\theta \|\varphi_j w\|_{L_p(0,\tau;L_p(G))}^{1-\theta} \leq \\ c_5 \|\varphi_j w\|_{L_p(0,\tau;W_p^3(G))}^\theta \tau^{1-\theta} \|\varphi_j w\|_{W_p^{1,2}(Q^\tau)}^{1-\theta} &\leq c_6 \|\vec{q}\|_{L_p(0,\tau)} \tau^{1-\theta}. \end{aligned} \quad (41)$$

В последнем неравенстве $\theta = (2 + s_1)/3$ и мы используем (36) интерполяционные неравенства [10] и известное неравенство

$$\|\omega\|_{L_p(0,\tau)} \leq c\tau \|\omega_t\|_{L_p(0,\tau)}, \quad \omega(0) = 0.$$

Неравенства (39)-(41) дают оценку

$$\|B^{-1}R(\vec{q})\|_{L_p(0,\tau)} \leq c_7 \|\vec{q}\|_{L_p(0,\tau)} \tau^{1-\theta}, \quad (42)$$

где константа c_7 не зависит от τ . Эта оценка говорит, что оператор $B^{-1}R$ является сжимающим, например, если $\tau \leq \tau_0 = 1/(2c_7)^{1/(1-\theta)}$, и тогда уравнение (38) разрешимо. Покажем, что пара $w(\vec{q}), \vec{q}$ является решением задачи (34), (35), которая эквивалентна нашей исходной задаче (1)-(3). Возьмем $x = x_j$ in (34). Получаем систему

$$w_t(x_j, t) + Aw(x_j, t) = \sum_{i=1}^m f_i(x_j, t)q_i(t), \quad j = 1, 2, \dots, r. \quad (43)$$

С другой стороны, мы имеем равенства (37), которые эквивалентны уравнению (38). Вычитая (37) и (43), мы получаем, что $w_t(x_j, t) = \tilde{\Psi}_{jt}$. Интегрируя это равенство по t и используя (30), мы получим $w(x_j, t) = \tilde{\Psi}_j(t)$.

Далее мы продолжаем по индукции. Достаточно продемонстрировать второй шаг процедуры. Дальнейшие рассуждения очевидны. Положим, $\vec{q}_0 = \begin{cases} \vec{q}, & t \leq \tau_0 \\ 0, & t > \tau_0 \end{cases}$. Сделаем замену переменных $\vec{q} = \vec{q}_1 + \vec{q}_0$. Новая функция \vec{q}_1 удовлетворяет уравнению

$$\vec{q}_1 = B^{-1}\vec{\Psi} + B^{-1}R(\vec{q}_1) + B^{-1}R(\vec{q}_0) - \vec{q}_0. \quad (44)$$

В силу единственности решений мы можем заключить, что $\vec{q}_1 = 0$ on $(0, \tau_0)$. Соответствующая функция $w_1 = w_1(\vec{q}_1)$ является решением задачи

$$Lw_1 = \sum_{i=1}^m f_i q_{1i} = F \quad ((x, t) \in Q), \quad w_1|_{t=0} = 0, \quad Bw_1|_S = 0, \quad (45)$$

и, следовательно, $w_1 = 0$ на $(0, \tau_0)$. Далее оценим норму

$$\|B^{-1}R(\vec{q}_1)\|_{L_p(\tau_0, \tau)} \leq c \|\vec{q}_1\|_{L_p(\tau_0, \tau)} (\tau - \tau_0)^{1-\theta},$$

и без ограничения общности можно считать, что постоянная c здесь совпадает с постоянной c_7 in (42). Таким образом, если мы берем $\tau_1 = 2\tau_0$, то уравнение (44) разрешимо, а соответствующий оператор есть сжатие. Чтобы доказать разрешимость уравнения (38) на всем интервале $(0, T)$, достаточно повторить рассуждения несколько раз.

Далее мы покажем, что наши условия являются достаточно точными.

Замечание 1. Если матрица B вырождена, то задача (1)-(3) значительно усложняется и, возможно, некорректна в классах конечных гладкостей. Тип некорректности зависит от поведения этой матрицы-функции. Приведем простейший пример. Рассмотрим задачу:

$$u_t - \Delta u = f(x, t)q(t), \quad u|_{t=0} = 0, \quad u|_S = 0, \quad u(x_0, t) = \psi(t) \quad (x_0 \in G). \quad (46)$$

Если условие (32) выполняется, то $|f(x_0, t)| \geq \delta_2 > 0$ for почти всех $t \in (0, T)$, где δ_2 – некоторая постоянная. Неизвестными являются функции u и $q(t)$. Если мы предположим, что $f(x, t)$ обращается в нуль на некотором множестве вида $\Omega_\delta = B_\delta(x_0) \times [0, T] \subset Q$, то задача (46) уже некорректна в классах конечной гладкости, и можно указать классы данных, удовлетворяющих условиям теоремы, для которых задача неразрешима. Доказательство этого факта можно найти в замечании 1 в [9].

Замечание 2. Отметим также, что условие дополнительной гладкости данных в некоторой окрестности точек x_i также является точным в определенном смысле. Мы ограничимся случаем уравнения (46). Предположим, например, что $f \in L_\infty(0, T; L_p(G))$ и $f \notin L_\infty(0, T; W_p^s(B_\delta(x_0) \cap G))$ для $s \geq n/p$ и некоторого $\delta > 0$. В этом случае в любой окрестности f можно найти функции \tilde{f} как угодно гладкие, для которых задача неразрешима (см. [9]).

Заключение

В работе рассмотрен вопрос о корректности в пространствах Соболева обратных задач о восстановлении функции источников специального вида для математических моделей конвекции-диффузии и тепломассопереноса. Неизвестные функции, зависящие от времени, входят в функцию источника. Показано, что при определенных условиях на данные задача является корректной в пространствах Соболева. Получены теоремы существования и единственности решений. В качестве метода используется теорема о неподвижной точке и априорные оценки. Условия на данные задачи близки к минимальным.

Литература

1. Marchuk, G. I. *Mathematical Models in Environmental Problems* / G. I. Marchuk Amsterdam : Elsevier Science Publishers, 1986. – 216 p.
2. Ozisik, M. N. *Inverse Heat Transfer* / M. N. Ozisik, H. R. B. Orlande. – New York : Taylor & Francis, 2000. – 314 p.
3. Прилепко, А. И. Теоремы разрешимости и метод Ротэ в обратных задачах для уравнения параболического типа / А. И. Прилепко, В. В. Соловьев. – Текст : непосредственный // Дифференциальные уравнения. – 1987. – Т. 23, 10. – С. 1791–1799.
4. Afinogenova, O. A. Stabilization of the solution to the identification problem of the source function for a one-dimensional parabolic equation / O. A. Afinogenova, Yu. Ya. Belov, I. V. Frolenkov // *Doklady Mathematics*. – 2009. – Vol. 79, № 1. – P. 70–72.
5. Белов, Ю. Я. О задаче идентификации функции источника для уравнения типа Бюргера / Ю. Я. Белов, К. В. Коршун. – Текст : непосредственный // *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics*. – 2012. Vol. 5 (4). – P. 497–506.
6. Prilepko, A. I. *Methods for solving inverse problems in Mathematical Physics* / A. I. Prilepko, D. G. Orlovsky, I. A. Vasin. – New-York : Dekker, 1999. – 709 p.
7. Пятков, С. Г. О некоторых классах коэффициентных обратных задач для параболических систем уравнений / С. Г. Пятков, М. Л. Самков. – Текст : непосредственный // *Математические труды*. – 2012. – Т. 15, № 1. – С. 155–177.
8. Пятков, С. Г. Об определении функции источника в квазилинейных параболических задачах с точечными условиями переопределения / С. Г. Пятков, В. В. Ротко. – Текст : непосредственный // *Вестник ЮУрГУ. Серия «Математика. Механика. Физика»*. – 2017. – Т. 9, № 4. – С. 19–26.
9. Pyatkov, S. G. On some parabolic inverse problems with the pointwise overdetermination / S. G. Pyatkov, V. V. Rotko // *AIP Conference Proceedings*. – 2017. Vol. 1907. – P. 020008.
10. Neto, J. Silva. Department of Mechanical and Aerospace Two-dimensional inverse heat conduction problem of estimating the time-varying strength of a line heat source / J. Silva Neto, M. N. Ozisic. – DOI 10.1063/1.350554 // *Journal of Applied Physics*. – 1992. – Vol. 71. – P. 5357.
11. Badia, A. El. Inverse source problem in an advection-dispersion - reaction system: application to water pollution / A. El. Badia, A. Hamdi // *Inverse Problems*. – 2007. – Vol. 23. – P. 2103–2120.
12. Badia, A. El. Inverse source problem for the heat equation. Application to a pollution detection problem / A. El. Badia, T. Ha-Duong // *Journal of Inverse and Ill-Posed Problems*. – 2002. – Vol. 10, № 6. – P. 585–599.
13. Mamonov, A. V. Point source identification in nonlinear advection-diffusion-reaction systems / A. V. Mamonov, Y-H. R. Tsai // *Inverse Problems*. – 2013. – Vol. 29, № 3. – P. 26.
14. Трибель, Х. Теория интерполяции. Функциональные пространства. Дифференциальные операторы / Х. Трибель. – Москва : Мир, 1980. – 664 с. – Текст : непосредственный.
15. Denk, R. Optimal L_p - L_q -estimates for parabolic boundary value problems with inhomogeneous data / R. Denk, M. Hieber, J. Prüss // *Mathematische Zeitschrift*. – 2007. – Vol. 257, № 1. – P. 193–224.
16. Amann, H. OperatorValued Fourier multipliers, vectorvalued Besov spaces, and applications / H. Amann // *Mathematische Nachrichten*. – 1997. – Vol. 186, № 1. – P. 5–56.
17. Ладыженская, О. А. Линейные и квазилинейные уравнения параболического типа / О. А. Ладыженская, В. А. Солонников, Н. Н. Уралцева. – Москва : Наука, 1967. – 736 с. – Текст : непосредственный.
18. Ladyzhenskaya, O. A. Classical solvability of diffraction problems in the case of elliptic and parabolic equations / O. A. Ladyzhenskaya, V. Ya. Rivkind, N. N. Ural'tseva *USSR Academy of Sciences*. – Moscow, 1964. – P. 513–515.

19. Grisvard, P. Equations differentielles abstraites / P. Grisvard // Annales Scientifiques de l'École Normale Supérieure. – 1969. Vol. 2, № 3. – P. 311–395.

20. Пятков, С. Г. О некоторых классах линейных обратных задач для параболических систем уравнений / С. Г. Пятков, Е. И. Сафонов // Научные ведомости Бел.ГУ. – 2014. – Вып. 35, № 7 (183). – С. 61–75.

21. Triebel, H. Theory of function spaces / H. Triebel. – Basel : Birkhauser Verlag, 1983. – 447 p.

22. Amann, H. Compact embeddings of vectorvalued Sobolev and Besov spaces / H. Amann // Glasnik Matemacki Series III. – 2000. – Vol. 35 (55), № 1. – P. 161–177.

В. В. Бурлуцкий, Н. Д. Керамов, В. А. Балуюев, М. И. Изерт, А. В. Якимчук

**РАЗРАБОТКА МУЛЬТИАГЕНТНОЙ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ
ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ КЛАССИФИКАЦИИ И РАНЖИРОВАНИЯ
МАТЕРИАЛОВ В СЕТИ ИНТЕРНЕТ**

В статье предлагается архитектурное решение для интеллектуальных информационных систем на основе мультиагентного подхода и микросервисной архитектуры. Приведен пример использования описанного решения при разработке автоматизированной системы интеллектуального поиска, решающей задачу тематической классификации и ранжирования различных источников информации в сети Интернет. Описаны преимущества и недостатки разработанного архитектурного решения.

Ключевые слова: мультиагентные системы, микросервисы, машинное обучение, извлечение информации, обработка данных, классификация, ранжирование.

V. V. Burlutskiy, N. D. Keramov, V. A. Baluev, M. I. Izert, A. V. Yakimchuk

**DEVELOPMENT OF A MULTI-AGENT INTELLIGENT SYSTEM
FOR SOLVING PROBLEMS OF CLASSIFICATION AND RANKING
OF MATERIALS ON THE INTERNET**

The article proposes an architectural solution for intelligent information systems based on a multi-agent approach and microservice architecture. An example of using the described solution in the development of an automated intelligent search system that solves the problem of thematic classification and ranking of various sources of information on the Internet is given. The advantages and disadvantages of the developed architectural solution are described.

Key words: multi-agent systems, microservices, machine learning, information extraction, data processing, classification, ranking.

Введение

Развитие информационных технологий обусловило широкое распространение обработки в реальном времени больших потоков данных. В этой связи актуальной задачей является разработка алгоритмов, моделей и программных комплексов, позволяющих эффективно обрабатывать такие потоки информации. Например, подобная задача возникает в контексте обеспечения информационной и общественной безопасности. В настоящее время в сети Интернет каждый день публикуется большое количество материалов на различные тематики и всё более важную роль играют автоматизированные системы классификации и ранжирования, позволяющие всесторонне анализировать эти материалы, в том числе на предмет содержания противоправной информации (связанной с терроризмом, наркоторговлей, экстремизмом и т. д.).

Прикладные исследования в области извлечения информации из различных источников ведутся с начала 1980-х годов, когда предпринимались попытки обработки новостных и военных текстов с целью выделения в них определённых событий [1]. Повсеместное внедрение технологий сделало сеть Интернет основным источником информации, что позволило создавать интеллектуальные системы, использующие его в качестве основного источника информации. Однако при решении данной задачи возникает ряд проблем:

- 1) отсутствие универсальных средств взаимодействия с информационно-поисковыми системами;
- 2) наличие в веб-страницах большого количества информации, их не характеризующей;
- 3) большой объем информации, представленной в виде различных структурных элементов (текст, графика, аудио, видео);
- 4) необходимость в реализации алгоритмов ранжирования документов по степени их принадлежности к тем или иным категориям;
- 5) общая высокая зашумленность информации в среде Интернет.

В связи с этим значительно возрастает роль качественного автоматического сбора информации по конкретной предметной области.

Перспективным решением в создании современных интеллектуальных информационных систем являются системы с мультиагентной архитектурой. Многие распределенные информационные системы интеллектуального анализа данных строятся с использованием архитектуры на базе мультиагентных систем [2-5]. Мультиагентная система – система, состоящая из двух и более агентов, которые взаимодействуют друг с другом для достижения поставленных перед ними целей [6]. Под агентом будем понимать аппаратную или программную сущность, способную действовать самостоятельно в интересах достижения поставленных целей [7].

В рамках данной статьи рассматривается задача построения архитектурного решения для автоматизированной системы интеллектуального поиска материалов определенных тематических классов на основе мультиагентного подхода. Предлагается реализация мультиагентной системы на базе микросервисной архитектуры, где каждый микросервис является отдельным агентом, выполняющим конкретную задачу и взаимодействующим с другими микросервисами-агентами. Использование микросервисной архитектуры имеет ряд преимуществ в сравнении с монолитными системами [8]:

- 1) стабильность и управляемость;
- 2) гибкость и масштабируемость;
- 3) автономность и независимость;
- 4) возможность применения различных языков программирования и технологий хранения данных.

Цель данной работы – разработать гибкое масштабируемое техническое решение на основе мультиагентного подхода и мультисервисной архитектуры для автоматизированных систем интеллектуального поиска, решающих задачу тематической классификации и ранжирования различных источников информации в сети Интернет.

Постановка задачи

Конкретизируем постановку задачи построения технического решения системы интеллектуального поиска для предметной области выявления в сети Интернет материалов противоправного характера. Система должна в автоматическом режиме искать, классифицировать и ранжировать материалы по вероятности отнесения их к запрещенным категориям материалов. Материалом считается отдельная web-страница, которая может иметь различные составляющие: текст, изображения, аудиозаписи и т. д. Каждый из элементов материала оценивается различными моделями машинного обучения. После выявления и анализа элементов, представляющих возможный интерес для пользователей-экспертов, материал на основе результатов классификации его структурных элементов получает предварительную комплексную оценку, исходя из которой он будет определен в соответствующую категорию. На основе оценок фильтруются разрешенные материалы и распределяются по экспертам для дальнейшей анализа материалы с высокой вероятностью наличия противоправного контента. Выдачу материалов экспертам необходимо персонализировать с учетом истории работы эксперта в системе. Обучение моделей ранжирования производится на основе информации о времени работы пользователя в системе, его предпочтениях по тематике контента, статистике оценивания определенной категории материалов.

Таким образом, разрабатываемое архитектурное решение должно предусматривать выполнение следующих условий:

- автоматический поиск материалов определенной тематики и структуры;
- использовать ряд различных моделей классификации структурных элементов материалов разного типа (текст, графика, аудио) для получения комплексной оценки всего материала;
- позволять гибко настраивать общий процесс анализа материалов изменением как параметров, так и состава моделей классификации;
- проводить ранжирование материалов на основе полученной комплексной оценки и поведения отдельного эксперта.

Описание решения

Поскольку решение строится на основе микросервисного подхода, то в нем выделяются базовые элементы – микросервисы. Микросервис – это автономный компонент приложения, который обладает узконаправленной функциональной возможностью, независимо разворачивается и масштабируется.

В составе разрабатываемого проектного решения можно выделить следующие микросервисы:

- 1) Requests (запросы) – хранит сложные запросы для поисковых систем с ключевыми словами;
- 2) Search (поиск) – выполняет запросы к поисковым системам (для каждой поисковой системы используется отдельный экземпляр микросервиса);
- 3) Filter (фильтр) – проксирует ссылки в загрузчик, исключая дублирующиеся ссылки и ссылки, ведущие на сайты СМИ;
- 4) Loader (загрузчик) – выполняет загрузку всех данных web-страницы по полученной ссылке;
- 5) DataStorage (хранилище – хранит все загруженные данные);
- 6) Analyzer (анализатор) – выполняет анализ элементов данных различными моделями машинного обучения (имеет различные имплементации для каждого из структурных элементов материала: текст, изображения, аудиофайлы);
- 7) Ranger (ранжировщик) – ранжирует полученные от анализатора оценки и формирует совокупную оценку материала;
- 8) Watcher (наблюдатель) – собирает данные обо всех сообщениях всех модулей.

Мультиагентная система подразумевает наличие сообщества автономно действующих агентов, которые решают общую задачу, взаимодействуя посредством сообщений (см. рисунок). В предлагаемом решении можно выделить два класса агентов: агенты-микросервисы и агенты-пользователи. Все перечисленные выше микросервисы являются агентами-микросервисами. То есть каждый агент связан с некоторой программной сущностью в системе. Важной особенностью этого класса агентов является возможность запуска необходимого количества экземпляров каждого агента при росте нагрузки. Агенты-пользователи – это эксперты различных уполномоченных органов государственной власти, а также представители молодежного движения «Киберждружины».

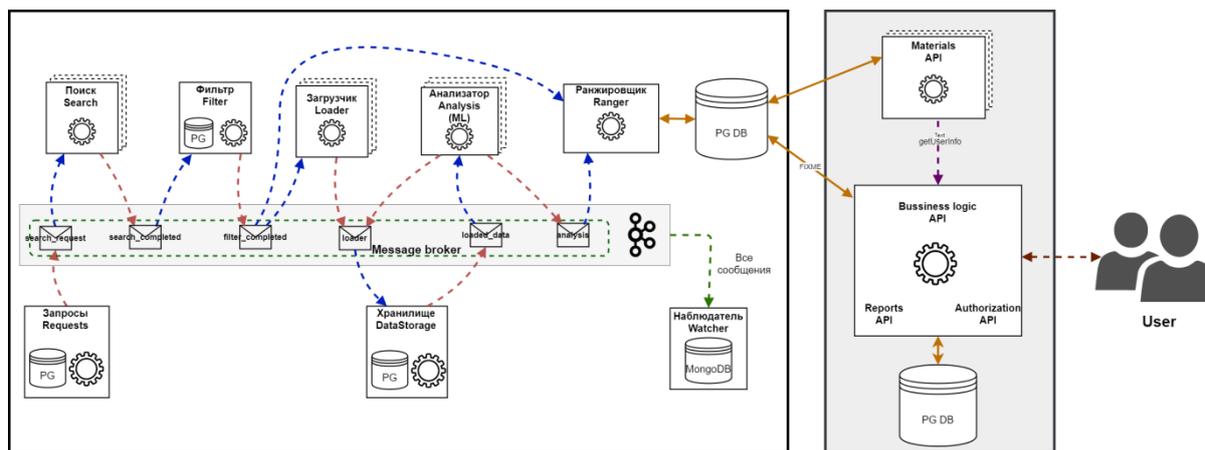


Рисунок. Упрощенная схема мультиагентной системы

Для построения мультиагентной модели необходимо также определить поведение отдельных агентов и взаимоотношения между ними. Взаимодействие всех микросервисов осуществляется через распределенный программный брокер сообщений Apache Kafka, являющийся центральным элементом событийно-ориентированной архитектуры. При этом каждый из микросервисов подписан на определенный топик (категорию сообщений), сообщения которого он обрабатывает и отправляет в шину сообщений результат с указанием другого топика, который в свою очередь обрабатывает соответствующий микросервис. Таким образом, каждый из агентов-микросервисов реагирует только на те сообщения, которые он должен обрабатывать в соответствии со своей задачей. Это позволяет максимально упростить взаимодействие агентов между собой.

Агенты-микросервисы выполнены в виде отдельных изолированных Docker-контейнеров. Каждый такой контейнер содержит все необходимые для работы микросервиса библиотеки и зависимости. Использование контейнеризации позволяет упростить развертывание, масштабирование и дальнейшую модификацию системы.

Реализация агентов на примере агента «Analyzer»

Агент «Analyzer» подписан на топиками «loaded_data», формируемые агентом «Loader». Поскольку элементы материала могут иметь различные типы (текст, изображения, аудиозаписи), то в системе используется несколько имплементаций данного агента. Каждый из агентов получает все сообщения от агента «Loader». Сообщения имеют поле «type_content», обозначающее тип содержащихся данных. Таким образом, каждый из экземпляров агента «Analyzer» обрабатывает только предназначенные ему сообщения. Для этого от модуля «Data» запрашивается соответствующий элемент материала, который анализируется, и в шину сообщений брокера выдается новое сообщение с топиком «loader_analysis». Выдаваемое сообщение содержит идентификатор материала, сведения о проанализировавшей его модели машинного обучения и полученные по каждой категории оценки (наркоторговля, терроризм, экстремизм и т. д.).

В зависимости от типа элемента материала различается алгоритм классификации:

- 1) для анализа текстовой информации в настоящий момент используются 3 модели машинного обучения: алгоритм «случайный лес», метод опорных векторов и наивный байесовский классификатор. Все модели реализованы с использованием свободной библиотеки машинного обучения scikit-learn. При этом модель на базе «случайного леса» выдает вероятность принадлежности текста к той или иной категории, а модели на основе метода опорных векторов и наивного байесовского классификатора – бинарную оценку;
- 2) анализ изображений реализован с использованием библиотеки машинного обучения PyTorch. В настоящий момент модель уверенно распознает изображения, относящиеся к нацистской символике, символике террористических и экстремистских организаций;

3) анализ аудиозаписей основан на сравнении характерных особенностей (fingerprint) спектральной картины файлов с имеющимися в базе данными о запрещенных аудиозаписях (из федеральных информационных систем).

В дальнейшем с целью повышения качества работы моделей машинного обучения планируется реализация дополнительного агента, который в процессе проверки материалов будет накапливать статистику и формировать на ее основе набор данных для дообучения моделей анализатора. Таким образом, в мультиагентную систему будет добавлен новый агент, который самостоятельно корректирует точность моделей классификации.

Оценки, выставленные материалам моделями машинного обучения в процессе работы системы оценки, могут отличаться от экспертных оценок. В первую очередь это связано с качеством данных, использованных для обучения моделей. С целью снижения процента ошибок классификации можно ввести в систему дополнительного агента, который будет анализировать конечный статус материалов (запрещен или разрешен) и дообучать модели машинного обучения.

Ранжирование материалов в системе

Необходимость ранжирования материалов в системе обусловлена двумя факторами:

- 1) необходимость формирования комплексной оценки на основе результатов оценки структурных элементов материала различными моделями машинного обучения;
- 2) необходимость формирования персонализированной выдачи пользователям.

Персонализация выдачи позволит повысить эффективность работы пользователей в системе. Ключевым показателем эффективности работы системы является количество найденных запрещенных материалов. На повышение эффективности работы пользователей направлены механизмы персонализации и равномерного распределения материалов среди пользователей с учетом его специализации как эксперта в предметной области. С учетом специфики своей профессиональной деятельности пользователи могут проверять материалы, потенциально относящиеся к нескольким конкретным категориям и тематикам. Например, сотрудники прокуратуры, ответственные за антитеррористическое направление деятельности, специализируются преимущественно на выявлении материалов с описанием изготовления взрывных устройств.

Материалы в системе могут различаться по степени сложности оценки: это могут быть материалы с большим количеством элементов данных или относящиеся к сложным для оценивания категориям. Кроме того, поскольку любые модели машинного обучения, решая задачу классификации, выдают вероятностную оценку, то в системе возможны ситуации, в которых условно запрещенному/разрешенному материалу будут поставлены низкие/высокие оценки, не соответствующие действительности (так называемые выбросы в работе моделей оценки). Подобные материалы также являются сложными для оценки. Решить данную задачу можно введением в систему отдельного агента, занимающегося ранжированием и распределением материалов между пользователями.

Для получения комплексной оценки материала используется эвристическая метрика, представляющая собой среднее арифметическое по сумме оценок для каждого элемента материала. Оценка материала автоматически пересчитывается при добавлении новых оценок от агентов, занимающихся анализом элементов материала.

Использование эвристической метрики вызвано тем, что реализация полноценной ранжирующей модели потребует существенно большего количества данных для обучения. Поэтому до момента их накопления предварительная оценка материалов осуществляется описанной метрикой, которая позволит исключить из выдачи материалы, не имеющие оценок, а также распределить материалы по пакетам. Пакетирование выдачи – механизм позволяющий обеспечить равномерную, «справедливую» выдачу материалов между экспертами. Данный механизм гарантирует, что в выдачу будут попадать материалы с разной степенью ценности (сложности проверки пользователем).

Заключение

На основе предлагаемого проектного решения разработана SaaS-версия автоматизированной системы поиска и классификации информационных ресурсов в сети Интернет – автоматизированная информационная система «Поиск». На момент выхода статьи SaaS-версия системы прошла все регламентные этапы приемо-сдаточных испытаний и успешно введена в эксплуатацию. Она активно используется экспертами различных профильных органов власти Ханты-Мансийского автономного округа – Югры, органов местного самоуправления автономного округа, УМВД, прокуратуры, представителями молодежного движения «Кибердружины».

Разработанное техническое решение обладает следующими преимуществами:

- 1) возможность обновления и расширения состава классификаторов без изменения логики работы целого приложения;
- 2) возможность контроля уровня нагрузки на систему с помощью развертывания дополнительных экземпляров ключевых агентов-микросервисов;
- 3) возможность изменения механизма взаимодействия между агентами без внесения изменений в код агентов-микросервисов;
- 4) отсутствие привязки к определенной технологии за счет предоставления одинаковых интерфейсов взаимодействия агентов и их изоляцией в отдельные контейнеры.

К недостаткам решения можно отнести сложность первоначального проектирования мультиагентной системы (определение состава агентов, механизмов их взаимодействия и т. д.), а также трудоемкость тестирования системы в целом.

Повысить качество работы системы за счет модернизации предложенного архитектурного решения в дальнейшем предполагается в двух направлениях: за счет замены упрощенной эвристической метрики полновесной моделью ранжирования материалов и за счет реализации агента, отвечающего за автоматическое формирование обучающей выборки и дообучение используемых моделей классификации на основе обработанных материалов и их оценок.

Литература

- 1) Grishman, R. Information Extraction / R. Grishman // The Handbook of Computational Linguistics and Natural Language Processing / editors: A. Clark, C. Fox, S. Lappin. – WileyBlackwell, 2010. – P. 515–530.
- 2) Кошур, В. Д. Реализация мультиагентной системы искусственного интеллекта для решения задачи классификации / В. Д. Кошур, В. И. Рожков. – Текст : непосредственный // Нейроинформатика-2019 : материалы международной научно-технической конференции. – Москва : Изд-во МФТИ, 2019. – Ч. 1. – С. 24–31.
- 3) Lean, Yu. A Multi-Agent Neural Network System for Web Text Mining // Yu Lean, W. Shouyang, Lai Kin Keung // Emerging Technologies of Text Mining. – 2007. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/314457104_A_MultiAgent_Neural_Network_System_for_Web_Text_Mining (date of request: 07.10.2020).
- 4) Camara, M. A Multi-Agent System with Reinforcement Learning Agents for Biomedical Text Mining / M. Camara, O. Bonham-Carter, J. Jumadinova // Proceedings of the 6th ACM Conference on Bioinformatics, Computational Biology and Health Informatics. – Atlanta, 2015. – P. 634–643.
- 5) A Multi-Agent Architecture for Data Analysis / G. Lombardo, P. Fornacciari, M. Mordonini [et al.] // Future Internet. – 2019. – № 11. – P. 1–12.
- 6) Weiss, G. Multiagent systems: a modern approach to distributed artificial intelligence / G. Weiss. – Cambridge : MIT Press; 1999. – 585 p.
- 7) Wooldridge, M. An Introduction to MultiAgent Systems / M. Wooldridge. – 2nd edition. – Chichester, England : John Wiley & Sons, 2009.
- 8) Ньюмен, С. Создание микросервисов / С. Ньюмен. – Санкт-Петербург : Питер, 2016. – 304 с. – ISBN 978-5-496-02011-4. – Текст : непосредственный.

Е. А. Годовников, М. Г. Коротков, В. М. Татьянкин

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ И МОНИТОРИНГА СОЛНЕЧНОГО ГИБРИДНОГО ИНВЕРТОРА

В данной статье рассматривается разработка программного обеспечения контроллера ограничения работы дизель-генератора в составе системы гибридной солнечной электростанции.

В ходе работы была предложена структурная схема системы, а также было подробно описано программное обеспечение контроллера.

Целью данной работы является сокращение времени работы топливного генератора посредством ограничения времени его работы в зависимости от уровня заряда аккумуляторных батарей и времени суток.

Ключевые слова: солнечная энергия, дизель-генератор, энергоснабжение, регионально обособленный электротехнический комплекс, возобновляемые источники энергии, оптимизация, энергоэффективность.

E. A. Godovnikov, M. G. Korotkov, V. M. Tatyankin

SOFTWARE DEVELOPMENT FOR SOLAR HYBRID INVERTER MANAGEMENT AND MONITORING

This article discusses the development of software for the diesel generator limitation controller as part of a hybrid solar power plant system. контроллера ограничения работы дизель-генератора

In the course of the work, a block diagram of the system was proposed, and the controller software was described in detail.

The aim of this work is to reduce the operating time of a fuel generator by limiting its operating time depending on the battery charge level and time of day.

Key words: solar energy, diesel generator, power supply, regionally separate electrical complex, renewable energy sources, optimization, energy efficiency.

Введение

Особенностью России, в частности характерной для регионов Сибири и Дальнего Востока, является весьма низкая плотность населения на обширных, слабо освоенных в производственном отношении территориях, изолированных от центрального энергоснабжения и имеющих слабые транспортные связи с промышленно развитыми районами.

Проблема надежного и качественного электроснабжения такого рода регионов остается актуальной в социальном, техническом и экономическом аспектах. Электрообеспечение таких потребителей может быть осуществлено за счет централизованного электроснабжения либо путем создания децентрализованных зон [1-4].

Возможность присоединения электроприемника к энергосистеме ограничена его удаленностью в связи с потерями напряжения в питающей линии.

Маловероятность использования электроснабжения с помощью присоединения к централизованным электрическим сетям обуславливается как техническим ограничением, так и вопросом о стоимости строительства линий электропередач, их содержания и обслуживания.

Удорожание органического топлива, рост транспортных тарифов на его доставку, неэффективность режимов работы существующих дизельных электростанций (ДЭС) вызывают необходимость пересмотреть политику энергоснабжения этой категории потребителей, основываясь на опыте использования современных технологий производства энергии, ориентируясь на снижение потребления привозного топлива.

Одним из таких эффективных вариантов решения этой проблемы может быть использование энергоисточников на базе возобновляемых источников энергии (ВИЭ), к числу которых относятся ветер, малые реки, биомасса, геотермальная энергия, солнце [5-8].

Система гибридной солнечной электростанции

В ХМАО перспективным альтернативным источником электроэнергии является солнце. Гибридная солнечная электростанция – это оптимальное решение для владельцев больших частных домов, дачных коттеджей, гостиничных комплексов или даже целых поселений. От обычных автономных систем их отличает наличие дополнительных аккумуляторов. Гибридные солнечные электростанции (СЭС) не только генерируют электроэнергию, но и позволяют хранить ее в аккумуляторах до следующего использования установки.

Такой вариант обеспечения электроэнергией особенно актуален для отдаленных уголков страны или труднодоступных мест, куда трудно или финансово невыгодно проводить традиционные сети. В свою очередь гибридная солнечная электростанция представляет собой комбинированный комплект из солнечных панелей и аккумуляторов, а сама система подключена к топливному генератору (Рис. 1) [8].



Рисунок 1. Система гибридной солнечной электростанции на базе топливного генератора

Так как данная система работает на базе топливного генератора, себестоимость электроэнергии очень высока. Для уменьшения затрат необходимо уменьшить время работы генератора путем автоматического её ограничения при поступлении тока от солнечной панели.

Система гибридной СЭС работает по следующему принципу: вся преобразованная солнечными батареями (СБ) солнечная энергия подается в систему электроснабжения для питания нагрузок переменного тока через сетевой инвертор. Основными функциями обратимого инвертора (способен потоки энергии направлять в обоих направлениях) являются заряд аккумуляторных батарей (АКБ) от дизель- или газопоршневого генератора и производство электроэнергии для нагрузки, преобразованной от АКБ в случае нехватки или отсутствия солнечной энергии.

В случае, когда получаемой от СБ солнечной энергии слишком много для питания нагрузок, её избыток идёт также на заряд АКБ и при полном их заряде может питать дополнительные нагрузки [10].

Для настройки ограничения работы дизель-генератора необходимо настроить контроллер, который будет автоматически переключать работу генератора при нужном количестве вырабатываемой энергии от солнечной батареи. В применяемых гибридных инверторах Sila Pro [11] относительно слабо продуман процесс заряда: в случае разряда АКБ ниже порогового и отсутствия энергии от солнечной батареи запускается дизель-генератор, который будет работать до тех пор, пока АКБ не будет полностью заряжен. При этом если запуск ДГ произошел рано утром, и вскоре появилась энергия от солнца, то инвертор все равно продолжает работу ДГ. В результате получается, что работа ДГ становится избыточной.

Целью работы является сокращение времени работы топливного генератора посредством ограничения времени его работы в зависимости от уровня заряда аккумуляторных батарей и времени суток.

Реализация системы

Структура предлагаемой системы представлена на рисунке 2. Для достижения поставленной цели к типовой СЭС добавляется дополнительный контроллер, который собирает информацию от остальных модулей и ограничивает работу ДГ по заданному алгоритму.

Контроллер получает данные от гибридного инвертора по интерфейсу RS-232 (собственный протокол), от аккумуляторной батареи по интерфейсу RS-485 по протоколу ModBus Master. Для передачи данных на компьютер используется интерфейс RS-485 с протоколом ModBus Slave. Указанные интерфейсы реализуются периферийными модулями UART.

Данные о дате и времени считываются из отдельной микросхемы часов реального времени DS3231 по интерфейсу I2C.

Информация о статусе заряда АКБ от дизель-генератора считывается с «сухого контакта».

Для управления дизель-генератором используется перекидное реле.

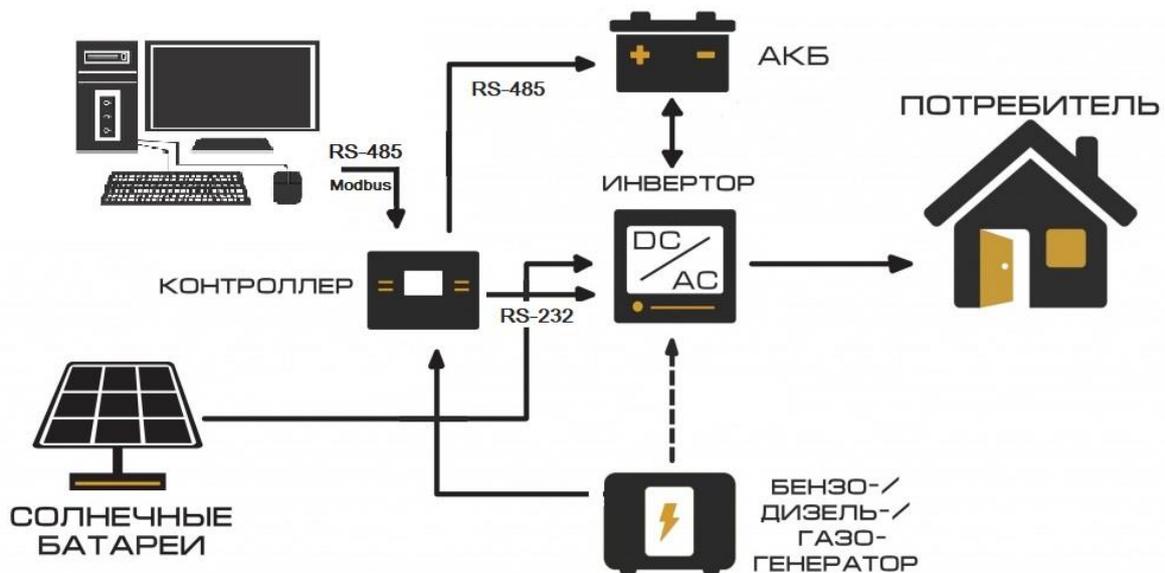


Рисунок 2. Структурная схема системы гибридной СЭС

Структура программы

На первом этапе происходит фаза инициализации, в которой происходит первичная настройка портов ввода-вывода, модулей UART, системного таймера, таймеров общего назначения, модуля I2C и настройка часов реального времени.

Параметры UART для гибридного инвертора и контроллера аккумуляторной батареи взяты из документации. В обоих случаях формат послылки 8N1 – 8 бит данных, без бита паритета и 1 стоп-бит. Скорость передачи данных для инвертора 2400 бит/сек, для АКБ – 9600. Для обмена данными с компьютером выбрана скорость 115200 бит/сек., формат послылки также 8N1. На плате 1 порт RS-232 аппаратно закреплен за UART1 и 3 одинаковых RS-485 закреплены соответственно за UART2 – UART4.

Так как порты микроконтроллера универсальные и имеют несколько функций, кроме настройки самого модуля UART, необходимо настроить порты на соответствующую альтернативную функцию. За это отвечают регистры GPIOA->AFR. Номер функции выбираем по документации (рисунок 3).

Table 15. Alternate functions selected through GPIOA_AFR registers for port A

Pin name	AF0	AF1	AF2	AF3	AF4	AF5
PA0	-	USART2_CTS	TIM2_CH1_ETR	TSC_G1_IO1	USART4_TX	-
PA1	EVENTOUT	USART2_RTS	TIM2_CH2	TSC_G1_IO2	USART4_RX	TIM15_CH1N
PA2	TIM15_CH1	USART2_TX	TIM2_CH3	TSC_G1_IO3	-	-
PA3	TIM15_CH2	USART2_RX	TIM2_CH4	TSC_G1_IO4	-	-
PA4	SPI1_NSS, I2S1_WS	USART2_CK	-	TSC_G2_IO1	TIM14_CH1	-
PA5	SPI1_SCK, I2S1_CK	CEC	TIM2_CH1_ETR	TSC_G2_IO2	-	-
PA6	SPI1_MISO, I2S1_MCK	TIM3_CH1	TIM1_BKIN	TSC_G2_IO3	USART3_CTS	TIM16_CH1
PA7	SPI1_MOSI, I2S1_SD	TIM3_CH2	TIM1_CH1N	TSC_G2_IO4	TIM14_CH1	TIM17_CH1
PA8	MCO	USART1_CK	TIM1_CH1	EVENTOUT	CRS_SYNC	-
PA9	TIM15_BKIN	USART1_TX	TIM1_CH2	TSC_G4_IO1	-	-
PA10	TIM17_BKIN	USART1_RX	TIM1_CH3	TSC_G4_IO2	-	-
PA11	EVENTOUT	USART4_CTS	TIM1_CH4	TSC_G4_IO3	CAN_RX	-

Рисунок 3. Пример таблицы выбора альтернативных функций портов ввода-вывода

Для настройки UART1 на PA.9, PA.10 необходимо для этих линий подключить альтернативную функцию AF1. Для UART2 с портами PA.2, PA.3 номер функции аналогичен.

Для отправки через периферийный модуль UART достаточно убедиться, что буфер передатчика пуст (флаг USART_ISR_TC в регистре USARTn->ISR, где n – номер UARTa), затем записать данные в регистр USARTn->TDR. Для передачи данных по интерфейсу RS-232 этого достаточно. Так как интерфейс RS-485 полудуплексный, то необходимо дополнительно переключать режим работы аппаратного трансивера (линия W/R). По умолчанию трансивер работает на прием (W/R = 0), и при отправке данных его необходимо переключить на передачу (W/R = 1), а после окончания сеанса передачи вернуть в режим приема. Для проверки окончания используется флаг USART_ISR_TC регистра USARTn->ISR. Для более наглядного управления линией W/R используются дефайны вида:

```
#define WR_on_3()    GPIOB->BSRR = GPIO_BSRR_BS_12; // Установить бит 12
#define WR_off_3()  GPIOB->BSRR = GPIO_BSRR_BR_12; // Сбросить бит 12
```

Прием данных осуществляется по прерыванию. Для UARTa 1 и 2 используются отдельные обработчики прерываний для всех событий, для 3-го и 4-го – совместный. Это связано с аппаратными особенностями микроконтроллера. Внутри обработчика определение произошедшего события происходит путем проверки флагов регистра статуса. Полученный байт находится в регистре USARTn->RDR.

Особенностью работы контроллера является то, что данные поступают от различного оборудования и отображаются в едином адресном пространстве ModBus Slave для возможности последующего считывания показаний компьютером.

Разные поля структуры используются в различных функциях системы. По стандарту ModBus окончание посылки фиксируется по таймауту 3,5 символа. В микроконтроллерах STM32F07x у UARTa есть поддержка данного протокола, которая заключается в вызове прерывания по таймауту, но она доступна только для UART1 и UART2 (рисунок 4).

Table 91. STM32F0xx USART implementation

USART modes/features ⁽¹⁾	STM32F03x	STM32F05x		STM32F07x	
	USART1	USART1	USART2	USART1/ USART2	USART3/ USART4
Hardware flow control for modem	X	X	X	X	X
Continuous communication using DMA	X	X	X	X	X
Multiprocessor communication	X	X	X	X	X
Synchronous mode	X	X	X	X	X
Smartcard mode	X	X	-	X	-
Single-wire half-duplex communication	X	X	X	X	X
IrDA SIR ENDEC block	X	X	-	X	-
LIN mode	X	X	-	X	-
Dual clock domain and wakeup from Stop mode	X	X	-	X	-
Receiver timeout interrupt	X	X	-	X	-
Modbus communication	X	X		X	-
Auto baud rate detection	X (2 modes)	X (2 modes)	-	X (4 modes)	-
Driver Enable	X	X	X	X	X
USART data length	8 and 9 bits			7, 8 and 9 bits	

1. X = supported.

Рисунок 4. Функциональные возможности USART в микроконтроллерах

Для формирования таймаутов используются функции системного таймера. После каждого принятого байта поле структуры таймаута обнуляется `uart4.rxtimer = 0`, а в обработчике прерывания системного таймера инкрементируется и проверяется с опорным значением (`uart4.delay`). Если время вышло и в буфере есть данные, то устанавливается флаг окончания приема `uart4.rxgap`.

После окончания передачи в зависимости от используемого порта RS-485 вызывается функция `modbus_master` или `modbus_slave`.

В случае с `modbus_master` принятая посылка просто копируется в адресное пространство ModBus'a.

При вызове функции `modbus_slave` сначала произойдет проверка на соответствие адреса, далее по всему буферу без двух последних байт (принятая контрольная сумма) считается контрольная сумма CRC16, и если она совпадает, то происходит дальнейшая обработка пакета, в которой извлекается номер функции и передается управление ей. В работе поддерживаются две функции чтения 3 (Read Holding Registers) и 4 (Read Input Registers). По принципу своей работы они очень похожи, и предполагается, что они обращаются к разным областям данных. В данном контроллере нет разделения между ними, поэтому чтение данных по этим функциям вернет одинаковый результат, а также две функции записи 6 (Preset Single Register) и 16 (Preset Multiple Register). Остальные функции не поддерживаются, и при их запросе будет сформирован пакет ошибки «функция не поддерживается».

Каждая вызываемая функция производит соответствующие действия и формирует ответный пакет, затем запускается цикл его отправки. Функция USART2_SendData внутри себя содержит команду переключения режима трансивера RS-485 WR_on(), а по окончании передачи вызовется команда WR_off().

Запрос данных от инвертора осуществляется по таймеру 3. Каждые 5 секунд поочередно вызываются функции *get_sila()* и *get_sila_bat()*, в которых отправляются строки в UART1-массивы

```
uint8_t com_green[] = {0x51, 0x50, 0x49, 0x47, 0x53, 0x0D};  
uint8_t com_bat[] = {0x51, 0x43, 0x48, 0x47, 0x53, 0x0D}
```

соответственно.

Ответ приходит в текстовом виде. Например, для команды *com_bat[]* в текстовом виде:
(20.1 54.0 25.0 54.0цт.

и шестнадцатиричном виде

```
28 32 30 2e 31 20 35 34 2e 30 20 32 35 2e 30 20 35 34 2e 30 d1 9f 74 2e 0d
```

Пример ответа на команду *com_green[]* выглядит следующим образом в виде текста:

```
(000.0 000000 00.0 0000.3 230.9 00000 50.0 000.0 002 379.8 379.8 047.6 ---. 047 00000  
00033 ----- 005.1 ---. ---. 038.0 D---110001Ãâ.
```

и шестнадцатиричном виде:

```
28 30 30 30 2e 30 20 30 30 30 30 30 20 30 30 2e 30 20 30 30 30 30 2e 33 20 32 33 30 2e 39  
20 30 30 30 30 30 20 35 30 2e 30 20 30 30 30 2e 30 20 30 30 32 20 33 37 39 2e 38 20 33 37 39 2e  
38 20 30 34 37 2e 36 20 2d 2d 2d 2e 2d 20 30 34 37 20 30 30 30 30 20 30 30 30 33 33 20 2d 2d  
2d 2d 2d 20 30 30 35 2e 31 20 2d 2d 2d 2e 2d 20 2d 2d 2d 2e 2d 20 30 33 38 2e 30 20 44 2d 2d 2d  
31 31 30 30 30 31 c3 83 c3 a2 2e 0D
```

По приходу каждого байта вызывается прерывание, и все данные записываются в массив *buf[]*. Затем вызывается функция, и передается в нее буфер *parser(buf)*.

Ответ инвертора всегда начинается с символа разделителя «(» (0x28) и заканчивается возвратом каретки (CR, 0x0D). Данные передаются в виде текста (ASCII символов), разделитель между параметрами «пробел» (0x20), числа могут целыми или дробными (тип данных для каждого параметра фиксирован).

В цикле побайтно выбираются данные, если байт лежит в диапазоне от 0x30-0x39 (цифры 0-9), то выполняется операция

```
num = num * 10 + (Data - 0x30)
```

до тех пор, пока не закончится число (придет символ «пробел» (0x20)) или не считается символ «.» (0x2E). В последнем случае устанавливается флаг дробной части и операция (4.1) повторяется только с дополнительным инкрементом счетчиков повторов *cnt_fract*. Таким образом, если число дробное, то оно преобразуется в целое с сохранением степени 10 для последующего восстановления. Таким образом, осуществляется отказ от работы с числами с плавающей запятой, что особенно проблематично при последующей передаче по протоколу ModBus, так как размер данных в протоколе всегда 2 байта, а традиционный тип «float» имеет минимальный размер 4 байта (числа с половинной точности «float16» не рассматриваются).

Все преобразованные числа записываются в массив *fbuf[]*, отображаются сразу в адресное пространство ModBus в соответствии с картой параметров

```
fbuf = &uart2.reg[base_sila].
```

Если при обработке массива встречается символ CR «0x0D», то происходит принудительный выход из цикла.

Алгоритм управления

Основная задача контроллера – ограничивать работу дизель-генератора с целью сокращения потребления дизельного топлива и, как следствие, снижение себестоимости выработки электроэнергии.

Основной алгоритм основан на мониторинге процента заряда аккумуляторной батареи (SOC) и зарядного тока (`uart2.reg[charge_bat]`). Если инвертор пытается включить дизель-генератор, то на порту PA.12 будет логический «0», то контроллер сравнивает процент заряда и зарядный ток аккумуляторной батареи с опорными значениями и разрешает или запрещает работу дизель-генератора.

Опорные значения `SOC_ref_max` и `SOC_ref_min` хранятся во внутренней flash-памяти микроконтроллера и могут изменяться по запросу оператора с управляющего компьютера.

Заключение

Результатом работы стало создание приложения для мониторинга солнечного гибридного инвертора, которое помогает снизить затраты на топливо для питания дизель-генератора, производить единый мониторинг всех компонентов системы: гибридных инверторов, контроллеров АКБ и учет собственных дополнительных параметров.

Литература

1. Определение ожидаемых накопленных затрат на протяжении жизненного цикла регионально обособленного электротехнического комплекса / Р. Н. Хамитов, В. Л. Вязигин, В. З. Ковалев, О. В. Архипова. – Текст : непосредственный // Современные наукоемкие технологии. – 2018. – № 11-2. – С. 232–236.
2. Ковалев, В. З. Энергетические аспекты регионально обособленного электротехнического комплекса / О. В. Ковалев, О. В. Архипова. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2015. – № 2 (37). – С. 217–218.
3. Модель регионально обособленного электротехнического комплекса с учетом графиков электрической нагрузки потребителей / Р. Н. Хамитов, В. З. Ковалев, О. В. Архипова, С. С. Есин. – Текст : непосредственный // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2018. – № 12-2. – С. 200–204
4. Вопросы управления в малой распределенной генерации / В. З. Ковалев, С. Е. Ковалева, А. Г. Щербаков, О. В. Архипова. – Текст : непосредственный // Культура, наука, образование: проблемы и перспективы : сборник трудов участников III Всероссийской научно-практической конференции / Нижневартковский государственный университет. – Нижневартовск, 2014. – С. 60–62.
5. Об Энергетической стратегии России на период до 2030 года : распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.11.2009 № 1715-р. – Текст : электронный // Законы Российской Федерации. – URL: <https://fzakon.ru/turbopages.org/s/fzakon.ru/rasporyazheniya-pravitelstva/rasporyazhenie-pravitelstva-rf-ot-13.11.2009-n-1715-r/> (дата обращения: 05.10.2020).
6. Архипова, О. В. Принципы оптимизации электроснабжения населенных пунктов крайнего севера на базе ветродизельных комплексов / О. В. Архипова. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2015. – № 2 (37). – С. 204–206.
7. Kovalev, V. Z. Structural optimization technology for fleet of wind-diesel power plants / V. Z. Kovalev, O. V. Arkhipova // Petroleum Engineering : scientific and technical journal. – 2014. – Vol. 12, № 4. – P. 119–124.
8. Ковалев, В. З. Математическое моделирование электротехнических комплексов нефтегазодобычи в задачах энергосбережения : монография / В. З. Ковалев, Г. В. Мальгин, О. В. Архипова. – Ханты-Мансийск, 2008. – 222 с. – ISBN 978-5-89846-800-2. – Текст : непосредственный.

9. Архипова, О. В. Методика моделирования регионально обособленного электротехнического комплекса / О. В. Архипова, В. З. Ковалев, Р. Н. Хамитов. – Текст : непосредственный // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2019. – Т. 330, № 1. – С. 173–180.

10. Ковалев, В. З. Спектральный анализ ретроспективных данных выработки электрической энергии солнечными электростанциями / В. З. Ковалев, Р. Н. Хамитов, Д. А. Тюньков. – Текст : непосредственный // Научные труды КубГТУ. – 2019 – № 3. – С. 844–852.

11. Солнечный инвертор SILA PRO (МН-серия). – Текст : электронный // SILA. – URL: <https://sila-ups.ru/ups3> (дата обращения: 25.08.2020).

Е. А. Годовников, О. А. Петухова, В. М. Татьянкин, Р. Т. Усманов,
А. В. Шицелов, Т. В. Пронькина

ТЕХНОЛОГИЯ УПРАВЛЕНИЯ ДОСТУПОМ В ПОМЕЩЕНИЕ ЧЕРЕЗ WEB-ПРИЛОЖЕНИЕ ПО СЕТИ ИНТЕРНЕТ

В статье предложена технология управления доступом через web-приложение. В первой части реализации электромеханической части СКУД, ключевой особенностью которой является сохранение последнего состояния при отключении питания и наличие режима «антипаника». Данная особенность получена путем установки мотор-редуктора на цилиндр замка. Это решение позволяет отказаться от необходимости сертификации замка, использовать как электронное управление, например посредством телефона или проксимити-карт, так и классическое с помощью обычного штатного ключа, а также нахождение замка в любом состоянии произвольно долго вне зависимости от наличия питания. Во второй части предложена реализация сетевого взаимодействия между пользователем и непосредственно объектом управления.

Ключевые слова: СКУД, моторизированный замок, электромагнитный замок, электромеханический замок, мотор-редуктор, умный дом, Wiegand, Mifare.

Е. А. Godovnikov, O. A. Petuhova, V. M. Tatyankin, R. T. Usmanov,
A. V. Shitselov, T. V. Pronkina

TECHNOLOGY FOR CONTROLLING ACCESS TO THE ROOM VIA WEB-APPLICATION ON THE INTERNET

The article proposes a technology for controlling access through a Web application. In the first part, the implementation of the electromechanical part of the ACS, the key feature of which is the preservation of the last state when the power is turned off and the presence of an anti-panic mode. This feature is obtained by installing a geared motor on the lock cylinder. This solution allows you to abandon the need for certification of the lock, use both electronic control, for example, by means of a telephone or proximity cards, and classical control using a regular standard key, as well as finding the lock in any state for an arbitrarily long time, regardless of the presence of power. In the second part, the implementation of network interaction between the user and the directly controlled object is proposed.

Key words: ACS, motorized lock, electromagnetic lock, Electromechanical lock, gear motor, smart home, Wiegand, Mifare.

Введение

Система контроля удаленного доступа (СКУД) с электромеханическими замками стала необходимой частью любого крупного учреждения. С увеличением количества помещений временные затраты на получение ключа на вахте возрастают или снижается комфорт сотрудника, которому приходится носить с собой большую связку ключей и тратить время на их поиск. Современным вариантом решения проблемы является открытие дверей при помощи электронного ключа или телефона.

Особенным условием является режим работы замков в составе СКУД. Если вариант, используемый в гостиницах, при котором после каждого входа/выхода замок должен закрываться, то это одно решение. Если требуется, чтобы после входа определенного

сотрудника для остальных посетителей дверь оставалась незапертой, то это другой решение.

Электромеханическая часть СКУД является обязательной для полноценного функционирования системы. Непосредственное взаимодействие с дверью и дверной коробкой накладывает дополнительные ограничения на замок, такие как небольшие размеры, подведение электрической энергии, возможность долгого нахождения в выбранном состоянии, дизайнерские ограничения. Первые два ограничения являются особенно важными при применении врезных замков и нахождении привода на самой двери. В этом случае возникает необходимость подведения проводов через дверь [1-4].

Требования к системе

При выборе реализации электромеханической части были сформулированы следующие требования:

- отсутствие необходимости сертификации механической части замка;
- возможность открытия замка классическим способом при помощи ключа;
- электронное управление;
- нахождение в последнем состоянии произвольное время.

Для автоматизации замка двери необходимо, чтобы у него были механическая и электрическая части [5].

Первое ограничение требует применения готового сертифицированного замка [6]. Обзор замков показывает, что их можно разделить на электромагнитные (домофонные) и электромеханические.

Обзор вариантов решения

Домофонные замки, с одной стороны, предназначены для долгого нахождения в любом состоянии, но с другой – для полноценного функционирования (нахождения в активном, закрытом состоянии) требуется постоянное питание. Это накладывает ограничение на их применение, в частности на надежность работы всей системы. Сбой системы электропитания равносителен одновременному открытию всех дверей. Нивелировать эту проблему возможно с применением резервного питания. Установка дополнительных аккумуляторов усложнит контроллер двери, увеличит его масса-габаритные показатели. А также за счет относительно короткого срока службы (всего несколько лет) приведет к существенному удорожанию обслуживания системы в целом. В то же время замок очень сложно спрятать, что приводит к ухудшению внешнего вида двери. У них нет функции аварийного открытия (кроме полного отключения) в случае отказа информационной системы.

Электромеханические замки можно разделить по типу привода на соленоидные, электроблокирующие и моторизированные. В первом случае запорные ригели в таких замках удерживаются соленоидом, для работы которых требуется наличие тока в сети. Во втором случае электроблокирующие замки оснащены защелкой на тугой пружине, которая препятствует открытию двери. При подаче напряжения или повороте ключа сбрасывается фиксатор, и защелка заводится внутрь замка автоматически либо при помощи поворотной ручки. Главным достоинством первого и второго типа является их простота как с точки зрения изготовления, так и управления. Отсутствие дополнительных подвижных частей также не снижает надежность системы. С другой стороны, главным недостатком является ограничение времени нахождения в активном состоянии. Обычно производители указывают время активного состояния до 10 сек. – достаточное время для открытия двери. Превышение этого времени грозит перегревом обмотки электромагнита и последующим выходом его из строя, т. е. электромагнит должен находиться в неактивном состоянии. При этом замок двери будет постоянно закрыт. Это будет доставлять неудобства гостям, т. к. каждому посетителю придется каждый раз открывать дверь и может быть недопу-

стимо для некоторых организаций с большим потоком людей, например, учебных заведений или органов государственной власти.

Для решения данной задачи хорошо подойдет моторизированный замок. Но такие механизмы на рынке практически не представлены и в большинстве случаев применяются на тяжелых воротах больших размеров или более специфических задачах. Одна из основных их проблем, которая не позволяет использовать их для решения данного типа помещений, – это большие размеры самого механизма за счет монтирования электромотора непосредственно в сам корпус замка. Это приведет к тому, что сам замок не поместится в относительно тонкой офисной двери. Изготовление нового моторизированного замка – это отдельная инженерная задача, сопряженная с бюрократическими сложностями и проблемами сертификации.

Вариант решения

Для решения данной задачи был выбран противопожарный замок фирмы «Крит Ак99(П)» (цилиндровый) [7]. Его особенностью является то, что цилиндрический механизм замка влияет на работу только ручек. В нем нет отдельного подвижного ригеля, который может упереться в дверной проем вследствие увеличенного люфта двери или изменения геометрии дверной коробки. Также есть дополнительная полезная опция – режим «анти-паника», в котором внутренняя ручка открывает замок во всех случаях независимо от работы и положения цилиндрического механизма. Также к полезной опции можно отнести возможность установки как на левую, так и на правую сторону. Моторизация замка будет проведена на цилиндрическом механизме. Для этого был выбран механизм со штоком без вертушки. Вдоль штока просверливается отверстие, в которое вставляется вал мотора-редуктора и затягивается установочным винтом (внешний вид представлен на рисунке 1).

При этом отдельную сложность представляет задача получения отверстия точно в центре штока. Обычно при сверлении сверло неподвижно закреплено, а вращается заготовка. Данный вариант непосредственно использовать нельзя. Перспективным видится вариант просверлить отверстие с обратной стороны штока. Для этого требуется разобрать цилиндр замка путем снятия стопорного кольца 3 (см. рисунок 2) с последующим извлечением штока с ручкой 2 из корпуса 1. Как правило, с обратной стороны штока имеется небольшая фаска, которая будет центровать сверло.



Рисунок 1. Цилиндр замка с мотор-редуктором

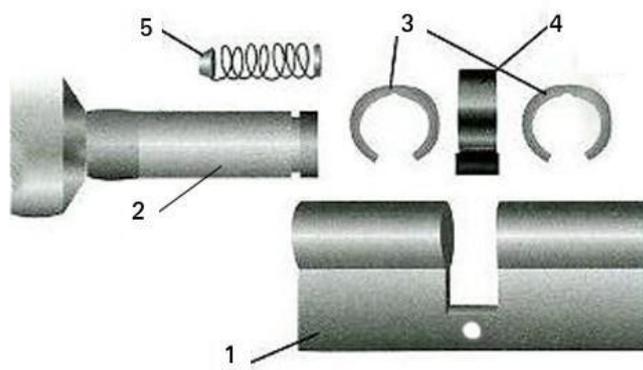


Рисунок 2. Устройство «Цилиндр замка», где: 1. Корпус. 2. Шток с ручкой (постоянный ключ). 3. Стопорное кольцо (служит для фиксации детали). 4. Кулачок (основной элемент, выполняющий вращение и вывод засова). 5. Пружина поворотной ручки.

В качестве привода используется готовый мотор-редуктор с частотой вращения выходного вала 60–100 об./мин. при 12В. Выбор данного привода обусловлен небольшими габаритами, достаточным крутящим моментом, и при этом его несложно прокрутить при открытии замка при помощи традиционного ключа. Мотор-редуктор необходимо зафиксировать относительно корпуса цилиндра замка. Для этих целей был изготовлен из пластика армированный алюминиевым швеллером опытный образец фиксатора. В итоге выступающие части механизма закрываются трубой из нержавеющей стали диаметром 38 мм с заглушкой (см. рисунок 3). Ближайшим аналогом являются замки Xiaomi Sherlock Smart Sticker M1 [8].



Рисунок 3. Внешний вид корпуса цилиндра замка

Информационная часть

Сервер СКУД

К основной задаче сервера можно отнести автоматизацию процесса учета, хранения, сдачи-выдачи ключей и предоставление персонализированного доступа на объекты.

Также к задачам сервера СКУД можно отнести обеспечение понятного интерфейса для выполнения требуемой работы с пользователями в зависимости от их ролей, а также интеграция с ранее установленными системами заказчика. Любые события, происходящие в системе, журналируются, что позволяет в подробностях восстановить историю событий. Структурная схема сервера СКУД представлена на рисунке 4.



Рисунок 4. Структурная схема сервера СКУД

Локальные объекты управления

На каждом объекте (корпусе/этаже...) установлен мини-сервер, который отвечает за работу каждого отдельного объекта. Вариантом может выступать одноплатный компьютер на платформе ARM под управлением операционной системы на основе ядра Linux. В случае распределенной системы за пределами одной локальной сети мини-сервер устанавливает канал защищённой связи с сервером СКУД (на основе технологии VPN). Структурная схема показана на рисунке 5.

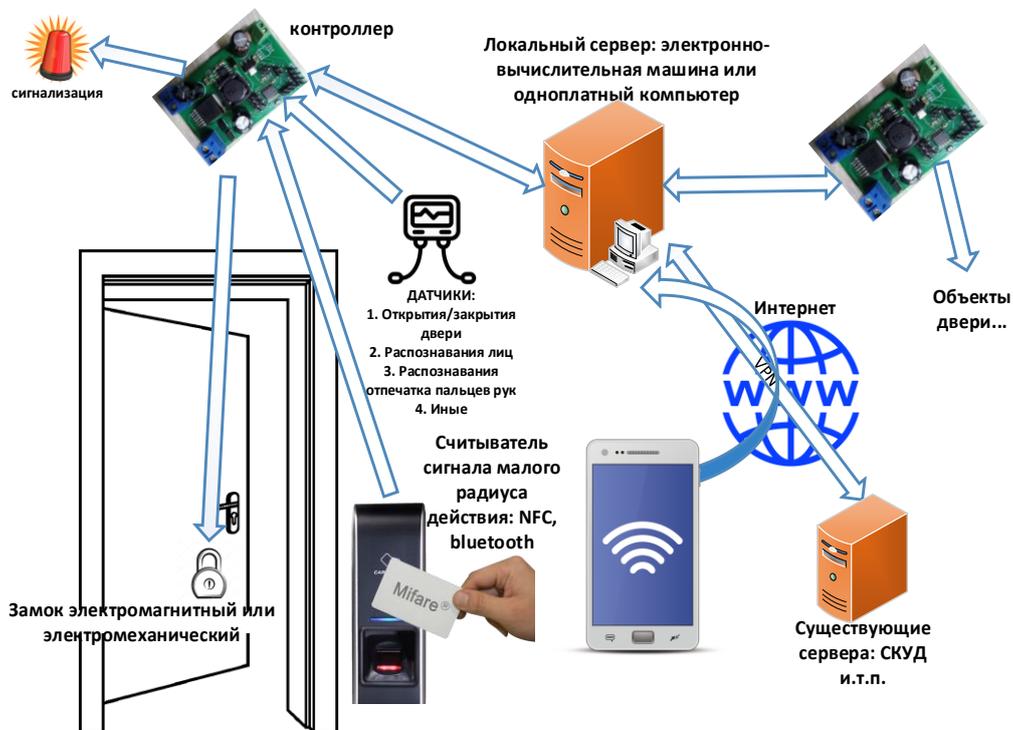


Рисунок 5. Структурная схема локального объекта

Сетевое взаимодействие

Структура локального объекта представляет собой распределенную систему, состоящую из множества объектов ограниченного доступа и локального сервера, отвечающего за связь с сервером СКУД и с контроллерами дверей. От выбора типа сетевого взаимодействия зависит сложность работ по созданию и обслуживанию сети. В системе предлагается в первую очередь использовать шину CAN, которая потребует минимального количества проводов (аналогично сети RS-485, которая является альтернативным вариантом), но является многомастерной сетью. Любой контроллер двери может инициировать обмен информацией с сервером при наступлении асинхронного события. В качестве событий могут выступать сигналы от датчиков (открытия двери, попытки открытия неактивным ключом доступа, аварийные события). Применение указанных интерфейсов позволяет объединить большое количество контролируемых помещений в рамках одного локального объекта на большой территории. Интерфейсы простые в обслуживании и являются промышленными стандартами, что подтверждает их надёжность.

Контроллер двери

Контроллер двери представляет собой схему на основе микроконтроллера ARM с поддержкой сетевых интерфейсов CAN, RS-485 для объединения их в единую сеть; Wiegand для подключения считывателя бесконтактных карт Mifare; портов ввода для датчиков и драйвера с ограничением тока для управления электронным замком. Контроллер позволяет управлять электромагнитными, электромеханическими и моторизованными замками с нормально открытой (НО) или нормально закрытой (НЗ) логикой работы, подключать к себе различные датчики и сигнальные лампы.

Сигнальные лампы могут наглядно показывать, какой объект ожидает доступа к нему. Это может сократить время поиска объекта и количество ошибочных действий оперативного и оперативно-ремонтного персонала, связанных с доступом к электроустановке.

Контроллеры дверей являются собственной разработкой Югорского государственного университета.

Функция чтения сообщений от контроллера двери

Данная функция выполняется на локальном сервере и осуществляет чтение данных из UART-устройства, к которому подключены контроллеры двери. Функция является асинхронной и выполняется в бесконечном цикле [11].

В начале каждого цикла выполняется обнуление счетчика полученных байтов count и сброс буфера сообщения msg (листинг 1). Затем происходит считывание 10 байтов и их сохранение в буфер msg. Далее первый байт буфера присваивается в переменную command – идентификатор выполняемой команды. Вторым байтом буфера присваивается в переменную param – параметр команды. С третьего по восьмой байты преобразуются в целочисленный тип и сохраняются в переменную id_val – идентификатор электронного ключа. Последние два байта после преобразования сохраняются в переменную address – адрес контроллера замка.

Далее в зависимости от номера команды формируется определенный url-адрес и формируется определенная json-строка, в которую вставляются переменные, описанные выше. В конце цикла выполняется POST-запрос по сформированному url-адресу с json-строкой в качестве передаваемых данных.

Листинг 1 – Фрагмент чтения сообщений от контроллера двери

```
async def uart_reader():
    while True:
        count = 0
        msg = b"
```

```
while count < 10:
    msg = msg + await ser.read()
    count += 1
    if len(msg) != count:
        msg = b''
        count = 0

command = msg[0]
param = msg[1]
id_val = int.from_bytes(msg[2:8], byteorder='big')
address = int.from_bytes(msg[8:], byteorder='big')

try:
    if command == 1: # Отправляем запрос на сервер об открытии/закрытии замка по
nfc/ibutton
        url = remote_host + '/lock/'

        json_msg = {
            'id': address,
            'type': "nfc",
            'key': id_val
        }

    elif command == 2: # Оповещаем сервер об открытии/закрытии двери
        url = remote_host + '/door/event/'

        if param == 0:
            status = "open"
        elif param == 1:
            status = "close"
        else:
            raise Exception(f'Unknown param from CAN {param}')

        json_msg = {
            'id': address,
            'status': status
        }

    elif command == 3: # Оповещаем сервер об открытии/закрытии замка мастером
ibutton
        url = remote_host + '/lock/event/'

        if param == 0:
            status = 'open'
        elif param == 1:
            status = 'close'
        else:
            raise Exception(f'Unknown param from CAN {param}')

        json_msg = {
            'id': address,
```

```
        'status': status,
        'key': id_val,
        'type': "ibutton"
    }

elif command == 4: # Оповещаем сервер об открытии/закрытии замка мастером
mifare
    url = remote_host + '/lock/event/'

    if param == 0:
        status = 'open'
    elif param == 1:
        status = 'close'
    else:
        raise Exception(f'Unknown CAN param: {param}')
    json_msg = {
        'id': address,
        'status': status,
        'key': id_val,
        'type': "nfc"
    }
elif command == 0x81:
    url = remote_host + '/lock/event/'

    if param == 0:
        status = 'open'
    elif param == 1:
        status = 'close'
    else:
        raise Exception(f'Unknown CAN param: {param}')
    json_msg = {
        'id': address,
        'status': status,
    }

else:
    raise Exception(f'Unknown CAN command: {command}')

async with ClientSession() as session:
    await session.post(url, data=json_msg)
```

Электронные ключи

Основным механизмом доступа к объекту являются бесконтактные карты Mifare «банковские карты». Их выбор обуславливается компактными размерами, отсутствием механических контактов, удобством использования и достаточной защищенностью. Альтернативным вариантом могут выступать другие виды proximity-карт, например, EM Marin или аналогичные.

Заключение

В результате проделанной работы представлен вариант реализации электромеханической части СКУДа офисного здания. Результат успешно апробирован на лекционных аудиториях Югорского государственного университета (г. Ханты-Мансийск). В дальнейшем возможна интеграция с системой «Умный дом» [9, 10].

Литература

1. Макеев, Д. С. Анализ средств системы контроля и управления доступом (СКУД) / Д. С. Макеев. – Текст : непосредственный // Российская наука в современном мире : сборник статей XIX международной научно-практической конференции. – Москва, 2018. – С. 253–254.
2. Фаткулин, А. Н. Анализ современных систем контроля и управления доступом / А. Н. Фаткулин, Е. Н. Окладникова, Е. Н. Сухарев. – Текст : непосредственный // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. – 2011. – Т. 1, № 7. – С. 263–264.
3. Киздермишов, А. А. Функции, выполняемые системой контроля и управления доступом при пожаре на социально значимом объекте / А. А. Киздермишев, С. Х. Киздермишова. – Текст : непосредственный // Вестник АГУ. – 2016. – № 2 (181). – С. 125–130.
4. Кукушин, Н. 12 слабых мест в СКУД / Н. Кукушин. – Текст : непосредственный // Алгоритм безопасности. – 2014. – № 1. – С. 36–39
5. Годовников, Е. А. СКУД офисного помещения / Е. А. Годовников, Р. Т. Усманов, А. В. Шицелов // Выбор архитектуры Евразийское Научное Объединение. – 2018. – № 12-1 (46). – С. 67–69.
6. Чаплыгин, А. В. Электромагнитные замки в системах обеспечения безопасности объектов / А. В. Чаплыгин, А. В. Гребенкин. – Текст : непосредственный // Сертификация. Алгоритм безопасности. – 2018. – № 4. – С. 4–5.
7. Многофункциональный замок Ак99 (Цилиндровый). – Текст : электронный // Замочно-скобяные изделия от производителя КРИТ-М. – URL: <https://www.crit-m.ru/lock/seriya-akrobat/3v-ak99-p/> (дата обращения: 25.11.2019).
8. Обзор Xiaomi Sherlock Smart Sticker M1. – Текст : электронный // XIACOM : фирменный магазин Xiaomi в России. – URL: <https://xiacom.ru/reviews/obzor-xiaomi-sherlock-smart-sticker-m1/> (дата обращения: 25.12.2018).
9. Умный дом : сделаем дом комфортнее : [сайт]. – URL: <http://comfyflat.ru/> (дата обращения: 25.12.2018). – Текст : электронный.
10. Умный дом : [сайт]. – URL: <http://shome.ooo/> (дата обращения: 25.12.2018). – Текст : электронный.
11. Годовников, Е. А. Проектирование СКУД предприятия с интегрированной аутентификацией беспроводной сети / Е. А. Годовников, А. В. Шицелов, Р. Т. Усманов. – Текст : непосредственный // Вестник Югорского государственного университета. – 2019. – № 2 (53). – С. 23–28.

М. Г. Коротков, А. А. Петров, М. В. Куркина

**ПРОБЛЕМЫ ИДЕНТИФИКАЦИИ ИНТЕРВАЛОВ ВРЕМЕННОГО РЯДА
ПРИ ПРОГНОЗИРОВАНИИ ДИНАМИКИ ЧИСЛА ЗАРАЖЁННЫХ COVID-19
СТАТИСТИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ НА ПРИМЕРЕ ЮГРЫ**

Целью работы является разработка подхода по выделению из временного ряда динамики новых случаев заражения коронавирусом в Югре числа зараженных COVID-19 весной–летом 2020 года интервала данных для статистического прогнозирования.

Ключевые слова: временной ряд, статистические методы, прогнозирование, модель.

M. G. Korotkov, A. A. Petrov, M. V. Kurkina

**PROBLEMS OF IDENTIFYING TIME SERIES INTERVALS WHEN PREDICTING
THE DYNAMICS OF THE NUMBER OF INFECTED COVID-19 BY STATISTICAL
METHODS USING THE EXAMPLE OF YUGRA**

The aim of this work is to develop an approach to isolate the data interval for statistical forecasting from the time series of dynamics of new cases of coronavirus infection in the Yugra of the number of COVID-19 infected in the spring-summer of 2020.

Key words: time series, statistical methods, forecasting, model.

Введение

При исследовании процесса распространения COVID-19 в открытых источниках доступными являются данные о:

- 1) количестве зараженных за день;
- 2) количестве выздоровевших за день;
- 3) количестве умерших за день.

Остальные данные являются производными этих трех.

Скорее всего, нельзя рассматривать данные 2, 3 в качестве временного ряда случайных величин [1], чего нельзя сказать о количестве зараженных за день, поскольку отсутствуют ежедневно меняющиеся неслучайные воздействия, влияющие на эту величину. Возможны разовые изменения, влияющие на характер (режим) процесса распространения коронавируса (введение/отмена режима самоизоляции, запрет отдельных видов деятельности, ввод масочного режима и т. п.). Реакция количества ежедневных заражений на эти изменения запаздывает, и какое-то время продолжает сказываться влияние предыдущего режима.

Все это оставляет возможность применения статистических подходов к прогнозированию [2] количества ежедневных заражений с учетом вышеизложенных замечаний.

Описание алгоритма

Рассмотрим временной ряд числа зараженных COVID-19 за сутки в ХМАО с 14.04.2020 по 31.08.2020 (открытые данные сайта coronavirus-monitor.ru) длиной 140 (рис. 1).



Рисунок 1

Поведение ряда близко к «колоколообразной» гауссовой кривой [3], поэтому имеет смысл прологарифмировать исходный ряд (рис. 2).

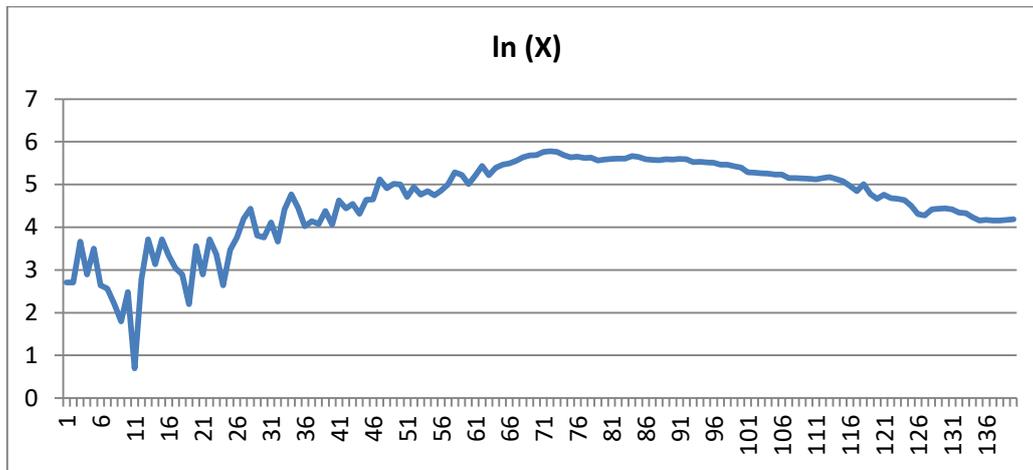


Рисунок 2

В прологарифмированном ряду наблюдается квадратичная трендовая зависимость. Применяя МНК, получим модель тренда

$$y = -0,00050 x^2 + 0,08439 x + 1,94620$$

Удалив из прологарифмированного ряда тренд, получим ряд остатков (рис. 3).

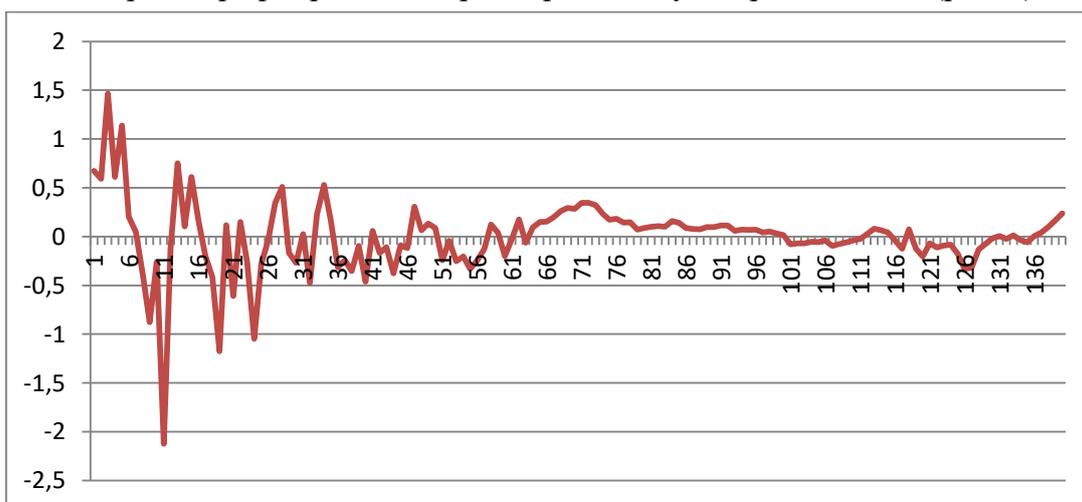


Рисунок 3

Из графика видно, что, начиная с 64 уровня исходного ряда, наблюдается изменение характера процесса. Включение в рассмотрение данных с 1 по 63 уровень (с 14.04.20 по

15.06.20) при идентификации типа и оценки параметров модели [4] для статистического прогноза может только ухудшить его качество.

Результат удаления из рассмотрения указанного интервала исходного временного ряда представлен на рис. 4.

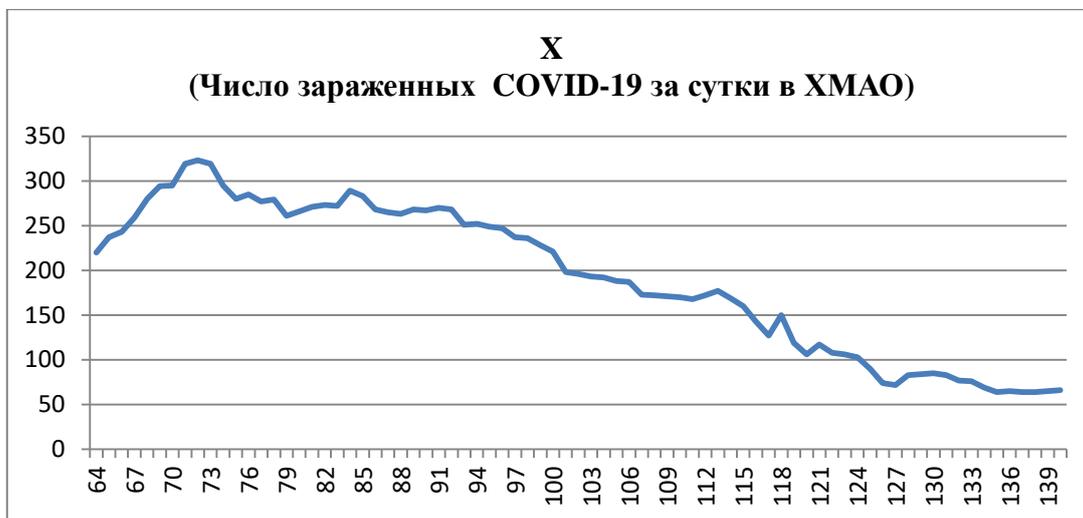


Рисунок 4

Повторив вышеизложенные шаги, получим модель тренда:

$$y = -0,00041 x^2 + 0,06706 x + 3,37319$$

для прологарифмированного исходного ряда. Удалив этот тренд из логарифмированного ряда, получим ряд остатков для логарифмированного ряда (рис. 5).

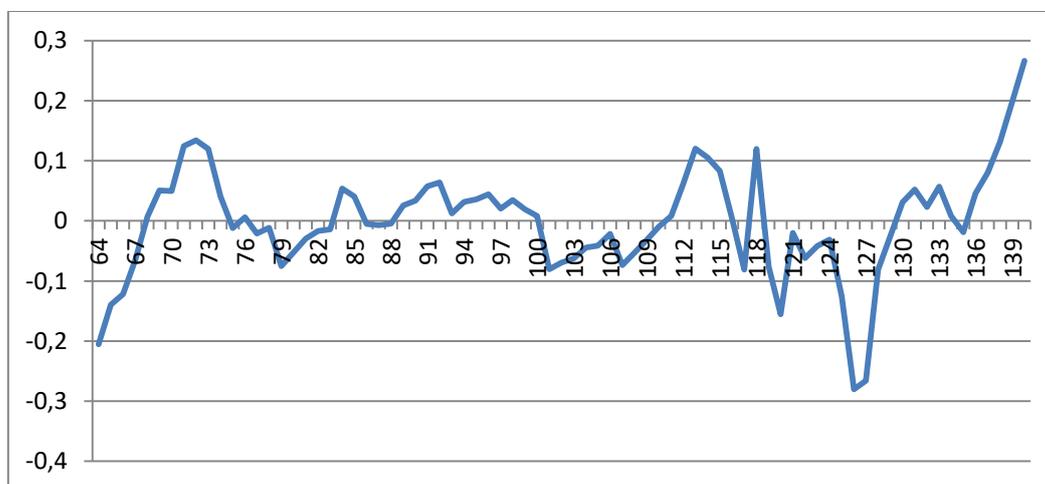


Рисунок 5

Данный ряд нестационарен [5], что препятствует переходу к следующим шагам построения модели прогноза. Для приведения ряда к стационарному применим стандартную операцию нахождения разностей ряда первого порядка [4] (рис. 6).



Рисунок 6

Как видим, полученный ряд также не является стационарным. Ряд разностей второго порядка (рис. 7) показывает, что начиная с 110 уровня (31.07.20) наблюдается существенное изменение характера процесса.

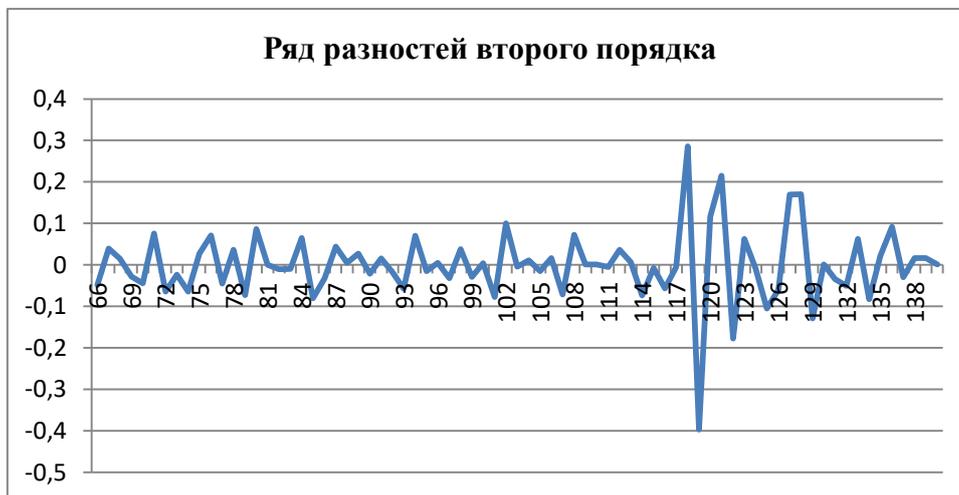


Рисунок 7

Следовательно, при построении модели статистического прогноза целесообразно использовать данные начиная с 31.07.20.

Повторив шаги, аналогичные предыдущим, получим соответствующий ряд остатков, приводящийся к стационарному взятием первых и вторых разностей. Это позволит перейти к следующим этапам построения статистической модели (идентификации типа и оценки параметров модели) и прогноза.

Обобщая вышеизложенное, перечислим этапы, позволяющие, по крайней мере, не ухудшить качество статистической модели прогноза при ее построении:

1. Визуализация исходных данных.
2. Выявление вида тренда исходя из результатов визуализации.
3. Преобразование (при необходимости) исходных данных к виду, удобному для выделения тренда.
4. Получение оценок параметров тренда на основе МНК.
5. Удаление из преобразованного ряда тренда.
6. Проверка на стационарность полученного ряда остатков (графический способ, способ применения автокорреляционной функции и ряд других).
7. Выявление временных интервалов, соответствующих принципиально различным по характеру процессам.

8. Определение интервала данных для построения прогностической статистической модели.

Выводы

При использовании полного ряда данных при статистическом прогнозировании очень часто возникает ситуация, когда учет более ранних данных вносит существенное ухудшение качества модели, используемой для прогноза.

Такого рода проблема может возникнуть и при построении иных (не статистических) моделей, используемых для прогнозирования. В этом случае подход, рассмотренный в данной работе, может также оказаться полезным.

Литература

1. Мишулина, О. А. Статистический анализ и обработка временных рядов / О. А. Мишулина. – Москва : МИФИ, 2004. – 180 с. – ISBN 5-7262-0536-7. – Текст : непосредственный.
2. Айвазян, С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 656 с. – Текст : непосредственный.
3. Вентцель, Е. С. Теория вероятностей / Е. С. Вентцель. – 10-е издание, стереотипное. – Москва : Academia, 2005. – 576 с. – Текст : непосредственный.
4. Боровиков, В. П. Прогнозирование в системе STATISTICA в среде Windows / В. П. Боровиков, Г. И. Ивченко. – Москва : Финансы и статистика, 1999. – 384 с. – Текст : непосредственный.
5. Дуброва, Т. А. Статистические методы прогнозирования : учебное пособие для вузов / Т. А. Дуброва. – Москва : Юнити, 2003. – 106 с. – ISBN 5-238-00497-4. – Текст : непосредственный.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(код проектов 18-47-860016, 18-01-00620),
при поддержке Научного фонда ЮГУ № 13-01-20/10.*

М. В. Куркина, С. П. Семенов, **В. В. Славский**, О. В. Самарина, О. А. Петухова,
А. А. Петров, А. А. Финогенов, В. А. Самарин

ВЫРАВНИВАНИЕ ВРЕМЕННЫХ РЯДОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОБОБЩЕННОГО ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ЛЕЖАНДРА И МЕТОДОВ ИДЕМПОТЕНТНОЙ МАТЕМАТИКИ

При моделировании экономических процессов часто используют различные методы распознавания временных рядов, применяют различные приемы выравнивания временных рядов: нахождения верхней и нижней огибающей, выпуклого и вогнутого замыкания ряда и т. д.

В данной работе предлагается для этого использовать преобразование Лежандра, хорошо известное в физике и математике. Преобразование Лежандра играет важную роль в теоретической физике, классической и статистической механике, термодинамике. В математике и её приложениях преобразование Лежандра основано на понятии двойственности векторных пространств и теории двойственности для выпуклых функций и подмножеств векторного пространства. Непосредственно его применение к слабо регулярным объектам в экономике затруднительно, поэтому мы предварительно определяем его идемпотентный аналог.

В последние годы в рамках международного центра «Софус Ли» получила интенсивное развитие новая область математики – идемпотентная, или «тропическая», математика, что отражено в работах академика В. П. Маслова и его учеников: Г. Л. Литвинова, А. Н. Соболевского и др.

Цель данной работы – выйти за рамки двойственности в линейных векторных пространствах, используя аналогичные понятия двойственности в конформно-плоской римановой геометрии и в идемпотентной алгебре.

По аналогии с полярным преобразованием конформно-плоской римановой метрики, введенным в работах Е. Д. Родионова и В. В. Славского, строится абстрактный идемпотентный аналог преобразования Лежандра. Исследуются его возможности для цифровой обработки временных рядов.

Ключевые слова: идемпотентный анализ, временные ряды, конформно-выпуклые функции, преобразование Лежандра, выпуклое и вогнутое замыкание функции.

M.V. Kurkina, S.P. Semenov, **V.V. Slavsky**, O.V. Samarina, O.A. Petuhova,
A.A. Petrov, A.A. Finogenov, V.A. Samarin

ALIGNMENT OF TIME SERIES WITH USE OF THE GENERALIZED LEGENDRE'S TRANSFORMATION AND METHODS OF IDEMPOTENTY MATHEMATICS

Alignment of time series [time-series smoothing] – identification of the main tendency of development (временного ряда тренд) by "cleaning" of a time series of the accidental deviations distorting this tendency. At a research of time series of economy (bioinformation science) apply for detection of patterns [1-3].

In this work it is offered to use for this purpose Legendre's transformation well-known in physics and mathematics. Its direct application to poorly regular objects is difficult therefore in work its idempotent analog is defined previously and on its basis the concept of the TRACK for a time series is defined.

In recent years within the international center "Cuofus Li" the new field of mathematics – idempotent or "tropical" mathematics gained intensive development that is reflected in works of the academician V.P. Maslov and his pupils: G.L. Litvinov, A.N. Sobolevsky, etc.

The purpose of this work to be beyond duality of the theory of linear vector spaces, using similar concepts of duality of conformally flat Riemannian geometry and of idempotent algebra.

By analogy with the polar transformation of a conformally flat Riemannian metrics entered in E.D. Rodionov and V.V. Slavsky's works the abstract idempotent analog of transformation of Legendre is under construction. In the MATLAB system the program complex for calculation the TRACK of a time series is created. It is investigated its opportunities for digital processing of time series.

Key words: idempotent analysis, time series, conformal convex functions, Legendre's transformation, convex short circuit of function.

Введение

Пусть функция $f: R^n \rightarrow \bar{R}$ задана на евклидовом арифметическом пространстве. Преобразование Юнга – Фенхеля функции f называют функцию f^* , где

$$f^*(\xi) = \sup_x [(\xi, x) - f(x)]. \quad (1)$$

Формула (1) есть обобщение классического преобразования Лежандра для достаточно гладких функций f и f^* , в этом случае f и f^* связаны соотношением

$$(x, \xi) = f(x) + f^*(\xi), \text{ где } \xi = \nabla f(x), x = \nabla f^*(\xi).$$

Если ограничиться случаем $n=1$, то скалярное произведение (ξ, x) есть просто произведение двух чисел, тогда:

$$x \cdot \xi = f(x) + f^*(\xi), \quad \xi = \frac{df(x)}{dx}, \quad x = \frac{df^*(\xi)}{d\xi}.$$

Преобразование Лежандра обладает рядом замечательных свойств. Нас в нашей работе будут интересовать следующие свойства:

- неравенство $x \cdot \xi \leq f(x) + f^*(\xi)$, которое является обобщением неравенства Юнга,
- в случае выпуклых функций преобразование Лежандра инволютивно $f^{**} = f$,
- в общем случае $f^{**} \leq f$ и f^{**} есть выпуклая оболочка (или замыкание) функции f .

Преобразование Лежандра применяется в физике, в теории дифференциальных уравнений, в теории выпуклых множеств [1-18]. Из новых применений преобразования Лежандра можно отметить применение в цифровой обработке сигналов [1-3].

Полярное преобразование конформно-плоской метрики с неотрицательной одномерной кривизной

В данной части мы используем обозначения и результаты работы [5]. Пусть R – числовая прямая, R^{n+1} – евклидово $(n+1)$ -мерное арифметическое пространство, $M^{n+2} = R^{n+1} \times R$ – псевдоевклидово пространство, скалярный квадрат вектора

$\vec{w} = [\vec{x}, \zeta] \in M^{n+2}$ в котором равен $\langle \vec{w} \rangle^2 = |\vec{x}|^2 - \zeta^2$, где $|\vec{x}|^2$ – скалярный квадрат вектора $\vec{x} \in R^{n+1}$. Обозначим через

$$C^+ = \{[\vec{x}, \zeta] \in M^{n+2} : |\vec{x}|^2 - \zeta^2 = 0, \zeta > 0\},$$

верхнюю часть изотропного конуса в M^{n+2} . В дальнейшем, если будет ясно из контекста, мы будем обозначать \vec{x} через x .

Лемма 1. Пусть на единичной сфере $S^n \subset R^{n+1}$ задана конформно-плоская метрика

$$ds^2 = \frac{dx^2}{f^2(x)}, \quad x \in S^n \subseteq R^{n+1},$$

где $f(x)$ функция класса C^1 . Тогда определено каноническое изометрическое вложение, задаваемое формулой

$$Z : x \in S^n \rightarrow \left[\frac{x}{f(x)}, \frac{1}{f(x)} \right] \in C^+. \quad (2)$$

Образ $Z(S^n) = F \subseteq C^+$ – пространственно подобная n -мерная поверхность. Будем отождествлять конформно-плоскую метрику с поверхностью F . Предположим, что функция $f(x)$ достаточно гладкая, тогда поверхность F регулярна, и в каждой точке $Z(x) \in F$ определено касательное n -мерное пространство $T_x(F)$. Существует единственный вектор $Z^*(x) \in C^+$ такой, что

$$\langle Z, Z^* \rangle = -1, \quad Z^* \perp T_x(F), \quad (3)$$

где ортогональность понимается относительно скалярного произведения в M^{n+2} .

Лемма 2. Пусть функция $f(\vec{x})$, задающая конформно-плоскую метрику, по однородности распространена на все пространство R^{n+1} . Тогда вектор Z^* явно выражается через f и $\vec{\nabla}f$ в R^{n+1} :

$$Z^*(\vec{x}) = \left[-\vec{\nabla}f + \frac{|\vec{\nabla}f|^2}{2f} \vec{x}, \frac{|\vec{\nabla}f|^2}{2f} \right], \quad (4)$$

где $\vec{x} \in S^n \subset R^{n+1}$, $\vec{\nabla}f$ градиент функции f в пространстве R^{n+1} .

Определение 1. Если точка $Z \in F$ пробегает поверхность F , то точка Z^* пробегает двойственную поверхность F^* . Соответствующую конформно-плоскую метрику

$ds^{*2} = \frac{dy^2}{f^{*2}(y)}$, $y \in S^n$ будем называть **полярной** к исходной метрике [14]. Сравнивая

формулы (2) и (4), имеем:

$$\left[-\vec{\nabla}f + \frac{|\nabla f|^2}{2f} \vec{x}, \frac{|\nabla f|^2}{2f} \right] \equiv \left[\frac{y}{f^*(y)}, \frac{1}{f^*(y)} \right].$$

Откуда получаем формулы для перехода к полярной конформно-плоской метрике в параметрическом виде:

$$f^*(y) = \frac{2f(x)}{|\nabla f|^2}, \quad \vec{y} = \vec{x} - 2f(x) \frac{\vec{\nabla}f}{|\nabla f|^2}. \quad (5)$$

Лемма 3. Пусть $f : R^{n+1} \rightarrow R$ произвольная однородная степени один функция на R^{n+1} . Отображение $H_f : S^n \rightarrow S^n$ определяемое формулой

$$H_f : \bar{x} \in S^n \rightarrow \bar{x} - 2f(x) \frac{\bar{\nabla} f}{|\nabla f|^2} \in S^n, \quad (6)$$

сохраняет норму вектора: $|H_f(\bar{x})| = |\bar{x}|$.

Определение 2. Отображение H_f назовем конформным градиентом функции f . Если отображение H_f имеет обратное H_f^{-1} , то полярная метрика определяется в явном виде функцией:

$$f^*(y) = \frac{2f(x)}{|\nabla f|^2} \Big|_{x=H_f^{-1}(y)}.$$

Замечание. Из определения (1) следует двойственность метрики $ds^2 = \frac{dx^2}{f^2(x)}$, $x \in S^n$ и метрики $ds^{*2} = \frac{dy^2}{f^{*2}(y)}$, $y \in S^n$. Поэтому при наличии соответствующей регулярности функции $f^*(y)$ будут справедливы равенства:

$$\begin{aligned} f^*(y) &= \frac{2f(x)}{|\nabla f(x)|^2}, & \bar{y} &= \bar{x} - 2f(x) \frac{\bar{\nabla} f(x)}{|\nabla f(x)|^2}, \\ f(x) &= \frac{2f^*(y)}{|\nabla f^*(y)|^2}, & \bar{x} &= \bar{y} - 2f^*(y) \frac{\bar{\nabla} f^*(y)}{|\nabla f^*(y)|^2}. \end{aligned} \quad (7)$$

Определение 3. Одномерная секционная кривизна конформно-плоской метрики $ds^2 = \frac{dx^2}{f^2(x)}$ в R^n задается формулой [16-18]:

$$K_{1/2}(f, x, \xi) = f \frac{d^2 f}{d\xi^2} - \frac{1}{2} |\nabla f|^2. \quad (8)$$

здесь $\frac{d^2 f}{d\xi^2}$ – вторая производная функции в точке $x \in R^n$ вдоль единичного вектора ξ , ∇f – градиент функции f в R^n . Формула верна как в плоском случае, так и для единичной сферы, в этом случае функция $f : S^n \rightarrow R$ продолжается по однородности на R^{n+1} , $x \in S^n \subset R^{n+1}$, ξ – единичный касательный к сфере в точке x вектор, ∇f – градиент функции в R^{n+1} .

Определение 4. Формулу (1) можно распространить на конформно-плоские метрики, определенные на единичной n -мерной сфере $S^n \subset R^{n+1}$ в форме:

$$f^*(y) = \max_{x \in S^n} \frac{Px - yP^2}{2f(x)}, \text{ или } h^*(y) = \max_{x \in S^n} \frac{Px - yP}{\sqrt{2h(x)}}, \quad (9)$$

здесь $h(x) = \sqrt{f(x)}$ – положительная конформно-выпуклая функция на сфере [6], то есть функция, для которой конформно-плоская метрика $ds^2 = \frac{dx^2}{f^2(x)}$ имеет неотрицательную одномерную секционную кривизну. Равносильное условие функции на $h(x)$ имеет вид:

$$h(x) \leq \frac{h(x_2)\|x-x_1\|}{\|x_2-x_1\|} + \frac{h(x_1)\|x-x_2\|}{\|x_2-x_1\|}$$

для произвольных точек $x_2, x, x_1 \in S^n$, $\|y-x\|$ – хордовое расстояние между точками на сфере, $h^*(y)$, $y \in S^n$ – функция, задающая двойственную или полярную метрику $ds^* = \frac{dy}{h^{*2}(y)}$. Причем основные свойства (инволютивность и т. д.) сохраняются. В работе [8] было предложено также назвать преобразование (9) преобразованием Лежандра функции $f(x)$, $x \in S^n$.

Определение 5. Обобщая эти понятия, приходим к определению обобщенного преобразования Лежандра с формулой:

$$h^*(y) = \max_{x \in X} \frac{A(x, y)}{\sqrt{2h(x)}}, \quad (10)$$

где X – компактное метрическое пространство, $A(x, y)$ неотрицательная непрерывная симметричная функция $(x, y) \in X \times X$, $A(x, x) \equiv 0$, $h(x)$ – положительная непрерывная функция, $h^*(y)$ её преобразование Лежандра. Функцию $A(x, y)$ будем называть ядром преобразования.

С вычислительной точки зрения формула (10) имеет дискретный вид;

$$h^*(y_j) = \max_{x_i \in S^n} \frac{\|y_j - x_i\|}{\sqrt{2h(x_i)}}, \quad (11)$$

где $\{x_i\}$ – конечная сетка точек на сфере. В данной работе предлагается дальнейшее абстрактное обобщение формулы (11) для идемпотентной математики.

Определение 6. Пусть $n > 1$, R_n^+ – множество наборов $f = \{f_i\}$, $i = 1, \dots, n$ положительных чисел, $A = \|A_{ji}\|$ $i, j = .1$, – симметричная квадратная матрица неотрицательных чисел с нулевой диагональю. Обозначим через L_A отображение множества R_n^+ в себя $L_A : R_n^+ \rightarrow R_n^+$, определяемое формулой $L_A[\{f_i\}] = \{f_j^*\}$, где

$$f_j^* = \max_i \frac{A_{ji}}{f_i}. \quad (12)$$

Замечание. В формуле (12) участвуют только две операции над неотрицательными числами – умножение (деление) и \max (\min), с помощью функции \log это множество чисел можно отождествить с идемпотентным полукольцом $R_{\max} = R \cup \{-\infty\}$ см. [9], [7].

Теорема 1. Преобразование (12) полукольца $R_{\max} = R \cup \{-\infty\}$ обладает основными свойствами классического преобразования Лежандра:

- справедливо неравенство $f_j^* \cdot f_i \geq A_{ji}$,
- $f_i^{***} = f_i^*$ $i = 1, \dots, n$,
- $f_i^{**} \leq f_i$ $i = 1, \dots, n$.

где $\{f_i^*\} = L_A[\{f_i\}]$, $\{f_i^{**}\} = L_A[\{f_i^*\}]$, $\{f_i^{***}\} = L_A[\{f_i^{**}\}]$.

Пример 1. Рассмотрим, как выглядит L_A при $n = 3$, пусть матрица A имеет вид:

$$A = \begin{bmatrix} 0 & a & b \\ a & 0 & c \\ b & c & 0 \end{bmatrix}$$

Тогда $\{f_i^*\} = L_A[\{f_i\}]$, $\{f_i^{**}\} = L_A[\{f_i^*\}]$ имеют вид:

$$\begin{aligned} f_1^* &= \max\left(\frac{a}{f_2}, \frac{b}{f_3}\right), & f_1^{**} &= \max\left(a \min\left(\frac{f_1}{a}, \frac{f_3}{c}\right), b \min\left(\frac{f_1}{b}, \frac{f_2}{c}\right)\right), \\ f_2^* &= \max\left(\frac{a}{f_1}, \frac{c}{f_3}\right), & f_2^{**} &= \max\left(c \min\left(\frac{f_1}{b}, \frac{f_2}{c}\right), a \min\left(\frac{f_2}{a}, \frac{f_3}{b}\right)\right), \\ f_3^* &= \max\left(\frac{b}{f_1}, \frac{c}{f_2}\right), & f_3^{**} &= \max\left(c \min\left(\frac{f_1}{a}, \frac{f_3}{c}\right), b \min\left(\frac{f_2}{a}, \frac{f_3}{b}\right)\right); \end{aligned}$$

Замечание. Как показали численные эксперименты, если матрица A в теореме **1** не обладает требуемыми свойствами, то теорема не верна.

Гипотеза. Теорема **1** справедлива в случае абстрактного полукольца.

Пример 2. Преобразование Лежандра периодического сигнала (временного ряда). Будем трактовать временной ряд как положительную функцию на единичной окружности и сопоставим ей конформно-плоскую метрику (меру) $ds = \frac{d\varphi}{h^2(\varphi)}$ на окружности S^1 , здесь $h(\varphi)$ – периодическая функция. Формула (11) примет вид:

$$h^*(\psi_j) = \max_i \frac{\text{abs}\left[\sin\left(\frac{\psi_j - \varphi_i}{2}\right)\right]}{\sqrt{2}h(\varphi_i)},$$

На рисунках 1, 2 приведены примеры преобразования Лежандра временного ряда $P0$. На рис. 1 $P1 = P0^*$ – нижний «выпуклый» огибающего ряда $P0$.

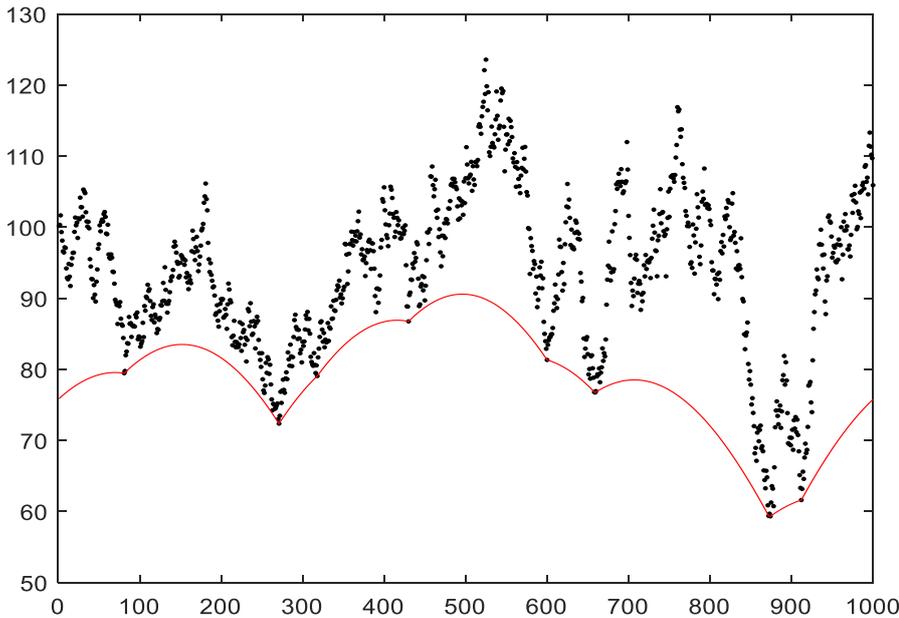


Рисунок 1 к примеру 2: $P0 \geq P0^* = P1$

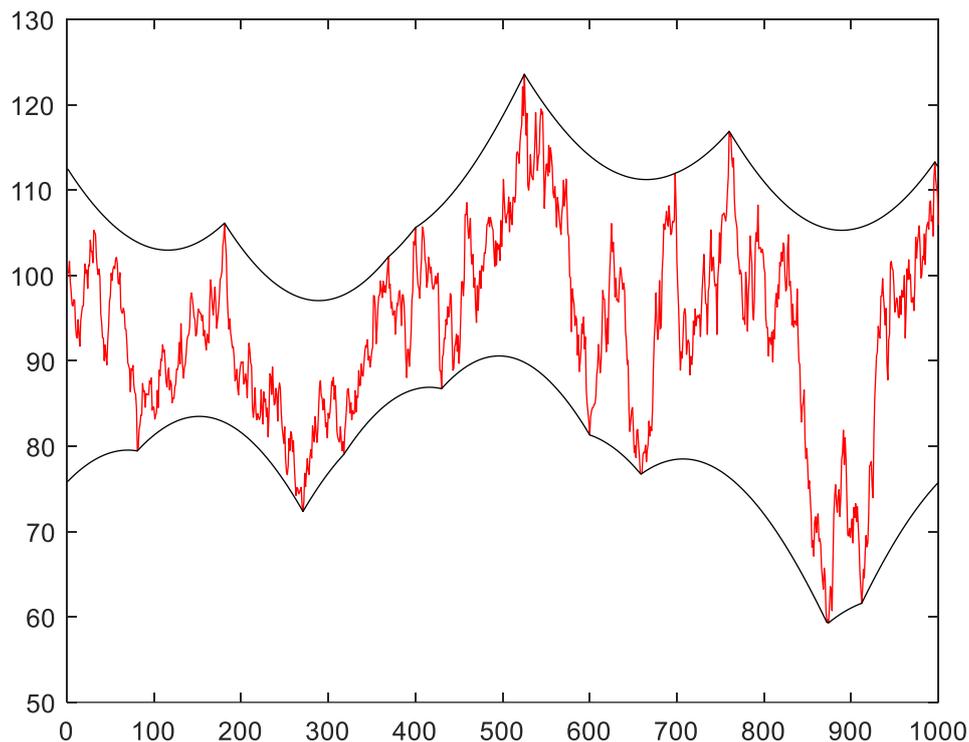


Рисунок 2 к примеру 2: $P2 = \overline{-P0}^* \geq P0 \geq P0^*$

Код в системе MATLAB к примеру 2 n=1000.

Заключение

В данной работе по аналогии с полярным преобразованием конформно-плоской метрики (Родионов Е. Д., Славский В. В.) и классическим преобразованием Лежандра строится идемпотентный аналог преобразования Лежандра. Приведена программа в системе MATLAB, реализующая численное преобразование временных рядов. В дальнейшем предполагается использовать её возможности при цифровой обработке сигналов и изображений и в задачах распознавания временных рядов.

Литература

1. Applications of Legendre-Fenchel transformation to computer vision problems / A. Handa, R. A. Newcombe, A. Angeli, A. J. Davison // Imperial College London. – URL: <http://www.doc.ic.ac.uk/ahanda/> (Date of request: 07.10.2020).
2. Abadi, M. Legendre Spectrum for texture classification / M. Abadi, E. Grandchamp. – DOI: 10.1109/ICOSP.2006.345588 // IEEE Xplore. – URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/4129069/?;jsessionid=sIMbogTUpBwmSOpZCPcsYfzumJzUh9GmlauZEX9Ta1GDAhBmNXot!794090673> (Date of request: 07.10.2020).
3. Implementation of the Legendre transform for the muon track segment reconstruction in the ATLAS MDT chambers / M. S. Bachtis [et al.]. – DOI: 10.1109/NSSMIC.2007.4436434 // ResearchGate. – URL: https://www.researchgate.net/publication/251849047_Implementation_of_the_Legendre_transform_for_the_Muon_track_segment_reconstruction_in_the_ATLAS_MDT_chambers (Date of request: 07.10.2020).
4. Владимиров, В. С. Преобразование Лежандра выпуклых функций / В. С. Владимиров. – Текст : непосредственный // Математические заметки. – 1967. – Т. 1, № 6. – С. 448–452.

5. Родионов, Е. Д. Полярное преобразование конформно-плоских метрик / Е. Д. Родионов, В. В. Славский. – Текст : непосредственный // Математические труды. – 2017. – Т. 20, № 2. – С. 120–138.
6. Kurkina, M. V. Conformally convex functions and conformally flat metrics of nonnegative curvature / M. V. Kurkina, V. V. Slavsky, E. D. Rodionov // *Doklady Mathematics*. – 2015. – Vol. 91, № 3. – P. 287–289.
7. Литвинов, Г. Л. Идемпотентная математика и интервальный анализ / Г. Л. Литвинов, В. П. Маслов, А. Н. Соболевский. – Текст : непосредственный // *Вычислительные технологии*. – 2001. – Т. 6, № 6. – С. 47–70.
8. Куркина, М. В. Об изменении кривизны конформно-плоской метрики при преобразовании Лежандра / М. В. Куркина. – Текст : непосредственный // *Известия Алтайского государственного университета*. – 2018. – № 4 (102). – С. 88–92.
9. Sergeev, S. CSR expansions of matrix powers in max algebra / S. Sergeev, H. Schneider // *Transactions of the American Mathematical Society*. – 2012. – Vol. 364, № 11. – P. 5969–5994.
10. Славский, В. В. Конформно плоские метрики ограниченной кривизны на n -мерной сфере. Исследования по геометрии "в целом" и математическому анализу. – Новосибирск, 1987. – Т. 9.
11. Hertrich-Jeromin, U. Introduction to Mobius Differential Geometry. London mathematical society lecture note series. / U. Hertrich-Jeromin. – Cambridge University Press, 2003. – 413 p.
12. Решетняк, Ю. Г. Теоремы устойчивости в геометрии и анализе / Ю. Г. Решетняк. – 2-е издание, переработанное и дополненное. – Новосибирск : Издательство института математики, 1996. – 424 с. – ISBN 5-86134-017-X. – Текст : непосредственный.
13. Топоногов, В. А. Дифференциальная геометрия кривых и поверхностей / В. А. Топоногов. – Москва : Физматкнига, 2012. – 223 с. – ISBN 978-5-89155-213-5. – Текст : непосредственный.
14. Slavskii, V. V. Conformally flat metrics and the geometry of the pseudo-Euclidean space / V. V. Slavskii // *Siberian Mathematical Journal*. – 1994. – Vol. 35. – № 3. – P. 605–613.
15. Славский, В. В. Оценка коэффициента квазиконформности области через кривизну квазигиперболической метрики / В. В. Славский. – Текст : непосредственный // *Сибирский математический журнал*. – 1999. – Т. 40, № 4. – С. 801–818.
16. Однородные пространства: теория и приложения : монография / В. В. Балащенко, Никоноров, Е. Д. Родионов, В. В. Славский. – Ханты-Мансийск : Полиграфист, 2008. – 279 с. – ISBN 978-5-89846-794-4. – Текст : непосредственный.
17. Родионов, Е. Д. Одномерная секционная кривизна римановых многообразий / Е. Д. Родионов, В. В. Славский. – Текст : непосредственный // *Доклады академии наук*. – 2002. – Т. 387, № 4. – С. 454.
18. Nikonorov, Yu. G. Geometry of homogeneous Riemannian manifolds / Yu. G. Nikonorov, E. D. Rodionov, V. V. Slavskii // *Journal of Mathematical Sciences*. – 2007. – Vol. 146, № 6. – P. 6313–6390.

В. М. Татьянакин, С. Н. Шергин

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЕСТЕСТВЕННОГО
ВЫБЫТИЯ НАСЕЛЕНИЯ В ЗАДАЧЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ
КАДРОВОЙ ПОТРЕБНОСТИ РЕГИОНА**

В статье представлены результаты исследования по определению коэффициентов занятости мужчин и женщин в разрезе уровней образования для субъектов РФ и возможности их дальнейшего применения для моделирования естественного выбытия населения в задаче прогнозирования кадровой потребности региона. Посчитана ошибка прогнозирования численности занятого населения при использовании коэффициентов занятости по регионам РФ и уровням образования. Ключевая особенность представленного подхода заключается в отсутствии необходимости вычисления естественного выбытия населения. В качестве метода исследования использовалось математическое моделирование на основе модели спроса и предложения рынка труда региона. Базу данных для исследования составили материалы Федеральной службы государственной статистики по результатам переписи населения РФ в 2002 и 2010 году. Временной период объясняется наличием достоверных данных. По результатам исследования, у 75 регионов из 82 средняя по уровням образования накопленная ошибка за 8 лет при определении численности занятых не превышает 10 %.

Ключевые слова: коэффициенты занятости, прогноз кадровой потребности, естественное выбытие населения, экономика региона.

V. M. Tatyankin, S. N. Shergin

**MATHEMATICAL MODELING OF NATURAL POPULATION EMISSION IN THE
PROBLEM OF FORECASTING THE REGIONAL STAFF NEEDS**

The article presents the results of a study to determine the employment rates of men and women in the context of educational levels for the constituent entities of the Russian Federation and the possibility of their further application for modeling the natural dropout of the population in the task of predicting the personnel needs of the region. The error of forecasting the size of the employed population was calculated using the employment rates for the regions of the Russian Federation and levels of education. The key feature of the presented approach is that there is no need to calculate the natural decline of the population. As a research method, mathematical modeling was used, based on the supply and demand model of the labor market in the region. The database for the study was compiled by the materials of the Federal State Statistics Service based on the results of the population census of the Russian Federation in 2002 and 2010. The time period is due to the availability of reliable data. According to the results of the study, from 82 regions in 75 regions, the average accumulated error in terms of education levels over 8 years in determining the number of employed does not exceed 10 %.

Key words: employment rates, forecast of staffing needs, natural retirement, regional economy.

Введение

На сегодняшний день задача прогнозирования кадровой потребности территории является фундаментальной при планировании и реализации государственной политики в сфере социального и экономического развития страны и регионов. Это обусловлено в первую очередь

функционированием системы образования, которая, используя прогноз кадровой потребности, формирует контрольные цифры приёма по уровням образования [1-4]. Также прогноз кадровой потребности нужен органам власти для поддержания баланса спроса и предложения на трудовые ресурсы [6-7].

Задаче прогнозирования кадровой потребности в СССР посвящено много работ [7-10]. Их главный недостаток заключается в ориентации на плановую экономику.

На сегодняшний день современное развитие этого направления отражено в работах [11-16]. Одним из существующих общепризнанных подходов к решению этой задачи является метод, основанный на использовании математической модели баланса спроса и предложения на трудовые ресурсы, подробно описанный в работе Гуртова В. А. [12]:

$$E(t) = f_s(t) - f_p(t), \quad (1)$$

где $E(t)$ – дополнительная потребность региональной экономики в трудовых ресурсах, $f_s(t)$ – требуемое количество трудовых ресурсов для запланированного развития региональной экономики, $f_p(t)$ – количество трудовых ресурсов, которым располагает региональная экономика, t – планируемый год.

Количество специалистов, способных к трудовой деятельности региона, складывается из трудоспособных специалистов, проживающих в регионе, и внешних трудовых потоков (вахтовые рабочие, иностранные специалисты):

$$f_p(t) = h(t) + g(t), \quad (2)$$

где $h(t)$ – трудоспособные специалисты, проживающие в регионе, $g(t)$ – внешние трудовые потоки.

На рисунке 1 представлен показатель «среднегодовая численность занятых в РФ»¹. Данный показатель соответствует функции $f_s(t)$ из выражения 1. Как видно из графика, изменение значений показателя во времени не подвергается существенным колебаниям. Показатель «среднегодовая численности занятых в РФ» в период с 2010 по 2016 год изменялся в среднем на 1,3 % за год.

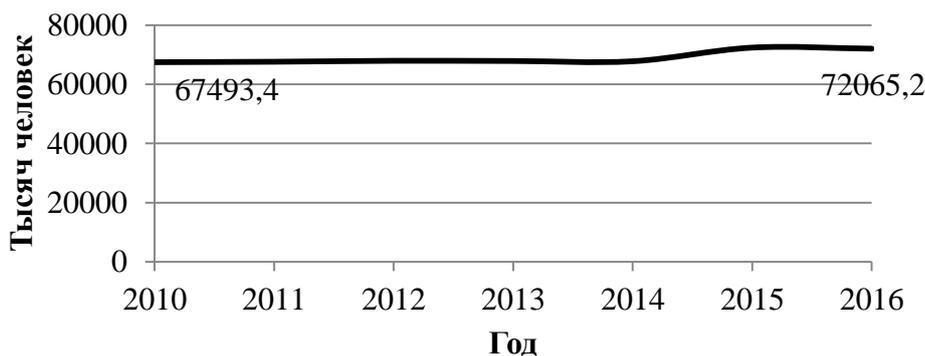


Рисунок 1. Динамика показателя «среднегодовая численность занятых в РФ»

При этом показатель «количество трудовых ресурсов, которым располагает региональная экономика» подвергается более существенным колебаниям – до 6 % в год. Особенно это относится к территориям Крайнего Севера и приравненным к ним местностям, на которых представлено право на досрочное назначение страховой пенсии по старости. В связи с этим можно утверждать, что определение количества трудовых ресурсов, которым располагает

¹ Регионы России. Социально-экономические показатели. – URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/B11_14p/Main.htm. Дата обращения: 12.12.2018.

региональная экономика, является ключевой подзадачей в прогнозировании кадровой потребности экономики региона РФ.

Трудоспособные специалисты, проживающие в регионе, составляют основу количества трудовых ресурсов региона. Изменение трудоспособных специалистов, проживающих в регионе, складывается из внешней миграции и естественного выбытия населения (смертность, травматизм и т. д.):

$$h_{(t)} = h_{(t-1)}(1-R) + z(t), \quad (3)$$

где $z(t)$ – сальдо миграции в регионе, R – коэффициент ротации населения.

Коэффициент ротации определяет долю естественного выбытия населения, занятого в экономике региона. Для каждого региона РФ и уровня образования существует свой коэффициент ротации. Задача определения коэффициента ротации для региона является трудоёмкой в связи с нелинейной динамикой численности населения, проживающего в регионе, что показано в работе [15].

В связи с этим в [14] был предложен способ определения трудоспособных специалистов в регионе через коэффициент занятости:

$$h(t) = \left[\sum_{r=1}^2 \sum_{i=a}^b x_i^r(t) \cdot y_i^r(t) \right], \quad (4)$$

где $x_i^r(t)$ – половозрастное распределение населения региона, $r=1$ – мужчины, $r=2$ – женщины, $i=a\dots b$, a – возраст начала трудовой деятельности, b – предельный возраст, $y_i^r(t)$ – половозрастные коэффициенты занятости населения региона.

Коэффициент занятости населения определяется следующим образом:

$$y = \frac{Rab}{Nas}, \quad (5)$$

где y – коэффициент занятости населения, Rab – количество работающих специалистов, Nas – всего специалистов в возрасте.

Коэффициенты занятости позволяют учитывать ряд скрытых факторов, влияющих на естественное выбытие населения: декретный отпуск, служба в армии, возраст выхода на пенсию, нетрудоустройство выпускников, работающие пенсионеры.

Коэффициент занятости рассчитывается в разрезе года, пола, возраста, уровня образования, специальности/профессии.

На сегодняшний день имеется возможность определить с высокой точностью коэффициент занятости в разрезе 2-4 пункта для 2002 года и 2010 года, так как в эти годы проводилась всероссийская перепись населения.

При исследовании в работе [15] выяснилось, что коэффициенты занятости 2002 года и коэффициенты занятости 2010 года для ХМАО-Югры по уровням профессионального образования совпадают. Расхождение было до 2 %. Это довольно низкий показатель, учитывая, что прошло 8 лет, то есть в год ошибка составляет менее 0,25 %.

Это в принципе объясняется сформировавшейся экономикой региона и низкой волатильностью динамики безработицы в ХМАО-Югре. Всё это даёт возможность использовать коэффициенты занятости 2010 года для прогнозирования кадровой потребности ХМАО-Югры.

В результате цель настоящего исследования заключается в обосновании возможности или невозможности использования коэффициентов занятости для прогнозирования кадровой потребности всех регионов РФ по уровням профессионального образования.

Материалы и методы

Для достижения поставленной цели решались следующие задачи:

1. *Определение коэффициентов занятости по полу, возрасту и уровню образования для всех регионов РФ в 2002 году.*

Для расчета коэффициента занятости в 2002 году по уровням образования, возрастным группам и полу для каждого региона РФ использовалась формула (1).

$$ER_{is}^r(2002) = E_{is}^r(2002)/P_{is}^r(2002), \quad (1)$$

где $ER_{is}^r(2002)$ – коэффициент занятости по полу r , возрастной группе i и уровню образования s , возрастные группы i представлены в таблице 1, $r=1$ – мужчины, $r=2$ – женщины, $s=1$ – высшее образование, $s=2$ – среднее профессиональное образование, $s=3$ – без профессионального образования; E_{is}^r – занятое население региона в 2002 году по полу r , возрастной группе i и уровню образования s ; P_{is}^r – население региона в 2002 году по полу r , возрастной группе i и уровню образования s .

Численные значения показателей $E_{is}^r(2002)$ и $P_{is}^r(2002)$ содержатся в итогах переписи населения 2002 года², том 3 «Образование».

Таблица 1

Возрастные группы коэффициента i из формулы (1)

Номер группы i	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Возраст (лет)	15-17	18-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-44	45-49	50-54	55-59	60-64	65-69	>69

2. *Определение численности занятого населения по регионам РФ в 2010 году с использованием коэффициентов занятости 2002 года*

Для вычисления численности занятого населения по регионам РФ в 2010 году с использованием коэффициентов занятости 2002 года использовалось выражение (2):

$$E_s^{forecast}(2010) = \sum_{r=1}^2 \sum_{i=1}^{13} [P_{is}^r(2010) * ER_{is}^r(2002)], \quad (2)$$

где $E_s^{forecast}(2010)$ – занятое население региона (вычисленное) в 2010 году по уровню образования s ; $P_{is}^r(2010)$ – население региона в 2010 году по полу r , возрастной группе i и уровню образования s ; $ER_{is}^r(2002)$ – коэффициент занятости 2002 года по полу r , возрастной группе i и уровню образования s .

Значение показателя $P_{is}^r(2010)$ содержится в итогах переписи населения 2010 года³, том 3 «Образование»

3. *Определение ошибки вычисления численности занятого населения по регионам РФ в 2010 году, через коэффициент занятости 2002 года.*

Для определения ошибки моделирования численности занятого населения в 2010 году используется выражение:

$$O_s = \left(\frac{E_s^{forecast}(2010)}{E_s^{data}(2010)} - 1 \right), \quad s = 1,2,3 \quad (3)$$

где O_s – «ошибка» прогнозирования численности занятого населения в 2010 году с уровнем образованием s с использованием коэффициентов занятости населения в 2002 году;

² Всероссийская перепись населения 2002 года. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: <http://www.perepis2002.ru/index.html?id=32> (дата обращения: 12.12.2018)

³ Всероссийская перепись населения 2010 года. Федеральная служба государственной статистики. [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/free_doc/new_site/perepis2010/croc/perepis_itogi1612.htm (дата обращения: 12.12.2018)

$E_s^{forecast}(2010)$ – занятое население региона в 2010 году с уровнем образования s , рассчитанное по формуле (2); $E_s^{data}(2010)$ – занятое население региона в 2010 году с уровнем образования s , взятое из в итогов переписи населения 2010 года, том 3 «Образование».

Результаты

В таблице 2 представлены результаты исследования по вычислению ошибки прогнозирования численности занятого населения по уровням образования и регионам РФ. В первом столбце расположены регионы, ранжированные по увеличению средней ошибки в разрезе уровней профессионального образования. Во втором (высшее образование), третьем (среднее профессиональное образование) и четвертом столбце (без профессионального образования) указаны ошибки прогнозирования численности занятого населения в 2010 году с использованием коэффициентов занятости 2002 года.

Таблица 2

Ошибка прогнозирования численности занятого населения в 2010 году

<i>Регионы</i>	<i>Высшее образование</i>	<i>Среднее профессиональное образование</i>	<i>Без профессионального образования</i>	<i>Средняя ошибка по модулю</i>
Республика Бурятия	-0,1 %	1,7 %	0,6 %	0,8 %
Забайкальский край	0,6 %	2,6 %	-0,6 %	1,3 %
Нижегородская область	0,7 %	1,7 %	-1,5 %	1,3 %
Республика Татарстан	1,4 %	2,6 %	0,3 %	1,4 %
Амурская область	1,7 %	2,9 %	-0,9 %	1,9 %
Архангельская область	-1,1 %	0,7 %	-4,2 %	2,0 %
Камчатский край	-1,6 %	0,9 %	3,6 %	2,0 %
Оренбургская область	0,0 %	1,2 %	-5,2 %	2,1 %
Республика Саха (Якутия)	-0,3 %	1,7 %	-4,7 %	2,2 %
Республика Марий Эл	0,0 %	1,7 %	-5,1 %	2,3 %
Орловская область	0,9 %	1,3 %	-4,8 %	2,3 %
Челябинская область	0,7 %	2,8 %	-3,6 %	2,4 %
Липецкая область	1,7 %	3,7 %	-2,2 %	2,5 %
Самарская область	1,6 %	2,0 %	-4,4 %	2,7 %
Курганская область	2,2 %	4,9 %	-0,9 %	2,7 %
Кировская область	-0,6 %	0,0 %	-7,6 %	2,8 %
Удмуртская республика	-0,7 %	1,0 %	-6,8 %	2,8 %
Томская область	1,5 %	5,5 %	1,4 %	2,8 %
Красноярский край	-0,8 %	0,9 %	-6,9 %	2,8 %
Костромская область	0,4 %	1,1 %	-7,0 %	2,8 %
Алтайский край	2,5 %	5,6 %	-0,5 %	2,9 %
Пермский край	-1,2 %	0,0 %	-7,6 %	2,9 %
Сахалинская область	2,7 %	5,9 %	-0,2 %	2,9 %
ЯНАО	0,5 %	1,7 %	-6,7 %	3,0 %
Ярославская область	-0,1 %	0,5 %	-8,6 %	3,1 %
Иркутская область	1,1 %	3,3 %	-4,8 %	3,1 %
Республика Башкортостан	-1,0 %	0,2 %	-8,4 %	3,2 %
Псковская область	2,5 %	5,1 %	-2,5 %	3,4 %
Свердловская область	0,1 %	1,0 %	-9,0 %	3,4 %
Калининградская область	1,4 %	3,5 %	-5,6 %	3,5 %
Чукотский автономный округ	1,5 %	3,0 %	-6,4 %	3,6 %
Республика Карелия	0,3 %	1,1 %	-9,7 %	3,7 %
Вологодская область	0,6 %	1,7 %	-8,8 %	3,7 %
Кемеровская область	1,9 %	6,7 %	3,0 %	3,8 %

*Математическое моделирование естественного
выбытия населения в задаче прогнозирования
кадровой потребности региона*

Продолжение таблицы 2

Республика Алтай	0,2 %	4,9 %	6,8 %	3,9 %
Омская область	1,7 %	5,4 %	-4,7 %	3,9 %
Брянская область	1,4 %	5,2 %	5,3 %	4,0 %
Чувашская республика	-1,4 %	-0,4 %	-10,1 %	4,0 %
Республика Тыва	0,2 %	3,2 %	8,6 %	4,0 %
Белгородская область	4,0 %	7,6 %	-0,6 %	4,0 %
Хабаровский край	2,0 %	2,5 %	-8,2 %	4,2 %
Новгородская область	4,4 %	7,1 %	1,8 %	4,4 %
Республика Коми	0,2 %	1,5 %	-12,0 %	4,6 %
Смоленская область	4,4 %	7,5 %	-2,0 %	4,6 %
Ивановская область	-10,3 %	2,1 %	-1,6 %	4,7 %
Тюменская область	-0,9 %	0,9 %	-12,4 %	4,7 %
Волгоградская область	3,2 %	6,2 %	4,8 %	4,8 %
Владимирская область	0,9 %	2,2 %	-11,2 %	4,8 %
Ульяновская область	0,9 %	2,3 %	-11,2 %	4,8 %
Еврейская автономная область	1,6 %	7,0 %	5,7 %	4,8 %
Московская область	2,5 %	2,6 %	-9,8 %	5,0 %
ХМАО	-0,4 %	1,8 %	-13,2 %	5,2 %
Новосибирская область	1,6 %	5,5 %	-8,9 %	5,3 %
Курская область	1,7 %	3,8 %	-10,5 %	5,3 %
Воронежская область	4,5 %	7,1 %	-4,7 %	5,4 %
Саратовская область	4,3 %	7,4 %	4,9 %	5,5 %
Республика Мордовия	3,2 %	7,1 %	6,4 %	5,5 %
Тульская область	3,6 %	6,6 %	6,5 %	5,6 %
Астраханская область	-0,1 %	2,8 %	-14,1 %	5,7 %
Тамбовская область	3,8 %	8,5 %	4,9 %	5,7 %
Приморский край	2,4 %	3,5 %	-12,7 %	6,2 %
Рязанская область	2,7 %	4,6 %	-11,6 %	6,3 %
Ленинградская область	5,8 %	8,3 %	-5,6 %	6,6 %
Пензенская область	4,0 %	9,7 %	6,0 %	6,6 %
Мурманская область	0,1 %	0,6 %	-19,2 %	6,6 %
Тверская область	3,9 %	3,8 %	-12,6 %	6,8 %
Магаданская область	4,1 %	10,8 %	5,4 %	6,8 %
Краснодарский край	4,2 %	9,2 %	7,3 %	6,9 %
Республика Хакасия	4,1 %	9,9 %	7,8 %	7,3 %
Калужская область	2,8 %	5,0 %	-14,5 %	7,4 %
Ставропольский край	5,7 %	9,9 %	8,3 %	8,0 %
г. Санкт-Петербург	6,9 %	10,6 %	-6,7 %	8,1 %
Кабардино-Балкарская республика	1,7 %	7,8 %	15,3 %	8,3 %
Республика Дагестан	5,0 %	9,2 %	12,2 %	8,8 %
Ростовская область	5,7 %	10,9 %	10,3 %	8,9 %
Республика Калмыкия	3,3 %	11,4 %	15,5 %	10,1 %
г. Москва	8,5 %	10,2 %	11,7 %	10,1 %
Республика Северная Осетия – Алания	11,6 %	11,4 %	10,1 %	11,0 %
Республика Адыгея	10,3 %	19,5 %	19,6 %	16,5 %
Карачаево-Черкесская республика	13,9 %	19,7 %	32,9 %	22,2 %
Чеченская республика	31,5 %	26,7 %	54,0 %	37,4 %
Республика Ингушетия	39,7 %	59,2 %	98,7 %	65,8 %

По результатам исследования, у 75 из 82 регионов средняя по уровням образования накопленная ошибка за 8 лет при определении численности занятых не превышает 10 %. У 50 регионов средняя по уровням образования накопленная ошибка не превышает 5 %. Регионы с самой наименьшей средней по уровням образования накопленной ошибкой (не превышает 2 %) – это Республика Бурятия, Забайкальский край, Нижегородская область, Республика Татарстан, Амурская область, Архангельская область, Камчатский край. В список регионов с наибольшей накопленной ошибкой вошли следующие регионы: г. Москва, Республика Северная Осетия – Алания, Республика Адыгея, Карачаево-Черкесская республика, Чеченская республика, Республика Ингушетия. Если присутствие в этом списке регионов Северного Кавказа объясняется слабой экономикой, то попадание г. Москвы требует дополнительного исследования для объяснения причин. Средняя накопленная ошибка в разрезе уровней образования составляет 3,38 % для «высшего образования», 5,75 % – для «среднего профессионального образования» и 9,06 % – «без профессионального образования». Если рассматривать среднюю накопленную ошибку только в разрезе профессионального образования, то у 76 регионов она не превышает 10 % по высшему образованию и у 72 регионов по среднему профессиональному образованию.

Выводы

Полученные результаты подтверждают практическую значимость предложенного подхода и возможность его использования более чем для 70 субъектов РФ в задаче прогнозирования кадровой потребности региона. Полученные результаты, а также программная реализация эксперимента расположена на сервисе GitHubGist⁴. Дальнейшие исследования в рамках рассматриваемого направления будут посвящены причинам изменения коэффициентов занятости по регионам РФ в разрезе уровней профессионального образования на долгосрочный период.

Литература

1. Макроэкономическая методика прогнозирования. – Текст : электронный // Рынок труда и рынок образовательных услуг. Регионы России. – URL: <http://labourmarket.ru/metodika> (Дата обращения: 20.06.2017).
2. Формирование контрольных цифр приёма с учётом прогноза потребностей региональной экономики / Т. Д. Карминская, Д. О. Тей, В. М. Татьянакин, М. А. Русанов. – Текст : непосредственный // Информационные системы и технологии. – 2014. – № 1 (81). – С. 30–38.
3. Система мониторинга, анализа и прогнозирования развития образования и образовательных структур в регионах России / В. Н. Васильев, В. А. Гуртов, Б. А. Сазонов, М. В. Суоров. – Текст : непосредственный // Индустрия образования : сборник статей. – Москва, 2002. – Вып. 5. – С. 52–60.
4. Hecker, D. E. Occupational employment projections to 2014 / D. E. Hecker // Monthly Labor Review. – 2005. – November. – P. 70–101.
5. Сидунова Г. И. Кадровая политика региона: инновационный подход / Г. И. Сидунова. – Текст : электронный // Библиотека – учебные материалы. – URL: <https://bib.convdocs.org/v23942/?cc=1> (Дата обращения: 20.06.2017).
6. Employment Projections // Official Web-site of Bureau of Labor Statistics of United States Department of Labor. – URL: <http://www.bls.gov/emp/optd> (Accessed: 10.08.2010).
7. Richardson, S. Forecasting future demands: what we can and cannot know / S. Richardson, Y. Tan // Australian Bulletin of Labour. – 2008. – Vol. 34, № 2. – P. 154–191.
8. Струмилин, С. Г. Проблемы экономики труда / С. Г. Струмилин. – Москва : Госполитиздат, 1957. – 735 с. – Текст : непосредственный.

⁴Численный эксперимент по исследованию коэффициентов занятости. [Электронный ресурс]. URL: <https://gist.github.com/RusanovMA/978fa7976a12af9bc9dbd0a6e25812ba> дата обращения: 12.12.2018)

9. Сонин, М. Я. Воспроизводство рабочей силы в СССР и баланс труда / М. Я. Сонин. – Москва : Госполитиздат, 1959. – 368 с. – Текст : непосредственный.
10. Методические указания к разработке государственных планов развития народного хозяйства СССР. – Москва : Экономика, 1974. – 790 с. – Текст : непосредственный.
11. Гуртов, В. А. Модели среднесрочного прогнозирования спроса экономики на квалифицированные кадры / В. А. Гуртов, Кекконен А. Л// Кадровик. – Текст : непосредственный // Рекрутинг для кадровика. – 2010. – № 12 – С. 58–66.
12. Гуртов, В. А. Математическая модель прогнозирования спроса и предложения на рынке труда в российских регионах / В. А. Гуртов, Е. А. Питухин. – Текст : непосредственный // Обозрение прикладной и промышленной математики. – 2004. – Т. 11, Вып. 3. – С. 539–546.
13. Гуртов, В. А. Моделирование потребностей экономики в кадрах с профессиональным образованием / В. А. Гуртов, Е. А. Питухин, Л. М. Серова. – Текст : непосредственный // Проблемы прогнозирования. – 2007. – № 6 (105). – С. 91–108.
14. Модель регионального рынка труда в задаче управления региональным заказом на подготовку квалифицированных специалистов / Д. О. Тей, В. М. Татьянkin, Т. Д. Карминская, М. А. Русанов. – Текст : непосредственный // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники : периодический научный журнал. – 2013. – № 3 (30). – С. 195–200.
15. Татьянkin, В. М. Методы и алгоритмы для управления процессами кадрового обеспечения региона : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.13.10 – управление в социальных и экономических системах / В. М. Татьянkin. – Новосибирск, 2017. – 155 с. – Текст : непосредственный.
16. Forecasting the Interindustry Development of the German Economy : The Model IN-FORGE / C. Lutz, M. Distelkamp, B. Meyer, M. I. Wolter.– Osnabruck: Gesellschaft fur Wirtschaftliche Strukturforshung mbH (GWS), 2003. – 24 p.

УГОЛОВНО-ПРАВОВЫЕ И
КРИМИНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ
ПРОТИВОДЕЙСТВИЯ
ПРЕСТУПНОСТИ В РФ

Л. А. Кудаева

**СОСТОЯНИЕ СОВРЕМЕННОГО УГОЛОВНОГО ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА
ОБ ОТВЕТСТВЕННОСТИ ЗА ПРЕСТУПЛЕНИЯ, СОВЕРШАЕМЫЕ
ИСКЛЮЧИТЕЛЬНО ЖЕНЩИНАМИ**

В статье предпринимается попытка анализа состояния современного уголовного законодательства об ответственности за преступления, совершаемые исключительно женщинами. Исследуются проблемы привилегированности состава, содержащегося в ст. 106 Уголовного кодекса Российской Федерации. Выводы автора подтверждаются результатами социального опроса, проведенного среди 400 респондентов-женщин.

Ключевые слова: уголовное законодательство об ответственности за преступления, совершаемые исключительно женщинами, привилегированный состав, убийство матерью новорожденного ребенка.

L. A. Kudaeva

**CURRENT STATE OF CRIMINAL LEGISLATION ON LIABILITY
FOR CRIMES COMMITTED EXCLUSIVELY BY WOMEN**

The article attempts to analyze the state of modern criminal legislation on responsibility for crimes committed exclusively by women. The article examines the problems of privilege of the composition contained in Article 106 of the Criminal Code of the Russian Federation. The author's conclusions are confirmed by the results of a social survey conducted among 400 female respondents.

Key words: criminal legislation on responsibility for crimes committed exclusively by women, privileged composition, murder of a newborn child by a mother.

Введение

Широкий перечень преступлений, совершаемых исключительно женщинами, характерный досоветскому периоду (преступницей признавалась жена преступника, если даже ей самой не совершались преступления; повторное замужество вдовы в случае растраты имущества умершего супруга и оставление детей без наследства; распутство; двоебрачие; кровосмешение; чародейство; побои женой мужа; рождение незаконнорожденного ребенка; убийство незаконнорожденного ребенка; убийство законнорожденного ребенка; блуд с ближайшими родственниками мужского пола (свекор, отчим, брат, отец); воровство (обворовала мужа); отправление языческих культов (волхва, чародейца, наузница, зелейница); сокрытие информации об измене царю своего мужа; убийство или отравление женой мужа; прелюбодеяние замужней женщины с женатым мужчиной; проституция; сокрытие информации о наличии заболеваний, передающихся половым путем; покушение на убийство новорожденного ребенка и т. д.), постепенно сужался и к 1996 г. был сведен до одного привилегированного состава преступления – убийство матерью новорожденного ребенка во время или сразу же после родов, а равно убийство матерью новорожденного ребенка в условиях психотравмирующей ситуации или в состоянии психического расстройства, не исключающего вменяемости (ст. 106 Уголовного кодекса Российской Федерации (далее УК). А все остальные преступления, которые считались ранее чисто «женскими», законодателем декриминализирова-

ны либо перешли в разряд преступлений, которые наравне с женщинами могут совершать и мужчины.

Понятию «преступления, совершаемые исключительно женщинами» можно дать следующее авторское определение – это виновно совершенные общественно опасные деяния, запрещенные УК под угрозой наказания, субъектом которых могут быть только лица женского пола в силу анатомических и физиологических особенностей женского организма.

Система преступлений, совершаемых исключительно женщинами, ныне включает в себя один состав – убийство матерью новорожденного ребенка, в связи с чем состояние и особенности уголовной политики государства в отношении преступлений, совершаемых исключительно женщинами, подлежат рассмотрению применительно к этому противоправному деянию.

Состояние современного уголовного законодательства об ответственности за преступления, совершаемые исключительно женщинами, выражается в следующем: в период с 1996 г. по 2015 г. в России было принято только два федеральных закона, содержащих поправку действующего уголовного законодательства в отношении ст. 106 УК. В обоих случаях дополнения касались исключительно санкций. Что касается состава преступления, описанного в ст. 106 УК, обращает на себя внимание, что с 1996 г. он остался статичным и постоянным, относится к привилегированным без квалифицирующих признаков.

Рассматриваемое преступление, содержащееся в ст. 106 УК, относится к привилегированным составам преступления в силу того, что женщина в период родовой деятельности испытывает сильные, порой невыносимые болевые ощущения и психофизические страдания.

Отнесение в отдельный состав УК и определение привилегированности убийства матерью новорожденного ребенка произошло с введением в законную силу УК в 1997 г. Причины отнесения ст. 106 УК к привилегированным до конца еще неясны, что свидетельствует об отсутствии единых критериев для отграничения этого преступления от других посягательств на жизнь.

По мнению исследователей, включение соответствующего привилегированного преступления в современное российское уголовное законодательство явилось логичным расширением принципа гуманизма в уголовном праве [1].

Убийство новорожденного во время родов или сразу после родов оправданно признается привилегированным в силу того, что женщина в период физиологических родов испытывает особо болезненные психофизические страдания [2]. Смягчение законодателем ответственности, по мнению исследователей, может быть объяснено тем, что в этот период женщина не всегда в состоянии воспринимать рождающегося человека как самостоятельное живое существо, продолжает видеть в нем свой плод, ощущать его как источник боли и страданий [3]. Сложность и неоднозначность отнесения изучаемого состава к привилегированным объясняется, с одной стороны, незащищенностью от внешнего воздействия новорожденного, а с другой стороны – психоэмоциональным состоянием родившей женщины.

Но отнесение детоубийства к привилегированному составу вызывает в уголовно-правовой науке больше вопросов и разночтений, нежели согласия и единого понимания, поскольку не всеми учеными одинаково трактуются причины привилегированности данного состава. А. Л. Карасова отмечала, что на российское дореволюционное законодательство в части обоснования привилегированного характера детоубийства большое влияние оказали научные взгляды И. Бентама, Ч. Беккариа, Бриссо-де-Варвиля, А. Фейербаха и И. Канта.

Некоторые современные ученые придерживаются иной точки зрения. По их мнению, трудно найти оправдание убийству новорожденного, поскольку «маленький человек, едва родившись, тут же был предан и убит самым близким для него человеком – матерью» [4], «не обоснована гуманность в УК к женщинам-детоубийцам, причинившим смерть своим новорожденным детям» [5]. Н. Е. Аленкин считает выделение законодателем убийства матерью новорожденного ребенка в качестве привилегированного состава необоснованным и предла-

гает исключить ст. 106 из УК, а детоубийство оценивать как квалифицированный состав убийства по п. «в» ч. 2 ст. 105 УК [6].

В 2015 г. в Государственную Думу вносился проект федерального закона № 500404-6 «О внесении изменений в Уголовный кодекс Российской Федерации» (в части признания статьи 106 УК утратившей силу и дополнения части 2 статьи 105 УК квалифицирующим признаком: убийство новорожденного ребенка его матерью), внесенный депутатом Государственной Думы ФС РФ Я. В. Зелинским. Однако законопроект был снят с рассмотрения со ссылкой на то, что «вопрос о столь существенном ужесточении ответственности за данное преступление нуждается в дополнительном обсуждении и обосновании» [7].

Неоднозначна и мировая практика в отношении ответственности за рассматриваемое преступление. О. Л. Беспаль отмечает, что в большинстве исследованных ею УК зарубежных государств (Турции, Дании, Швеции и др.) убийство матерью своего ребенка относится к привилегированному виду преступления. Но в УК других стран (например, в УК Франции 1992 г.) убийство матерью новорожденного ребенка квалифицируется как особо тяжкое убийство [8].

В отечественных правовых исследованиях решение вопроса об отнесении убийства матерью новорожденного ребенка к привилегированным преступлениям решается в том числе посредством анализа родового понятия «детоубийство», поскольку так становится понятен замысел законодателя и причины отнесения анализируемого преступления к привилегированным. Например, по мнению Н. А. Лопашенко, детоубийство – более широкое понятие, чем убийство, о котором идет речь в статье 106 УК [4]. И. С. Федотов придерживается аналогичного мнения, полагая, что под детоубийством понимается группа криминалистически схожих преступлений, которые следует связывать с умышленным лишением жизни ребенка, находящегося в четырнадцатилетнем возрасте, совершаемых родителями или близкими родственниками [9]. В свою очередь полагаем, что детоубийство, являясь родовым понятием по отношению к убийству новорожденного, может одновременно выступать и как тождественное понятие убийства новорожденного ребенка. Данный подход возможен в случае, если субъектом убийства выступает не мать, родившая новорожденного ребенка, а стороннее лицо. Подобные преступления должны квалифицироваться с учетом отягчающих вину обстоятельств, и оно перестает являться привилегированным и является детоубийством.

Несмотря на дискуссионность отнесения состава ст. 106 УК к привилегированным, придерживаемся мнения, что отнесение к таковым рассматриваемого преступления, совершаемого исключительно женщинами, вполне справедливо, так как беременность для организма женщины является серьезным испытанием и сопровождается физиологическими и гормональными сдвигами, влекущими изменение психики, выраженными в повышенной раздражительности, плаксивости, агрессивности и т. п. Беременная женщина с измененной психикой становится неспособной в полной мере оценивать и контролировать свои мысли и поступки. А роды связаны с сильными, порой невыносимыми болевыми ощущениями, болезненными психофизическими страданиями, в результате которых женщина теряет способность адекватно оценивать происходящие в ее организме явления и последствия принимаемых ею решений.

В доказательство этого приведем результаты анкетирования (по специально разработанной анкете) 400 респондентов-женщин в возрасте от 20 до 40 лет с обязательным наличием минимум одного ребенка из 4-х субъектов Российской Федерации: Кабардино-Балкарская Республика, Карачаево-Черкесская Республика, г. Москва, Чеченская Республика (по 100 из каждого субъекта), проведенного с 01 марта 2019 г. по 01 июля 2019 г.

Анкета состояла из 30 вопросов. В рамках данной статьи ценность для нас имеют ответы на следующие вопросы:

21. Была ли у Вас послеродовая депрессия?
22. Ощущали ли Вы пониженное настроение во время беременности?
23. Наблюдали ли Вы у себя резкие спады настроения во время беременности?

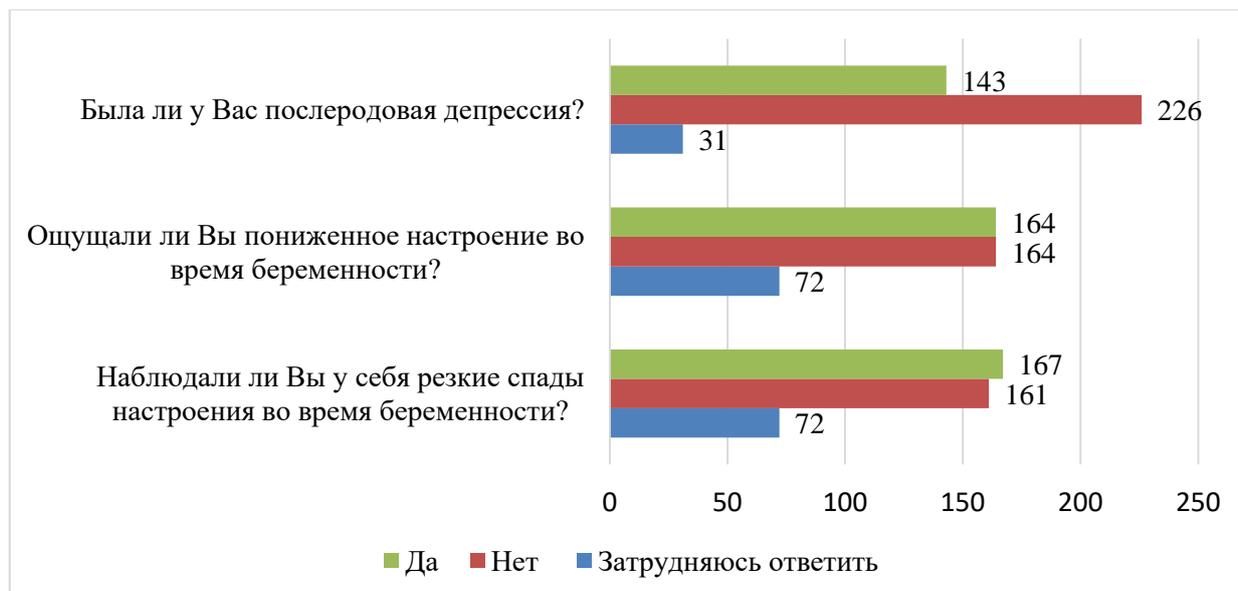


Рисунок 1. Результаты опроса по вопросам № 21–23

Как видим, послеродовая депрессия была у 143 женщин, что составляет 35,75 % от общего количества респондентов. Пониженное настроение во время беременности ощущали 164 человека – 41 %. Резкие спады настроения во время беременности наблюдались у 167 опрошенных, то есть у 41,75 %.

Попробуем разобраться, зависели ли послеродовая депрессия, пониженное настроение и резкие спады настроения у этих женщин от объективных факторов (семейное положение, беременность планируемая или спонтанная, отношение родственников к беременности и предстоящим родам, подготовительные мероприятия к родам и т. п.) или подобное состояние спровоцировано иными физиологическими и эмоционально-психологическими причинами, определяющими поведение женщины после родов. Для этого проиллюстрируем данные анкетирования по вопросам № 3, 6–17, 19–20, 24–28 (см. таблицу 1):

Таблица 1

№	Редакция вопроса	Варианты ответов	Данные 143 женщин, ответивших на вопрос «Была ли у Вас послеродовая депрессия?» положительно		Данные 164 женщин, ответивших на вопрос «Ощущали ли Вы пониженное настроение во время беременности?» положительно		Данные 167 женщин, ответивших на вопрос «Наблюдали ли Вы у себя резкие спады настроения во время беременности?» положительно	
			Количество женщин	Процент от 143	Количество женщин	Процент от 164	Количество женщин	Процент от 167
3	Семейное положение	замужем	84	58,74	92	56,09	95	56,88
		разведена	36	25,17	48	29,26	45	26,94
		гражданский брак	16	11,18	17	10,36	17	10,17
		не замужем	7	4,89	7	4,26	10	5,98
6	Беременность была	планируемая	91	63,63	98	59,75	102	61,07
		спонтанная	52	36,36	66	40,24	65	38,92
7	Ваш муж был согласен с рождением малыша?	у меня нет мужа	20	13,98	21	12,80	22	13,17
		мой муж (в том числе гражданский) был согласен с рождением ребенка	106	74,12	125	76,21	129	77,24
		мой муж (в том числе гражданский) не был согласен с рождением ребенка	10	6,99	12	7,31	11	6,58
		мой муж (в том числе гражданский) не знал о моей беременности	5	3,49	5	3,04	4	2,39
		родственники мужа были против рождения ребенка	2	1,39	1	0,60	1	0,59
8	Скрывали вы свою беременность от семьи?	да	43	30,06	40	24,39	41	24,55
		Нет	100	69,93	124	75,60	126	75,44

*Состояние современного уголовного законодательства
об ответственности за преступления, совершаемые
исключительно женщинами*

Продолжение таблицы 1

9	Стояли ли Вы на учете по беременности?	да	128	89,51	148	90,24	150	89,82
		нет	15	10,48	16	9,75	17	10,17
10	С какого срока беременности Вы обратились за медицинской помощью?	1 триместр	84	58,74	102	62,19	106	63,47
		2 триместр	39	27,27	43	26,21	42	25,14
		3 триместр	14	9,79	17	10,36	14	8,38
		не обращалась	6	4,19	2	1,21	5	2,99
11	Планировалось ли Вами, в каком медицинском учреждении будет осуществляться родоразрешение?	да	84	58,74	100	60,97	112	67,06
		нет	59	41,25	64	39,02	55	32,93
12	Согласовывали Вы до родоразрешения вопрос о выборе акушера?	да	84	58,74	90	54,87	98	58,68
		нет	59	41,25	74	45,12	69	41,31
13	Приобреталось ли или планировалось приобретение товаров для новорожденных?	да	111	77,62	131	79,87	133	79,64
		нет	32	22,37	33	20,12	34	20,35
14	Сдавались ли Вами медицинские анализы во время беременности?	да	134	93,70	156	95,12	156	93,41
		нет	9	6,29	8	4,87	11	6,58
15	Принимали Вы витамины во время беременности?	да	111	77,62	132	80,48	135	80,83
		нет	32	22,37	32	19,51	32	19,16
16	Проходили Вы осмотр специалистов УЗИ?	да	133	93,00	157	95,73	159	95,20
		нет	10	6,99	7	4,26	8	4,79
17	Узнавали Вы заблаговременно пол ребенка?	да	108	75,52	129	78,65	134	80,23
		нет	35	24,47	35	21,34	33	19,76
19	Носили ли Вы специальную одежду для беременных?	да	102	71,32	113	68,90	119	71,25
		нет	41	28,67	51	31,09	48	28,74
20	Осуществляли ли Вы подбор имени еще не родившемуся малышу?	да	94	65,73	109	66,46	111	66,46
		нет	49	34,26	55	33,53	56	33,53
24	Совпал ли желаемый пол ребенка с полом рожденного ребенка?	пол ребенка значения не имел	56	39,16	76	46,34	78	46,70
		совпал	55	38,46	60	36,58	66	39,52

Продолжение таблицы 1

		не совпал	32	22,37	28	17,07	23	13,77
25	Были ли у Вас конфликты в семье, связанные с Вашей беременностью?	да	41	28,67	37	22,56	43	25,74
		нет	102	71,32	127	77,43	124	74,25
26	Как Ваши близкие отнеслись к Вашей последней беременности?	положительно	98	68,53	125	76,21	131	78,44
		отрицательно	24	16,78	22	13,41	22	13,17
		близкие не были в курсе моей беременности	21	14,68	17	10,36	14	8,38
27	Планируете ли Вы еще в будущем рождение ребенка?	да	59	41,25	73	44,51	77	46,10
		нет	54	37,76	56	34,14	62	37,12
		затрудняюсь ответить	30	20,97	35	21,34	28	16,76
28	Повлияло ли состояние беременности на Ваши сексуальные отношения с партнером (мужем, сожителем)?	да	54	37,76	61	37,19	64	38,32
		нет	60	41,95	73	44,51	79	47,30
		затрудняюсь ответить	29	20,27	30	18,29	24	14,37

Результаты опроса свидетельствуют о том, что большая часть женщин, у которых наблюдались послеродовая депрессия, пониженное настроение и резкие спады настроения во время беременности:

- замужние – 58,74 %, 56,09 %, 56,88 % соответственно;
- забеременели целенаправленно (планируемая беременность) – 63,63 %, 59,75 %, 61,07 %;
- рожали с согласия мужа – 74,12 %, 76,21 %, 77,24 %;
- не скрывали свою беременность от семьи – 69,93 %, 75,60 %, 75,44 %;
- стояли на учете по беременности – 89,51 %, 90,24 %, 89,82 %;
- обратились за медицинской помощью с 1 триместра – 58,74 %, 62,19 %, 63,47 %;
- планировали, в каком медицинском учреждении будет осуществляться родоразрешение – 58,74 %, 60,97 %, 67,06 %;
- согласовывали до родоразрешения вопрос о выборе акушера – 58,74 %, 54,87 %, 58,68 %;
- приобретали или планировали приобретать товары для новорожденных – 77,62 %, 79,87 %, 79,64 %;
- сдавали медицинские анализы во время беременности – 93,70 %, 95,12 %, 93,41 %;
- принимали витамины во время беременности – 77,62 %, 80,48 %, 80,83 %;
- проходили осмотр специалистов УЗИ – 93,00 %, 95,73 %, 95,20 %;
- узнавали заблаговременно пол ребенка – 75,52 %; 78,65 %, 80,23 %;
- носили специальную одежду для беременных – 71,32 %, 68,90 %, 71,25 %;
- осуществляли подбор имени еще не родившемуся малышу – 65,73 %, 66,46 %, 66,46 %;
- довольны полом ребенка – 38,46 %, 36,58 %, 39,52 % (пол значения не имел – 39,16 %, 46,34 %, 46,70 %);
- не имели конфликтов в семье, связанных с беременностью, – 71,32 %, 77,43 %, 74,25 %;
- рожали с одобрения близких родственников – 68,53 %, 76,21 %, 78,44 %;
- планируют еще в будущем рождение ребенка – 41,25 %, 44,51 %, 46,10 % (затруднились ответить – 20,97 %, 21,34 %, 16,76 %);
- не имели проблем в сексуальных отношениях с партнером (мужем, сожителем) во время беременности – 41,95 %, 44,51 %, 47,30 % (затруднились ответить – 20,27 %, 18,29 %, 14,37 %).

Приведенные данные социального опроса свидетельствуют о том, что даже если в жизни женщины во время беременности не было негативных объективных факторов и психотравмирующей ситуации (не имели из-за беременности конфликтов с мужем и родственниками, беременность была запланированной, стояли на учете по беременности, проходили необходимые подготовительные процедуры к предстоящим родам, пол ребенка совпал с желаемым и т. п.), физиологические (например, гормональные перемены в организме во время беременности, усталость, болевые ощущения и т. д.) и эмоционально-психические причины (например, роды прошли тяжело, а поддержка отца ребенка не была получена, как ожидалось; боязнь изменений в собственном организме; возросшая степень ответственности; обостренное восприятие окружающего мира; осознание новой социальной роли («родитель») и т. п.) могут спровоцировать пониженное настроение и резкие спады настроения во время беременности, а также привести к послеродовой депрессии.

Также проиллюстрируем данные опроса, проведенного на одном из сайтов в сети Интернет, посвященном вопросам материнства [10]. Респондентам нужно было ответить на вопрос: насколько сильную боль Вы ощущали при родах? Результаты опроса 267 рожавших женщин таковы (таблица 2):

Результаты опроса 267 рожавших женщин

Насколько сильную боль Вы ощущали при родах?		
Рожала естественно, боль терпимая, роды легкие	80	[29.96%]
Рожала естественно, боль невыносимая, роды тяжелые	14	[5.24%]
Рожала с окситоцином ⁵ , боль терпимая, роды легкие	69	[25.84%]
Рожала с окситоцином, боль невыносимая, роды тяжелые	104	[38.95%]

Под термином «терпимая» в опросе подразумевается та боль, при которой человек сообщает, понимает, что с ним происходит, в состоянии не кричать, терпеть, понимает, что следующую схватку он вынесет, может во время родов думать хоть о чем-то, кроме боли.

Под словом «невыносимая» в опросе имеется в виду боль, которую невозможно терпеть, когда уже все равно, что будет дальше, в глазах темно, когда невозможно не кричать, невозможно поверить, что переживешь еще одну схватку, и в голове пульсирует только одно – пусть закончится эта боль.

Таким образом, терпимую боль при родах испытывали 149, что составляет 55,81 %, а невыносимую – 118 женщин, что составляет 44,19 % опрошенных.

Полагаем, что мужчинам, легко рассуждающим о том, насколько обоснованно включение рассматриваемого состава преступления в число привилегированных, не совсем до конца ясны и понятны мотивы отнесения к таковым в связи с тем, что они подобную боль и психофизические страдания, скорее всего, никогда не испытывали. Распространено мнение, что самая сильная боль, которую приходится испытать человеку, – это боль, которую испытывает женский организм при родовой деятельности, и никакая иная боль не может ее повторить. Хотя некоторыми научными исследованиями было доказано, что боль при родах равна перелому 20 костей [11]. Естественно, у каждой женщины болевой порог разный и зависит от физиологических особенностей организма.

Пройдя через роды два раза, автор настоящей статьи на личном примере может констатировать, что в момент схваток «здрavo рассуждать» крайне тяжело, особенно если это первые роды, и ты не знаешь, что тебя ждет в следующую секунду и когда это все закончится. Не имея никогда склонности к суицидальным реакциям, во время первых родов мелькнула мысль о том, что если бы я шагнула в открытое окно, за которым капал маленький весенний прохладный дождик и которое располагалось на 5-м этаже роддома, все мои мучения, наверное, закончились бы. И это притом, что ребенок был первым, долгожданным, любимым, беременность протекала легко, психотравмирующей ситуации или психического расстройства не наблюдалось. Ситуацию еще усугубляло то обстоятельство, что персонал роддома оставил первородку одну на длительное время, и паника охватывала из-за каждого нового (хотя и вполне нормального) симптома родов.

Вполне допускаем мысль, что в подобной стрессовой ситуации не каждая роженица под воздействием болезненных психофизических страданий может адекватно оценивать происходящие с ее организмом явления и последствия принимаемых ею решений, в связи с чем возможно совершение необдуманных поступков во время или сразу же после родов, а равно в условиях психотравмирующей ситуации или в состоянии психического расстройства, не исключающего вменяемости.

⁵ Окситоцин (Oxytocin) – лекарство для возбуждения и стимуляции родовой деятельности.

Необходимо отметить, что в рамках действующего УК не предусматривается специальной ответственности за уничтожение плода на поздних сроках беременности (более 22 недель) и умышленное причинение тяжкого вреда здоровью, средней тяжести вреда здоровью, легкого вреда здоровью новорожденного во время или сразу же после родов, а равно в условиях психотравмирующей ситуации или в состоянии психического расстройства, не исключающего вменяемости.

Полагаем необходимым расширить систему преступлений, совершаемых исключительно женщинами, потому что уголовно-правовой охране подлежат плод на поздних сроках беременности (более 22 недель) и здоровье новорожденного ребенка.

В связи с этим находим целесообразным внести в УК следующие изменения:

1) дополнить статьей 106.1. следующего содержания:

«Статья 106.1. Уничтожение плода на поздних сроках беременности

Умышленное уничтожение матерью жизнеспособного плода, находящегося в ее утробе и превышающего возраст 22 и более недели (за исключением аборт по медицинским показаниям), –

наказывается ограничением свободы на срок от двух до четырех лет, либо принудительными работами на срок до пяти лет, либо лишением свободы на тот же срок.»;

2) дополнить статьей 111.1. следующего содержания:

«Статья 111.1. Умышленное причинение матерью тяжкого вреда здоровью своего новорожденного ребенка

Умышленное причинение матерью тяжкого вреда здоровью своего новорожденного ребенка во время или сразу же после родов, в условиях психотравмирующей ситуации или в состоянии психического расстройства, не исключающего вменяемости, опасного для жизни новорожденного или повлекшего за собой потерю зрения, речи, слуха либо какого-либо органа или утрату органом его функций, психическое расстройство, заболевание наркоманией либо токсикоманией, или выразившегося в неизгладимом обезображивании лица, или вызвавшего значительную стойкую утрату в будущем общей трудоспособности не менее чем на одну треть, –

наказывается ограничением свободы на срок до одного года, либо принудительными работами на срок до двух лет, либо лишением свободы на тот же срок.».

Проведенное исследование позволило сформулировать определенные выводы:

1. Преступления, совершаемые исключительно женщинами, – это виновно совершенные общественно опасные деяния, запрещенные УК под угрозой наказания, субъектом которых могут быть только лица женского пола в силу анатомических и физиологических особенностей женского организма.
2. Система преступлений, совершаемых исключительно женщинами, ныне включает в себя один состав – убийство матерью новорожденного ребенка, в связи с чем состояние и особенности уголовной политики государства в отношении преступлений, совершаемых исключительно женщинами, подлежит рассмотрению применительно к этому противоправному деянию.
3. Состояние современного уголовного законодательства об ответственности за преступления, совершаемые исключительно женщинами, сводится к следующему: в период с 1996 г. по 2015 г. в России было принято только 2 федеральных закона, содержащих поправку действующего уголовного законодательства в отношении ст. 106 УК (Федеральный закон от 27.12.2009 № 377-ФЗ и Федеральный закон от 07.12.2011 № 420-ФЗ). В обоих случаях дополнения касались исключительно санкций. Что касается состава преступления, описанного в ст. 106 УК, с 1996 г. он остался статичным и постоянным, относится к привилегированным без квалифицирующих признаков.
4. Даже если в жизни женщины во время беременности не было негативных объективных факторов и психотравмирующей ситуации, физиологические и эмоционально-психические причины могут спровоцировать пониженное настроение и резкие спады настроения во время беременности, а также привести к послеродовой депрессии, что

необходимо учитывать при рассмотрении вопроса об обоснованности отнесения ст. 106 УК к привилегированным составам преступления.

5. Необходимо расширить систему преступлений, совершаемых исключительно женщинами, потому что уголовно-правовой охране подлежат плод на поздних сроках беременности (более 22 недель) и здоровье новорожденного ребенка.

Полагаем целесообразным внести в УК следующие изменения:

- 1) дополнить статьей 106.1. следующего содержания:

«Статья 106.1. Уничтожение плода на поздних сроках беременности

Умышленное уничтожение матерью жизнеспособного плода, находящегося в ее утробе и превышающего возраст 22 и более недели (за исключением аборт по медицинским показаниям), – наказывается ограничением свободы на срок от двух до четырех лет, либо принудительными работами на срок до пяти лет, либо лишением свободы на тот же срок»;

- 2) дополнить статьей 111.1. следующего содержания:

«Статья 111.1. Умышленное причинение матерью тяжкого вреда здоровью своего новорожденного ребенка

Умышленное причинение матерью тяжкого вреда здоровью своего новорожденного ребенка во время или сразу же после родов, в условиях психотравмирующей ситуации или в состоянии психического расстройства, не исключающего вменяемости, опасного для жизни новорожденного или повлекшего за собой потерю зрения, речи, слуха либо какого-либо органа или утрату органом его функций, психическое расстройство, заболевание наркоманией либо токсикоманией, или выразившегося в неизгладимом обезображивании лица, или вызвавшего значительную стойкую утрату в будущем общей трудоспособности не менее чем на одну треть, – наказывается ограничением свободы на срок до одного года, либо принудительными работами на срок до двух лет, либо лишением свободы на тот же срок».

Литература

1. Багмет, А. М. К вопросу об ответственности за преступление, предусмотренное ст. 106 УК РФ / А. М. Багмет, А. В. Трощанович. – Текст : непосредственный // Российский следователь. – 2014. – № 11. – С. 18–20.

2. Лукичев, О. В. Уголовно-правовая и криминологическая характеристика детоубийства : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / О. В. Лукичев. – Санкт-Петербург, 1997. – 22 с.

3. Комментарий к Уголовному кодексу Российской Федерации (постатейный) / Г. Н. Борзенков, В. П. Верин, Б. В. Волженкин [и др.] ; ответственный редактор В. М. Лебедев. – 5-е издание, исправленное и дополненное. – Москва : Юрайт, 2005. – 921 с. – Текст : непосредственный.

4. Лопашенко, Н. А. Убийства : монография / Н. А. Лопашенко. – Москва : Юрлитинформ, 2013. – 540 с. – ISBN 978-5-4396-0500-2. – Текст : непосредственный.

5. Волкова, Т. Н. О совершенствовании уголовного законодательства в сфере обеспечения прав ребенка на жизнь / Т. Н. Волкова. – Текст : непосредственный // Уголовное право: стратегия развития в XX веке : материалы международной научно-практической конференции. – Москва, 2004. – С. 250–255.

6. Аленкин, Н. Е. Система привилегированных составов убийства в уголовном праве России: проблемы совершенствования : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Н. Е. Аленкин. – Москва, 2017. – 217 с. – Текст : непосредственный.

7. О внесении изменения в Уголовный кодекс Российской Федерации : Заключение ПУ Аппарата ГД ФС РФ «По проекту Федерального закона № 500404-6» (повторно к первому чтению) . – Текст : электронный // КонсультантПлюс. – URL: <http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=PRJ&n=141377#0652849202276965> 2 (дата обращения: 24.11.2019).

8. Беспаль, О. Л. Зарубежный опыт уголовно-правовой охраны жизни и здоровья несовершеннолетних / О. Л. Беспаль. – Текст : непосредственный // Российская юстиция. – 2013. – № 12. – С. 14–17.

9. Федотов, И. С. Расследование детоубийств : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / И. С. Федотов. – Москва, 2003. – 26 с. – Текст : непосредственный

10. Окситоциновые роды больше или все индивидуально?. – Текст : электронный // Материнство. – URL: <https://forum.materinstvo.ru/index.php?showtopic=71936> (дата обращения: 12.12.2019).

11. На что похожа боль при родах? Боль при родах с чем сравнить можно?. – Текст : электронный // FB.ru. – URL: <http://fb.ru/article/190290/na-chto-pohoja-bol-pri-rodah-bol-pri-rodah-s-chem-sravnit-mojno> (дата обращения: 12.06.2020).

А. Г. Меньшикова

МЕДИЦИНСКИЙ КРИТЕРИЙ ОСОБОЙ ЖЕСТОКОСТИ

В статье на основе доктрины уголовного права и правоприменительной практики проводится анализ понятия «страдания» как ключевой характеристики особой жестокости, проявленной при совершении преступления. Определяется, что боль является основной характеристикой страдания, а отдельные показатели боли характеризуют особые страдания как результат проявленной особой жестокости. В заключении автор приходит к выводу, что медицинский критерий особой жестокости следует определять путем установления и четкой фиксации факта причинения потерпевшему боли, поддающейся измерению и установлению с позиций современного состояния и уровня развития медицины. Конститутивно необходимыми и юридически значимыми для установления искомого критерия признаками боли являются ее интенсивность и (или) длительность, вопрос определения которых представляется логичным относить к компетенции медицинской науки.

Ключевые слова: особая жестокость, страдание, боль, критерий, интенсивность боли, длительность боли.

A. G. Menshikova

MEDICAL CRITERION FOR SPECIAL RIGIDITY

Based on the doctrine of criminal law and law enforcement practice, the article analyzes the concept of «suffering» as a key characteristic of the particular cruelty manifested in the commission of a crime. It is determined that pain is the main characteristic of suffering, and individual indicators of pain characterize particular suffering as a result of particular cruelty. In conclusion, the author concludes that the medical criterion of particular cruelty should be determined by establishing and clearly fixing the fact of causing pain to the victim, which can be measured and established from the standpoint of the current state and level of development of medicine. Signs of pain constitutively necessary and legally significant for establishing the desired criterion are its intensity and (or) duration, the question of determining which seems logical to relate to the competence of medical science.

Key words: special cruelty, suffering, pain, criterion, intensity of pain, duration of pain.

Введение

В науке уголовного права, как и в правоприменительной практике, многие исследователи при описании особой жестокости указывают на страдания как на одну из основных ее характеристик. При этом основная сложность уголовно-правовой оценки понятия страдания состоит в том, что эта категория считается глубоко субъективной, объем которой можно прояснить изначально, обратившись к ее смысловому толкованию.

С точки зрения В. С. Барулина, «страдание представляет собой глубокое ощущение дискомфорта, боли, мучений, неудовлетворенности, острых неприятных ощущений, разного рода терзаний» [1, с. 191]. Новая философская энциклопедия определяет страдание как «претерпение, состояние боли, болезни, горя, печали, страха, тоски и тревоги» [2, с. 135]. Философское суждение рассматриваемого понятия представляется достаточно сложным, поскольку использование при описании таких многозначных, неоднородных, оценочных категорий не вносит ясности и определенности для его правового понимания. Однако следует

отметить, что общим моментом среди представленных описаний с данных позиций выступает то, что одной из характеристик страдания является боль.

В справочной литературе также можно найти определение рассматриваемого понятия. В частности, С. И. Ожегов страдание трактует как физическую или нравственную боль, мучение [3]. Это свидетельствует о том, что страдание также связывается с болью, причем указываются и различные формы ее проявления как физического, так и психического характера.

В юридической литературе встречаются различные трактовки понятия «страдание». В частности, С. Н. Дружков определяет «страдание как предельно экстремальное психофизиологическое состояние жертвы, одновременно сочетающее в себе физические болевые импульсы и душевно-нравственные переживания» [4, с. 16]. Данное определение представляется достаточно сложным, поскольку почти каждый употребляемый автором термин требует дополнительного описания для уяснения в целом характеристики анализируемого понятия. Однако интерпретация отдельных выражений позволяет выделить существенные моменты в понимании страдания. В частности, использование словосочетания «болевые импульсы» указывает, на наш взгляд, что автор описывает страдание через боль, испытываемую жертвой. Более того, указывается, что состояние жертвы при этом характеризуется физическими и нравственными изменениями, что свидетельствует, на наш взгляд, о различных формах проявления боли. Таким образом, суть исследуемого нами определения сводится к причинению жертве боли, причем боли как физического, так и психического характера.

В науке уголовного права также встречается трактовка понятия «страдание» как «длительная и мучительная боль, испытываемая потерпевшим при истязании» [5, с. 99]. Следует отметить, что понятие «страдание» раскрывается авторами преимущественно при анализе состава преступления, предусмотренного ст. 117 УК РФ (истязание), поскольку только в этой уголовно-правовой норме законодатель данный термин использует в качестве обязательного признака. Поэтому описание страдания дается с учетом особенностей данного состава преступления, что и объясняет, на наш взгляд, использование при описании таких характеристик, как «мучительная и длительная» боль. Но ключевым моментом в данном понимании выступает то, что страдание также связывается с болью, испытываемой потерпевшим.

Можно констатировать, что страдания – это боль, причем боль как физического, так и (или) психического характера, испытываемая потерпевшим.

Определенный интерес в связи с этим представляет правоприменительная практика. Результаты проведенного нами анализа решений судов общей юрисдикции при рассмотрении конкретных уголовных дел по обвинению лица в совершении преступления с особой жестокостью [6] показали, что в мотивировочной части приговора, обосновывая страдания, в 36,97 % случаев правоприменитель указывает на испытываемую потерпевшим боль, в 2,2 % случаев – на боль в совокупности с болевым синдромом, которые характеризуют состояние потерпевшего, в 4,4 % случаев – только на болевой синдром и в 6,5 % случаев – для описания страданий суд использует такие характеристики, как «болевого эффект» [7], «болезненные мучения» [8], «болевое воздействие» [9]. Таким образом, в 50 % постановлений приговора суд при аргументации своего решения отражает то обстоятельство, что потерпевший при совершении подобного преступления испытывал боль, а значит, признает этот признак существенным при описании особой жестокости, несмотря на его отсутствие в существующих разъяснениях Пленума Верховного Суда РФ. Правоприменитель напрямую не связывает причиняемые потерпевшему страдания с испытываемой им при этом болью, но в том или ином варианте использует ее для характеристики особой жестокости, что, на наш взгляд, свидетельствует о том, что боль определяет страдание, которое в свою очередь выступает одним из существенных признаков особой жестокости.

Важно при этом отметить, что в ряде случаев в правоприменительной практике встречаются варианты описания страданий как особых через испытываемую потерпевшим боль. Так, Забайкальский краевой суд признал Х. виновным в совершении преступления с особой жестокостью, указав в мотивировочной части приговора на то, что «причиняя всё новые телесные повреждения различной степени тяжести и усугубляя тяжесть уже полученных ре-

бенком повреждений, доставлял потерпевшему особые страдания, поскольку всякий раз тот испытывал физическую боль» [10]. В данном случае, на наш взгляд, правоприменитель доказывает наличие особых страданий, в том числе и через испытываемую потерпевшим боль, показывая непосредственную их связь. И хотя суд прямо не обозначил особый характер боли, но через интерпретацию, в частности, боли, указал, что потерпевший испытывал ее от получения не одного телесного повреждения, а от многочисленных, причем различной степени тяжести. Приведенная судом аргументация позволяет констатировать, что особые страдания он связывает с причинением боли особого характера.

Кроме того, связь при определении страданий с причиненной потерпевшему болью подтверждается и тем, что именно в зависимости от характера боли в доктрине уголовного права страдания подразделяются на два вида – физические и психические. Так, под физическими страданиями нередко понимается относительно длительная физическая боль, а под психическими – нравственные переживания или психическая напряженность достаточно высокой степени [11]. В других случаях причинение физических или психических страданий рассматривается как длительная, растянутая во времени физическая или душевная боль [12, с. 63]. Как видно из представленных определений, различного рода страдания связываются главным образом с различным характером боли, испытываемой потерпевшим. Однако авторами не уточняются содержательные признаки указанных вариантов причинения боли.

В связи с этим представляет интерес позиция Р. Д. Шарапова. В частности, он рассматривает физические страдания как последствия физического насилия, выражающиеся в конкретных отрицательно значимых физиологических состояниях человека, охватываемых понятием физиологического стресса [13, с. 116]. Не углубляясь в характеристику сложной медицинской терминологии, следует отметить, что с его точки зрения, «физические страдания могут выражаться не только собственно в виде боли, но и в изнурительном физическом недомогании вследствие голода, жажды, охлаждения тела и т. п.» [14, с. 121]. На наш взгляд, исходя из изложенной позиции, существенным в описании физической боли является не столько способ или причина ее возникновения, сколько то положение, что связывается она именно с физиологическими недомоганиями или изменениями в организме потерпевшего.

Психические страдания являются последствиями как психического, так и физического насилия и представляют собой нравственные переживания или психическую напряженность высокой степени [15, с. 24]. Р. Д. Шарапов также рассматривает психические страдания как одно из последствий психического насилия, обладающее повышенной степенью общественной опасности, поскольку оказывает особо отрицательное влияние на сознание и деятельность человека: сопровождается снижением процессов восприятия, внимания, памяти, активности мыслительных процессов, утраты гибкости мышления, преобладанием эмоциональных компонентов над рациональными, трудностями в принятии решений при фиксации сознания на стрессовом характере ситуации [13, с. 177].

Следует отметить, что не только Р. Д. Шарапов рассматривает особую жестокость как проявление насилия. Так, М. С. Фокин и В. Е. Дворцов под совершением преступления с особой жестокостью, садизмом, издевательствами, а также мучениями для потерпевшего предлагают понимать применение не только физического, но и психического насилия [16, с. 273].

Мы не беремся утверждать, что страдание следует рассматривать как одно из последствий насилия либо особую жестокость определять исключительно через насилие, поскольку вопрос изучения такого сложного и комплексного понятия не относится к предмету данной работы. Однако, исходя из предложенных определений, можно выделить значимый, на наш взгляд, признак, который характеризует психические страдания, а соответственно, и причиняемую при этом боль. А именно, такая боль вызвана воздействием на психическую и эмоциональную сферу деятельности человека.

Таким образом, разница между рассмотренными видами страданий заключается в том, что физические страдания как проявление физической боли по своему характеру есть вред-

ные изменения в физиологической природе человека, а психические страдания дезорганизуют сферу психическую.

Вместе с тем для особой жестокости характерно причинение не простых физических или психических страданий, а страданий особых, соответственно, и боль, испытываемая потерпевшим, тоже должна, условно говоря, отличаться от обычной.

Боль – это «своеобразное психофизиологическое состояние человека, возникающее в результате воздействия сверхсильных или разрушительных раздражителей, вызывающих органические или функциональные нарушения в организме» [17, с. 294]. Боль является самой первой реакцией на убивающее живую ткань раздражение, боль сообщает, что данное раздражение не только вообще вредно для индивидуума, но и непосредственную часть его, хотя и ничтожную, превращает в мертвую [18, с. 13]. Данные определения боли в большей степени раскрываются с позиций ее понимания медициной и несмотря на использование ее сложной специфической терминологии показывают, что боль, хотя и выполняет положительную сигнальную функцию, предупреждая человека об опасности воздействия тех или иных раздражителей, тем не менее является неприятным ощущением, аномальным процессом, создающим дискомфортное состояние организма.

Современные взгляды на определение данного феномена весьма разнообразны, более того, такое разнообразие наблюдается не только среди представителей различных отраслей наук, но и в рамках только медицинской науки. Так, судебные медики причинение боли относят к функциональным нарушениям работы организма [19, с. 297]. По мнению психологов, болевое ощущение имеет гнетущий и тягостный характер, подчас характер страдания, и служит стимулом для разнообразных оборонительных реакций, направленных на устранение боли [20, с. 90], и как психический процесс ощущение боли вызывают тепловые, механические, химические раздражения, когда они достигают высокой интенсивности [21, с. 57]. Анестезиологи рассматривают боль как неприятное сенсорное и эмоциональное переживание, связанное с истинным или возможным повреждением ткани, а также с описанием такого повреждения [22, с. 468-470]. Встречаются и такие определения боли, как генерализованная реакция всего организма, которая характеризуется активацией метаболических процессов, напряжением эндокринной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем до стрессового уровня [23, с. 25-62].

Соответственно, все указанные определения боли, на наш взгляд, не имеют юридического значения, поскольку основываются исключительно на познаниях в области медицины, при этом не имеет значение, какую ее область они затрагивают. Более того, переносить и использовать в юридической науке, в частности, в уголовно-правовой, достаточно сложные, требующие специального познания термины для описания боли представляется нецелесообразным. В медицинской науке достаточно хорошо разработано и представлено определение боли, ее основные характеристики, методики изучения, лечения, исследования, поэтому необходимо, на наш взгляд, лишь разумно и конструктивно воспользоваться такими результатами, о чем мы отметим чуть позже.

Так, например, существует и активно функционирует Международная ассоциация изучения боли (IASP) [24], которая является лидирующим профессиональным сообществом в науке, практике и образовании по проблеме боли. Ассоциация объединяет ученых, врачей, дантистов, медсестер, физиологов, физиотерапевтов и других профессионалов из 123 стран мира, вовлеченных в исследование, диагностику и лечение боли. Более того, Российскую Федерацию в этом сообществе представляет Российское межрегиональное общество по изучению боли (РОИБ) [25], которое возглавляет академик РАН руководитель научно-образовательного клинического центра неврологии Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова Н. Н. Яхно. На ежегодном собрании, проходившем в Киото (Япония) в ноябре 2007 г., совет IASP пришел к выводу, что существующее определение боли является приемлемым и не требующим изменения [26]. И до настоящего времени и Международная ассоциация изучения боли и Российское межрегиональное общество по изучению боли в своей деятельности характеризуют боль как неприятное сенсорное

или эмоциональное ощущение, обусловленное действительным или потенциальным повреждением ткани или описанное в терминах такого повреждения [26]. Более того, на ежегодно проводимых международных и российских научно-практических конференциях вопросы изучения, диагностирования, лечения и оценки боли традиционно становятся темой для активного обсуждения. Так, на XIX Российской научно-практической конференции с международным участием, проводимой в г. Екатеринбурге 15–17 мая 2013 г., темой для рассмотрения стала «Боль как междисциплинарная проблема» [27].

Безусловно, объективизация боли – одна из трудноразрешимых проблем в клинической практике врачей различных специальностей. Необходимость качественной и количественной оценки боли тесно связана с проблемой дифференциальной диагностики и адекватной терапии. Но, не углубляясь в тонкости специального познания, следует отметить, что основными характеристиками боли с точки зрения медицинской науки выступают такие ее составляющие, как локализация, частота, длительность болевых ощущений, сенсорное восприятие боли, эмоциональное отношение к боли, уровень невротизации, уровень адаптивности, интенсивность боли, динамика, форма болевого синдрома, характер боли и иные. При этом юридически значимыми признаками боли в рамках настоящего исследования, на наш взгляд, выступают лишь две из них – интенсивность и длительность боли.

В юридической литературе отдельные авторы, не раскрывая характера особой боли, дают ее отдельные характеристики. Так, С. Н. Дружков при описании страдания как результата особой жестокости указывает на определенное состояние потерпевшего, неизбежно развивающееся на фоне сильнейших болевых ощущений, порожденных умышленными действиями виновного [28, с. 92].

Н. П. Попова считает, что определить, насколько сильно и долго потерпевший испытывал боль, представляется возможным только с учетом множества различных факторов, поэтому страдания как разновидность последствий оказываемого на жертву воздействия следует относить к оценочным понятиям [15, с. 24].

Соответственно, употребление при описании боли в науке уголовного права таких терминов, как «сильно», «долго» или «сильнейший», говорит о том, что хотя и косвенно, но авторы указывают на ее интенсивность и длительность, а значит, признают их в качестве юридически значимых признаков, характеризующих боль. Более того, считаем целесообразным в таких случаях использование именно медицинской терминологии, поскольку применение оценочных терминов при решении подобного вопроса не будет способствовать единообразию в уголовной правоприменительной практике.

Интенсивность и длительность боли в основном зависят от силы болевого раздражителя, его продолжительности и частоты воздействия на организм человека. Наблюдается прямо пропорциональная зависимость: чем сильнее болевое раздражение, тем дольше длится его воздействие, или чем чаще оно повторяется, тем тягостнее и мучительнее болевое ощущение и тем дольше оно продолжается. Это правило вытекает из сущности учения о доминанте как общем принципе работы нервных центров. «Болевые ощущения, – писал Л. А. Орбели, – в случае повторности и упорности раздражающих моментов могут привести в результате аккумуляции к созданию доминантных очагов в центральной нервной системе. Эти доминантные очаги обуславливают изменение функционального состояния всей центральной и периферической нервной системы» [29, с. 188]. Такого же мнения придерживается и Г. Н. Кассиль: «Обычно организм почти не адаптируется, т. е. не приспосабливается к боли. Гораздо чаще при длительном раздражении болевых рецепторов чувство боли обостряется. Болевые ощущения концентрируются в центральной нервной системе и образуют в ней своеобразные особо чувствительные очаги, в которых возбуждение становится застойным... Именно образованием доминантного очага в коре головного мозга можно объяснить характерные болевые реакции, усиливающиеся при любом, даже не болевом раздражении» [18, с. 305].

Кроме того, интенсивность и длительность боли зависит от одновременности раздражаемых рецепторов боли, от размеров болевого участка, от периодичности нарастания и смяг-

чения причин, вызывающих боль. С точки зрения медицины боль всегда имеет материальную основу, причину, которая носит объективный характер. Но при этом интенсивность, длительность и их оценка зависят от субъективного восприятия. Г. Н. Кассиль, например, отмечал, что «боль пока ещё не поддается сколько-нибудь закономерной математической регистрации» [18, С. 325]. Однако современное состояние медицинской науки говорит об обратном – в настоящее время разработаны, запатентованы и активно применяются на практике разнообразные объективные и субъективные методы измерения боли.

Среди объективных методов следует выделить такие, как регистрация вызванных в результате болевых ощущений потенциалов в коре головного мозга с ЭЭГ [30] и РеоКГ [31], а также радиоиммунные исследования гормонов стресса и БАВ (кортизол, эндорфины, адреналин, норадреналин, глюкоза, АКТГ, СТГ, АДГ; прекалликреин, калликреин, ПГ E2 и др.) в плазме крови [32].

В медицинской науке насчитывается большое количество и субъективных методов изучения боли. Наиболее распространенными являются шкала вербальных оценок (в баллах) [33], цифровая рейтинговая шкала, визуальная аналоговая шкала (ВАШ) [34], болевая анкета McGill¹. При использовании данных методик обнаружены непреодолимые индивидуальные различия. Например, одни люди никогда не оценят испытываемую ими боль в 10 баллов (по шкале от 0 до 10), пока она не достигнет такой степени, что пациенты почти начнут терять сознание. Другие, наоборот, оценивают даже небольшую боль в 10 баллов, хотя при этом остаются спокойными и расслабленными. Следовательно, все цифровые системы оценки боли имеют пределы надежности. Если пациент характеризует боль как 10-балльную, то говорить о дальнейшем ее нарастании уже нельзя.

При этом, как отмечается в медицинской науке, наиболее эффективными методами измерения боли являются комбинированные способы, так называемые субъективно-объективные методы. К их числу, например, относятся электрокожная сенсометрия, тепловая сенсометрия, кожногальваническая реакция [34], оценка функции внешнего дыхания, оценка электрокожного сопротивления в аурикулярных точках, анализ АД_{сист} и ЧСС и иные [32].

Таким образом, диагностировать, измерить боль, а значит, и определить ее длительность и интенсивность, в настоящий момент с учетом высокого уровня развития науки и техники возможно, но решение данного вопроса относится к компетенции медицинских работников (экспертов). Уголовно-правовая же наука должна определить, какую по длительности и интенсивности боль следует относить к особой, свойственной особым страданиям как результату проявления особой жестокости при совершении преступления.

В связи с этим представляет определенный интерес запатентованное А. А. Фадеевым, Г. А. Адашинской, Е. Е. Мейзеровым изобретение в области медицины «Способ оценки боли» [36]. Пациента тестируют по семи шкалам, в том числе и по шкалам длительности и интенсивности боли. Не вдаваясь в тонкости медицинской науки и сложности терминологического аппарата, следует лишь указать, что по шкале интенсивности боль оценивают: 1 – боль очень слабая, 2 – боль слабая, 3 – боль средней силы, 4 – боль сильная, 5 – боль очень сильная, 6 – боль невыносимая. По шкале длительности боль оценивают: 1 – боль мимолетна, 2 – боль непродолжительна, 3 – боль длится минуты, 4 – боль длится часами, 5 – боль длится сутками, 6 – боль постоянная. Более того, разработанный способ оценки боли позволяет врачу, психологу оценить степень выраженности болевого синдрома с учетом половых различий пациента и иных факторов, влияющих на различные уровни переживания болевых ощущений человеком, что дает возможность его использовать в диагностической и лечебной практике врача любой специальности, в психотерапевтической работе, а также как инструмент изучения боли в научных исследованиях.

¹ Этот метод субъективной оценки боли заключается в том, что пациента просят отметить на неградуированной линии длиной 10 см точку, которая соответствует степени выраженности боли. Левая граница линии соответствует определению «боли нет», правая – «худшая боль, какую можно себе представить». Как правило, используется бумажная, картонная или пластмассовая линейка длиной 10 см. С обратной стороны линейки нанесены сантиметровые деления, по которым врач отмечает полученное значение.

Данный пример наглядно показывает возможности медицинской науки определять различную по интенсивности и длительности боль, испытываемую пациентом. На наш взгляд, с определенной долей условности на основании данного медицинского исследования можно определить, какую по интенсивности и длительности боль можно признать особой. Боль, которая по шкале соответствует боли начиная с 4 маркера и выше, с нашей точки зрения, характеризует особые страдания, свойственные особой жестокости.

Следует отметить, что в медицинской науке вышеуказанное изобретение по оценке боли не является единственным. Так, запатентованное А. Б. Песковым, В. М. Стучебниковым, О. И. Милушкиной изобретение «Способ количественной оценки боли» [37] может быть использовано для определения интенсивности болевого синдрома. Особенность указанного способа заключается в том, что измерения осуществляются с применением специальной компьютерной техники, которая позволяет рассчитать показатель интенсивности боли по определенной формуле. Данное изобретение легко воспроизводимо в условиях практически любого стационара или лаборатории и делает возможным объективизировать показатели интенсивности боли, а также выявить случаи недооценки или переоценки выраженности боли пациентами.

Отражение в настоящей работе лишь некоторых достижений современной медицины в области изучения и оценки боли, ее качественных и количественных показателей наглядно показывает возможные ресурсы, которые можно использовать в юридической науке, в частности в уголовном праве, для определения такой оценочной категории, как особая жестокость. Рассматривать и обсуждать более детально технические и методологические аспекты в области медицины, на наш взгляд, представляется некорректным, поскольку мы не обладаем необходимыми и достаточными знаниями в этой сфере. Более того, подобное изучение будет выводить за пределы настоящего исследования. В связи с этим считаем необходимым ограничиться употреблением и использованием отдельных медицинских характеристик боли для установления признаков особой жестокости.

В частности, именно определенная величина интенсивности и длительности боли характеризует ее как особую, что в свою очередь позволяет констатировать наличие особых страданий, которые выступают результатом особой жестокости. При этом величину испытываемой боли должны определять медицинские работники, поскольку в их арсенале есть все необходимые для этого способы, методики и средства. А в дальнейшем на основании проведенной соответствующей медицинской экспертизы правоприменитель приходит к выводу о возможности отнесения такой боли к особой, свойственной особым страданиям. Основными критериями боли в таких случаях должны оставаться ее интенсивность и длительность.

Следует согласиться с мнением Т. А. Плаксиной, что судам затруднительно оценивать, насколько сильными были страдания потерпевшего, и что правоприменителя следует избавить от такой необходимости [38, с. 256]. Мы полагаем, что именно использование достижений медицинской науки поможет решить сложности в определении особых страданий, испытываемых потерпевшим при совершении преступления с особой жестокостью.

Показательна в связи с этим правоприменительная практика. Результаты проведенного нами анализа решений судов при рассмотрении конкретных уголовных дел по обвинению лица в совершении преступления с особой жестокостью [6] показали, что в мотивировочной части приговора в 13 % случаев указывалось на то, что различного рода воздействие на потерпевшего осуществлялось «на протяжении длительного времени» или «в течение продолжительного времени», в 2,2 % случаев определялась «длительность воздействия» как основной фактор, характеризующий страдания. Встречались обвинительные приговоры, в которых суд конкретизировал временной промежуток, в течение которого выполнялось преступное деяние осужденного, в частности, в 2,2 % случаев указывалось на то, что виновный «в течение четверти часа наносил удары» [39], в 2,2 % случаев – «потерпевшую били осужденные около двух часов» [40], в 2,2 % случаев – «повреждения потерпевшей были получены в пределах от нескольких десятков минут до 1–1,5 часа» [41]. В указанных приговорах временной

промежуток не связывается непосредственно с характеристикой боли, испытываемой потерпевшим. Он лишь применялся при общем описании преступного воздействия виновного.

Длительность как отличительная черта преступного поведения одновременно присуща и состоянию потерпевшего, который на себе испытывает данное поведение виновного, а значит, продолжительность воздействия при совершении преступления с особой жестокостью, упоминаемая судом, на наш взгляд, косвенно свидетельствует о продолжительности боли как характеристике страданий, свойственных подобным преступлениям.

На интенсивность боли правоприменительная практика редко указывает. В частности, только в 4,4 % случаев суды в мотивировочной части прямо обозначают данный критерий как показатель особых страданий. При этом анализ обвинительных приговоров судов при рассмотрении конкретных уголовных дел по обвинению лица в совершении преступления с особой жестокостью [6] показал, что в 13 % случаев суд отмечает, что потерпевший испытывал особую боль, в 8,7 % – сильную боль, в 2,2 % случаев – поведение виновного было связано с причинением мучительной боли, в 2,2 % случаев – потерпевший ощущал «выраженную сильную запредельную боль» [42], и также в 2,2 % случаев – действия осужденных вызвали «ярко выраженный болевой, мучительный эффект» [7]. Такие характеристики испытываемой потерпевшим боли свидетельствуют о том, что правоприменитель тем самым старается подчеркнуть значительную степень боли, свойственную преступлениям, совершенным с особой жестокостью. Таким образом, полагаем, что использование вышеуказанных свойств боли характеризует ее интенсивность, которая в свою очередь выступает признаком особых страданий.

Иными словами, в судебной практике (на основании проведенного нами анализа) и в науке уголовного права указывается на интенсивность и длительность боли как основные признаки страдания, выступающие результатом проявленной особой жестокости при совершении преступления. Именно эти характеристики боли и делают страдания особыми.

Вместе с тем необязательно, чтобы эти два критерия рассматривать в совокупности для признания страданий особыми. А. Н. Попов отмечает, что страдания потерпевшего должны быть достаточно продолжительными [43, с. 361]. С. Н. Дружков выделяет такую особенность мучений при убийстве с особой жестокостью, как длительность по времени и непрерывность в своей содержательной совокупности [28, с. 34]. А. И. Стрельников указывает на длительность физических и душевных страданий [44, с. 65]. Представляется, что длительность и интенсивность боли как показатели причинения особых страданий при совершении преступлений с особой жестокостью должны рассматриваться как один из двух возможных признаков. Безусловно, их совокупность более точно определяет их особый характер, но для установления особой жестокости по признаку причинения необходимых страданий достаточно и одного из них. Например, применение смертельного яда, действующего достаточно быстро, но при этом вызывающего у потерпевшего сильную боль, при наличии иных обязательных признаков позволяет квалифицировать такое преступное деяние как совершенное с особой жестокостью.

Такого же подхода придерживается и следственно-судебная практика. Так, проведенный нами анализ судебных решений показал, что суды, аргументируя свои выводы в части установления признака особой жестокости, также связывают ее с интенсивностью и (или) с длительностью боли, испытываемой потерпевшим.

На основании этого результаты последующего анализа решений судов при рассмотрении конкретных уголовных дел по обвинению лица в совершении преступления с особой жестокостью свидетельствуют, что в 26 % случаев правоприменитель в мотивировочной части приговора указал только на интенсивность боли, в 10,8 % – учитывает только длительность боли, испытываемой потерпевшим, и лишь в 4,4 % случаев при описании причиненной боли указывает и на ее длительный характер и интенсивность в совокупности [6]. Из этого можно заключить, что правоприменитель четко не связывает наличие особых страданий с одновременным причинением и длительной и интенсивной боли потерпевшему.

На основании изложенного мы приходим к выводу, что с позиции уголовного права и медицины особая жестокость является междисциплинарной категорией, поскольку ключевой характеристикой исследуемой дефиниции являются особо рода страдания, качественно отличающиеся по глубине их протекания и эмоционального переживания потерпевшим или иными лицами от обычных, свойственных практически любому преступлению. Указанные характеристики особых страданий, как нам представляется, необходимо рассматривать в качестве медицинского критерия, определяющего особую жестокость, поскольку расцениваются как особая боль, устанавливаемая на основании специальных познаний в области медицины. Для уголовного права не является новеллой определение юридически значимого признака через установление совокупности его медицинского и юридического критериев, а поскольку для оценки особой боли требуется специальное познание в области медицины, то вполне применимо положение о междисциплинарном подходе к характеристике исследуемой оценочной категории.

Медицинский критерий особой жестокости, по нашему мнению, следует определять путем установления и четкой фиксации факта причинения потерпевшему боли, поддающейся измерению и установлению с позиций современного состояния и уровня развития медицины. Конститутивно необходимыми и юридически значимыми для установления искомого критерия признаками боли из всего многообразия ее характеристик мы считаем ее интенсивность и (или) длительность, вопрос определения которых представляется логичным относить к компетенции медицинской науки.

Литература

1. Барулин, В. С. Основы социально-философской антропологии / В. С. Барулин. – Москва : Академкнига, 2002. – 455 с. – ISBN 5-94628-006-6. – Текст : непосредственный.
2. Новая философская энциклопедия : в 4-х т. – Москва : Мысль, 2000. – Т. 3. – 692 с. – ISBN 5-244-00964-8. – Текст : непосредственный.
3. Словарь Ожегова. Толковый словарь русского языка : [сайт]. – URL: <http://www.ozhegov.org/words/34691.shtml> (Дата обращения: 27.05.2020). – Текст : электронный.
4. Дружков, С. Н. Уголовно-правовые функции особой жестокости в составе убийства: вопросы теории и практики : автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата юридических наук / С. Н. Дружков. – Ижевск, 2002. – 30 с. – Текст : непосредственный.
5. Уголовное право. Особенная часть : учебник / ответственный редактор И. Я. Козаченко. – Москва : Норма, 2008. – 1008 с. – ISBN 978-5-468-00175-2. – Текст : непосредственный.
6. Судебные решения РФ : [сайт]. – URL: <http://судебныерешения.рф/> (Дата обращения: 05.10.2020). – Текст : электронный.
7. Приговор Первоуральского городского суда Свердловской области от 07.02.2018. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/32269362> (Дата обращения: 15.06.2020).
8. Приговор Тюменцевского районного суда Алтайского края от 20.01.2020. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/49899355> (Дата обращения: 15.06.2020).
9. Приговор Богдановичского городского суда Свердловской области от 06.06.2018. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/35468191> (Дата обращения: 15.06.2020).
10. Приговор Забайкальского краевого суда от 03.02.2011. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/bsr/case/604844> (Дата обращения: 10.06.2020).
11. Курс уголовного права. Особенная часть / под редакцией Г. Н. Борзенкова, В. С. Комиссарова. – Москва, 2002. – Т. 3. – URL: <https://www.vuzlib.su/beta3/html/1/7880/7901/> (Дата обращения: 10.06.2020).

12. Уголовное право. Особенная часть / под редакцией Л. Д. Гаухмана, С. В. Максимова. – Москва : Форум, 2004. – 414 с. – Текст : непосредственный.
13. Шарапов, Р. Д. Насилие в уголовном праве: понятие, квалификация, совершенствование механизма уголовно-правового предупреждения : диссертация на соискание ученой степени доктора юридических наук / Р. Д. Шарапов. – Екатеринбург, 2006. – 418 с. – Текст : непосредственный.
14. Шарапов, Р. Д. Физическое насилие в уголовном праве / Р. Д. Шарапов. – Санкт-Петербург : Юридический центр Пресс, 2001. – 298 с. – ISBN 5-94201-005-6. – Текст : непосредственный.
15. Попова, Н. П. Ответственность за преступления, совершенные с особой жестокостью : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / Н. П. Попова. – Москва, 2005. – 195 с. – Текст : непосредственный.
16. Фокин, М. С. К вопросу об уголовно-правовом определении психического насилия / М. С. Фокин, В. Е. Дворцов. – Текст : непосредственный // Вестник Тихоокеанского государственного университета. – 2013. – № 2 (29). – С. 269–274.
17. Большая медицинская энциклопедия : в 30 т. – Издание 3-е. – Москва, 1976. – Т. 3. – 636 с. – Текст : непосредственный.
18. Кассиль, Н. Г. Наука о боли / Н. Г. Кассиль. – Москва, 1975. – 399 с. – Текст : непосредственный.
19. Гурочкин, Ю. Д. Судебная медицина : курс лекций / Ю. Д. Гурочкин, В. И. Витер. – Москва : Право и закон : Юрайт, 2003. – 319 с. – ISBN 5-7858-0113-2. – Текст : непосредственный.
20. Судебная медицина. Общая и Особенная части : учебник. – Москва, 2006. – 320 с. – Текст : непосредственный.
21. Середина, Н. В. Основы медицинской психологии: общая, клиническая, патопсихология / Н. В. Середина, Д. А. Шкуренко. – Ростов-на-Дону : Феникс, 2003. – 512 с. – ISBN 5-222-03478-X. – Текст : непосредственный.
22. Сорокотягин, И. Н. Юридическая психология : учебник для вузов / И. Н. Сорокотягин, Д. А. Сорокотягина. – 3-е издание. – Москва : Юрайт, 2014. – 461 с. – ISBN 978-5-9916-3174-7. – Текст : непосредственный.
23. Дюк, Дж. Секреты анестезии / Дж. Дюк. – Москва : МЕДпресс-информ, 2007. – 552 с. – ISBN 5-98322-271-6. – Текст : непосредственный.
24. Шухов, В. С. Боль: механизмы формирования и исследования в клинике / В. С. Шухов. – Текст : непосредственный // Медицина и здравоохранение. Серия: невропатология и психиатрия. – 1990. – Вып. 1. – С. 25–62.
25. IASP : International Association for the Study of Pain : [website]. – URL: <http://www.iasp-pain.org/> (Date of request: 12.05.2020).
26. Российское межрегиональное общество по изучению боли (РОИБ) : [сайт]. – URL: <http://painrussia.ru/> (Дата обращения: 21.05.2020). – Текст : электронный.
27. Кукушкин, М. Н. Киотский протокол IASP: основная терминология по проблеме боли / М. Н. Кукушкин, В. В. Чурюканов, М. В. Чурюканов). – Текст : электронный // Российское межрегиональное общество по изучению боли (РОИБ). – URL: <http://центрболи.рф/upload/iblock/445/445afc85075f48a4fd79112e117f19f3.pdf> (Дата обращения: 19.05.2020).
28. Архив российских конференций. – Текст : электронный // Российское межрегиональное общество по изучению боли (РОИБ). – URL: <http://www.painrussia.ru/conference/russian-archive/> (Дата обращения: 20.05.2020).
29. Дружков, С. Н. Уголовно-правовые функции особой жестокости в составе убийства: вопросы теории и практики : диссертация на соискание ученой степени кандидата юридических наук / С. Н. Дружков. – Екатеринбург, 2002. – 168 с. – Текст : непосредственный.
30. Орбели, Л. А. Избранные труды : в 5 т. / Л. А. Орбели. – Москва, 1966. – Т. 4. – 299 с. – Текст : непосредственный.

31. Нейрофизиология: основные методы, принципы их использования и оценки результатов. – Текст : электронный // Научный центр психического здоровья. – URL: <http://www.psychiatry.ru/lib/54/book/28/chapter/37> (Дата обращения: 15.05.2020).
32. Применение реоэнцефалографии для оценки мозгового кровообращения. – Текст : электронный // Медицинская информационная сеть. – URL: http://www.medicinform.net/nevro/nevro_spec1.htm (Дата обращения: 20.05.2020).
33. Жудро, А. А. Острая боль в хирургической практике и её количественная оценка / А. А. Жудро. – Текст : электронный // Медицинские новости. – 2007. – № 7. – URL: <http://www.mednovosti.by/journal.aspx?article=171> (Дата обращения: 22.05.2020).
34. Шкалы оценки боли у взрослых. – Текст : электронный // Портал о человеке и его здоровой жизни iLive. – URL: http://ilive.com.ua/health/shkaly-ocenki-boli-u-vzroslyh_80316i15959.html (Дата обращения: 16.05.2020).
35. Хроническая боль. – Текст : электронный // Русское общество региональной анестезии. – URL: <http://rsra.rusanesth.com/publ/xronicheskaya-bol.html> (Дата обращения: 21.05.2020).
36. Кожно-гальваническая реакция. – Текст : электронный // Психологический словарь. – URL: <http://psi.webzone.ru/st/047500.htm> (Дата обращения: 18.05.2020).
37. Патент № 2251388 Российская Федерация, МПК А61В 5/16 (2006.01). Способ оценки боли : № 2003124608/14 : заявл. 2003.08.11 : опубл. 2005.05.10 / А. А. Фадеев, Г. А. Адашинская, Е. Е. Мейзеров. – Текст : электронный // Патентный поиск. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/225/2251388.html> (Дата обращения: 10.05.2020).
38. Патент № 2396902 Российская Федерация, МПК А61В 5/053 (2006.01). Способ количественной оценки боли : № 2008143812/14 : заявл. 2008.11.05 : опубл. 2010.08.20 / А. Б. Песков, В. М. Стучебников. – Текст : электронный // Патентный поиск. – URL: <http://www.findpatent.ru/patent/239/2396902.html> (Дата обращения: 14.05.2020).
39. Плаксина, Т. А. Социальные основания квалифицирующих убийство обстоятельств и их юридическое выражение в признаках состава преступления : монография / Т. А. Плаксина. – Барнаул, 2006. – 432 с. – Текст : непосредственный.
40. Приговор Соломбальского районного суда г. Архангельска от 20.02.2020. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/51023230> (Дата обращения: 20.06.2020).
41. Приговор Челябинского областного суда от 24.01.2020. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/51532616> (Дата обращения: 22.06.2020).
42. Приговор Кемеровского областного суда от 10.10.2019. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/46005082> (Дата обращения: 22.06.2020).
43. Приговор Алтайского краевого суда от 25.02.2019. – Текст : электронный // Судебные решения РФ. – URL: <http://судебныерешения.рф/40273667> (Дата обращения: 25.06.2020).

*Статья подготовлена в рамках научного проекта
«Выявление проблем правового регулирования в сфере использования
генетической и геномной информации. Подготовка научно
обоснованных предложений по внесению изменений в систему российского
законодательства с целью их устранения» (Шифр темы: FEUW -2020-0005).*

Ю. В. Радостева

ЕЩЕ РАЗ К ВОПРОСУ О ЗАЩИТЕ ГЕНЕТИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Сфера генетических исследований и оборота генетической информации является одной из наиболее стремительно развивающихся областей познания, прогресс в которой общество и государство воспринимают как важный вопрос национальной безопасности. Цель работы – доказать, что генетическая информация и генетические базы данных должны рассматриваться в качестве особых объектов уголовно-правовой охраны, требующих разработки специальных правовых режимов обращения с ними. Задачи: рассмотреть содержательное различие генетической информации и генетических данных; определить направления разработки механизма уголовно-правовой охраны генетической информации. В результате выявлено терминологическое различие дефиниций «генетическая информация» и «генетические данные». Принимая во внимание особый характер данной информации, очевидно необходимо на законодательном уровне выделить ее из числа иной биометрической персональной информации, создав четко отрегулированный на государственном уровне правовой режим обращения с ней. Следует изменить и подход к обработке данного рода сведений в части установления ограниченного круга обстоятельств, при которых допустимы действия с генетическими данными.

Ключевые слова: генетическая информация, персональные данные, виртуальное пространство, криминальные угрозы.

J. V. Radosteva

ONCE AGAIN TO THE ISSUE OF THE PROTECTION OF GENETIC INFORMATION

The sphere of genetic research and genetic materials is one of the most effective public security issues. Goal – prove that genetic information and genetic databases should be considered as special bodies of criminal law protection, requiring special legal norms for their treatment. Tasks: consider the meaningful difference between genetic information and genetic data; to determine the directions of the development of the mechanism of criminal law protection of genetic information. Results: There is terminological difference between the definitions "genetic information" and "genetic data". Taking into account the special nature of this information, it is obvious at the legislative level of the regime with it. The approach to the processing of this type of information about a limited range of circumstances in which actions with genetic data are permissible should also be changed.

Key words: genetic information, personal information, virtual space, criminal threats.

Введение

Вопросы обеспечения информационной безопасности в современном мире с каждым днем приобретают все большую значимость как в силу возрастающей значимости относимых к ним сведений, так и качественных и количественных изменений криминальной активности. В то же время действительность изобилует все новыми упоминаниями об утечке самых разнообразных информационных данных. Достаточно вспомнить, например, нашумевшее мобильное приложение, разработанное по поручению Правительства Москвы, – «Социальный мониторинг», помогавшее в обеспечении соблюдения карантина, но требовавшее все возможные виды разрешений для установленных программ: от доступа к местоположению до привязки к приложению «Сбербанка» и вызванные опасения с обеспечением безопасности, поскольку передача части незашифрованных данных происходила на эстонский сервис, находящийся в Германии, а также последовавшее за этим письмо руководителя научно-технической службы ФСБ Эдуарда Черновольцева в Минкомсвязь России с напоминанием о том, что системы мониторинга поведения граждан, применяемые в регионах в период пандемии, должны согласовываться со спецслужбами. Или проверку прокуратурой Москвы сообщений об утечке паспортных данных людей, оштрафованных за нарушение режима самоизоляции [3].

Подобные инциденты усиливают вопросы к правовой регламентации существующих мер защиты информационной безопасности персональных данных граждан и их достаточности с позиции современного уровня законодательного регулирования.

Несмотря на разнообразность персональных данных, в основе их правовой регламентации лежит конкретная информативность, относящаяся прямо или косвенно к определенному или определяемому физическому лицу (п. 1 ст. 3 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ (ред. от 31.12.2017) «О персональных данных»). Специальным видом персональных данных являются биометрические персональные данные, т. е. сведения, характеризующие физиологические и биологические особенности человека, на основании которых можно установить его личность (п. 1 ст. 11 Федерального закона от 27.07.2006 № 152-ФЗ).

Разновидностью последних выступает генетическая информация, о значимости которой и необходимости законодательного регулирования ее оборота все чаще вспоминают на самом высоком государственном уровне. Недаром в рамках прошедшего 14 мая 2020 года совещания о развитии генетических технологий в России задача наращивания собственного научного и технологического потенциала в области генетических технологий президентом РФ В. В. Путиным была сравнима с атомным и космическим проектами XX века: «успех генетических исследований во многом определяют цифровые технологии, доступ к массивам данных. Чем больше их объём, тем достовернее, надёжнее результаты. Как и в сфере научного приборостроения, в этих вопросах мы также должны обеспечить свой суверенитет... Однако, обращаю также особое внимание: необходимо надёжно защитить персональные данные граждан, другую чувствительную информацию... Мы хорошо понимаем, какой огромной силой обладают генетические технологии. Поэтому необходимо выстроить систему контроля за их использованием. Вместе с участниками программы найти баланс между свободой научного поиска, технологического развития и интересами людей, защитой их интересов» [7].

Отечественный законодатель и правоприменитель сравнительно недавно осознали необходимость правового регулирования отношений в сфере генетических исследований и оборота генетической информации. В связи с этим за последнее время были приняты: Указ Президента РФ от 11.03.2019 № 97 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в области обеспечения химической и биологической безопасности на период до 2025 года и дальнейшую перспективу», Указ Президента РФ от 28.11.2018 № 680 «О развитии генетических технологий в Российской Федерации» (вместе с «Положением о совете по реализации Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы»), Послание Президента РФ Федеральному Собранию от 20.02.2019 «Послание Президента Федеральному Собранию», Постановление Правительства РФ от

22.04.2019 № 479 «Об утверждении Федеральной научно-технической программы развития генетических технологий на 2019–2027 годы», Перечень поручений по итогам совещания по вопросам развития генетических технологий (утв. Президентом РФ 04.06.2020 № Пр-920).

Кроме того, в июне 2020 г. Правительству РФ при участии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» поручено обеспечить создание и функционирование информационно-аналитической системы хранения и обработки генетических данных «Национальная база генетической информации», включая разработку форматов хранения и передачи данных, сопутствующих поисковых программ и программных средств.

Однако представляется, что подобные, несомненно, позитивные инициативы и постоянно отмечаемая в них необходимость ускоренного развития генетических технологий не получили логического продолжения в части правовой регламентации самого оборота генетической информации и генетических данных, а также обеспечения их защиты. Но для начала здесь необходимо определиться с самими понятиями «генетические данные» и «генетическая информация».

В п. 3 ст. 1 Федерального закона от 3 декабря 2008 г. № 242-ФЗ (с изм. от 17.12.2009) «О государственной геномной регистрации в Российской Федерации» закреплено, что геномная информация – это персональные данные, включающие кодированную информацию об определенных фрагментах дезоксирибонуклеиновой кислоты физического лица или неопознанного трупа, не характеризующих их физиологические особенности.

Таким образом, с позиции законодательной регламентации становится очевидным, что правовая охрана геномной информации осуществляется персонифицированно. Любая обработка указанной информации по общему правилу возможна лишь с согласия субъекта персональных данных. Но поскольку сама по себе молекула ДНК является носителем генетической информации не только о конкретном лице, но и о его генетических родственниках, включая предков и потомков, что обусловлено наличием наряду со свойством индивидуальности, наследственностью и способом передачи наследственной информации, касающейся неопределенного круга лиц [1, с. 186], распространение ее может быть нежелательным для них либо прямо создавать угрозу их правам или законным интересам. Например, отсутствие действенных механизмов контроля в этой сфере неизбежно вызовет пристальное внимание иных лиц, например, работодателей, страховых и кредитных организаций. К примеру, в США уже встречались случаи скрытого генетического тестирования при медицинском обследовании работников, требующих компенсаций при появлении профессиональных заболеваний» [6, с. 268-270].

Но этим перечень возможных угроз не исчерпывается. Разглашение подобной информации может вызвать злоупотребление в сфере трудовых прав граждан, вплоть до необоснованного отказа в приеме на работу или необоснованного увольнения, т. е. дискриминацию по генетическому признаку; в гражданско-правовых сферах при формировании условий кредитования, страхования и т. п.; привлечь внимание торговцев человеческими органами; явиться поводом для кибербуллинга либо шантажа. Разглашенной геномной информацией не преминут воспользоваться и недобросовестные представители рынка фармацевтических, медицинских и консультативных услуг, так же как это сегодня происходит в сфере ритуальных и похоронных услуг с использованием незаконно полученной информации об умерших гражданах.

В связи с этим исключительно персонифицированная правовая охрана геномной информации, обусловленная согласием одного из ее носителей, представляется недостаточной. Считаем, что геномной информации следует придать особый статус персональных данных – «наследственные персональные данные» – путем внесения соответствующих изменений в Федеральный закон от 27.07.2006 № 152-ФЗ «О персональных данных», как того требуют международные документы о генетических данных. Например, ст. 4 Международной декларации о генетических данных человека (принята 16 октября 2003 г.), подчеркивающая особый статус генетических данных человека, связанный с их конфиденциальным характером, так как они могут оказывать на протяжении нескольких поколений сильное воздействие на семью или целую группу, содержать информацию, о значении которой может быть неизвестно

во время сбора биологических образцов, иметь культурное значение для отдельных лиц или групп лиц.

Принимая во внимание значимость геномной информации для конкретной группы лиц, необходимо изменить подход к обработке подобных сведений в части установления ограниченного круга обстоятельств, при которых действия с геномными данными допустимы с согласия конкретного субъекта персональных данных [4, с. 43-44].

Что касается сферы уголовно-правовой охраны геномной информации, то в нормах действующего законодательства она предусмотрена на уровне признаков ряда составов преступлений, хотя выявить это можно лишь посредством содержательного анализа данных норм, что позволяет очертить группу преступлений, посягающих на нее.

Так, в упомянутой выше ст. 14 Международной декларации о генетических данных человека от 16 октября 2003 года подчеркнута неразрывное единство права на частную жизнь и конфиденциальность генетических данных, что вполне согласуется с содержательным смыслом понятия «частная жизнь» в определении Конституционного Суда РФ от 28.06.2012 № 1253-О «Об отказе в принятии к рассмотрению жалобы гражданина Супруна Михаила Николаевича на нарушение его конституционных прав статьей 137 Уголовного кодекса Российской Федерации»: «в понятие «частная жизнь» включается та область жизнедеятельности человека, которая относится к отдельному лицу, касается только его и не подлежит контролю со стороны общества и государства, если носит непротивоправный характер.

Соответственно, лишь само лицо вправе определить, какие именно сведения, имеющие отношение к его частной жизни, должны оставаться в тайне, а потому и сбор, хранение, использование и распространение такой информации, не доверенной никому, не допускается без согласия данного лица, как того требует Конституция Российской Федерации».

С учетом приведенного толкования можно заключить, что право на конфиденциальность генетической информации является составляющим права на неприкосновенность частной жизни.

Следовательно, ее незаконное собирание или распространение вполне подпадают под признаки преступления, предусмотренного ст. 137 УК РФ (Нарушение неприкосновенности частной жизни). Однако особый статус данной информации, ее значимость и потенциальная «сверхопасность» для мирового сообщества в целом, что подчеркивалось приведенными международными стандартами, свидетельствуют об очевидном несоответствии ее «восстановительно-превентивного» потенциала (преступление в основном составе отнесено к категории небольшой тяжести), что опять же требует системного изменения законодательного подхода в рамках данной нормы к оценке подобного рода посягательств.

С учетом изложенного очевидно, что существующих мер защиты генетической информации, в том числе и уголовно-правовых, на уровне национального законодательства еще недостаточно – как с учетом сложности самого объекта правовой охраны, так и его потенциальной сверхопасности, что требует продолжения работы над созданием самостоятельного межотраслевого института, регламентирующего вопросы оборота и защиты генетической информации.

Применительно к уголовно-правовой сфере, учитывая специфику предмета, генетическая информация человека, принимая во внимание задачи уголовного права, закрепленные в ст. 2 УК РФ, системно разместить данные нормы предлагается в гл. 19 «Преступления против конституционных прав и свобод человека и гражданина».

Любая информация – это, прежде всего, сведения, независимо от формы их представления (ст. 2 Федерального закона от 27.07.2006 № 149-ФЗ (ред. от 03.04.2020) «Об информации, информационных технологиях и о защите информации»). В то же время сама по себе форма существования сведений также требует надлежащего правового регулирования, что позволяет согласиться с мнением ряда исследователей, не рассматривающих термины «генетическая информация» и «генетические данные» как исключительно синонимичные. Соглашаясь с позицией М. А. Рожковой, хотя и без строгого противопоставления терминов, считаем, что они различаются. Сведения – это информация, относящаяся к конкретному субъекту, объекту, факту, случаю (обладателем прав на эту информацию, как правило, является сам субъект ин-

формации); а данные – это совокупность информации, объединенной и упорядоченной по какому-либо признаку, нескольким признакам или критериям (обладателем прав на эту разновидность информации по общему правилу становится создатель этой информации) [5].

Традиционно в мире существуют два вида баз данных генетической информации: «криминалистические» и «научно-исследовательские», отличающиеся в первую очередь целями создания. В первом случае целью является идентификация личности человека, причастного к совершению преступления, а также неопознанных трупов, во втором – для проведения соответствующих научных исследований.

Первые шаги в информатизации генетических данных были сделаны еще в 2009 году Федеральным законом от 03.12.2008 № 242-ФЗ «О государственной геномной регистрации в Российской Федерации». Тогда же в РФ была создана федеральная база данных геномной информации (ФБДГИ), содержащая геномную информацию неустановленных лиц, биологический материал которых изъят в ходе производства следственных действий, неопознанных трупов, лиц, осужденных и отбывающих наказание в виде лишения свободы за совершение тяжких или особо тяжких преступлений, а также всех категорий преступлений против половой неприкосновенности и половой свободы. Система учета геномной информации создавалась в соответствии с принятой во многих странах мира аналогичной системой Combine DNA Index System (CODIS), гарантировавшей сопоставимость данных как в России, так и за рубежом в рамках межгосударственного сотрудничества, в том числе и по линии Интерпола.

В связи с этим поручение Правительству РФ при участии Национального исследовательского центра «Курчатовский институт» обеспечить создание и функционирование информационно-аналитической системы хранения и обработки генетических данных «Национальная база генетической информации», включая разработку форматов хранения и передачи данных, сопутствующих поисковым программам и программным средствам, является вполне логичным продолжением развития подобного рода баз данных.

Однако указанные базы генетических данных являются еще одним ресурсом, одновременно обладающим огромным позитивным и, несомненно, таким же потенциально разрушительным потенциалом. Недаром, как отмечено В. В. Путиным [7], создание национальной базы генетической информации необходимо для обеспечения суверенитета страны, однако и именно государство в лице соответствующих органов должно взять на себя задачу обеспечения безопасности этих баз данных от внутренних и внешних угроз, что также является вопросом национальной безопасности.

Успешное же функционирование генетических баз данных немыслимо без применения информационных сетей, компьютерных технологий, связи и телекоммуникации. Подобная форма существования генетических баз данных не просто преимущество в части скорости их обработки, а, скорее, неизбежность, обусловленная их сверхбольшими объемами, соответственно, их обработка, например, требует возможности гигантского хостинга. Недаром подобная работа была поручена Национальному исследовательскому центру «Курчатовский институт», стоявшему у истоков биоинформатики, где в рамках сотрудничества с ЦЕРНом (Европейская организация по ядерным исследованиям) создан и работает один из ключевых центров обработки и хранения данных первого уровня, в котором обрабатываются и хранятся огромные объёмы экспериментальной информации, получаемой на Большом адронном коллайдере.

Но виртуальное пространство в силу своей специфики уже само по себе потенциально криминогенно по множеству причин. Научно-технический прогресс обеспечил легкость вхождения в него за счет постоянного удешевления средств коммуникации, появления новых способов вхождения в сеть и т. п., но не создал действенного контроля за активностью в нем. Возможности широкополосного доступа и удаленности сервера хранения данных, растущее использование облачных вычислений не только влияют на способ хранения информации, но и создают существенные препятствия в идентификации пользователя виртуальной сети, изобличения и противодействия криминальной активности в ней, вплоть до блокировки отдельных секторов виртуального пространства. Высокая анонимность пользователей виртуального пространства на фоне низкого уровня социального контроля, отсутствия должного уровня инфор-

мационного культуры, возможность выхода за пределы национального закона путем размещения в ином пространстве, нежели в том, где ведется сама деятельность субъектов интернет-отношений, и многое другое придают киберпространству свойство привлекательности для криминальной активности. А потенциальная уязвимость данных информационных сетей увеличивает риски их потери или уничтожения вследствие неосторожных или умышленных действий третьих лиц.

Таким образом, действуя на опережение, государство должно задуматься о создании действенных механизмов защиты разрабатываемых геномных баз данных, в том числе путем совершенствования правовой системы.

Но предотвращение возможных угроз должно производиться системно – как за счет влияния на виртуальную среду, придавая ей свойство непривлекательности для противоправной активности, например, за счет повышения идентификационных требований к работе в сети Интернет, лишения ее свойства анонимности, системы регистрации средств коммуникации в киберпространстве, переориентирования традиционных способов социального и ведомственного контроля, воздействия на пользователей среды, от повышения уровня информационной культуры до виктимологической профилактики, так и на информационную составляющую.

Защита же генетической информации и генетических баз данных, гарантирующая их безопасность от всякого рода посягательств, должна осуществляться именно на государственном уровне под контролем соответствующих государственных органов, поскольку вследствие их высокой социальной и общественной значимости подобные информационные системы могут подпадать под регулирование Федерального закона от 26.07.2017 № 187-ФЗ «О безопасности критической информационной инфраструктуры Российской Федерации» со всеми вытекающими требованиями по обеспечению безопасности.

Литература

1. Кубитович, С. Н. ДНК как носитель информации неограниченного круга лиц / С. Н. Кубитович. – Текст : непосредственный // Вестник экономической безопасности. – 2017. – № 4. – С. 185–189.
2. Международная декларация о генетических данных человека (принята 16 октября 2003 г.). – Текст : электронный // Организация Объединенных Наций. – URL: http://www.un.org/ru/documents/decl_conv/declarations/genome_dec.shtml (Дата обращения: 05.10.2020).
3. Генеральная прокуратура Российской Федерации : [сайт]. – URL: <https://genproc.gov.ru/smi/news/news-1843958> (Дата обращения: 05.10.2020). – Текст : электронный.
4. Радостева, Ю. В. Защита геномной информации в виртуальном пространстве // Ю. В. Радостева. – Текст : непосредственный // Российский юридический журнал. – 2019. – № 3. – С. 42–45.
5. Рожкова, М. А. Об имущественных правах на нематериальные объекты в системе абсолютных прав (часть третья – права на сведения и данные как разновидности информации) / М. А. Рожкова. – Текст : электронный // Закон.ру. – 2019. – URL: https://zakon.ru/blog/2019/01/14/ob_imuschestvennyh_pravah_na_nematerialnye_obekty_v_sistem_e_absolyutnyh_prav_chast_tretya_prava_na_ (Дата обращения: 30.06.2020).
6. Романовский, Г. Б. Конституционная правосубъектность граждан в условиях геномной медицины / Г. Б. Романовский. – Текст : непосредственный // Вестник Пермского университета. Юридические науки. – 2017. – № 3. – С. 260–271.
7. Стенограмма совещания о развитии генетических технологий в России. – Текст : электронный // Президент России. – URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/63350> (Дата обращения: 30.06.2020).

НАШИ АВТОРЫ

Алексеев Валерий Иванович	Valeriy I. Alekseev
Доктор технических наук	Doctor of Technical Sciences
Профессор Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (912) -419-87-81	Phone +7 (912)-419-87-81
E-mail: v_alekseev@ugrasu.ru	E-mail: v_alekseev@ugrasu.ru

Балуев Владимир Александрович	Vladimir A. Baluev
Программист Центра информационно-аналитических систем, АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»	Programmer of the Center of Information and Analytical Systems, Ugra Research Institute of Information Technologies
Тел.: +7 (3467) 360-100 (доб. 6067)	Phone +7 (3467) 360-100 (доб. 6067)
E-mail: BaluevVA@uriit.ru	E-mail: BaluevVA@uriit.ru

Баранчук Владислав Александрович	Vladislav A. Baranchuk
Дизайнер графических интерфейсов Отдела поддержки пользователей Югорского государственного университета	GUI Designer, Customer Support, Yugra State University
Тел.: +7 (922) 407-02-50	Phone +7 (922) 407-02-50
E-mail: Vladinho@mail.ru	E-mail: Vladinho@mail.ru

Бурлуцкий Владимир Владимирович	Vladimir V. Burlutsky
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Руководитель Центра информационно-аналитических систем, АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»	Head of the Center of Information and Analytical Systems, Ugra Research Institute of Information Technologies
Тел.: +7 (3467) 360-100 (доб. 6006)	Phone: +7 (3467) 360-100 (доб. 6006)
E-mail: BurlutskyVV@URIIT.ru	E-mail: BurlutskyVV@URIIT.ru

Годовников Евгений Александрович	Evgeniy A. Godovnikov
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 379)	Phone +7 (3467) 377-000 (доб. 379)
E-mail: judchin@rambler.ru	E-mail: judchin@rambler.ru

Изерт Мансур Исаевич	Mansur I. Izert
Программист Центра информационно-аналитических систем, АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»	Programmer of the Center of Information and Analytical Systems, Ugra Research Institute of Information Technologies
Тел.: +7 (3467) 360-100 (доб. 6013)	Phone +7 (3467) 360-100 (доб. 6013)
E-mail: IzertMI@uriit.ru	E-mail: IzertMI@uriit.ru
Керамов Низам Джабраилович	Nizam D. Keramov
Программист Центра информационно-аналитических систем, АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»	Programmer of the Center of Information and Analytical Systems, Ugra Research Institute of Information Technologies
Тел.: +7 (3467) 360-100 (доб. 6109)	Phone +7 (3467) 360-100 (доб. 6109)
E-mail: KeramovND@uriit.ru	E-mail: KeramovND@uriit.ru
Коротков Михаил Геннадьевич	Mikhail G. Korotkov
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 378)	Phone +7 (3467) 377-000 (доб. 378)
E-mail: mkorotkov@rambler.ru	E-mail: mkorotkov@rambler.ru
Кудаева Лариса Арсеновна	Larisa A. Kudaeva
Преподаватель Автономной некоммерческой организации высшего образования «Северо-Кавказская академия управления»	Teacher, Autonomous Non-commercial Organization of Higher Education "North-Caucasian Academy of Management"
Тел.: +7 (928) 690-19-00	Phone +7 (928) 690-19-00
E-mail: kudaeva7@mail	E-mail: kudaeva7@mail
Куркина Мария Викторовна	Maria V. Kurkina
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Technical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor, Institute of Digital Economy, Yugra State University
E-mail: mavi@inbox.ru	E-mail: mavi@inbox.ru

Меньшикова Анна Геннадьевна	Anna G. Menshikova
Кандидат юридических наук	Candidate of Law Sciences
Доцент кафедры уголовного права Уральского государственного юридического университета	Associate Professor of Criminal law Sub-faculty, Ural State Law University
Тел.: +7 (343) 375-08-46	Phone +7 (343) 375-08-46
E-mail: menshikova_anna@mail.ru	E-mail: menshikova_anna@mail.ru
Милюкова Ирина Васильевна	Irina V. Milyukova
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент института нефти и газа Югорского государственного университета	Associate Professor, Institute of Oil and Gas, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 319)	Phone: +7 (3467) 377-000 (ext. 319)
E-mail: imil@list.ru	E-mail: imil@list.ru
Петров Алексей Аверьянович	Aleksey A. Petrov
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета.	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 367)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 367)
E-mail: a_petrov@ugrasu.ru	E-mail: a_petrov@ugrasu.ru
Петухова Ольга Анатольевна	Olga A. Petuhova
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 370)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 370)
E-mail: oa_petuhova@mail.ru	E-mail: oa_petuhova@mail.ru
Пронькина Татьяна Васильевна	Tatiana V. Pronkina
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (912) 902-64-01	Phone +7 (912) 902-64-01
E-mail: t_pronkina@ugrasu.ru	E-mail: t_pronkina@ugrasu.ru

Пятков Сергей Григорьевич	Sergey G. Pyatkov
Доктор физико-математических наук	Doctor of Physical and Mathematical Sciences
Профессор Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 363)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 363)
E-mail: s_pyatkov@ugrasu.ru	E-mail: s_pyatkov@ugrasu.ru
Радостева Юлия Викторовна	Julia V. Radosteva
Кандидат юридических наук	Candidate of Law Sciences
Доцент кафедры уголовного права Уральского государственного юридического университета	Associate Professor of the Criminal Law Department, Ural State Law University
Тел.: +7 (343) 375-08-46	Phone +7 (343) 375-08-46
E-mail: la-venta@mail.ru	E-mail: la-venta@mail.ru
Самарин Валерий Анатольевич	Valeriy A. Samarin
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 528)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 528)
E-mail: vals_11111@mail.ru	E-mail: vals_11111@mail.ru
Самарина Ольга Владимировна	Olga V. Samarina
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
E-mail: samarina_ov@mail.ru	E-mail: samarina_ov@mail.ru
Семенов Сергей Петрович	Sergey P. Semenov
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 373)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 373)
E-mail: semenovsp@bk.ru	E-mail: semenovsp@bk.ru

Славский Виктор Владимирович	Viktor V. Slavsky
Доктор физико-математических наук	Doctor of Physical and Mathematical Sciences
Профессор Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 364)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 364)
E-mail: slavsky2004@mail.ru	E-mail: slavsky2004@mail.ru
Татьянкин Виталий Михайлович	Vitaliy M. Tatyankin
Кандидат технических наук	Candidate of Technical Sciences
Ведущий научный сотрудник Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Leading Research Fellow of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 376)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 376)
E-mail: bambar@bk.ru	E-mail: bambar@bk.ru
Усманов Руслан Талгатович	Ruslan T. Usmanov
Старший преподаватель Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Senior Lecturer of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 380)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 380)
E-mail: r_usmanov@ugrasu.ru	E-mail: r_usmanov@ugrasu.ru
Финогенов Антон Анатольевич	Anton A. Finogenov
Кандидат физико-математических наук	Candidate of Physical and Mathematical Sciences
Доцент Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Associate Professor of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 368)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 368)
E-mail: aafin@ya.ru	E-mail: aafin@ya.ru
Шергин Сергей Николаевич	Sergey N. Shergin
Старший преподаватель Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Senior Lecturer of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 445)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 445)
E-mail: ssn@ugrasu.ru	E-mail: ssn@ugrasu.ru

Шицелов Анатолий Вячеславович	Anatoliy V. Shitselov
Преподаватель Института цифровой экономики Югорского государственного университета	Lecturer of the Institute of Digital Economy, Yugra State University
Тел.: +7 (3467) 377-000 (доб. 374)	Phone +7 (3467) 377-000 (ext. 374)
E-mail: anatoliy.shitselov@gmail.com	E-mail: anatoliy.shitselov @gmail.com

Якимчук Александр Васильевич	Alexander V. Yakimchuk
Программист Центра информационно-аналитических систем, АУ «Югорский научно-исследовательский институт информационных технологий»	Lead Programmer of the Center of Information and Analytical Systems, Ugra Research Institute of Information Technologies
Тел.: +7 (3467) 360-100 (доб. 6101)	Phone +7 (3467) 360-100 (ext. 6101)
E-mail: YakimchukAV@uriit.ru	E-mail: YakimchukAV@uriit.ru

Научное издание

ВЕСТНИК ЮГОРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Выпуск 3 (58)/2020

Цена свободная

16+

Учредитель и издатель: ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи,
информационных технологий и массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № ФС 77-73606 от 31 августа 2018 г.

Дата выхода в свет 16.12.2020

Формат 60x84 1/8. Гарнитура Times New Roman.
Усл. печ. л. 14,7. Тираж 1000 экз. Заказ № 260.

Адрес учредителя, издателя и редакции:
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Отпечатано в секторе редакционно-издательской работы
Научной библиотеки ФГБОУ ВО ЮГУ:
628012, Ханты-Мансийский автономный округ – Югра,
г. Ханты-Мансийск, ул. Чехова, 16

Главный редактор – Исламутдинов Вадим Фаруарович,
тел. +7 (3467) 377-000 (доб. 105)