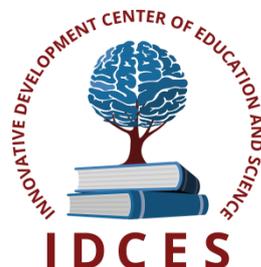


ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные проблемы и достижения
в естественных и математических науках**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 апреля 2018 г.)**

г. Самара

2018 г.

**Издатель Инновационный центр развития образования и науки
(ИЦРОН), г. Нижний Новгород**

ISSN 2587-795X

УДК 50(06)

ББК 2я43

Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках. / Сборник научных трудов по итогам международной научно-практической конференции. № 5. г. Самара, – НН: ИЦРОН, 2018 г. 59 с

Редакционная коллегия:

кандидат биологических наук Благодатнова Анастасия Геннадьевна (г. Новосибирск), кандидат биологических наук Войтка Дмитрий Владимирович (аг. Прилуки), кандидат физико-математических наук, доцент Казьмин Игорь Александрович (г. Ростов-на-Дону), кандидат физико-математических наук, доцент Кайракбаев Аят Крымович (г. Актобе), доктор физико-математических наук, профессор Каленский Александр Васильевич, кандидат биологических наук, доцент Корж Александр Павлович (г. Запорожье), кандидат физико-математических наук Лапушкин Георгий Иванович (г. Долгопрудный), доктор биологических наук Ларионов Максим Викторович (г. Балашов), доктор геолого-минералогических наук, профессор, академик РАН Лебедев Владимир Ильич (г. Кызыл), доктор биологических наук, профессор Лесовская Марина Игоревна (г. Красноярск), кандидат физико-математических наук, доцент Ловягин Юрий Никитич (г. Санкт-Петербург), кандидат физико-математических наук, член-корреспондент Американского института Аэронавтики и Астронавтики (AIAA) Лукин Александр Николаевич (г. Туапсе), кандидат биологических наук Малыгина Наталья Владимировна (г. Екатеринбург), кандидат физико-математических наук Матвеева Юлия Васильевна (г. Саратов), кандидат биологических наук Мошкина Светлана Владимировна (г. Орел), доктор химических наук, профессор Назарбекова Сауле Полатовна (г. Шымкент), доктор биологических наук, профессор Нурбаев Серик Долдашевич (г. Алматы), доктор биологических наук, профессор Околелова Алла Ароновна (г. Волгоград), кандидат физико-математических наук, доцент Седова Наталия Викторовна (г. Тамбов), кандидат биологических наук, профессор РАН Соловьева Анна Геннадьевна (г. Нижний Новгород), кандидат химических наук Туманов Владимир Евгеньевич (г. Черноголовка), кандидат физико-математических наук, доцент Чочиев Тимофей Захарович (г. Владикавказ), кандидат химических наук, профессор Шпейзер Григорий Моисеевич (г. Иркутск).

В сборнике научных трудов по итогам V Международной научно-практической конференции **«Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках»**, г. Самара представлены научные статьи, тезисы, сообщения аспирантов, соискателей ученых степеней, научных сотрудников, докторантов, преподавателей ВУЗов, студентов, практикующих специалистов в области естественных и математических наук Российской Федерации, а также коллег из стран ближнего и дальнего зарубежья.

Авторы опубликованных материалов несут ответственность за подбор и точность приведенных фактов, цитат, статистических данных, не подлежащих открытой публикации. Мнение редакционной коллегии может не совпадать с мнением авторов. Материалы размещены в сборнике в авторской правке.

Статьи, принятые к публикации, размещаются в полнотекстовом формате на сайте eLIBRARY.RU.

© ИЦРОН, 2018 г.

© Коллектив авторов

Оглавление

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)	9
МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)	9
СЕКЦИЯ №1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)	9
СЕКЦИЯ №2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)	9
ЗАДАЧА S_5 ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ Родионова И.Н. ¹ , Севастьянова С.А. ²	9
PROBLEM S_5 FOR THE THIRD-ORDER HYPERBOLIC EQUATION IN A THREE-DIMENSIONAL SPACE Rodionova I.N. ¹ , Sevastyanova S.A. ²	9
СЕКЦИЯ №3. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)	14
СЕКЦИЯ №4. ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)	14
СЕКЦИЯ №5. ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)	14
СЕКЦИЯ №6. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)	14
СОВПАДЕНИЕ Q и Qk СВОДИМОСТЕЙ НА МНОЖЕСТВАХ ИЗ ИЕРАРХИИ ЕРШОВА Галимова А.А., Ахтямов Р.Б., Байрашева В.Р.....	14
СЕКЦИЯ №7. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)	17
ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИКА: ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ Свиридов Егор.....	17
СЕКЦИЯ №8. ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)	18
МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)	18
СЕКЦИЯ №9. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)	18
СЕКЦИЯ №10. МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)	18
СЕКЦИЯ №11. МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)	18

СЕКЦИЯ №12. ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)	18
СЕКЦИЯ №13. БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)	19
АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)	19
СЕКЦИЯ №14. АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)	19
СЕКЦИЯ №15. АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)	19
СЕКЦИЯ №16. ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)	19
СЕКЦИЯ №17. ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)	19
ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)	19
СЕКЦИЯ №18. ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)	19
СЕКЦИЯ №19. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)	19
СЕКЦИЯ №20. РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)	19
СЕКЦИЯ №21. ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)	19
СЕКЦИЯ №22. ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)	19
СЕКЦИЯ №23. АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)	19
СЕКЦИЯ №24. ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)	19
СЕКЦИЯ №25. ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)	20
СЕКЦИЯ №26. ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)	20
СЕКЦИЯ №27. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)	20
СЕКЦИЯ №28. ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)	20
СЕКЦИЯ №29. ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)	20
СЕКЦИЯ №30. ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА	

(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14).....	20
СЕКЦИЯ №31. ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР, АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)	20
СЕКЦИЯ №32. ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16).....	20
СЕКЦИЯ №33. ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)	20
СЕКЦИЯ №34. КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18).....	20
СЕКЦИЯ №35. ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20).....	20
СЕКЦИЯ №36. ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)	20
СЕКЦИЯ №37. ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23).....	20
ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00).....	21
СЕКЦИЯ №38. НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01).....	21
СЕКЦИЯ №39. АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02).....	21
ОПЫТНО – ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО СНЯТИЯ ПОКРЫТИЙ СЕРЕБРА С ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ Коноваленко А.В.....	21
СЕКЦИЯ №40. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03).....	23
СЕКЦИЯ №41. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)	23
КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИНЕРГИЗМА ДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ ^{1,2} Дадали Ю.В., ¹ Дадали В.А.	24
СЕКЦИЯ №42. ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)	32
СЕКЦИЯ №43. ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)	32
СЕКЦИЯ №44. ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08).....	32
СЕКЦИЯ №45. ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09).....	32

СЕКЦИЯ №46.	
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)	32
СЕКЦИЯ №47.	
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)	32
СЕКЦИЯ №48.	
БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)	32
СЕКЦИЯ №49.	
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)	32
СЕКЦИЯ №50.	
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)	32
СЕКЦИЯ №51.	
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)	32
СЕКЦИЯ №52.	
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)	32
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ССИВС» В ФОРМИРОВАНИИ МЕТАБОЛОМОВ С УЧАСТИЕМ ФЛАВОНОИДОВ ¹ Дадали В.А., ^{1,2} Дадали Ю.В., ² Макаров В.Г.	32
СЕКЦИЯ №53.	
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)	40
СЕКЦИЯ №54.	
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)	40
БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)	40
ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)	40
СЕКЦИЯ №55.	
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)	40
СЕКЦИЯ №56.	
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)	40
СЕКЦИЯ №57.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)	40
СЕКЦИЯ №58.	
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)	40
СЕКЦИЯ №59.	
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)	40
СЕКЦИЯ №60.	
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)	40
ПОЛУЧЕНИЕ КАПСУЛЬНОГО АНТИГЕНА ЧУМНОГО МИКРОБА НА КОМБИНИРОВАННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ Курчева С.А., Сирица Ю.В., Кошкидько А.Г., Ковалев Д.А., Жарникова И.В., Старцева О.Л., Жданова Е.В.	40
СЕКЦИЯ №61.	
МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)	41
СЕКЦИЯ №62.	

БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)	41
СЕКЦИЯ №63. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)	42
ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)	42
СЕКЦИЯ №65. ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)	42
СЕКЦИЯ №66. МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)	42
СЕКЦИЯ №67. ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)	42
СЕКЦИЯ №68. ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)	42
СЕКЦИЯ №69. ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)	42
СЕКЦИЯ №70. ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)	42
СЕКЦИЯ №71. ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)	42
КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРЕ ГОРОДА ЗЕЛЕНОГОРСКА И ПОСЕЛКА БЕРЕЗОВКА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2017-2018 ГОДОВ Заворуева Е.Н.¹, Заворуев В.В.^{1,2}, Зайченко И.А.¹	42
СЕКЦИЯ №72. БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)	45
СЕКЦИЯ №73. ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)	45
СЕКЦИЯ №74. ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)	45
СЕКЦИЯ №75. МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)	46
СЕКЦИЯ №76. ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)	46
СЕКЦИЯ №77. БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)	46
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)	46
СЕКЦИЯ №78. ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)	46
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАТЕНТНОСТИ И АМПЛИТУДЫ КОМПОНЕНТОВ ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У СУБЪЕКТИВНО БЛАГОПОЛУЧНЫХ И НЕБЛАГОПОЛУЧНЫХ ИСПЫТУЕМЫХ В ПЕРИОД ЮНОСТИ Башкатов С.А., Сотникова Ю.М.	46
СЕКЦИЯ №79. АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)	48
СЕКЦИЯ №80.	

ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)	48
СЕКЦИЯ №81. КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)	49
СЕКЦИЯ №82. БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)	49
СЕКЦИЯ №83. НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)	49
ГЕОГРАФИЯ	49
СЕКЦИЯ №84. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)	49
СЕКЦИЯ №85. ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)	49
СЕКЦИЯ №86. ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)	49
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	49
СЕКЦИЯ №87. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	49
THE DEFINITION OF BLOCKING ARTIFACTS IN RASTER IMAGES Al-Askari M.A.	49
PRODUCT DATA SEARCH: WAYS OF IMPROVEMENT Berger A.I., Berger G.A.	54
ГЕОЛОГИЯ	56
СЕКЦИЯ №88. РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ	56
ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД	57

ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.00.00)

МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.00)

СЕКЦИЯ №1.

ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.01)

СЕКЦИЯ №2.

ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.02)

ЗАДАЧА S_5 ДЛЯ ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ТРЕТЬЕГО ПОРЯДКА В ТРЕХМЕРНОМ ПРОСТРАНСТВЕ

Родионова И.Н.¹, Севастьянова С.А.²

¹ ФГАОУВО «Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева»,
г. Самара, Россия

² ФГБОУВО «Самарский государственный экономический университет», г. Самара, Россия

PROBLEM S_5 FOR THE THIRD-ORDER HYPERBOLIC EQUATION IN A THREE-DIMENSIONAL SPACE

Rodionova I.N.¹, Sevastyanova S.A.²

¹ FGAOUVO "Samara University" 34, Samara, Russia

² FGBOUVO "Samara State Economic University", Samara, Russia

Keywords: equation of hyperbolic type, boundary value problem, integral equation

Ключевые слова: уравнение гиперболического типа, краевая задача, интегральное уравнение.

Аннотация:

Для полного уравнения гиперболического типа третьего порядка с переменными коэффициентами в области, представляющей бесконечный параллелепипед, поставлена краевая задача с одним граничным и двумя интегральными условиями. Последние можно рассматривать как задание средних значений искомого решения на внутренних плоскостях, параллельных граничной плоскости $x=h$. На двух нехарактеристических плоскостях и одной характеристической задаются условия сопряжения, непрерывные относительно решения и обобщенные относительно его нормальных производных. На характеристической плоскости условия сопряжения содержат производные дробного порядка. За основу решения поставленной задачи взято, полученное авторами, решение задачи Дарбу в специальном классе функций.

Задача сводится к совокупности однозначно разрешимых интегральных уравнений Вольтерры, в силу чего ее решение может быть получено в явном виде.

Резюме

Для уравнения

$$U_{xyz} + b(y)U_{xz} + a(x)U_{yz} + c(z)U_{xy} + b(y)c(z)U_x + a(x)b(y)U_z + a(x)b(y)c(z)U = 0$$

в области, ограниченной характеристическими плоскостями уравнения

$x = h, x = -h, y = 0, y = h, z = 0$ поставлена краевая задача с данными:

$$U(x, y, 0) = f(x, y), \quad -h \leq x \leq h, \quad 0 \leq y \leq h;$$

$$\int_0^x e^{\beta(t)} U(x, t, z) dt = \psi(x, z),$$

$$0 \leq x \leq h, \quad 0 \leq z < +\infty;$$

$$\int_0^{-x} e^{\beta(t)} U(x, t, z) dt = \varphi(x, z),$$

$$-h \leq x \leq 0, \quad 0 \leq z < +\infty;$$

условиями сопряжения на характеристической плоскости $x = 0$:

$$\lim_{x \rightarrow 0+0} \frac{\partial}{\partial x} \int_x^y e^{\alpha(t)} (t-x)^{-r_1} U(t, y, z) dt = \lim_{x \rightarrow 0-0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-y}^x e^{\alpha(t)} (x-t)^{-r_2} U(t, y, z) dt$$

и на нехарактеристических плоскостях $x = y$, $x = -y$:

$$\lim_{y \rightarrow x+0} (U_y - U_x) = \lim_{y \rightarrow x-0} [U_y - U_x - 2\alpha(x)U(x, y, z)] - \frac{\partial}{\partial x} U(x, x-0, z),$$

$$\lim_{y \rightarrow -x+0} (U_x + U_y) = \lim_{y \rightarrow -x-0} [U_x + U_y + 2\alpha(x)U(x, y, z)] - \frac{\partial}{\partial x} U(x, -x-0, z).$$

За основу решения поставленной задачи взято, полученное авторами методом Римана, решение задачи Дарбу в специальном классе. Задача сводится к совокупности однозначно разрешимых интегральных уравнений Вольтерры, что позволяет получить решение поставленной задачи в явном виде. Полученные результаты являются продолжением исследований по постановке и решению краевых задач для уравнения (1) в специальных классах, опубликованных в работах [8-14].

Основная часть

Уравнение

$$U_{xyz} + b(y)U_{xz} + a(x)U_{yz} + c(z)U_{xy} + b(y)c(z)U_x + a(x)b(y)U_z + a(x)b(y)c(z)U = 0 \quad (1)$$

рассмотрим на множестве $H = H_1 \cup H_2 \cup H_3 \cup H_4$,

$$H_1 = \{(x, y, z) \mid 0 < x < y < h, 0 < z < +\infty\}, \quad H_2 = \{(x, y, z) \mid 0 < y < x < h, 0 < z < +\infty\},$$

$$H_3 = \{(x, y, z) \mid 0 < -x < y < h, 0 < z < +\infty\}, \quad H_4 = \{(x, y, z) \mid 0 < y < -x < h, 0 < z < +\infty\}, \quad h > 0.$$

Функция $a(x) \in C[-h, h]$, $b(y) \in C[0, h]$, $c(z) \in C[0, +\infty)$, $a(-x) = -a$. Их первообразные обозначим соответственно $\alpha(x)$, $\beta(y)$, $\gamma(z)$.

Задача S₅. На множестве H найти решение уравнения (1), непрерывное в \bar{H} , удовлетворяющее условиям:

$$U(x, y, z) = \begin{cases} f_1(x, y), (x, y) \in \bar{D}_1, D_1 = \{0 < x < y < h\}, \\ f_2(x, y), (x, y) \in \bar{D}_2, D_2 = \{0 < y < x < h\}, \\ f_3(x, y), (x, y) \in \bar{D}_3, D_3 = \{0 < -x < y < h\}, \\ f_4(x, y), (x, y) \in \bar{D}_4, D_4 = \{0 < y < -x < h\}. \end{cases}$$

$$\int_0^x e^{\beta(t)} U(x, t, z) dt = \psi(x, z), \quad (x, z) \in \bar{D}_0, \quad (2)$$

$$D_0 = \{(x, z) \mid 0 < x < h, 0 < z < +\infty\};$$

$$\int_0^{-x} e^{\beta(t)} U(x, t, z) dt = \varphi(x, z), \quad (x, z) \in \bar{D}_0^*, \quad (3)$$

$$D_0^* = \{(x, z) \mid -h < x < 0, 0 < z < +\infty\},$$

условию сопряжения на характеристической плоскости $x = 0$:

$$\lim_{x \rightarrow 0+0} \frac{\partial}{\partial x} \int_x^y e^{\alpha(t)} (t-x)^{-r_1} U(t, y, z) dt = \lim_{x \rightarrow 0-0} \frac{\partial}{\partial x} \int_{-y}^x e^{\alpha(t)} (x-t)^{-r_2} U(t, y, z) dt \quad (4)$$

$(0 < r_1, r_2 < 1)$,

и на нехарактеристических плоскостях $x = y$, $x = -y$ соответственно:

$$\lim_{y \rightarrow x+0} (U_y - U_x) = \lim_{y \rightarrow x-0} [U_y - U_x - 2\alpha(x)U(x, y, z)] - \frac{\partial}{\partial x} U(x, x - 0, z), \quad (5)$$

$$\lim_{y \rightarrow -x+0} (U_x + U_y) = \lim_{y \rightarrow -x-0} [U_x + U_y + 2\alpha(x)U(x, y, z)] - \frac{\partial}{\partial x} U(x, -x - 0, z). \quad (6)$$

Отметим, что в условиях сопряжения (5) на характеристической плоскости введены производные дробного порядка, т.к. традиционная склейка, содержащая нормальную производную искомого решения, приводит к некорректной постановке задачи. Первые постановки задач с сопряжением, содержащим интегралы и производные дробного порядка, принадлежат В.Ф. Волкодавову. Затем они появились в ряде работ с учениками [1-5]. Заметим также, что к условию (3) легко сводится условие:

$$\frac{1}{xz} \int_0^z d\tau \int_0^x e^{\beta(t)} U(x, t, \tau) dt = \varphi(x, z),$$

которое можно рассматривать как задание среднего значения с весом искомого решения на внутренней плоскости, параллельной граничной $x = h$.

Будем предполагать выполнение следующих условий.

Условия А.

1) $f_i(x, y) \in C(\overline{D_i})$, $f_{i_{xy}}'' \in C(D_i)$; $i = \overline{1, 4}$.

$f_1(x, x) = f_2(x, x) = f_3(x, -x) = f_4(x, -x) = 0$; $f_1(x, y)$ при $x = 0$ обращается в ноль порядка выше r_1 , $f_3(x, y)$ порядка выше r_2 ;

2) $\int_0^x e^{\beta(t)} f_2(x, t) dt = 0$, $\int_0^{-x} e^{\beta(t)} f_4(x, t) dt = 0$.

Условия В. Функции $\varphi(x, z)$, $\psi(x, z)$ имеют непрерывные частные производные первого порядка в своих областях определения; $\varphi(x, 0) = \psi(x, 0)$. При $x = 0$ обе функции обращаются в ноль порядка выше первого.

В ходе дальнейших рассуждений для заданных функций могут быть введены дополнительные ограничения. Для решения поставленной задачи S_5 воспользуемся, полученным методом Римана, решением задачи Дарбу, в котором введено интегральное представление одной из заданных функций [7], в силу чего решение приобрело более простой вид. В результате имеем в области H_1 :

$$U(x, y, z) = \int_0^x T_1(t, z) e^{2\beta(t) - \beta(x) - \beta(y)} dt + \int_x^y N_1(t, z) e^{\alpha(t) + \beta(t) - \alpha(x) - \beta(y)} dt + e^{\gamma(0) - \gamma(z)} f_1(x, y), \quad (7)$$

где

$$U(x, x + 0, z) = \int_0^x T_1(t, z) e^{2\beta(t) - 2\beta(x)} dt, \quad (8)$$

$$N_1(t, z) = \frac{1}{2} [T_1(t, z) + v_1(t, z)], \quad v_1 = \lim_{y \rightarrow x+0} (U_y - U_x). \quad (9)$$

В области H_2 :

$$U(x, y, z) = \int_0^y T_2(t, z) e^{2\alpha(t) - \alpha(x) - \alpha(y)} dt + \int_y^x N_2(t, z) e^{\alpha(t) + \beta(t) - \alpha(x) - \beta(y)} dt + e^{\gamma(0) - \gamma(z)} f_2(x, y), \quad (10)$$

$$U(x, x - 0, z) = \int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t) - 2\alpha(x)} dt, \quad (11)$$

$$N_2 = \frac{1}{2} [T_2 - v_2], \quad v_2 = \lim_{y \rightarrow x-0} (U_y - U_x). \quad (12)$$

В области H_3 :

$$U(x, y, z) = \int_x^0 T_3(t, z) e^{2\beta(-t) - \beta(-x) - \beta(y)} dt + \int_{-y}^x N_3(t, z) e^{\alpha(t) + \beta(-t) - \alpha(x) - \beta(y)} dt + e^{\gamma(0) - \gamma(z)} f_3(x, y), \quad (13)$$

$$U(x, -x + 0, z) = \int_x^0 T_3(t, z) e^{2\beta(-t) - 2\beta(-x)} dt, \quad (14)$$

$$N_3 = \frac{1}{2} [T_3 + v_3], \quad v_3 = \lim_{y \rightarrow -x+0} (U_x + U_y). \quad (15)$$

И в области H_4 :

$$U(x, y, z) =$$

$$= \int_{-y}^0 T_4(t, z) e^{2\alpha(t) - \alpha(x) - \alpha(-y)} dt + \int_x^{-y} N_4(t, z) e^{\alpha(t) + \beta(-t) - \alpha(x) - \beta(y)} dt + e^{\gamma(0) - \gamma(z)} f_4(x, y), \quad (16)$$

$$U(x, -x - 0, z) = \int_x^0 T_4(t, z) e^{2\alpha(t) - 2\alpha(x)} dt, \quad (17)$$

$$N_4 = \frac{1}{2} [T_4 - v_4], \quad \lim_{y \rightarrow -x-0} (U_x + U_y). \quad (18)$$

Решение уравнения (1), определяемое формулами (8), (11), (14), (17), удовлетворяет условию (2) задачи S_5 . Неизвестные функции N_j, T_j , $j = \overline{1,4}$ будем искать в классе функций, для которых выполняются следующие условия.

Условия C . $N_k(x, z)$ и $T_k(x, z)$ непрерывны вместе со своими частными производными по переменной z в области D_0 , ($k = \overline{1,2}$) и абсолютно интегрируемы на сегменте $[0, h]$ при любом $z \in [0, +\infty)$; $N_m(x, z)$ и $T_m(x, z)$ непрерывны вместе со своими частными производными по z в области D_0^* , абсолютно интегрируемы по x на сегменте $[-h, 0]$ при любом $z \in [0, +\infty)$.

$$T_j(x, 0) = N_j(x, 0) = 0, \quad j = \overline{1,4}.$$

Функции, определяемые формулами (11), (17) подчиним условиям (3), (4) соответственно. После некоторых преобразований получаем с учетом условий A_2 :

$$\int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t) - \alpha(x) + \beta(x)} dt + x N_2(x, z) e^{\alpha(x) + \beta(x)} = [e^{\alpha(x)} \psi(x, z)]'_x, \quad (19)$$

$$- \int_x^0 T_4(s, z) e^{2\alpha(s) - \alpha(x) + \beta(-x)} ds + x N_4(x, z) e^{\alpha(x) + \beta(-x)} = [e^{\alpha(x)} \varphi(x, z)]'_x. \quad (20)$$

Из непрерывности решения задачи S_5 на плоскостях $y = x, y = -x$ и $x = 0$ соответственно, получаем соотношения, с учетом представлений (9), (12), (15), (18), (8), (14).

$$\int_0^x T_1(t, z) e^{2\beta(t) - 2\beta(x)} dt = \int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t) - 2\alpha(x)} dt, \quad (21)$$

$$\int_x^0 T_3(t, z) e^{2\beta(-t) - 2\beta(-x)} dt = \int_x^0 T_4(t, z) e^{2\alpha(t) - 2\alpha(x)} dt, \quad (22)$$

$$N_1(y, z) e^{\alpha(y)} = N_3(-y, z) e^{\alpha(-y)}. \quad (23)$$

Условия сопряжения (5)-(7) после ряда тождественных преобразований приводят к следующим равенствам:

$$\begin{aligned} & -N_1(y, z) e^{\alpha(y) + \beta(y)} \cdot y^{-r_1} + r_1 y^{-r_1 - 1} e^{\alpha(y) - \beta(y)} \int_0^y T_1(s, z) e^{2\beta(s)} ds = \\ & = N_3(-y, z) e^{\alpha(-y) + \beta(y)} \cdot y^{-r_2} - r_2 y^{-r_2 - 1} e^{\alpha(y) - \beta(y)} \int_{-y}^0 T_3(s, z) e^{2\beta(-s)} ds, \end{aligned} \quad (24)$$

$$N_2(y, z) = \frac{1}{2} T_1(y, z) - N_1(y, z), \quad (25)$$

$$N_4 = \frac{1}{2} T_3 - N_3. \quad (26)$$

Замечание. Формула (25) получена при дополнительном ограничении, налагаемом на функции f_1 и f_2 :

$$r_1 \int_0^y t^{-r_1 - 1} e^{\alpha(t)} f_1(t, y) dt + r_2 \int_0^y t^{-r_2 - 1} e^{\alpha(t)} f_2(-t, y) dt = 0,$$

которое обеспечивает выполнение условия $N_1(x, 0) = N_2(x, 0) = 0$.

Подставим в формулу (20) вместо интеграла, содержащего T_2 , его выражение через функцию T_1 из соотношения (22), вместо N_2 выражение (26). Полученное при этом равенство рассмотрим как интегральное уравнение относительно функции T_1 .

$$T_1(x, z) e^{2\beta(x)} + \frac{2}{x} \int_0^x T_1(t, z) e^{2\beta(t)} dt = \frac{\Phi_1(x, z)}{x}, \quad (27)$$

где

$$\Phi_1(x, z) = e^{\beta(x) - \alpha(x)} (e^{\alpha(x)} \psi(x, z))'_x + x N_1(x, z) e^{2\beta(x)}. \quad (28)$$

Единственное решение уравнения (28), полученное методом последовательных приближений [6], имеет вид:

$$T_1(x, z) e^{2\beta(x)} = -\frac{2}{x} \int_0^x \left(\frac{t}{x}\right)^2 \frac{2\Phi_1(t, z)}{t} dt + \frac{2\Phi_1(x, z)}{x}. \quad (29)$$

Откуда вычислением получаем

$$\int_0^y T_1(x, z) e^{2\beta(t)} dt = \frac{2}{y^2} \int_0^y t e^{\beta(t) - \alpha(t)} [e^{\alpha(t)} \psi(t, z)]'_t dt + \frac{2}{y^2} \int_0^y t^2 N_1(t, z) e^{2\beta(t)} dt. \quad (30)$$

Из формул (21), (23), (27) аналогичными рассуждениями имеем:

$$\int_{-y}^0 T_3(t, z) e^{2\beta(-t)} dt = \frac{2}{y^2} \int_{-y}^0 t e^{\beta(-t) - \alpha(t)} [e^{\alpha(t)} \varphi(t, z)]'_t dt + \frac{2}{y^2} \int_{-y}^0 t^2 N_3(t, z) e^{2\beta(-t)} dt. \quad (31)$$

Выражения (31), (32) подставим в формулу (25) с учетом равенства (24). Получаем относительно N_1 интегральное уравнение

$$y^2 e^{2\beta(y)} N_1(y, z) = \frac{2\sigma(y)}{y} \int_0^y t^2 e^{2\beta(t)} N_1(t, z) dt + F(y, z), \quad (32)$$

в котором

$$F(y, z) = \frac{-2}{y(y^{r_1+y^{r_2}})} \left[r_1 y^{r_2} \int_0^y t \frac{\partial}{\partial t} (e^{\alpha(t)} \psi(t, z)) e^{\beta(t)-\alpha(t)} dt + r_2 y^{r_1} \int_{-y}^0 t e^{\beta(-t)-\alpha(t)} \frac{\partial}{\partial t} (e^{\alpha(t)} \varphi(t, z)) dt \right] \quad (33)$$

$$\sigma(y) = \frac{r_1 y^{r_2} + r_2 y^{r_1}}{y^{r_1+y^{r_2}}}, \quad (34)$$

очевидно, $0 < \sigma(y) < 1$.

Единственное решение уравнения (33) представимо формулой

$$N_1(y, z) e^{2\beta(y)} = \frac{2\sigma(y)}{y^3} \int_0^y t^2 F(t, z) e^{2 \int_t^y \frac{\sigma(\tau)}{\tau} d\tau} dt + \frac{F(y, z)}{y^2}. \quad (35)$$

С применением теоремы о среднем производим оценку:

$$e^{\int_t^y \frac{2\sigma(\tau)}{\tau} d\tau} = e^{2\sigma(\tau^*) \int_t^y \frac{d\tau}{\tau}} < e^{2 \ln \frac{y}{t}} = \left(\frac{y}{t} \right)^2, \quad t < \tau^* < y.$$

Из выражений (33), (34), (36) следует, что при выполнении условий B $N_1(x, y)$ принадлежит классу функций, для которых выполняются условия C . Вычисляя

$$\int_0^y t^2 N_1(t, z) e^{2\beta(t)} dt = \int_0^y t^2 F(t, z) e^{2 \int_t^y \frac{\sigma(\tau)}{\tau} d\tau} dt \quad (36)$$

и подставляя во второе слагаемое формулы (31), имеем:

$$\int_0^y e^{2\beta(x)} T_1(t, z) dt = \frac{2}{y^2} \int_0^y t e^{\beta(t)-\alpha(t)} [e^{\alpha(t)} \psi(t, z)]'_t dt + \frac{2}{y^2} \int_0^y t^2 F(t, z) e^{2 \int_t^y \frac{\sigma(\tau)}{\tau} d\tau} dt. \quad (37)$$

$N_3(-y, z)$ находим из формулы (36) посредством соотношения (24). Из выражений (22), (38) получаем $\int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t)} dt$. Из формулы (32) находим $\int_{-y}^0 T_3(t, z) e^{2\beta(-t)} dt$, из соотношения (23) $\int_x^0 T_4(t, z) e^{2\alpha(t)} dt$. Функции $N_2(y, z)$ и $N_4(y, z)$ вычислим из соотношений (20), (21) соответственно, в которые предварительно подставим полученные выражения $\int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t)} dt$ и $\int_0^x T_2(t, z) e^{2\alpha(t)} dt$. В силу громоздкости не приводим эти вычисления. Подставляя в формулы (8), (11), (14), (17) интегралы, содержащие функции $T_k(t, z)$, $k = \overline{1,4}$ и найденные выражения для $N_k(t, z)$, получим решение задачи S_5 в явном виде.

Единственность решения задачи S_5 следует из единственности решения задачи Дарбу для уравнения (1), взятого за основу, а также из единственности решения интегральных уравнений, получаемых в процессе решения. Существование доказано проверкой.

Список литературы

1. Волкодав В.Ф., Томина Е.И. О единственности решения ряда краевых задач для уравнения Лаврентьева-Бицадзе: Деп. в ВИНТИ. 9.03.1997.547-В93, 1993.
2. Волкодав В.Ф., Мансурова Е.Р. Краевая задача для частного вида уравнения Эйлера-Дарбу с интегральными условиями и специальными условиями сопряжения на характеристике // Изв. вузов. Матем., 2000, №8, С.16-19.
3. Волкодав В.Ф., Илюшина Ю.А. Для уравнения смешанного типа единственность решения задачи Т с сопряжением производной по нормали с дробной производной // Изв. вузов. Матем., 2003, №9, с. 6-9.
4. Е.Р. Мансурова. Аналог задачи Трикоми с нелокальным интегральным условием сопряжения // Изв. вузов. Матем, 2009, №4, С. 61-66.
5. Е.Р. Мансурова. Об однозначной разрешимости аналога задачи Трикоми с нелокальным интегральным условием сопряжения // Матем. заметки, 2010, Т.87, №6, С. 866-867.
6. С.Г. Михлин. Интегральные уравнения, М.-Л.: ОГИЗ, 19947.
7. Долгополов В.М., Родионова И.Н. Две задачи для пространственного аналога гиперболического уравнения третьего порядка. Вестн. Сам. гос. тех. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 4(29), 20012, С. 212-217.
8. Долгополов В.М., Родионова И.Н. Основные краевые задачи для одного уравнения третьего порядка в трехмерной области специального вида // Дифференциальные уравнения, 1993, Т. 29, №8, С. 1459.
9. Долгополов В.М., Родионова И.Н. Задачи для уравнений гиперболического типа на плоскости и в трехмерном пространстве с условиями сопряжения на характеристике. Изв. РАН. Сер. Матем., 2011, Т.75, №4, С. 21-28.

10. Долгополов В.М., Родионова И.Н. Задачи с сопряжением на характеристической плоскости для одного пространственного аналога уравнения гиперболического типа. // Вестн. Сам. гос. тех. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2010, №1(20), С. 16-23.
11. И.Н. Родионова Задача с интегральным условием для одного пространственного уравнения гиперболического типа, вырождающегося на координатных плоскостях. // Вестн. Сам. гос. тех. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2011, №2, С. 89-193.
12. Родионова И.Н., Долгополов В.М. Задачи с сопряжением на характеристической плоскости для одного гиперболического уравнения третьего порядка в трехмерном пространстве // Вестн. Сам. гос. тех. ун-та. Сер. Физ.-мат. науки, 2014, №1(34), С. 48-55.
13. Бушков С.В., Родионова И.Н. О постановке краевых задач в области специального типа для одного гиперболического уравнения третьего порядка в трехмерном евклидовом пространстве. Science Time. №1(13), 2015, С. 53-60.
14. Бушков С.В., Родионова И.Н. Нелокальные задачи для одного уравнения гиперболического типа третьего порядка, вырождающегося на координатных плоскостях. // Science Time. №2(26), 2016, С. 92-100.

СЕКЦИЯ №3.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.03)

СЕКЦИЯ №4.

ГЕОМЕТРИЯ И ТОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.04)

СЕКЦИЯ №5.

ТЕОРИЯ ВЕРОЯТНОСТЕЙ И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ СТАТИСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.05)

СЕКЦИЯ №6.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.06)

СОВПАДЕНИЕ Q и Q_k СВОДИМОСТЕЙ НА МНОЖЕСТВАХ ИЗ ИЕРАРХИИ ЕРШОВА

Галимова А.А., Ахтямов Р.Б., Байрашева В.Р.

Казанский Федеральный Университет, г. Казань

Аннотация: Статья посвящена Q -сводимости и иерархии Ершова, играющих важную роль в теории вычислимых функций. Доказано совпадение Q и Q_k сводимостей на множествах из иерархии Ершова. Это является обобщением теоремы В.Д.Соловьева на более широкий класс множеств.

Ключевые слова: вычислимые множества, вычислимо перечислимые множества, сводимости, иерархия Ершова, Т-степень неразрешимости, вычислимая функция.

Данная работа относится к разделу математической логики — вычислимые функции. Рассмотрен вопрос: как ведут себя Q и Q_k -сводимости на множествах из иерархии Ершова. Q -сводимость (или еще ее называют квази-сводимость) была введена С. Тенненбаумом (Роджерс, 1972; Odifreddi, 1989), Q_k -сводимость была введена В.Д.Соловьевым (Соловьев, 1974). Эти сводимости наряду с Т-сводимостью были применены для решения проблемы Поста (Роджерс, 1972; Odifreddi, 1989; Соловьев, 1974) Проблема Поста заключается в нахождении вычислимо перечислимого множества, тьюрингова степень неразрешимости

которой лежит строго между вычислимой тьюринговой степенью и полной вычислимо перечислимой тьюринговой степенью.

Впервые эта проблема была решена А.А.Мучником (Мучник, 1956) и Р.М. Фридбергом (Friedberg, 1957), которые использовали “метод приоритета с конечными нарушениями” для построения необходимого множества. Решение этой проблемы получило продолжение: описать класс $S = \{A \mid A \text{ – вычислимо перечислимое множество и } 0 < \text{deg}(A) < 0'\}$, где $\text{deg}(A)$ – степень неразрешимости по Тьюрингу, 0 – Т-степень вычислимого множества, $0'$ – Т-степень полного вычислимо перечислимого множества. Эта задача была решена С.С. Марченковым (Марченков, 1976), который опирался при доказательстве на работы Ю.Л. Ершова (Ершов, 1970; Ершов, 1977), В.Д. Соловьева (Соловьев, 1974) и А.Н. Дегтева (Дегтев, 1973). В работе В.П. Добрицы (Добрица, 1974) исследовалась связь Q -сводимости и алгебраических отношений между группами.

Результаты по Q и Q_k сводимостям представлены в монографиях Х. Роджерса (Роджерс, 1972), Д. Одифредди (Odifreddi, 1989), Р. Соаре (Coare, 2000), а так же в статьях В.Д. Соловьева (Соловьев, 1974) и Р.Ш. Оманадзе (Оманадзе, 1975; Omanadze, 2018).

Определение. $A \leq_Q B \Leftrightarrow (\exists \text{ вычислимая функция } f) [x \in A \leftrightarrow W_{f(x)} \subset B]$. $A \leq_{Q_k} B \Leftrightarrow (\exists \text{ вычислимая функция } f)(\forall x)[W_{f(x)} \text{ конечно, } x \in A \leftrightarrow W_{f(x)} \subset B]$.

Определение иерархии Ершова. Ю.Л. Ершовым (Ершов, 1977; Ершов, 1971; Ершов, 1968; Ершов, 1968; Ершов, 1970) была построена иерархия множеств, которая совпадает с совокупностью множеств Т-сводимых к полному вычислимо перечислимому множеству.

Рассмотрим иерархию Ершова для конечных уровней $\{\Sigma_n^m\}_{n \geq 0}$. $\Sigma_0^m = \Pi_0^m$ – класс всех вычисляемых подмножеств N . Пусть $n > 0$. Множество $M \in \Sigma_n^m$, если существуют вычислимо перечислимые множества R_0, R_1, \dots, R_{n-1} , что $R_0 \supseteq R_1 \supseteq \dots \supseteq R_{n-1}$ и $M = \bigcup_{i=0}^{\lfloor \frac{n-1}{2} \rfloor} (R_{2i} \setminus R_{2i+1})$ (здесь $R_n = 0$ в случае нечетного n). Множество $M \in \Pi_n^m$, если $\bar{M} = N - M \in \Sigma_n^m$. Из определения Q и Q_k сводимостей следует, что если $A \leq_{Q_k} B$, то $A \leq_Q B$.

В общем случае обратное соотношение неверно. В работе Соловьева В.Д. показано, что для вычислимо перечислимых множеств обратное соотношение верно.

Теорема. (Соловьев В.Д. (Соловьев, 1974)). Пусть A и B – вычислимо перечислимые множества. Тогда если $A \leq_Q B$, то $A \leq_{Q_k} B$. Таким образом, на вычислимо перечислимых множествах сводимость Q_k совпадает со сводимостью Q .

Покажем, что на множествах из иерархии Ершова $\{\Sigma_n^m\}_{n \geq 0}$ это также верно.

Теорема. Пусть $A \in \Sigma_n^m$, $B \in \Sigma_k^m$, для некоторых $n, k \in N$. Тогда если $A \leq_Q B$, то $A \leq_{Q_k} B$.

Доказательство. Приведем здесь набросок доказательства данной статьи. Пусть $A \in \Sigma_n^m$, $B \in \Sigma_k^m$, тогда из результатов Ю.Л.Ершова (Ершов, 1971; Ершов, 1968; Ершов, 1968; Ершов, 1970; Ершов, 1977) и Х. Путнама (Putnam, 1965) следует, что существуют вычисляемые функции $f(x,s)$ и $g(x,s)$ такие, что $C_A(x) = \lim_{s \rightarrow \infty} f(x,s)$ и $C_B(x) = \lim_{s \rightarrow \infty} g(x,s)$. При фиксированном значении x , функции $f(x,s)$ и $g(x,s)$ меняют свои значения с 0 на 1 и с 1 на 0 не более n и k раз соответственно.

Пусть $A \leq_Q B$. Это значит, что существует вычислимая функция r такая, что выполнены следующие условия:

- $(\forall x)[x \in A \rightarrow W_{r(x)} \subset B]$
- $(\forall x)[x \notin A \rightarrow W_{r(x)} \cap \bar{B} \neq \emptyset]$

Необходимо показать, что $A \leq_{Q_k} B$, то есть найдется вычислимая функция $r(x)$ такая, что будут выполнены следующие условия:

1. $(\forall x) W_{r(x)}$ – конечно
2. $(\forall x)[x \in A \rightarrow W_{r(x)} \subset B]$
3. $(\forall x)[x \notin A \rightarrow W_{r(x)} \cap \bar{B} \neq \emptyset]$

При доказательстве будет построена вычислима последовательность конечных множеств $\{T_x\}_{x \geq 0}$, удовлетворяющая условиям:

- 1' $(\forall x)[T_x \text{ – конечно}]$
- 2' $(\forall x)[x \in A \rightarrow T_x \subset B]$
- 3' $(\forall x)[x \notin A \rightarrow T_x \cap \bar{B} \neq \emptyset]$

Отсюда будет следовать, что существует вычислимая функция $\gamma(x): T_x = W_{\gamma(x)}$.

Напомним, что $C_A(x) = \begin{cases} 1, & x \in A \\ 0, & x \notin A \end{cases}$ – характеристическая функция множества A . Поскольку $C_A(x)$ – предельно рекурсивная функция, то есть $C_A(x) = \lim_{x \rightarrow \infty} f(x, s)$, то иногда мы будем считать значение выражения $x \in A_s \Leftrightarrow f(x, s) = 1$, то есть $A_s = \{x \mid f(x, s) = 1\}$. Аналогично, $B_s = \{x \mid g(x, s) = 1\}$.

При построении конечного множества T_x , удовлетворяющего условиям 1'-3', мы на каждом шаге конструкции s будем проверять условие 3':

$$\begin{aligned} x \notin A_s &\rightarrow T_{x,s} \cap \bar{B}_s \neq \emptyset \\ f(x, s) = 0 &\rightarrow T_{x,s} \cap \bar{B}_s \neq \emptyset \end{aligned}$$

Элемент $y \in T_{x,s} \cap \bar{B}_s$ будем называть "потенциальным свидетелем", то есть y имеет статус "потенциального свидетеля", если $y \in T_{x,s}$ и $g(y, s) = 0$ (то есть $y \notin B_s$). Если в дальнейшем на шаге $s_1 > s$ $g(y, s_1)$ изменит свое значение, то есть $g(y, s_1) = 1$, то скажем, что y потерял статус "потенциального свидетеля" и получил статус "полусвидетеля". В дальнейшем, y может получить статус "потенциального свидетеля" на более позднем шаге $s_2 > s_1$, если $f(x, s_2) = 0$ и $g(y, s_2) = 0$. Заметим, что y может менять статус с "полусвидетеля" на "потенциального свидетеля" только конечное число раз.

Если на шаге s $f(x, s) = 0$ и $T_{x,s} \cap B_s = \emptyset$, то будет предпринята попытка найти "потенциального свидетеля" y . Для этого перечисляется рекурсивно перечислимое множество $W_{\rho(x),s}$ и ищется элемент $y \in W_{\rho(x),s}$ такой, что $g(y, s) = 0$.

Из того, что функция $f(x, s)$ меняет значение конечное число раз, то если $x \notin A$, то есть найдется шаг s_0 такой, что $(\forall s > s_0) x \notin A_s$, или, другими словами, $(\forall s > s_0) f(x, s) = 0$, то есть значение функции $f(x, s)$ стабилизируется и будет равно 0 в дальнейшем. Тогда из условия $x \notin A \rightarrow W_{\rho(x)} \cap \bar{B} \neq \emptyset$ следует, что найдется $y \in W_{\rho(x)} \cap B$, то есть $y \in W_{\rho(x)}$, s_0 и $g(y, s_0) = 0$ на шаге s_0 и y получит на шаге s_0 (или более позднем) статус "потенциального свидетеля" и в дальнейшем его не потеряет, то есть станет "истинным свидетелем". В ходе конструкции элементы из $W_{\rho(x)}$, которые получили статус "потенциального свидетеля", будут перечисляться в T_x . Из конструкции будет следовать, что для любого x T_x будет конечным множеством, так как $f(x, s)$ меняется только конечное число раз и $g(y, s)$ меняется конечное число раз; и для каждого x только конечное число "потенциальных свидетелей" будут положены в T_x .

Замечание. Доказательство, приведенное здесь, проходит для всех множеств из иерархии Ершова, то есть для любого $A \leq_T \emptyset'$. Так как $A \leq_T \emptyset' \leftrightarrow$ существует предельно вычислимая функция $f(x, s)$, такая что $C_A(x) = \lim_{x \rightarrow \infty} f(x, s)$ (Putnam, 1965).

Список литературы

1. Friedberg R. M. Two recursively enumerable sets of incomparable degrees of unsolvability. // Proc. Natl. Acad. Sci. USA 43, 1957, pp. 236-238.
2. Odifreddi P. Classical Recursion Theory. The Theory of Functions and Sets of Natural Numbers, 1989.
3. Omanadze R. Sh. // Logic Journal of 7GPL, volume 26, issue 1, 23 January pp. 191-201, 2018.
4. Putnam H. Trial and error predicates and the solution to a problem of Mostowski // Jour. Symb. Log. 30, 1965, pp. 49-57.
5. Дегтев А. Н. tt и m -степени. // Алгебра и Логика, 12, N2, 1973, pp. 143-161.
6. Добрица В. П. О проблеме равенства слов на рекурсивно определенных группах // Третья Всес. Конф. по мат. логике, Тезисы докладов, 1974, 63-65 с.
7. Ершов Ю. Л. Позитивные эквивалентности // Алгебра и Логика, 10, N6, 1971, 620-650 с.
8. Ершов Ю. Л. Об одной иерархии множеств I // Алгебра и логика, 1968.
9. Ершов Ю. Л. Об одной иерархии множеств II // Алгебра и Логика, 1968.
10. Ершов Ю. Л. Об одной иерархии множеств III // Алгебра и логика, 1970.
11. Ершов Ю. Л. Ершов Ю. Л. Теория нумераций. Наука. 1977.
12. Марченков С. С. Об одном классе неполных множеств // Мат. Заметки, 20, 1976, 473-478 с.
13. Мучник А. А. Неразрешимость проблемы сводимости теории алгоритмов. // ДАН СССР, 1956. 194-197 с.
14. Оманадзе Р. Ш. Об одном усилении Q-сводимости // Сибирский фонд алгебры и логики, 1975. Роджерс Х. Теория рекурсивных функций и эффективная вычислимость. Мир. 1972 г.

15. Соар Р. Вычислимо перечислимые множества и степени. // Казанское математическое сообщество, Казань, 2000.
16. Соловьев В. Д. Q-сводимость и гипергиперпростые множества. // Вероятностные методы и кибернетика, выпуск 11. Издательство КГУ, Казань, 1974.

СЕКЦИЯ №7.

ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.07)

ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИКА: ИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ

Свиридов Егор

ОБПОУ «Курский техникум связи»

Аннотация. В данной статье исследуется взаимодействие предметов математики и экономики, рассматривается применение математического моделирования, а также значимость математического аппарата, рассматривающего экономические проблемы.

Математика и экономика – это самостоятельные отрасли знаний, каждая из которых обладает своим объектом и предметом исследования. По мнению знаменитого американского учёного Н. Винера роль математики состоит в том, чтобы отыскать незримый порядок в хаосе, который нас охватывает. Исходя из этой задачи математики, предметом ее изучения является исследование количественных форм изображения абстрактных связей, которые способны иметь место в окаймляющем нас мире. Исходя из этого, математика как наука создает многофункциональные аналитические методы исследования связей и приобретения на этой основе новейших сведений об окружающем нас мире. Это делает математический аппарат универсальным инструментом решения многих головоломок, с которыми сталкиваются ученые, трудящиеся в различных областях знаний: экономике, лингвистике, химии, физике, психологии и др., - казалось бы, очень далеких от математики. Именно поэтому математику называют царицей наук.

В нынешнее время наивысших успехов достигают те области знаний, которые наиболее обширно пользуются математическим аппаратом в своих исследованиях. Что же позволяет при применении математики на практике достигать значительных результатов в изучении явлений природы и общества? Ведь математика владеет такими терминами, которые, на первый взгляд, не имеют никакого прямого отношения к действительной жизни: матрицы, интегралы, уравнения и т.д.

Использование математических методов и моделей актуально как на уровне деятельности фирмы в условиях рынка, так и в макроэкономике - на уровне планирования и анализа аспектов экономической деятельности региона и страны. Сегодня, в условиях глобализации мировой экономики и становления общества нового типа - информационного общества - математические модели становятся мощным инструментом прогнозов эволюции цивилизации на нашей планете, что позволяет определять оптимальные магистрали развития экономики.

Линейная модель - модель, отображающая состояние или функционирование системы таким образом, что все взаимозависимости в ней принимаются линейными. Соответственно она может формулироваться в виде одного линейного уравнения или системы линейных уравнений. Рассмотрим задачу.

Задача себестоимости. Пусть C – себестоимость товара количеством x , расходы которые зависят от выпуска продукции (расходы первой группы) обозначим k , а постоянные расходы (расходы второй группы) – b . Функция себестоимости выглядит следующим образом: $C=kx+b$.

Например, перевозка лесоматериала по железной дороге со станции Ставрополь до станции Григорово-Полеская (расстояние 150 км) стоит 44 руб., а до станции Прохладный (расстояние 505 км) - 105 руб. Определить стоимость перевозки такого же объема материала до станции Кисловодск (472 км) и Пятигорск (434 км).

Стоимость перевозки до станции Прохладный больше, чем до станции Григорово-Полеская на (105-44) руб., а расстояние больше на (505-150)км. Пусть перевозка такого же груза на x км стоит y руб. Это дороже, чем до станции Григорово-Полеская, на $(y-44)$ руб. и дальше на $(x-150)$ км. Следовательно $y = 0,172x + 18,2$.

Найдем стоимость перевозки до станции Пятигорск:

$$y = 0,172 \cdot 434 + 18,2 = 92,55. \quad y = 0,172 \cdot 472 + 18,2 = 99,38 .$$

Стоимость перевозки до Кисловодска:

Ответ: 92,55 руб; 99,38 руб.

Таким образом, математика неразрывно связана с другими науками. Она является аппаратом, с помощью которого можно исследовать, анализировать и решать задачи. Строить математические модели мы можем при решении различных задач физики, химии, экономики и т. д.

Список литературы

1. Тутов Л.А., Рогожникова В.Н. ЭКОНОМИКА И МАТЕМАТИКА: ВОЗМОЖНОСТИ И ГРАНИЦЫ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ / Л.А. Тутов, В.Н. Рогожникова // Философия хозяйства. 2015. № 6. С. 89-101.
2. Ковчег А.С., Косых В.В., Алексенко Н.В. ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ЭКОНОМИКИ И МАТЕМАТИКИ / А.С. Ковчег, В.В. Косых, Н.В. Алексеенко // В сборнике: ПОТЕНЦИАЛ РОССИЙСКОЙ ЭКОНОМИКИ И ИННОВАЦИОННЫЕ ПУТИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ Материалы международной научно-практической конференции студентов и аспирантов: в 2 частях. Омский филиал Финансового университета при Правительстве РФ. 2015. С. 270-274.
3. Юркшене Е. М. О роли экономической направленности математического образования [Текст] // Педагогическое мастерство: материалы Междунар. науч. конф. (г. Москва, апрель 2012 г.). — М.: Буки-Веди, 2012. — С. 239-241. — URL <https://moluch.ru/conf/ped/archive/22/2216/> (дата обращения: 05.02.2018).

СЕКЦИЯ №8.

ДИСКРЕТНАЯ МАТЕМАТИКА И МАТЕМАТИЧЕСКАЯ КИБЕРНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.01.09)

МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.00)

СЕКЦИЯ №9.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.01)

СЕКЦИЯ №10.

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРУЕМОГО ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.04)

СЕКЦИЯ №11.

МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.05)

СЕКЦИЯ №12.

ДИНАМИКА, ПРОЧНОСТЬ МАШИН, ПРИБОРОВ И АППАРАТУРЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.06)

**СЕКЦИЯ №13.
БИОМЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.02.08)**

АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.00)

**СЕКЦИЯ №14.
АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.01)**

**СЕКЦИЯ №15.
АСТРОФИЗИКА И ЗВЕЗДНАЯ АСТРОНОМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.02)**

**СЕКЦИЯ №16.
ФИЗИКА СОЛНЦА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.03)**

**СЕКЦИЯ №17.
ПЛАНЕТНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.03.04)**

ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.00)

**СЕКЦИЯ №18.
ПРИБОРЫ И МЕТОДЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.01)**

**СЕКЦИЯ №19.
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.02)**

**СЕКЦИЯ №20.
РАДИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.03)**

**СЕКЦИЯ №21.
ФИЗИЧЕСКАЯ ЭЛЕКТРОНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.04)**

**СЕКЦИЯ №22.
ОПТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.05)**

**СЕКЦИЯ №23.
АКУСТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.06)**

**СЕКЦИЯ №24.
ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.07)**

СЕКЦИЯ №25.

ФИЗИКА ПЛАЗМЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.08)

СЕКЦИЯ №26.

ФИЗИКА НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУР (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.09)

СЕКЦИЯ №27.

ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.10)

СЕКЦИЯ №28.

ФИЗИКА МАГНИТНЫХ ЯВЛЕНИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.11)

СЕКЦИЯ №29.

**ЭЛЕКТРОФИЗИКА, ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИЕ УСТАНОВКИ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.13)**

СЕКЦИЯ №30.

**ТЕПЛОФИЗИКА И ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ТЕПЛОТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.14)**

СЕКЦИЯ №31.

**ФИЗИКА И ТЕХНОЛОГИЯ НАНОСТРУКТУР,
АТОМНАЯ И МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.15)**

СЕКЦИЯ №32.

**ФИЗИКА АТОМНОГО ЯДРА И ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ЧАСТИЦ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.16)**

СЕКЦИЯ №33.

**ХИМИЧЕСКАЯ ФИЗИКА, ГОРЕНИЕ И ВЗРЫВ, ФИЗИКА ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ
СОСТОЯНИЙ ВЕЩЕСТВА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.17)**

СЕКЦИЯ №34.

КРИСТАЛЛОГРАФИЯ, ФИЗИКА КРИСТАЛЛОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.18)

СЕКЦИЯ №35.

**ФИЗИКА ПУЧКОВ ЗАРЯЖЕННЫХ ЧАСТИЦ И УСКОРИТЕЛЬНАЯ ТЕХНИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.20)**

СЕКЦИЯ №36.

ЛАЗЕРНАЯ ФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.21)

СЕКЦИЯ №37.

ФИЗИКА ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 01.04.23)

ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.00)

СЕКЦИЯ №38.

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.01)

СЕКЦИЯ №39.

АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.02)

ОПЫТНО – ПРОМЫШЛЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ СЕЛЕКТИВНОГО СНЯТИЯ ПОКРЫТИЙ СЕРЕБРА С ИЗДЕЛИЙ НА ОСНОВЕ МЕДИ И ЕЕ СПЛАВОВ

Коноваленко А.В.

Научный руководитель доцент, канд. техн. наук **Рюмин А.И.**

Сибирский федеральный университет

Значительную долю серебросодержащего вторичного сырья составляет лом изделий на основе меди и её сплавов, железа, никеля, алюминия с покрытием серебром. Серебро на поверхность изделий наносится обычно электрохимическим способом и толщина покрытия составляет десятки микрон. В зависимости от типа изделий и их назначения содержание серебра составляет от 20% (проволока) до 0,1-0,2% (массивные изделия типа волноводов).

Непосредственная переработка лома посеребренных изделий на аффинажном предприятии приводит к большим материальным затратам на стадии вскрытия сырья и выделения цветных металлов из раствора. Кроме того, на ОАО «Красцветмет» операция выделения меди из растворов сопряжена с выводом в цементаты (медную губку) заметного количества платиновых металлов. Вследствие этого, выводимые в отвалы продукты в составе медной губки платиновые металлы могут по стоимости превышать стоимость извлеченного из ломов серебра в несколько раз.

Значительно более перспективными и эффективными в плане экономии материальных и трудовых ресурсов являются технологии, предусматривающие селективное снятие покрытия серебра с основы изделий.

Известны и применяются в лабораторной и технологической практике селективные реагенты для этой цели. К наиболее эффективным и селективным из них относятся: цианиды, роданиды, тиосульфаты, тиомочевина, иодиды. Общими недостатками данных реагентов является их высокая стоимость, дефицитность, токсичность, сложность извлечения серебра из раствора. Работа установок в режиме: анодное снятие покрытия – катодное осаждение серебра упрощает извлечение серебра из раствора и улучшает технико-экономические показатели. Однако и в этом варианте отмечается высокая степень перехода металла основы в раствор, особенно меди и её сплавов и особенно с односторонним покрытием.

Из литературы /1,2/ известен метод селективного снятия покрытия серебра с применением дешевого реагента - смеси концентрированных серной и азотной кислот. Оптимальная рекомендуемая объемная пропорция серной и азотной кислот (~20:1) обеспечивает полное растворение серебра и эффективную пассивацию основы. Однако в ссылке не приведены другие оптимальные параметры, кроме соотношения кислот.

Оценочные эксперименты подтвердили эффективность данной системы в плане селективного снятия покрытия серебра практически с любой металлической основы, в т.ч. с алюминия и его сплавов, железа и его сплавов.

В серии лабораторных исследований были определены оптимальные показатели технологии селективного извлечения серебра с поверхности изделий на основе меди и медных сплавов. Рекомендуемая температура 70-80°C, объемное отношение серная кислота : азотная кислота 20:1, продолжительность операции 10-20 мин. /3/

Для обеспечения полноты снятия серебра переработку следует вести последовательно в следующей серии ёмкостей:

1. $\text{H}_2\text{SO}_4 : \text{HNO}_3 = 20:1$, температура 70-80°C, продолжительность 10-20 мин.

2. $H_2SO_4 : HNO_3 = 20:1$ температура 70-80°C, продолжительность 10-20 мин.
3. H_2SO_4 , температура 20-25°C, продолжительность 1-2 мин.
4. Аналогично №3.
5. Вода, температура 20-30°C, продолжительность 1-2 мин.
6. Аналогично №5.

Этот режим обеспечивает степень извлечения серебра не менее 99,5-99,9%, а его остаточное содержание в отмытом материале 20-200 г/т.

В первой, основной, емкости концентрация серебра достигает 100-120г/л и раствор выводят на извлечение серебра. В следующем цикле переработки емкость №2 становится первой, а остальные сдвигаются соответственно.

Из раствора серебро выделяют в виде металлического путем разбавления раствора водой в 3 раза и обработкой порошком железа до значения окислительного – восстановительного потенциала (ОВП) 300-350мВ, либо по пробе раствора с HCL.

Одной из проблем является также переработка покрашенных или лакированных изделий. Поисковые эксперименты показали, что обжиг изделий при температурах, обеспечивающих выгорание краски (>400°C), приводит к сплавообразованию за счет взаимной диффузии серебра и меди. А из сплава серебро не представляется возможным с высоким извлечением перевести в раствор. Однако в смеси серной и азотной кислот при температуре 70-80°C слой краски или лака легко и быстро разрушается. Краска преимущественно переходит в раствор, а ее наполнитель, в зависимости от состава, также растворяется, либо остается в нерастворимом остатке.

Полупромышленные испытания на ОАО «Красцветмет» проводили на участке приемного опробования методом растворения ломов участка 1-1. В испытаниях была проверена эффективность снятия серебра с двух партий лома различных поставщиков. Первая партия массой 9259,3 г была представлена разнородными посеребренными изделиями в виде жести, проволоки, гаек, штырей и т.д. Основой материала являлась преимущественно латунь. Вторая партия массой 9134,1 г в основном была представлена медными посеребренными корпусами приборов в форме жести толщиной 1-2 мм. Практически все корпуса были покрыты лаком.

Снятие серебра проводили в контейнерах из титана порциями по 3 кг при температуре 60-70°C. Полноту снятия серебра контролировали визуально. После снятия серебра и двойной промывки изделий в кислотном растворе и воде они имели блестящую желтую (латунь) или красную (медь) поверхность. Визуально покрытие было снято на всех участках. Промытые в воде и высушенные изделия взвешивались и были направлены на плавку для определения остаточного содержания серебра.

Специфика приемного растворения металлических ломов предусматривает опробование растворов, не имеющих осадков. В данном случае растворы содержали осадки, представленные продуктами разложения краски, лака и т.д. В условиях испытания не представлялось возможным фильтрация растворов, т.к. не было соответствующего оборудования и фильтрматериалов. В связи с этим растворы отстаивали и в них определяли концентрацию серебра.

От первой партии лома анализировали основной и первый промывной раствор, а от второй партии основной и оба промывных раствора.

Результаты испытаний представлены в таблице.

Результаты полупромышленных испытаний

№	Масса посеребренного лома, г	Содержание Ag в посеребренном ломе, %	Масса Ag в посеребренном ломе, г	Объем раствора, л	Концентрация Ag в растворе, г/л	Масса Ag в растворе, г
1	9259,3	1,78	164,8	7,0	23,3	163,0
2	9134,1	9,39	857,7	21,5	39,7	854,0

№	Масса лома после снятия серебра, г	Содержание Ag в ломе после снятия серебра, %	Масса Ag в ломе после снятия серебра, г	Извлечение серебра в раствор, %
1	8876,6	0,015	1,3	99,2
2	8857,6	0,04	3,5	99,6

Из полученных данных следует, что из лома с содержанием серебра 1,78% после его снятия извлекается в раствор 99,2%. Остаточное содержание серебра в полученном латунном ломе составило 0,015%. Визуально поверхность латуни чистая, блестящая. По опыту лабораторных исследований следует, что основная масса неснятого серебра сосредоточена в припойных частях на некоторых корпусах и деталях.

Из более богатого лома, с содержанием серебра 9,39%, в раствор извлекается 99,6%. Остаточное содержание серебра в полученном медном ломе составляет 0,04%. Как и в предыдущем случае, неснятое серебро сосредоточено в припойных частях лома.

Из проведенных на заводе экспериментов следует, что степень извлечения серебра в раствор при селективном снятии серебряного покрытия достигает 99-99,6 %. При отборе изделий, не содержащих припоя, степень снятия покрытия стабильно превышает 99,8%.

При использовании данного метода на участке выявлены следующие осложнения:

- наличие в растворе осадка от керамики, лака, краски.
- трудность фильтрации растворов концентрированной серной кислоты.
- нерешенность проблемы переработки сульфатных серебросодержащих растворов в цехе

№2.

Все данные проблемы могут быть решены организационно и технически.

Наиболее целесообразен этот метод не для участка 1-1, а для отдельного участка.

Медный и латунный лом после снятия серебра, плавки и опробования может быть направлен на предприятия по переработке вторичного сырья драгоценных металлов. На данных предприятиях электролитическим рафинированием остатки серебра концентрируются в шламе, который возвращается на ОАО «Красцветмет». Оплата за медь компенсирует затраты на извлечение серебра и транспортные расходы.

Список литературы

1. Худяков, К.П. Металлургия вторичных тяжелых цветных металлов. – Москва: Metallurgy, 1987-486с.
2. Буркат, Г.К. Серебрение, золочение, палладирование, родирование. – Ленинград: Машиностроение, 1984-96с.
3. Михнев, А.Д. Извлечение серебра из электронного лома/ А.Д. Михнев, А.А. Колмакова, А.А. Колмаков, А.И. Рюмин// Цветные металлы -2004-№5-с. 42-44.

СЕКЦИЯ №40.

ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.03)

СЕКЦИЯ №41.

ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.04)

КВАНТОВО-ХИМИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СИНЕРГИЗМА ДЕЙСТВИЯ ПРИРОДНЫХ АНТИОКСИДАНТОВ ФЕНОЛЬНОЙ ПРИРОДЫ

^{1,2}Дадали Ю.В., ¹Дадали В.А.

¹ФГБОУ ВПО Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова,
г. Санкт-Петербург

²ЗАО «Санкт-Петербургский институт фармации», г. Санкт-Петербург

Среди большинства природных антиоксидантов наиболее распространенными соединениями, отличающимися высокой структурной полифункциональностью и биологической активностью, являются флавоноиды – один из многочисленных классов обширного семейства растительных фенолов [2,6]. Гликозиды и эфиры полигидроксикислот и флавоноидов еще в большей степени расширяют структурные возможности флавоноидов. Информация о связи биологической активности со структурными особенностями флавоноидов крайне ограничена [6,11,13]. Тем не менее, без представления о пространственной структуре и ориентации функциональных групп в этих соединениях картина не может быть полной.

Цель работы и метод расчета. Целью настоящей работы является установление связи между антирадикальной и антиоксидантной активностью флавоноидов и некоторыми расчетными параметрами их структуры. Множественность возможных взаимодействий флавоноидов с ферментными системами, в том числе ферментами метаболизма активных форм кислорода (АФК), с мембранными структурами, и в первую очередь, с точки зрения гидрофобных взаимодействий, не позволяют рассматривать проблему антиоксидантной активности в полном объеме [6,9]. Однако, такой важный аспект этой проблемы, как функционирование флавоноидов в качестве «ловушек» свободных радикалов [2,3,6,8,9,10,13], в первом приближении может быть рассмотрен с точки зрения термодинамической выгоды процесса переноса электрона и восстановления молекул субстрата окисления.

Нами были проведены квантово-химические расчеты молекулярных структур флавоноидов семейства флавоон-3-олов (рис. 1) и других семейств флавоноидов, некоторых природных антиоксидантов фенольной природы, а также субстратов окисления – полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК) в условиях пренебрежения взаимодействиями с соседними молекулами. Для этого использовали полуэмпирическую параметризацию PM-3 на основе метода МО ЛКАО самосогласованного поля Хартри-Фока (ССП ХФ) [4] с учетом всех валентных электронов, и пренебрежением нулевым дифференциальным перекрытием.

Результаты и их обсуждение. Известно [8], что одним из ключевых процессов, инициируемых активными формами кислорода в клетке организма, являются процессы перекисного окисления липидов, протекающие по цепному свободно-радикальному механизму. В ходе указанных реакций происходит накопление аллильных L^{\bullet} , пероксильных LOO^{\bullet} и алкоксильных LO^{\bullet} радикалов липидов, инициирующих образование новых радикалов и, тем самым – новых цепей окисления.

Подобно α -токоферолу и другим фенольным соединениям флавоноид, выступающий в качестве ловушки радикалов, способен отдавать свой атом водорода субстрату, например, липиду, окисляясь до флавоноксильного радикала. Действительно, редокс-потенциал флавоноксильных радикалов, как и токоферил-радикалов, ниже потенциала пероксидного радикала липида [7,13]. Однако, указанный перенос электрона является энергетически выгодным не для всех гидроксильных групп молекулы.

Квантово-химический расчет энергии отрыва атома водорода от различных гидроксильных групп флавоноидов показывает, что 3',4'-ОН, и 3-ОН (для сопряженных структур) положения отвечают наименьшей величине энергии образования радикала (табл. 1). Однако, с учетом стерического экранирования наиболее выгодными являются 3',4'-ОН положения, что согласуется с экспериментальными данными [13]. Тем не менее, изолированный характер 3', 4'-ОН – групп едва ли имеет место. Так, наличествующая во всех без исключения флавоноидах 7-ОН – группа, отличающаяся повышенной склонностью к диссоциации и образованию анионной формы, по-видимому, играет важную роль в стабилизации

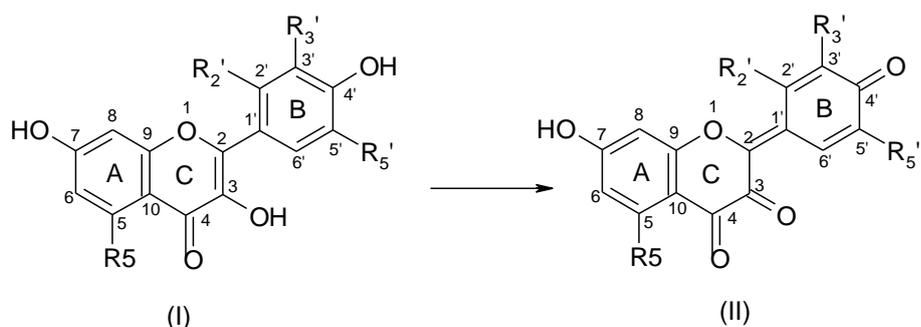


Рис. 1. Химическая структура флавоноидов класса флавоон-3-олов (слева) и её изменение при окислении (справа): R5 = OH; R2' = R3' = R5' = H – кемпферол; R5 = R3' = OH; R2' = R5' = H – кверцетин; R5 = R3' = R5' = OH; R2' = H – мерцетин; R3' = OH; R5 = R2' = R5' = H – физетин; R5 = R2' = OH; R3' = R5' = H – морин; R5 = R3' = OH; R3 = R2' = R5' = H – лютеолин.

флавоноксильного радикала. Свидетельством этому являются полученные в расчетах данные по энергии образования радикала и порядкам связей в молекулах. Наиболее глубокий минимум энергии для радикала кверцетина ($E = -185.6$ ккал/моль) достигается в случае его анионной структуры - $E = -234.4$ ккал/моль, что соответствует наибольшей делокализации электронной плотности и увеличению значений порядков связей.

Таблица 1.

Расчетные значения энергий отрыва атома водорода от различных гидроксильных групп молекул флавоноидов

Биофлавоноид	Энергия отрыва атома водорода от молекулы ΔE , ккал/моль				
	3'-ОН	4'-ОН	5-ОН	7-ОН	3-ОН
Кверцетин	28,5	32,3	39,1	40,9	26,3
Дигидрокверцетин	35,7	32,0	45,8	42,3	52,0
Физетин	32,5	32,5	-	39,3	26,4
Дигидрофизетин	32,5	28,8	-	38,6	48,7

Вообще, фактор стабилизации флавоноксильного радикала играет важную роль в проявлении антирадикальной и антиоксидантной активности флавоноида, которые, как известно [7,10], не всегда совпадают. В таблице 2 приведены расчетные значения энергии образования радикалов в 4'-ОН положении для различных флавоноидов.

Таблица 2.

Расчетные значения энергий отрыва атома водорода ΔE и энергий E образования флавоноксильных радикалов (4'-ОН – положение)

Биофлавоноид	Энергия отрыва атома водорода ΔE , ккал/моль	Энергия образования радикала E , ккал/моль	Биофлавоноид	Энергия отрыва атома водорода ΔE , ккал/моль	Энергия образования радикала E , ккал/моль
Мерцетин	28,7	-232,3	Дигидромерцетин	28,8	-252,8
Кверцетин	32,3	-185,6	Дигидрокверцетин	32,0	-209,3
Кемпферол	34,6	-140,3	Дигидрокемпферол	38,4	-159,9
Робинетин	30,7	-192,0	Дигидроробинетин	32,1	-204,6
Физетин	29,5	-143,2	Дигидрофизетин	32,5	-161,1
3,4',7-три-гидроксифлаво	34,9	-97,8	Гарбанзол	35,1	-111,1

	-	-	Катехин	28,7	-178,5
Лютеолин	30,0	-145,0	Эриодиктиол	32,6	-173,1
Апигенин	35,8	-99,0	Нарингенин	35,3	-123,6

Можно полагать, что более стабильные радикальные структуры, соответствующие наиболее глубокому минимуму энергии (например, мерцетин, кверцетин, робинетин, катехин и большая часть флаванолов), обладают более высокой антиоксидантной активностью в силу меньшей реакционной способности, а значит, неспособности эффективно продолжать цепи окисления [7,10,13]. В целом, проблема антиоксидантной и прооксидантной активности в зависимости от строения и концентрационных соотношений антиоксидантов в реакционных системах сложна, и требует своего решения.

Так, ингибирование процессов перекисного окисления липидов (обычно обозначаемое k_7) с помощью известных ловушек радикалов, например, биофлавоноидов или α -токоферола, может быть неэффективным в отсутствие иных соединений-синергистов – восстановителей токоферола. Чтобы предотвратить продолжение цепей свободно-радикального окисления, которую ведут образовавшиеся радикалы самого ингибитора – флавоноксильные или токоферил-радикалы (обозначаемые k_{10}), необходимо совместное действие ступенчато построенной системы антиоксидантов и синергистов, каждая ступень которой выполняет восстанавливающую функцию для предыдущей (рис. 2). Такое совместное действие системы антиоксидантов может характеризоваться соответствующими значениями ΔE энергии гомолитического отрыва атома водорода от молекул в ходе их окисления

$$\Delta E = E(\text{Ing}^\bullet) - E(\text{IngH}), \quad (1)$$

а также большей устойчивостью последовательно образующихся радикалов ингибиторов по сравнению с субстратом (величины E в табл. 2).

Расчеты показывают, что значения редокс-потенциалов [10,13] флавоноидов одного семейства удовлетворительно коррелируют с величинами ΔE . Например, для группы флавонолов получена монотонно возрастающая линейная зависимость. Для совокупности флавоноидов из разных групп имеет место монотонно возрастающая зависимость, нелинейный характер которой, очевидно, обусловлен наложением прямых с различным наклоном от каждого из семейств. Таким образом, чем меньше энергия отрыва атома водорода для данного соединения, тем выше его восстанавливающая способность. Полученные данные позволяют упростить процедуру поиска эффективной системы антиоксидантов и синергистов, приведя ее на первом этапе к теоретическому расчету ΔE , без экспериментального определения значений редокс-потенциалов.

Можно полагать, что для оценки энергетической выгодности протекания окислительно-восстановительного процесса в направлении восстановления субстрата LH, достаточно исходить из сравнения $\Delta E(\text{IngH})$ и $\Delta E(L^\bullet)$:

$$\Delta E(\text{IngH}) < \Delta E(L^\bullet), \quad (2)$$

Условие (2) отражает известный [1] термодинамический критерий преимущественного направления протекания химического процесса. Иными словами, равновесие обратимой реакции будет смещено в сторону восстановленного субстрата, если

$$(E(\text{Ing}^\bullet) + E(\text{LH})) - (E(\text{IngH}) + E(L^\bullet)) < 0. \quad (3)$$

Приведенный квантово-химический расчет свидетельствует о том, что для биофлавоноидов значения ΔE варьируют в зависимости от строения от 28 до 39 ккал/моль (табл. 2), что сравнимо с рассчитанной величиной для α -токоферола $\Delta E = 29.2$ ккал/моль (табл. 3). Это указывает на то, что восстановление токоферола из токоферил-радикала при помощи флавоноидов значительно менее выгодно, чем аскорбиновой кислотой ($\Delta E = 10.3 \div 13.8$ ккал/моль), что согласуется с литературными данными [10,11].

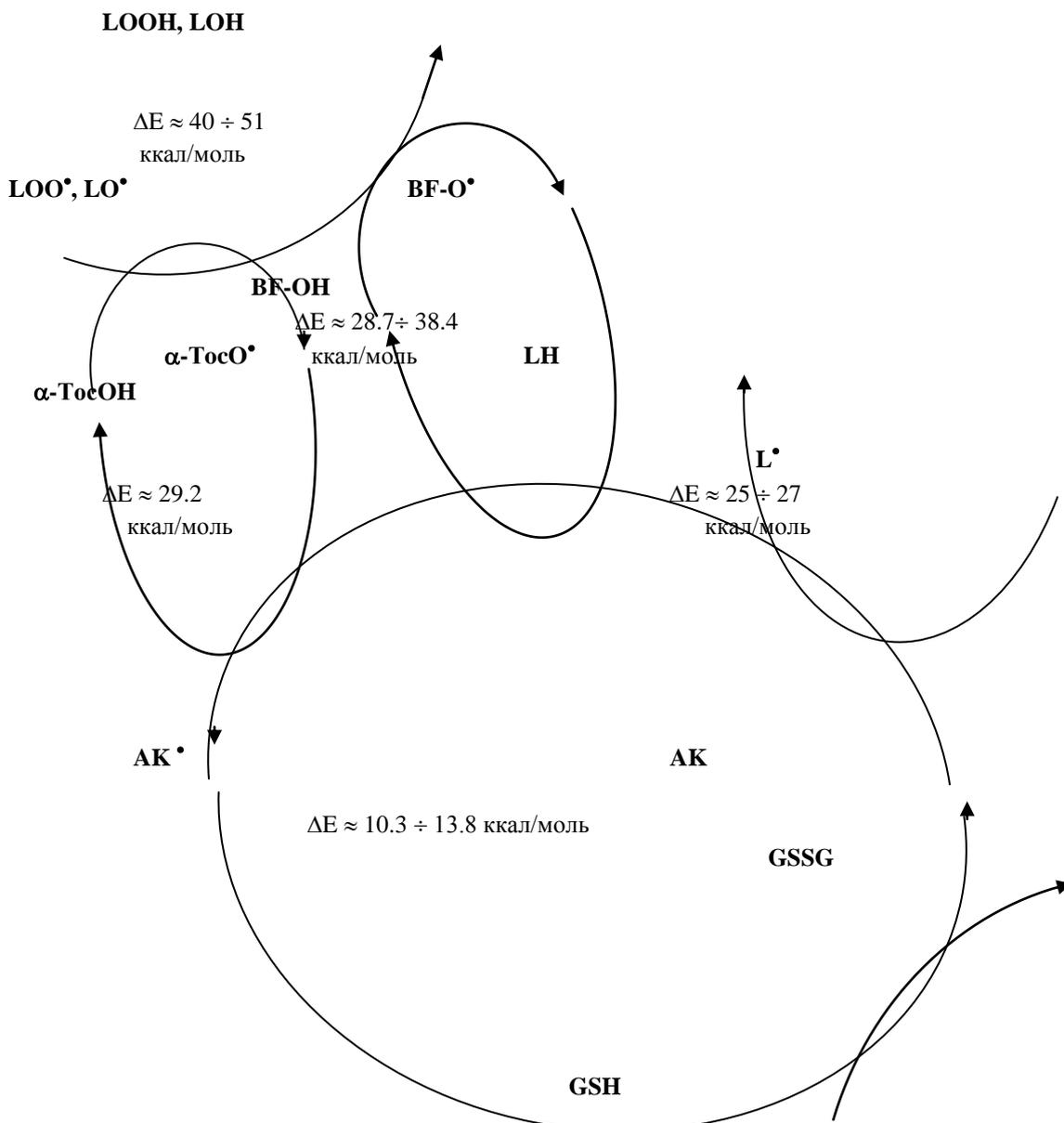


Рис. 2. Схема синергизма действия различных антиоксидантов фенольной природы в защите липидов мембран от окисления (многоступенчатая восстановительная система антиоксидантов, повышающая антиоксидантную активность).

Так, значение редокс-потенциала тролокса (водорастворимого аналога α -токоферола) ниже (а не выше), чем у флавоноксильного радикала [7]. В то же время, сам флавоноид может восстанавливаться из своей окисленной формы также при непосредственном участии аскорбиновой кислоты (рис. 2). Ее восстановительные свойства как антиоксиданта, и, прежде всего, как эффективного синергиста других антиоксидантов (токоферолов, флавоноидов), обусловлены наиболее низким редокс-потенциалом [5,11], и соответственно наименьшим значением ΔE (табл. 3). Тем самым, она может служить эффективным восстановителем окисленных форм всех антиоксидантов.

Таблица 3.

Расчетные значения энергий отрыва атома водорода ΔE от молекул субстратов окисления и энергий образования E радикалов

		E, ккал/моль					
ПНЖК		LH	L•	LOOH	LOO•	LOH	LO•
Олеиновая кислота	(C _{18:1})	-161,0	-134,3	-184,3	-143,2	-202,0	-150,6

Линолевая кислота (C _{18:2})	-134,2	-109,2	-163,0	-123,0	-180,7	-130,1
Линоленовая кислота (C _{18:3})	-107,3	-82,4	-135,2	-93,9	-152,9	-102,3
Арахидоновая кислота (C _{20:4})	-91,2	-66,2	-119,9	-77,7	-134,8	-84,3
	$\Delta E(L^\bullet)$, ккал/моль		$\Delta E(LOO^\bullet)$, ккал/моль		$\Delta E(LO^\bullet)$, ккал/моль	
ПНЖК	1	2	1	2	1	2
Олеиновая кислота (C _{18:1})	45,9	26,7	42,2	41,1	47,8	51,4
Линолевая кислота (C _{18:2})	45,7	25,0	42,1	40,0	52,2	50,6
Линоленовая кислота (C _{18:3})	45,8	25,0	50,1	41,3	52,0	50,7
Арахидоновая кислота (C _{20:4})	-	25,0	-	42,3	-	50,5

В таблице 4 представлены значения ΔE и энергии образования E алкильного, пероксильного и алкоксильного радикалов для 4 полиненасыщенных жирных кислот (ПНЖК), входящих в состав фосфолипидов биомембран. Как и следовало ожидать, значения E убывают в зависимости от числа двойных цис-связей в ряду 1-2-3-4 (олеиновая – линолевая – линоленовая – арахидоновая кислота) как для самих молекул субстратов окисления, так и для их радикалов.

Таблица 4.

Расчетные значения энергий отрыва атома водорода ΔE от молекул некоторых антиоксидантов и энергий образования E их радикалов

Антиоксидант	$\Delta E(R^\bullet)$, ккал/моль	$E(R^\bullet)$, ккал/моль
α -токоферол	29,2	-148,3
Биофлавоноиды	28,7 ÷ 38,4	-252,8 ÷ -97,8
Аскорбиновая кислота	10,3 ÷ 13,8	-223,3 ÷ -219,9

Наиболее вероятное расположение радикального центра в случае алкильного радикала линолевой кислоты показано на рис. 3а и 3б, что соответствует более глубокому минимуму энергии образования радикала (табл. 4), чем состояние 2 (рис. 3в). На основе рассчитанных значений порядков связей можно полагать, что конфигурация 1 (рис. 3б) характеризуется более выраженной делокализацией электронной плотности, отвечающая более устойчивому состоянию радикала L^\bullet .

Можно полагать, что в образующемся из L^\bullet радикале LOO^\bullet пероксильная группа располагается у 11 атома углерода, на котором локализована электронная плотность в алкильном радикале L^\bullet (рис. 3б). Однако, расчет показывает, что состояния 1 и 2 (рис. 4а и 4б) пероксильного радикала характеризуются близкими значениями энергии образования E и восстановления ΔE (табл. 4), а в состоянии 2 имеет место обращение цис-конфигурации в транс-конфигурацию за счет смещения электронной плотности от двойной связи, что соответствует литературным данным [5,11]. Таким образом, вероятны внутримолекулярные перегруппировки в состоянии 2.

Аналогичное обращение цис-конфигурации в транс-конфигурацию обнаруживается и для алкоксильного радикала (рис. 5а и 5б), образующегося в ходе реакций распада гидроперекисей. Оба возможные состояния радикала LO^\bullet также имеют близкие значения E и ΔE (табл. 3).

Однако, указанное свойство может служить основой для предположения о механизме экспериментально наблюдаемого *in vitro* [12] синергизма смесей “токоферол – лецитин” и “флавоноид – лецитин”. Можно полагать, что в присутствии синергиста – лецитина LH_{syn} равновесие реакции сдвигается в сторону восстановления субстрата LH токоферолом или флавоноидом, поскольку восстановление последних при участии лецитина или ПНЖК термодинамически выгодно (рис. 6):

$$\Delta E(L^{\bullet}) < \Delta E(\alpha\text{-Тос-ОН}), \Delta E(\text{BF-ОН}) \quad (6)$$

$$\Delta E(LH_{syn}) < \Delta E(\alpha\text{-Тос-О}^{\bullet}), \Delta E(\text{BF-О}^{\bullet}). \quad (7)$$

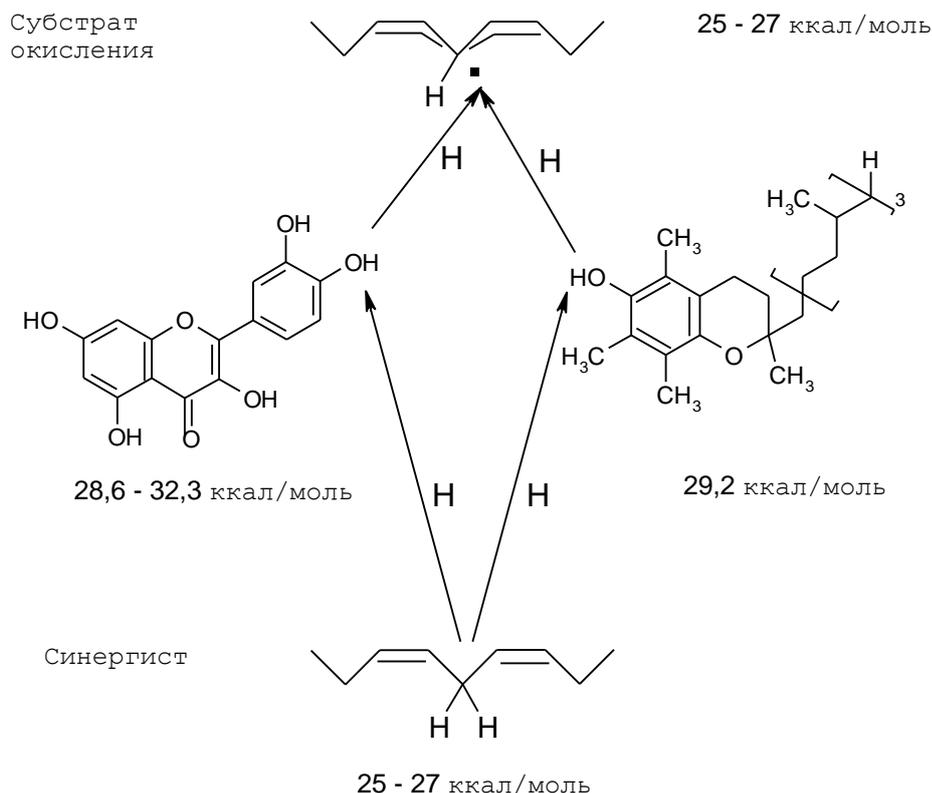


Рис. 6. Механизм синергизма биофлавоноидов (токоферола) и лецитина (ПНЖК) в реакции восстановления субстрата (ПНЖК фосфолипидов).

Еще одним из возможных механизмов антирадикальной активности флавоноидов могут служить реакции инактивации радикалов, так называемые реакции “гашения” алкильных радикалов флавоноксильными радикалами:



В результате протекания указанных реакций возможно образование достаточно устойчивых по энергии нерадикальных продуктов BFO-L и рекомбинация сразу двух активных радикалов. На основе расчетов и уравнения

$$\Delta E' = E(\text{BFO-L}) - [E(\text{BF-O}^{\bullet}) + E(\text{L}^{\bullet})] \quad (8)$$

получены значения выигрышей энергии $\Delta E'$ в реакциях (I): более высокие значения $\Delta E'$ ($\approx 43 \div 47$ ккал/моль) отвечают флавоноидам, имеющих в кольце В одну гидроксильную группу в 4'-положении (кемпферол, дигидрокемпферол, 3,4',7-тригидроксифлавонон, гарбанзол, апигенин, нарингенин и др.), чем две OH-группы в 3', 4' положениях, что обусловлено стерическими факторами (рис. 1). Кроме того, радикалы флавоноидов с одной OH-группой в 4'-положении являются наиболее неустойчивыми, а значит, они способны легко вступать в реакции инактивации и «гашения» (I).

Как и следовало ожидать, в ходе гомолитического образования ковалентной связи BFO : L наблюдается иное распределение электронной плотности молекулы продукта BFO-L, чем в отдельных радикалах линолевой кислоты L^{\bullet} (рис. 4б) и кверцетина BF-O^{\bullet} : так, в молекуле продукта оно становится

идентичным распределению в нейтральных молекулах линолевой кислоты и кверцетина, поскольку один из вступающих в реакцию (I) радикалов замещает недостающий атом водорода у другого радикала. Тем самым, образующееся нерадикальное соединение становится более устойчивым.

Молекула флавоноида, участвуя как в окислительно-восстановительных реакциях, так и реакциях «гашения», способна инактивировать, как минимум, два липидных радикала. Таким образом, реакции «гашения» могут являться дополнительным механизмом к приведенной восстановительной антиоксидантной системе, выводящим активные радикалы из сферы реакций свободно-радикального окисления, и тем самым способствующим повышению антиоксидантной активности системы.

Заключение. Как следует из квантово-химических расчетов, для предотвращения продолжения цепей свободно-радикального окисления, необходимо совместное действие системы антиоксидантов, характеризующихся соответствующими значениями энергий ΔE восстановления радикалов. Расчеты показывают, что флавоноиды могут функционировать параллельно с α -токоферолом как эффективные ловушки пероксильных и алкоксильных радикалов липидов. Образующиеся в результате флавоноксильные радикалы в ряде случаев могут быть более устойчивыми по сравнению с токоферил-радикалами и не давать продолжения цепей окисления. В то же время, синергизм совместного действия антиоксидантов с участием токоферола или флавоноидов наиболее выгоден в системах с аскорбиновой кислотой, характеризующейся наименьшим значением ΔE , а также в присутствии дополнительного количества молекул ПНЖК или лецитина. Наличие в антиоксидантной системе последних может также способствовать эффективному антиокислительному действию α -токоферола и флавоноидов и на алкильных радикалах липидов, для которых величина ΔE меньше соответствующих значений для указанных антиоксидантов. Наряду с восстановительными свойствами флавоноидов термодинамически обоснованным представляется и механизм инактивации алкильных радикалов липидов с флавоноксильными радикалами.

Список литературы

1. Герасимов Я.И. Курс физической химии. Т. 1. – М.: Химия, 1973. – 656 с.
2. Дадали В.А. Биохимические основы действия микрокомпонентов пищи / Шабров А.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. – М.: 2003. – 174 с.
3. Дадали Ю.В., Дадали В.А., Макаров В.Г. и др. Сравнительное кинетическое исследование антирадикальной и антиоксидантной активности природных полифенолов в реакциях инициированного окисления N,N'-дифенил-п-фенилендиамина / Дадали Ю.В., Дадали В.А., Макаров В.Г., Кулеба В.А. // Профилактическая и клиническая медицина. – 2014. – Вып. 1 (50). – С. 93 – 99.
4. Дьячков П.Н.. Квантово-химические расчеты в изучении механизма действия и токсичности чужеродных веществ” - В сб. Итоги науки и техники. – М.: ВИНТИ, 1990. – 279 с.
5. Девис М., Остин Дж., Патридж Д.. Витамин С. Химия и биохимия. – М.: Мир, 1999. – 176 с.
6. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология): Руководство для врачей. – СПб, 2010. – 428 с.
7. Надиров Н.К. Токоферолы и их использование в медицине и сельском хозяйстве. – М.: Наука, 1991. – 336 с.
8. Осипов А.Н., Азизова О.А., Владимиров Ю.А.. Активные формы кислорода и их роль в организме. - Успехи биологических наук, Т. - 1990. – с. 180 – 207.
9. Сторожок Н.М.. Межмолекулярные взаимодействия компонентов природных липидов в процессе окисления. – Автореферат на соиск. Уч. Ст. д.х.н. – Москва: Ин.-т биохимической физики им. Н.М. Эммануэля РАН, 1996. – 50 с.
10. Bors W., Heller W., Mishel C. et. al. Flavonoids as antioxidants: Determination of radical-scavenging efficiencies. – Methods in enzymology. – Vol. 186, 1990. – p. 343 – 355.
11. Jovanovic S.V., Steenken S., Simic M.G. et al. Antioxidant properties of flavonoids: reduction potentials and electron transfer reactions of flavonoid radicals. - In book: Flavonoids in health and diseases. – Chapter 5, 1999. – p. 137 – 161.
12. Porter N.D. Chemistry of lipid peroxidation. – Methods of enzymology. – Vol. 105, 1984. – p. 273 – 285.
13. Saskia A.B., E. van Acker, Aalt B. et. al. Structural aspects of antioxidant activity of flavonoids. – In book: Flavonoids in health and diseases. – Chapter 9, 1999. – p. 221 – 251.

**СЕКЦИЯ №42.
ЭЛЕКТРОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.05)**

**СЕКЦИЯ №43.
ВЫСОКОМОЛЕКУЛЯРНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.06)**

**СЕКЦИЯ №44.
ХИМИЯ ЭЛЕМЕНТООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.08)**

**СЕКЦИЯ №45.
ХИМИЯ ВЫСОКИХ ЭНЕРГИЙ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.09)**

**СЕКЦИЯ №46.
БИООРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.10)**

**СЕКЦИЯ №47.
КОЛЛОИДНАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.11)**

**СЕКЦИЯ №48.
БИОНЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.12)**

**СЕКЦИЯ №49.
НЕФТЕХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.13)**

**СЕКЦИЯ №50.
РАДИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.14)**

**СЕКЦИЯ №51.
КИНЕТИКА И КАТАЛИЗ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.15)**

**СЕКЦИЯ №52.
МЕДИЦИНСКАЯ ХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.16)**

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОНЦЕПЦИИ «ССИВС» В ФОРМИРОВАНИИ МЕТАБОЛОМОВ
С УЧАСТИЕМ ФЛАВОНОИДОВ**

¹Дадали В.А., ^{1,2}Дадали Ю.В., ²Макаров В.Г.

¹ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет им. И.И. Мечникова»
Минздрава РФ, Санкт-Петербург

²ЗАО «Санкт-Петербургский институт фармации», Санкт-Петербург

Основной тенденцией развития современной энзимологии является переход от исследования изолированных ферментов к изучению их надмолекулярной организации и способов функционирования в

составе клеток. Это обусловлено рядом экспериментально полученных данных, косвенно свидетельствующих о существовании в клетке метаболических систем как целостных материальных образований – мультиферментных комплексов (МФК) [1,2], которые формируются на ее структурных элементах, в том числе биомембранах, цитоскелете, мышечных филаментах и др. Интеграция указанных элементов в единые метаболические системы (метаболомы) [3,4] обеспечивает согласованную работу всей ферментной системы клетки. Этим же может объясняться и способность к адаптации указанных ферментных систем при поступлении в организм природных многокомпонентных комплексов многофункциональных биологически активных веществ. Наличие необходимых клетке веществ и избирательность к ним биомолекул на основе структурной комплементарности способны обеспечить ремонт поврежденных участков биомолекул, и тем самым устранить рассогласования в функционировании различных ферментов и ферментных систем.

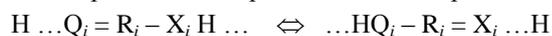
Представления о многообразии как по функциональным группам, так и геометрическим особенностям структуры флавоноидов соответствуют широкому спектру биохимической и фармакологической активности [7,9], включая ингибирование ферментов 4 из 6 классов, взаимодействие с диазепиновыми, эстрагеновыми, адренорецепторами. Физиологические свойства природных комплексов, в т.ч. флавоноидов и др., широкий спектр и избирательность их воздействия на ферментные системы также связаны с множественностью их молекулярных структур, способностью комплементарного встраивания молекулы в поврежденные участки. Комплементарность структуры молекул флавоноидов поврежденным участкам биоструктур обеспечивает избирательность последних к тем молекулам, которые призваны выполнить адаптивную функцию для данного участка биомолекулы. Тем самым из всего множества молекулярных структур, входящих в природные комплексы, обеспечивается отбор тех молекул, которые востребованы в данный момент времени и в данном месте.

Существуют представления [5], согласно которым взаимодействие метаболических систем, биомембран, индивидуальных ферментов друг с другом осуществляются посредством формирования протяженных систем сопряженных ионно-водородных связей (концепция ССИВС), которые служат каналами передачи энергии. В частности, благодаря этому в ферментах происходит подвод избыточной свободной энергии, запасенной при образовании фермент-субстратного комплекса, к активному центру фермента и эффективному использованию ее в каталитическом акте (принцип рекуперации энергии) [5,6].

Согласно представлениям [5, 6], указанные системы ССИВС строятся из пяти наиболее представленных в биомолекулах простых $R - Z$ ($C - C$, $C - N$, $C - O$, $C - S$, $S - S$) и 15 резонансных химических групп $Q - R = X \Leftrightarrow Q = R - X$ (где $Q, R, X = C, O, N, P, S$) с двумя σ - и одной π -связью. Благодаря наличию в них нескольких неподеленных пар электронов они образуют различные количества протондонорных и протонакцепторных водородных связей с другими группами. Атомы водорода в указанных группах представляют собой входы для заряда, а неподеленные пары электронов у атомов X - выходы:



При появлении в донорном участке ССИВС обладающего повышенным электрохимическим потенциалом донора D электронов, в роли которого, например, может выступать молекула вещества из окружающей среды, цепь ССИВС замыкается и становится функциональной. Следствием этого является перенос электрона от донора через водородную связь посредством π -сопряжения, перемещение двойной связи в химических группах и, а также встречный кооперативный сдвиг протона H^+ [5,6]:



Водородные связи в таких системах выполняют роль контактов между биомолекулами. В зависимости от количества образующихся водородных связей, ССИВС могут быть линейными или иметь разветвления, быть одно- двух- и трехмерными. Следует отметить, что подобные системы, состоящие из различных количеств и сочетаний указанных химических групп, образуются между многими биоструктурами и макромолекулами, в частности, белками, ферментами, мембранными фосфолипидами. Это делает такие системы ССИВС универсальными каналами передачи энергии, непрерывность которых обеспечивает согласованное функционирование всех охваченных ими биоструктур. Разные биомолекулы (аминокислоты, азотистые основания, фосфолипиды и т.д.) благодаря наличию различного числа входов и выходов могут играть роль функциональных биомодулей в цепях ССИВС, например, элементов коммутации, задержки, терминации и инверсии сигнала [6].

В частности, в структурах фосфолипидов, составляющих основу биомембран, фосфатидилэтаноламина и фосфатидилхолина, выделяются активные группы $C - N$, $O - P = O$, $O - C = O$,

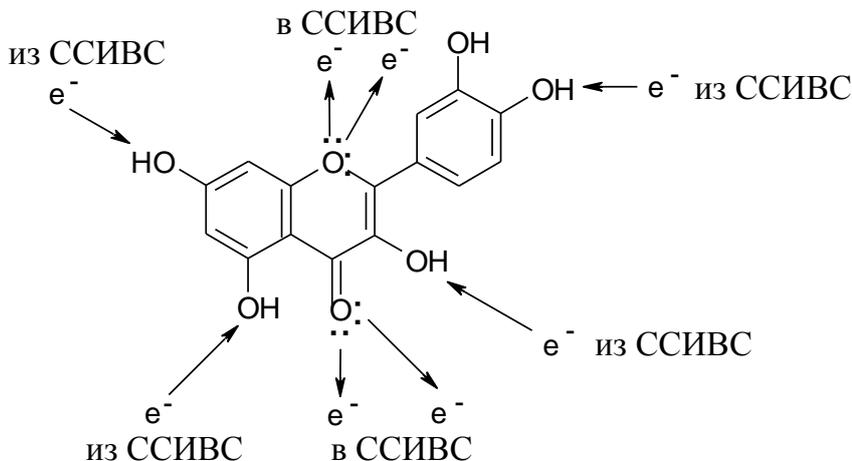
способные участвовать в образовании зон ССИВС [6], и формировании из них систем коммутации в структурах биомембран. Системы коммутации обеспечивают поочередное включение различных цепей ССИВС, и, таким образом, охваченных ими ферментов и мультиферментных комплексов, адсорбированных на биомембранах. Тем самым, обеспечивается согласованная работа различных ферментов и МФК, адсорбированных на мембранах клетки.

Следует отметить, что число входов и выходов в биомолекулах необязательно является максимальным, что объясняет возможную варибельность их числа. Так, в результате замещения атомов водорода, например, метилирования участка, связывающего три различные ССИВС, может происходить постепенное отключение одних ССИВС от других, и тем самым - метаболических систем, вплоть до полной их изоляции друг от друга [6].

Таким образом, с увеличением степени метилирования биомолекул, ферментов и МФК, их функциональная активность снижается. Происходящие в клетке процессы ацетилирования и фосфорилирования [6], наоборот, способствуют, в первом случае - переключениям ССИВС с одних на другие, а в другом - взаимосвязи дополнительного числа ССИВС, до этого разобщенных, что обеспечивает интенсификацию функциональной активности. Подобные модификации входов и выходов существенно расширяют диапазон свойств биомолекул. Это позволяет клеткам осуществлять адаптацию биоструктур, включать дополнительно метаболические системы, в соответствии со своим функциональным состоянием, изменяя количество ССИВС, участвующих в переносе энергии. Предполагается [5,6], что в биоструктурах имеется некоторая избыточность ССИВС и возможность их дополнительного появления, в противном случае такие адаптивные перестройки были бы невозможны.

Естественно полагать, что образующиеся вследствие внешних причин разрывы в цепях ССИВС (например, появления патогенного участка из-за радиационного облучения или действия алкилирующего агента) снижают их энергопроводящие характеристики и могут привести к снижению эффективного и согласованного функционирования различных ферментов и систем.

Эффект действия таких важных природных компонентов большинства пищевых и лекарственных



растений как флавоноиды и родственные им катехины, антоцианидины и другие производные бензо-γ-пирона [7,9], а также бензо-α-пирона – кумарины и фурукумарины, как раз может проявляться как результат их избирательного встраивания в поврежденные участки ССИВС ферментных систем и образования водородных связей между молекулой и цепью ССИВС.

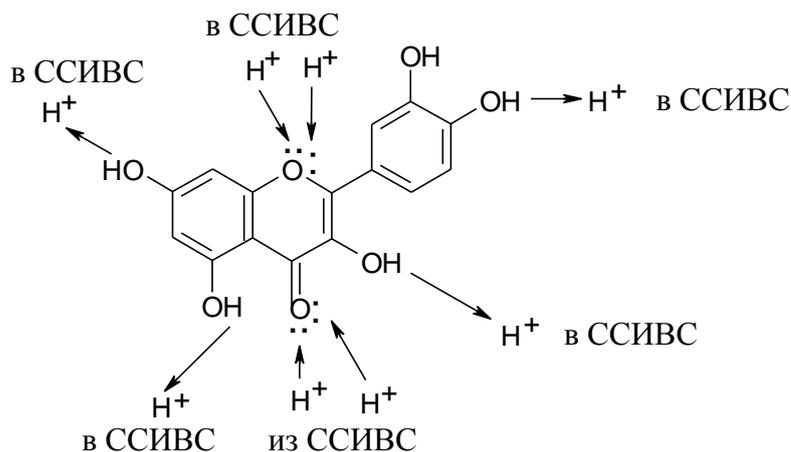


Рис. 1. Входы и выходы заряда в цепи ССИВС для молекулы флаван-3-ола кверцетина.

Особенностью всего широкого класса полифенольных соединений является наличие в молекуле в различных положениях колец А и В одной или нескольких функциональных протондонорных ОН-групп, представляющих собой, с точки зрения концепции ССИВС, входы для сигнала (акцепторы электрона). Роль выходов - донорных участков, поставляющих электрон в ССИВС, могут играть атомы кислорода (одновременно являющихся и протонакцепторами) (рис. 1).

На основе проведенных квантовохимических расчетов с учетом всех валентных электронов и использованием полуэмпирической параметризации РМ-3, метода МО ЛКАО самосогласованного поля Хартри-Фока (ССП ХФ), было показано планарное строение флаван-3-олов кверцетина, кемпферола, физетина и др., флавонов лютеолина, апигенина, хризина и др., и антоцианидинов цианидина, мальвидина, дельфинидина и др., обладающих сопряженной двойной связью $C_2 - C_3$ в кольце С. Получены непланарные структуры для флаванолов дигидрокверцетина, дигидрокемпферола и др., флаван-3-ола катехина и др. и флавонов эриодиктиола, нарингенина и др., в кольце С которых отсутствует сопряжение. Отметим, что для флаванолов – дигидрокверцетина, дигидрокемпферола, дигидрофизетина и т.д., а также флаван-3-олов (катехин), наряду с известными 4 хиральными стереоизомерами [8] (рис. 2), в расчетах были

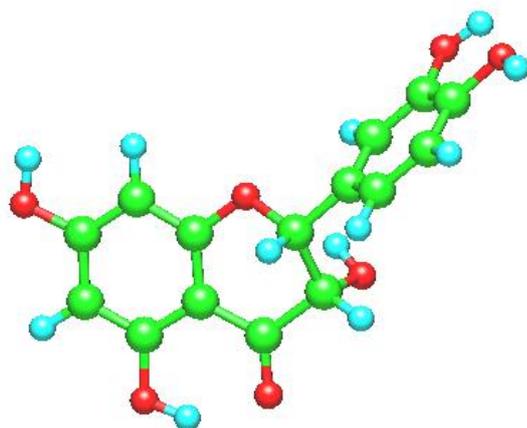


Рис. 2. Непланарная структура дигидрокверцетина (4 стереоизомера).

получены еще 4 возможные конформации, главной особенностью которых является поворот связи $C_2 - C_1$ перпендикулярно к плоскости двух колец А и С (рис. 3). Рентгеноструктурные данные для рассматриваемого класса соединений достаточно ограничены, однако полученные в расчетах структуры соответствуют экспериментальным, в частности для планарной структуры кверцетина и не планарной для дигидрокверцетина [8].

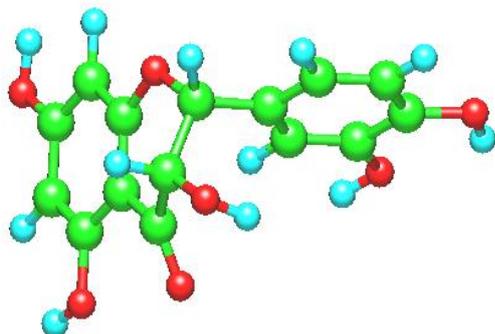


Рис. 3. Непланарная структура дигидрокверцетина: 4 возможные конформации с перпендикулярной плоскости колец А и $C_2 - C_1$ связью.

Все восемь конформаций каждой молекулы обладают примерно одинаковой энергией образования, составляющей, например, для дигидрокверцетина, величину – 233-239 ккал/моль, что, вероятно, обеспечивает возможность многоцентровых взаимодействий их с биомолекулами и участие в системах ССИВС. Таким образом, при соблюдении условия комплементарности, встраивание молекулы флавоноида, например, в ССИВС биомембраны, может происходить следующим образом. На рис. 4 показано возможное замыкание с помощью молекулы флавоноида разомкнутой цепи ССИВС, обеспечивающей контакт между несколькими пептидными цепями, например, белков или ферментов метаболома. Между сильно электроотрицательными атомами кислорода О или азота N (или фосфора Р – для фосфолипидов) цепи ССИВС и атомами водорода функциональных групп ОН молекулы флавоноида, а также между атомами водорода ССИВС и атомом кислорода молекулы образуются водородные связи. При этом наличие в γ -пироновом и фенильных кольцах π -сопряженных связей способствует смещению электронной плотности в молекуле от одних контактных с ССИВС участков (при водородной связи) к другим, и тем самым - переносу заряда во всей цепи ССИВС (рис. 5).

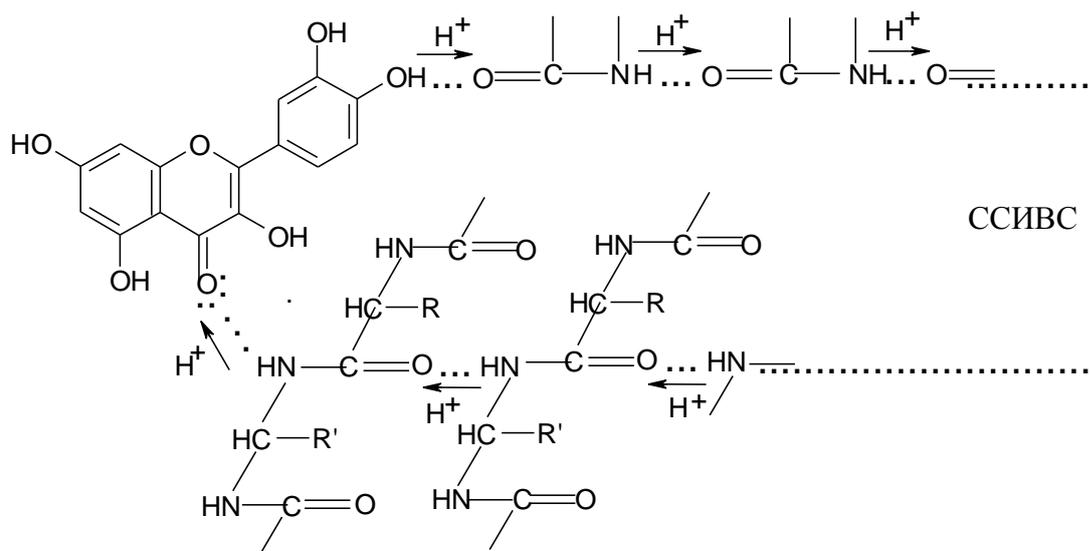


Рис. 4. Замыкание молекулой флавоноида цепей ССИВС, связывающих пептидные цепи белков и ферментов. Перенос заряда – начальное состояние.

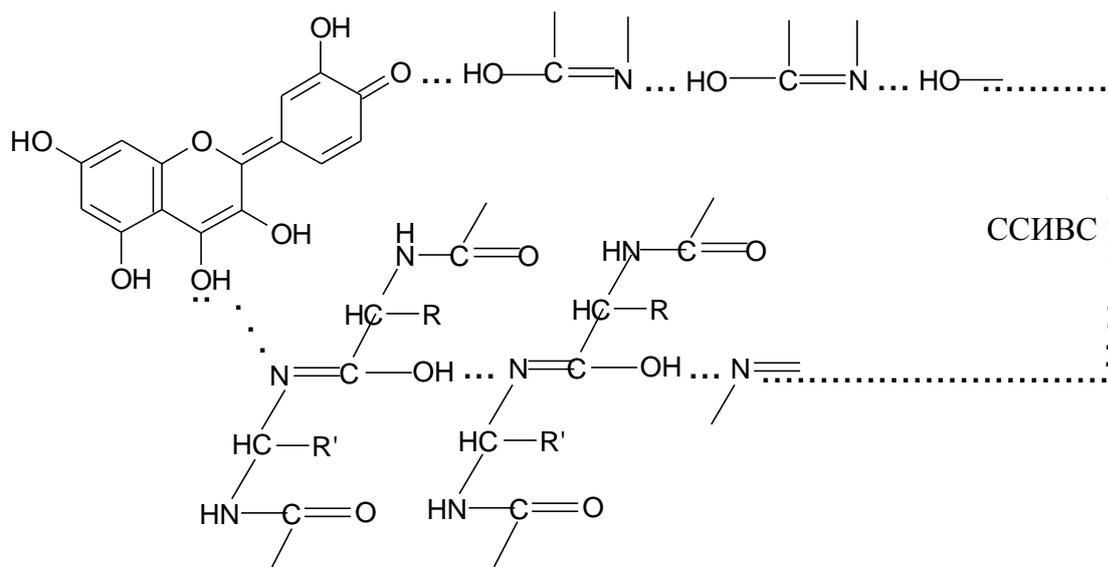


Рис. 5. Замыкание молекулой флавоноида цепей ССИВС, связывающих пептидные цепи белков и ферментов. Перенос заряда – конечное состояние.

Аналогично может быть ликвидирован разрыв ССИВС, связывающей друг с другом фосфолипиды биомембран (рис. 6) и пептидные цепи ферментов.

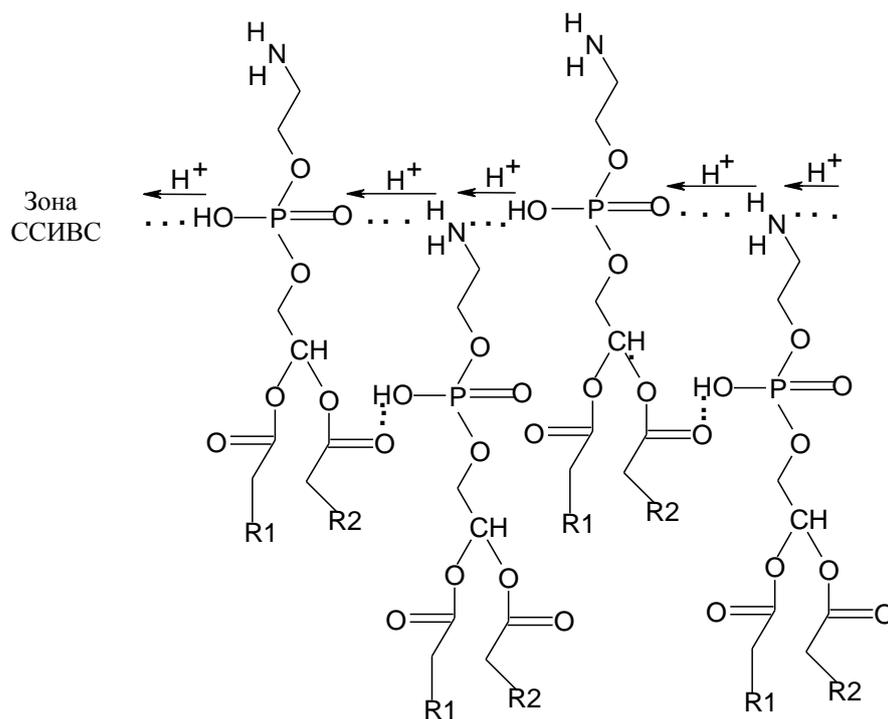


Рис. 6. Образование зон ССИВС между фосфолипидами биомембран.

Наличие нескольких ОН-групп позволяет коммутировать друг с другом параллельно несколько цепей ССИВС, часть из которых до этого были разобщены. Тем самым, благодаря своей специфической структуре молекула флавоноида, наряду с аминокислотами и азотистыми основаниями [6], может рассматриваться как эффективный элемент коммутации цепей ССИВС (рис. 7).

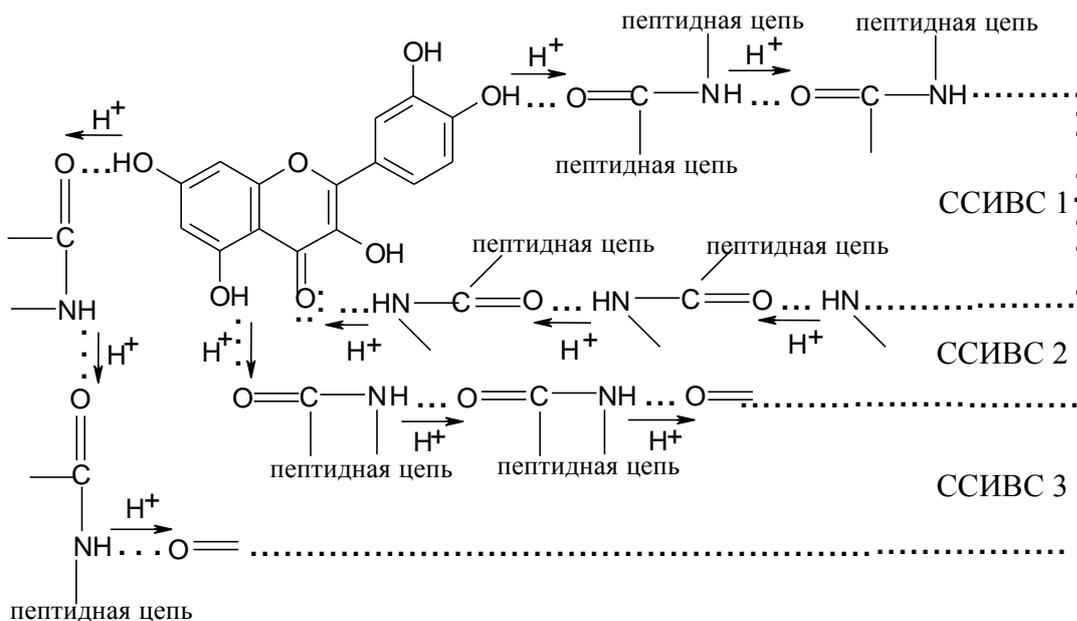


Рис. 7. Возможная схема коммутации молекулой флавоноида нескольких цепей ССИВС.

В частности, может быть достигнут адаптивный эффект для участков биомолекул, подвергшихся упомянутому выше действию внешнего алкилирующего агента.

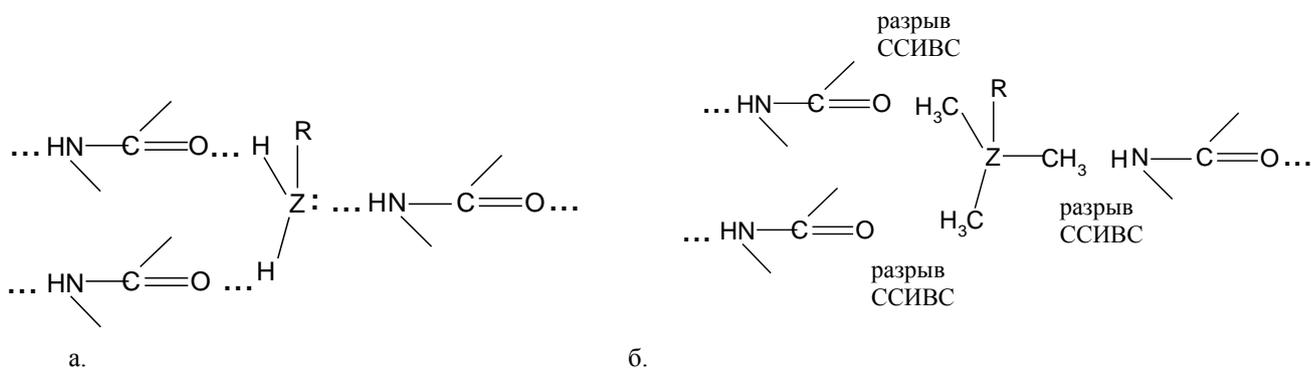


Рис. 8. Изоляция трех систем ССИВС друг от друга при метилировании биоструктур (образование разрывов в цепи ССИВС).

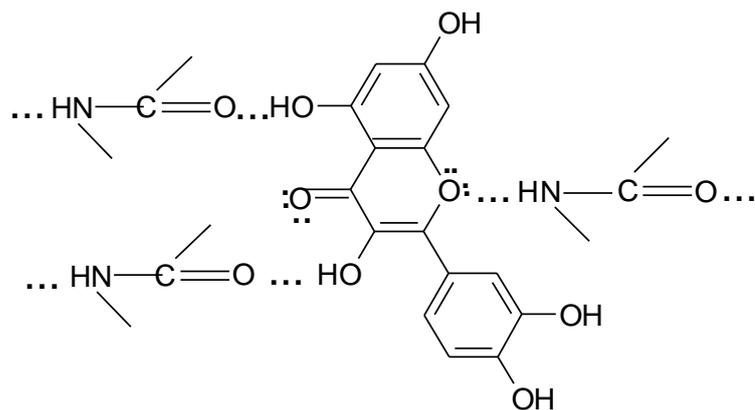


Рис. 9. Восстановление функциональной активности биоструктур в ходе замыкания молекулой флавоноида изолированных ССИВС в метилированном участке.

Так, три разорванные в результате метилирования цепи ССИВС (рис. 8а и 8б) могут быть вновь объединены в единую энергопроводящую систему, а патогенный участок (разрывы ССИВС – рис. 8б) ликвидирован (рис. 9). Тем самым, минимизировано и соответствующее снижение функциональной активности объединенных ССИВС ферментов и ферментных систем.

Таким образом, благодаря предложенному механизму замыкания разорванных ССИВС и включения дополнительных цепей молекулой флавоноида или указанных выше родственных соединений на биомембране может происходить коммутация дополнительного числа метаболомов, и, как следствие, повышение эффективности функционирования и слаженности работы взаимодействующих ферментных систем.

Список литературы

1. Курганов Б.И. Роль мультиферментных комплексов в интеграции клеточного метаболизма. – Молекулярная биология. - Т. 20, вып. 6. – 1986. – с. 1530–1538.
2. Курганов Б.И. Принципы интеграции клеточного метаболизма. – Молекулярная биология. - Т. 20, вып. 2. – 1986. – с. 369 – 377.
3. Курганов Б.И. Общие принципы контроля функционирования ферментов и мультиферментных комплексов. – Вестник АМН СССР. - № 8. – 1986. – с. 3–8.
4. Курганов Б.И., Любарев А.Е. Принципы организации и функционирования микрокомпартамента метаболона. – Биохимия. – Т. 54, вып. 5. – 1989. – с. 716–718.
5. Карасев В.А., Стефанов В.Е. Эволюционный структурно-функциональный подход к надмолекулярным биоструктурам. – Успехи биологической химии. – Т. 32. – 1991. – с. 114 – 145.
6. Карасев В.А., Стефанов В.Е., Курганов Б.И. Надмолекулярные биоструктуры: организация, функционирование, происхождение. – Итоги науки и техники, серия Биологическая химия. – М.: ВИНТИ. – 1989. – 180 с.
7. Макарова М.Н., Макаров В.Г. Молекулярная биология флавоноидов (химия, биохимия, фармакология): Руководство для врачей. – СПб, 2010. – 428 с.
8. Селиванова И.А. Физико-химические основы создания лекарственных средств и пищевых добавок на базе биологически активных веществ древесины *Larix gmelinii* ruhr. (ruhr.) и *Larix sibirica* leded. – Автореферат на соиск. уч. ст. д. фарм. н. – М.: Моск. Мед. Акад. им. И.М.Сеченова. – 1998. – 39 с.
9. Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С. и др. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. – Пушино: Synchrobook, 2013. – 310 с.

**СЕКЦИЯ №53.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ И КВАНТОВАЯ ХИМИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.17)**

**СЕКЦИЯ №54.
ХИМИЯ ТВЕРДОГО ТЕЛА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 02.00.21)**

БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.00.00)

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.00)

**СЕКЦИЯ №55.
РАДИОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.01)**

**СЕКЦИЯ №56.
БИОФИЗИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.02)**

**СЕКЦИЯ №57.
МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.03)**

**СЕКЦИЯ №58.
БИОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.04)**

**СЕКЦИЯ №59.
ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.05)**

**СЕКЦИЯ №60.
БИОТЕХНОЛОГИЯ (В ТОМ ЧИСЛЕ БИОНАНОТЕХНОЛОГИИ)
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.06)**

**ПОЛУЧЕНИЕ КАПСУЛЬНОГО АНТИГЕНА ЧУМНОГО МИКРОБА НА КОМБИНИРОВАННОЙ
ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ**

**Курчева С.А., Сирица Ю.В., Кошкидько А.Г., Ковалев Д.А.,
Жарникова И.В., Старцева О.Л., Жданова Е.В.**

ФКУЗ Ставропольский противочумный институт Роспотребнадзора, г. Ставрополь

Чума – инфекционное заболевание, вызываемое бактерией *Yersinia pestis*, по-прежнему угрожает многим группам населения в целом ряде государств во всем мире. Мировое увеличение случаев человеческой чумы и потенциальное использование бактерий в качестве биологического оружия усиливают необходимость совершенствования диагностических препаратов. Капсульный антиген (F1), экспрессируемый *Y. pestis*, является основным белковым компонентом капсулы чумного микроба и способствует предотвращению ее фагоцитоза клетками иммунной системы. Для идентификации чумного микроба важно обнаружение известного специфического маркера *Y. pestis* – F1 [1, 3].

Биологические особенности роста и продуктивности штаммов чумного микроба на мясных средах в целом удовлетворяет требования бактериологов, но в последние годы при производстве биопрепаратов возрос интерес к растительному белку, источником которого является доступное и недорогое сырье. Так при объединении соевых и мясных гидролизатов среда становится более сбалансированной, а аминокислотный состав в качественном и в количественном отношении взаимно дополняют друг друга [2].

Культивирование штамма *Yersinia pestis* EV проводили на твердой питательной среде, содержащей в своем составе гидролизат сои, рН 7,2 в течение 72 ч при температуре 37 °С. Клетки смывали физиологическим раствором и двукратно обезвоживали охлажденным ацетоном. Капсульный антиген получали путем экстракции из ацетонвысушенных клеток 2,5 % раствором NaCl и последующим пересаживанием насыщенным раствором сульфата аммония по E. Baker. Полученные препараты были лиофилизированы.

Контроль специфической активности полученного препарата капсульного антигена F1 *Y. pestis* EV осуществляли в реакции радиальной иммунодиффузии (РИД) по O. Ouchterlony в чашках Петри в 1 % агаровом геле (Difco) со специфическими чумными сыворотками экспериментальных серий. Активность в РИД – 1:64.

Количественную оценку содержания белков и нуклеиновых кислот в образцах F1 экспериментальных серий проводили методом специфической флуоресценции (флуориметр Qubit 2.0, LifeTechnologies, США). Измерение уровня флуоресценции и пересчет концентрации ДНК и РНК в образцах проводили в соответствии с калибровочной прямой и значением фактора разведения.

Общая концентрация белка в исследуемых образцах составила $3,65 \pm 0,04$ мг/мл ($C_v = 1,14\%$). При этом установлено относительно низкое содержание примесных нуклеиновых кислот в препарате: ДНК – $12,4 \pm 0,31$ мкг/мл ($C_v = 2,42\%$), РНК – $8,13 \pm 0,3$ мкг/мл ($C_v = 3,76\%$), т.е. не более 0,5% от общего количества белка.

В качестве контрольных образцов были использованы серии, полученные при выращивании *Y. pestis* EV на твердой среде, обогащенной гемолизированной кровью. Общая концентрация белка в контрольных образцах F1 составила $3,44 \pm 0,05$ мг/мл ($C_v = 1,31\%$); концентрация ДНК – $9,03 \pm 0,12$ мкг/мл ($C_v = 1,28\%$); РНК – $10,27 \pm 0,47$ мкг/мл ($C_v = 4,6\%$). Полученные результаты полностью сопоставимы с данными экспериментальных серий.

Проведенными исследованиями подтвердили возможность культивирования чумного микроба на твердой питательной среде, содержащей в своем составе гидролизат сои, без дополнительного обогащения гемализированной кровью без утраты их биологических свойств (продукции капсульного антигена). Экспериментальные серии капсульного антигена F1, могут успешно использоваться для иммунизации животных-продуцентов при получении гипериммунной сыворотки.

Список литературы

1. Кадникова Л.А., Копылов П.Х., Дентовская С.В., Анисимов А.П. Капсульный антиген чумного микроба // Инфекция и иммунитет. – 2015. – Т.5, № 3. – С. 201–218.
2. Ковтун Ю.С., Курилова А.А., Таран Т.В., Катунина Л.С., Чурикова Н.В. Сравнительная оценка потенциальных белковых основ микробиологических сред // Проблемы особо опасных инфекций. – 2014. – № 3. – С. 92–95.
3. Bioterrorism : edited by S. A. Morse. – first published march, 2012. – printed in Croatia (ISBN 978-953-51-0205-2).

СЕКЦИЯ №61.

МОЛЕКУЛЯРНАЯ ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.07)

СЕКЦИЯ №62.

БИОИНЖЕНЕРИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.08)

**СЕКЦИЯ №63.
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ, БИОИНФОРМАТИКА
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.01.09)**

ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.00)

**СЕКЦИЯ № 64
БОТАНИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.01)**

**СЕКЦИЯ №65.
ВИРУСОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.02)**

**СЕКЦИЯ №66.
МИКРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.03)**

**СЕКЦИЯ №67.
ЗООЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.04)**

**СЕКЦИЯ №68.
ЭНТОМОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.05)**

**СЕКЦИЯ №69.
ИХТИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.06)**

**СЕКЦИЯ №70.
ГЕНЕТИКА (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.07)**

**СЕКЦИЯ №71.
ЭКОЛОГИЯ (ПО ОТРАСЛЯМ) (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.08)**

**КОНЦЕНТРАЦИЯ ВЗВЕШЕННЫХ ЧАСТИЦ В АТМОСФЕРЕ ГОРОДА ЗЕЛЕНОГОРСКА И
ПОСЕЛКА БЕРЕЗОВКА КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ В ЗИМНИЙ ПЕРИОД 2017-2018 ГОДОВ**

Заворуева Е.Н.¹, Заворуев В.В.^{1,2}, Зайченко И.А.¹

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск;

²Институт вычислительного моделирования СО РАН, Красноярск

Проблема загрязнения воздушной среды городов и малых поселений взвешенными частицами (particulate matter - (PM)) актуальна во всем мире [1-3]. В некоторой степени это связано с тем, что не зависимо от природы происхождения все PM_{2,5} отнесены к канцерогенам [3].

Российская федеральная структура (Росгидромет), которая уполномочена заниматься мониторингом воздушной среды, на протяжении десятилетий измеряет концентрацию взвешенных веществ (аналог total suspended particles (TSP)). При этом, начиная с 1987 года, по рекомендации Агентства по охране окружающей среды США, практически все страны перешли на измерение концентрации PM.

В России, силами субъектов федерации, только несколько последних лет стал осуществляться официальный мониторинг PM в некоторых городах. С конца 2017 года Центр реализации мероприятий по природопользованию и охране окружающей среды (ЦРМПиООС) Красноярского края впервые стал проводить непрерывные измерения концентрации PM_{2,5} на своих постах наблюдения.

В связи с этим выявление закономерностей загрязнения воздушной среды населенных пунктов Сибири и сравнение полученных результатов с данными, полученными для других регионов мира, представляется актуальной задачей.

Для анализа загрязнения атмосферы были выбраны два населенных пункта - город Зеленогорск и поселок городского типа Березовка. Основное отличие между ними состоит в том, что в поселке большое количество автономных источников теплоснабжения (АИТ) - печей и котлов, а в городе их практически нет.

В каждом населенном пункте имеется по одному автоматизированному посту наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха. ЦРМПиООС использует анализаторы пыли модели ВМ-1020 (фирма "Met One Instruments Inc.", США) для измерения массовой концентрации аэрозольных частиц в атмосферном воздухе. На сайте <http://krasecology.ru> представлены результаты измерения.

Среднемесячные концентрации РМ в зимний период представлены в таблице 1. На посту г. Зеленогорска измеряется концентрация РМ_{2,5} и РМ₁₀, для которых среднесуточное значение ПДК составляет 0,035 мг/м³ (35 мкг/м³) и 0,060 мг/м³ (60 мкг/м³), соответственно. В атмосферном воздухе поселка Березовка измеряется концентрация только РМ_{2,5}.

Таблица 1. Концентрация взвешенных частиц (мкг/м³) в воздушной среде населенных пунктов в зимний период

	Декабрь 2017		Январь 2018		Февраль 2018	
	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀	PM _{2,5}	PM ₁₀
Зеленогорск	30±2	43±2	34±2	50±2	27±1	44±1
Березовка	36±1		51±2		67±2	

Из таблицы 1 видно, что в отличие от воздушной среды г. Зеленогорска, атмосфера поселка Березовка в зимний период характеризуется концентрациями РМ выше гигиенического норматива.

В европейских городах в условиях антропогенного воздействия автотранспорта, суточный ход концентрации РМ, как правило, определяется четко выраженными двумя максимумами и двумя минимумами [1].

Нами были определены зависимости суточного изменения концентрации РМ в течение каждого зимнего месяца в атмосфере г. Зеленогорска и поселка Березовка. Эти зависимости для самого холодного месяца (января) представлены на рисунках 1 и 2. Наличие экстремумов устанавливалось относительно среднемесячной концентрации РМ.

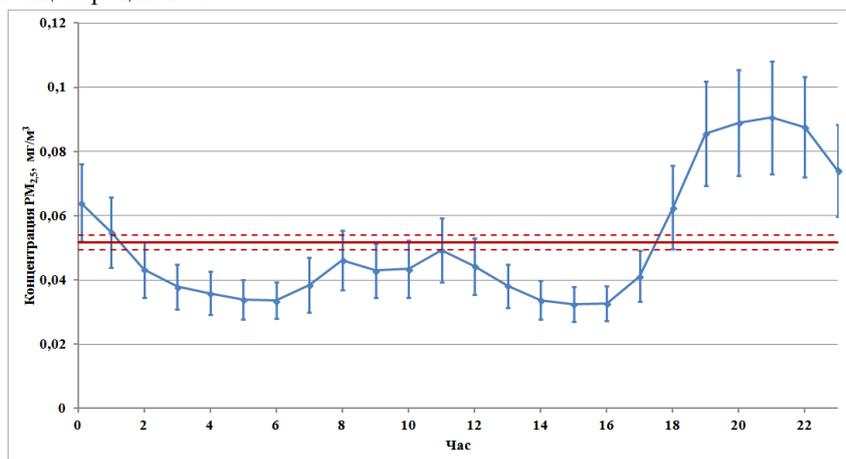


Рис. 1. Суточный ход концентрации РМ_{2,5} в атмосфере поселка Березовка в январе 2018 года. Коричневая линия - среднемесячная концентрация РМ_{2,5}, а пунктирные линии - доверительный интервал отклонения от среднемесячного значения

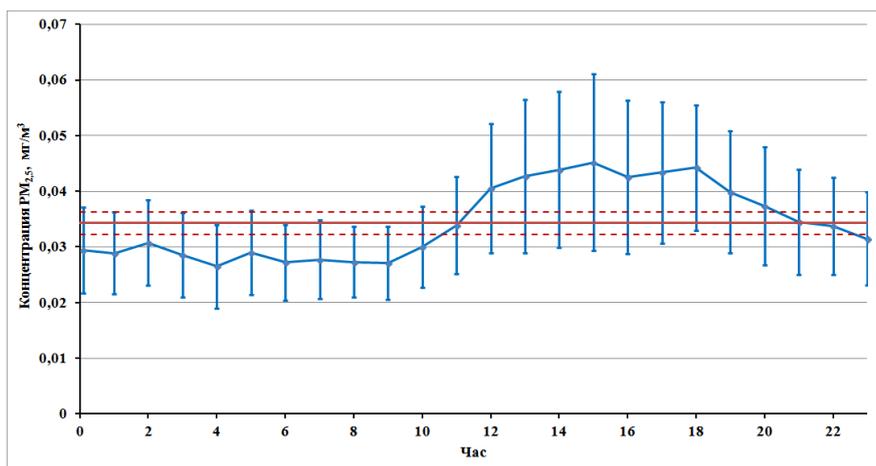


Рис. 2. Суточный ход концентрации $PM_{2.5}$ в атмосфере г. Зеленогорска в январе 2018 года. Обозначения как на рисунке 1

Суточный ход концентрации $PM_{2.5}$ в атмосфере поселка Березовка характеризуется двумя достоверно выраженными минимумами и одним максимумом (рис.1). Амплитуда отклонения от среднемесячного значения концентрации PM в максимуме, почти в два раза больше, чем амплитудные отклонения в минимумах.

В суточном ходе концентрации $PM_{2.5}$ в атмосфере г. Зеленогорска достоверно выраженных экстремумов не выявлено (рис. 2), а в суточном ходе концентрации PM_{10} появляется только один минимум (рис. 3).

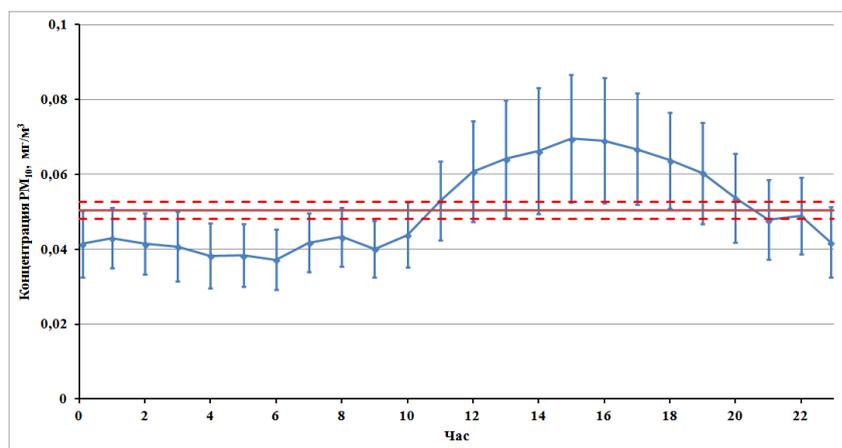


Рис. 3. Суточный ход концентрации PM_{10} в атмосфере г. Зеленогорска в январе 2018 года. Обозначения как на рисунке 1

Сравнение динамик суточных изменений концентраций $PM_{2.5}$, усредненных за весь зимний период, показывает их различие (рис. 4). В атмосфере поселка Березовка, по сравнению с воздушной средой Зеленогорска, четко проявляется загрязнение PM в вечернее время - 19-23 часа. Следует заметить, что возрастание концентрации PM в атмосфере Зеленогорска приходится на 14-18 часов (рис. 3 и 4). Разные временные интервалы проявления максимумов содержания взвешенных частиц в воздухе двух населенных пунктов свидетельствуют о различных причинах их возникновения.

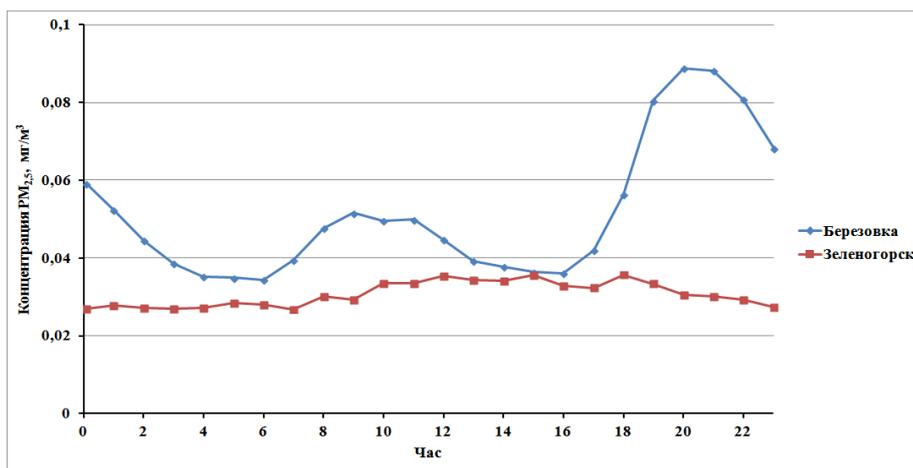


Рис. 4. Средняя за зимний период концентрация $PM_{2.5}$ в атмосфере Зеленогорска и Березовки

В городах и населенных пунктах Сибири основными источниками выбросов РМ являются: промышленность, угольные ТЭЦ и котельные, автотранспорт, а так же АИТы. Большинство предприятий промышленности и теплоэнергетики в зимний период работают непрерывно и их выбросы квазистационарны. А выбросы от автотранспорта и АИТов характеризуются некоторой периодичностью.

В крупных мегаполисах, в которых наблюдаются интенсивные автотранспортные потоки, вблизи транспортных магистралей концентрация PM_{10} изменяется в незначительном диапазоне - от 20-30 $мкг/м^3$ до 30-40 $мкг/м^3$ [1]. В поселке Березовка диапазон изменения концентрации $PM_{2.5}$ гораздо больше - от 35-40 $мкг/м^3$ до 90-95 $мкг/м^3$ (рис. 1 и 4).

Таким образом, остается одна группа источников выбросов РМ, а именно АИТы [2], которые определяет суточную динамику загрязнения атмосферы в поселке.

Одно из основных различий рассматриваемых населенных пунктов состоит в том, что в Березовке индивидуальные дома с различными АИТами занимают около 80% территории поселка, а Зеленогорске таких домов практически нет. Фактически, в Березовке имеется площадной источник выбросов РМ, а максимум загрязнения, который наблюдается в 19-23 часа, обусловлен тем, что жители прогревают свои жилища на ночь.

Список литературы

1. Глазкова А.А, Кузнецова И.Н., Шалыгина Е.Г. Суточный ход концентрации аэрозоля (PM_{10}) летом в Московском регионе // Оптика атмосферы и океана. – 2012. – Т. 25. – № 6. – С. 495-500.
2. Mukherjee A., Agrawal M. A. Global Perspective of Fine Particulate Matter Pollution and Its Health Effects // Rev. Environ Contam. Toxicol. - 2018. - V. 244. - P. 5-51.
3. Zhang R., Wang G., Guo S., Zamora M.L., Ying Q., Lin Y., Wang W., Hu M., Wang Y. Formation of urban fine particulate matter // Chem. Rev. - 2015. - V. 115. - № 10. - P. 3803–3855.

СЕКЦИЯ №72.

БИОГЕОХИМИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.09)

СЕКЦИЯ №73.

ГИДРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.10)

СЕКЦИЯ №74.

ПАРАЗИТОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.11)

**СЕКЦИЯ №75.
МИКОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.12)**

**СЕКЦИЯ №76.
ПОЧВОВЕДЕНИЕ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.13)**

**СЕКЦИЯ №77.
БИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕСУРСЫ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.02.14)**

ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.00)

**СЕКЦИЯ №78.
ФИЗИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.01)**

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЛАТЕНТНОСТИ И АМПЛИТУДЫ КОМПОНЕНТОВ
ЗРИТЕЛЬНЫХ ВЫЗВАННЫХ ПОТЕНЦИАЛОВ У СУБЪЕКТИВНО БЛАГОПОЛУЧНЫХ И
НЕБЛАГОПОЛУЧНЫХ ИСПЫТУЕМЫХ В ПЕРИОД ЮНОСТИ**

Башкатов С.А., Сотникова Ю.М.

Башкирский государственный университет, г. Уфа, Россия

Введение. Зрение человека – это сложный психофизиологический процесс восприятия, анализа и синтеза изображения объектов окружающего мира, осуществляемый зрительной системой [2]. Полученная информация позволяет получить представление о величине, форме и цвете предметов, их взаимном расположении и расстоянии между ними. Зрительный анализатор включает в себя периферический (рецепторы сетчатой оболочки глаза), проводниковый (зрительные нервы) и центральный отделы (участки коры в затылочных долях головного мозга) [3]. Качество жизни человека напрямую зависит от его способности адекватно воспринимать и оценивать окружающий мир, что невозможно осуществить при наличии изменений в функционировании зрительной системы. В связи с необходимостью повышения качества жизни на сегодняшний день актуально изучение субъективного благополучия и его аспектов, таких как личное счастье и удовлетворенность жизнью [5, 9]. Субъективное благополучие человека зависит от физиологических и психологических характеристик и оно во многом зависит от субъективной оценки человеком своего физиологического состояния как позитивного или негативного [4]. В этой связи нами была выдвинута эмпирическая гипотеза о существовании зависимости субъективного благополучия человека от качества функционирования зрительной системы.

Материалы и методы. В исследовании приняли участие 384 человека в возрасте 17-19 лет (244 девушки и 140 юношей). Уровень благополучия определяли с помощью комплекса методик: «Шкала переживания счастья» М. Фордайса; опросник «Мера субъективного счастья» С. Любомирской; «Шкала удовлетворенности жизнью» Э. Динера. Далее были сформированы группы с низкими (80 человек) и высокими (40 человек) значениями показателей субъективного благополучия. В этих двух группах проводили монокулярную регистрацию зрительных вызванных потенциалов (ЗВП) на обрабатываемый шахматный паттерн («Нейрон – спектр – 4/П», «Нейрософт»). Активные электроды располагали над затылочной областью (О1 и О2), референтный в точке Cz, заземляющий в точке Frz. Стимуляцию проводили при размере ячеек = 30', монитор располагали на расстоянии 1м от глаз испытуемого. Использовали 200 усреднений ответа при частоте реверсии 2 Гц, эпоха анализа составила 500 миллисекунд. Основными параметрами для оценки функционального состояния зрительной системы явилась амплитуда и латентность компонента P_{100} [6].

Результаты. В таблице 1 приведены результаты сравнения средних значений параметров зрительных вызванных потенциалов у субъективно благополучных и неблагополучных испытуемых в период юности.

Таблица 1.

Результаты сравнения средних значений характеристик зрительных вызванных потенциалов у благополучных и неблагополучных испытуемых в период юности

Показатель, мс, мкВ	M±m (n)	M благ±m (n)	M неблаг±m (n)	t	p
Латентность левого глаза (левое полушарие), мс	109,1±14,04	94,58±4,07	114,50±14,08	37,79	<0,001
Латентность левого глаза (правое полушарие), мс	110,03±10,92	98,78±4,47	113,33±11,01	29,16	<0,001
Латентность правого глаза (левое полушарие), мс	105,12±10,28	100,96±8,42	105,14±11,25	7,06	<0,001
Латентность правого глаза (правое полушарие), мс	105,4±8,78	98,68±3,87	106,64±10,12	16,85	<0,001
Амплитуда левого глаза (левое полушарие), мкВ	6,77±1,84	6,93±1,93	6,57±1,83	1,35	> 0,05
Амплитуда левого глаза (правое полушарие), мкВ	5,1±2,47	7,13±1,28	4,09±2,07	12,63	<0,001
Амплитуда правого глаза (левое полушарие), мкВ	6,2±2,38	7,63±1,05	5,49±2,45	8,93	<0,001
Амплитуда правого глаза (правое полушарие), мкВ	5,94±2,47	7,6±1,09	5,08±2,53	10,35	<0,001

Примечание: M±m – средние значения характеристик зрительных вызванных потенциалов у испытуемых; M благ±m – средние значения характеристик зрительных вызванных потенциалов у субъективно благополучных испытуемых; M неблаг±m – средние значения характеристик зрительных вызванных потенциалов у субъективно неблагополучных испытуемых; n – размер выборки; t – статистические различия средних значений по t-критерию Стьюдента; p – вероятность нулевой гипотезы.

Из таблицы 1 следует, что при обследовании левого глаза (регистрация зрительных вызванных потенциалов с левого полушария головного мозга) у субъективно неблагополучных испытуемых параметры латентности выше в 1,21 раза (p<0,001). Сравнение средних значений характеристик амплитуды компонентов зрительных вызванных потенциалов у субъективно благополучных и неблагополучных испытуемых достоверных различий не выявило (p>0,05). При регистрации зрительных вызванных потенциалов с правого полушария головного мозга параметры латентности у субъективно неблагополучных выше в 1,15 раза (p <0,001), а показатели амплитуды ниже в 1,74 раза (p<0,001). По результатам обследования правого глаза (при регистрации зрительных вызванных потенциалов с левого полушария головного мозга) у субъективно неблагополучных испытуемых параметры латентности выше в 1,04 раза (p<0,001), а параметры амплитуды ниже в 1,39 раза (p<0,001). При регистрации зрительных вызванных потенциалов с правого полушария головного мозга у субъективно неблагополучных испытуемых латентность увеличена в 1,08 раза (p <0,001), амплитуда снижена в 1,50 раза (p <0,001).

Метод зрительных вызванных потенциалов широко используется для определения функционального состояния всех отделов зрительного анализатора [1, 6]. Метод позволяет выявить повреждения и их локализацию, определить наличие нарушений полей зрения [1, 6, 7]. Объективными критериями отклонения от нормы зрительных вызванных потенциалов являются увеличение латентности и снижение амплитуды компонента P_{100} . Увеличение латентности P_{100} может свидетельствовать о билатеральной дисфункции зрительных путей. Показатели амплитуды компонентов зрительных вызванных потенциалов в большей степени чувствительны к поражениям периферической части глаза, поэтому снижение показателей амплитуды компонента P_{100} может наблюдаться при нарушении фиксации взора, фокусировки взгляда и астигматизме [1, 6, 7, 8]. Данные изменения приводят к снижению качества восприятия и анализа зрительной информации, и, следовательно, к снижению качества жизни человека, что позволяет судить о его субъективном неблагополучии.

Закключение. Полученные результаты позволяют констатировать существование зависимости между параметрами латентности и амплитуды зрительных вызванных потенциалов и благополучием человека. У субъективно неблагополучных испытуемых с увеличенной латентностью и сниженной амплитудой компонента P_{100} наблюдается низкая удовлетворенность жизнью, и они чувствуют себя менее счастливыми, чем субъективно благополучные испытуемые с нормальными параметрами зрительных вызванных потенциалов. Установленные закономерности могут свидетельствовать о том, что увеличенная латентность и сниженная амплитуда компонента P_{100} зрительных вызванных потенциалов выступают в качестве предикторов субъективного неблагополучия человека. В связи с тем, что психологическая диагностика субъективного благополучия может проводиться только в том возрасте испытуемых, когда основные черты личности уже сформированы, является перспективным использование параметров латентности и амплитуды компонента P_{100} зрительных вызванных потенциалов как дополнительный метод прогнозирования благополучия во всех возрастных периодах.

Список литературы

1. Александров, Н.Ю. Вызванные потенциалы в диагностике поражений нервной системы / Под ред. Н.А. Белякова. - СПб, 2001. - 64 с.
2. Александров, Ю. И. Психофизиология: Учебник для вузов. 4-е изд. / Под ред. Ю. И. Александрова. — СПб: Питер, 2014. — 464 с.
3. Батуев, А.С. Физиология высшей нервной деятельности и сенсорных систем/А.С. Батуев. – СПб: Питер, 2005.
4. Батурин, Н.А. Психология оценивания и оценки: теоретические и прикладные аспекты / Н.А. Батурин, И.В. Выбойщик - Челябинск: Изд. центр ЮУрГУ, 2011. - 243 с.
5. Башкатов, С.А. Теоретическая модель личностного благополучия /Н.А. Батурин, С.А. Башкатов, Н.В. Гафарова // Вестник ЮУрГУ, серия «Психология». - Челябинск.- 2013.- Т.6.- №4.- С. 4-14.
6. Гнездицкий, В.В. Методика регистрации ВП и их применение в клинической практике / В.В. Гнездицкий // Нейрофизиологические исследования в нейрохирургической клинике. - М.: Наука. - 1990. - 99-107
7. Егоров, Е.А. Глазные болезни: учебник для медицинских училищ и колледжей / Егоров Е.А., Епифанова Л.М. - Издательство: ГэотарМедиа, 2010. - 160 с.
8. Рутман, Э.М. Вызванные потенциалы в психологии и в психофизиологии. — М., Наука, 1979.
9. Селигман, М. Новая позитивная психология: Научный взгляд на счастье и смысл жизни / М. Селигман. - М.: София, 2006. – 368 с.

СЕКЦИЯ №79.

АНТРОПОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.02)

СЕКЦИЯ №80.

ИММУНОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.03)

**СЕКЦИЯ №81.
КЛЕТОЧНАЯ БИОЛОГИЯ, ЦИТОЛОГИЯ, ГИСТОЛОГИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.04)**

**СЕКЦИЯ №82.
БИОЛОГИЯ РАЗВИТИЯ, ЭМБРИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.05)**

**СЕКЦИЯ №83.
НЕЙРОБИОЛОГИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 03.03.06)**

ГЕОГРАФИЯ

**СЕКЦИЯ №84.
ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И БИОГЕОГРАФИЯ, ГЕОГРАФИЯ ПОЧВ
И ГЕОХИМИЯ ЛАНДШАФТОВ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.23)**

**СЕКЦИЯ №85.
ЭКОНОМИЧЕСКАЯ, СОЦИАЛЬНАЯ, ПОЛИТИЧЕСКАЯ
И РЕКРЕАЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ (СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.24)**

**СЕКЦИЯ №86.
ГЕОМОРФОЛОГИЯ И ЭВОЛЮЦИОННАЯ ГЕОГРАФИЯ
(СПЕЦИАЛЬНОСТЬ 25.00.25)**

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**СЕКЦИЯ №87.
ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ**

THE DEFINITION OF BLOCKING ARTIFACTS IN RASTER IMAGES

Al-Askari M.A.

National research Mordovian state University named after N. P. Ogaryov, Saransk, Russia

The paper discusses the possibility of determining the blocking artifacts based on the probabilistic representation of the intersection of multiple pixels the original image and transformed by existing algorithms. In contrast to the known works, it is proposed to consider each layer separately bitmap images represented in the RGB color model.

Image compression aims to produce a new image representation that can be stored and transmitted efficiently.

It is a core technology for multimedia processing and has played a key enabling role in many commercial products, such as digital camera and camcorders. It facilitates visual data transmission through the Internet, contributes to the advent of digital broadcast system, and makes possible the storage on VCD and DVD. Digital processing of raster images dedicated a lot of works, including scientific articles and textbooks. Particular attention is paid to the definition of various artifacts in the images [1–4]. Artifacts come in a variety of form or character [3]. In the proposed work deals with the blocking artifacts that often occur on the images obtained from

different scanning devices. The scheme of the generalized algorithm for determining the blocking artifacts in raster images is shown in Fig. 1.

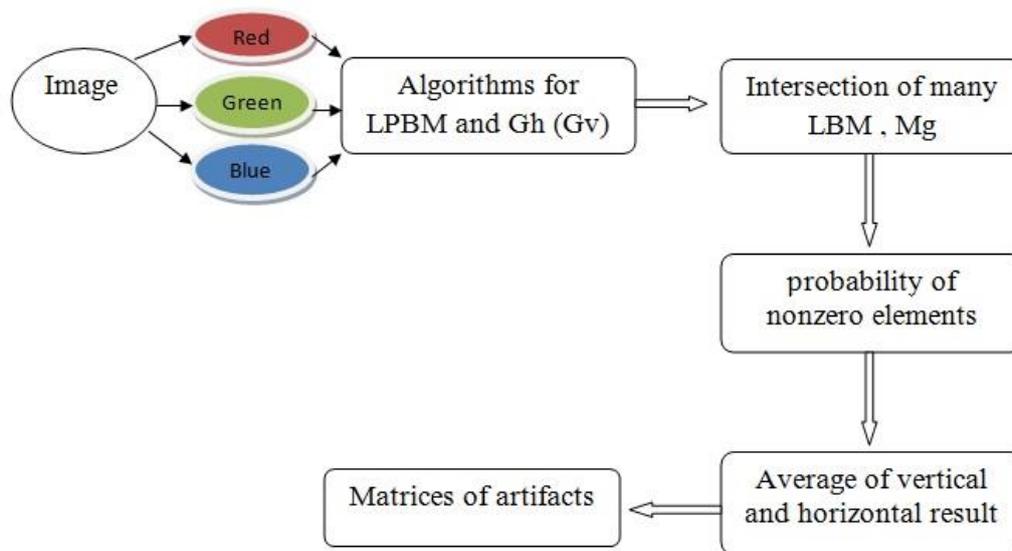


Fig. 1. The basic scheme of the image quality assessment algorithm with blocking artifacts

In the diagram, Fig. 1 Image – three-dimensional array of RGB color model of the image. Red, Green, Blue – selected color channels that are analyzed separately from each other.

The basic algorithm of LPBM is considered in the work [1], which deals with a halftone image, which is the average value of the original full-color image.

In accordance with the proposed algorithm, image analysis is carried out separately for each channel – red, green, blue. After each RGB channel is processed, the resulting values are averaged to each other. This operation is also applied to the results obtained by crawling RGB matrices both horizontally and vertically. Each evaluation of the image quality is probabilistic, so the obtained estimates are in the range [0; 1].

Numerical experiments and simulations were performed on a group of images, which are shown in Fig. 2 – 7.

These images are taken from the database specified in [3].



Fig. 2. Img1.bmp

Fig. 3. Img89.bmp

Fig. 4. Img107.bmp



Fig. 5. Img138.bmp

Fig. 6. Img154.bmp

Fig. 7. Img168.bmp

Visually obvious blocking artifacts are present in the Fig. 5 and Fig. 6. It can also be noted that in Fig. 7 there is a fairly high-quality image.

Despite a continuing increase in capacity, efficient transmission and storage of images still present the utmost challenge in all these systems. Consequently, fast and efficient compression algorithms are in great demand. The basic principle for image compression is to remove any redundancy in image representation.

For example, simple graphic images such as icons and line drawings can be represented more efficiently by considering differences among neighbor pixels, as the differences always have lower entropy value than the original images (Shannon, 1948).

These kinds of techniques are often referred to as lossless compression. It tries to exploit statistical redundancy in an image so as to provide a concise representation in which the original image can be reconstructed perfectly. However, statistical compression techniques alone cannot provide high compression ratio. To improve

image compressibility, lossy compression is often used so that visually important image features are preserved while some fine details are removed or not represented perfectly.

This type of compression is often used for natural images where the loss of some details is generally unnoticeable to viewers.

This article deals with image compression. Specifically, it is concerned with compression of natural color images because they constitute the most important class of digital image. First, the basic principle and methodology of natural image compression is described. Then, several major natural image compression standards, namely JPEG, JPEG-LS, and JPEG 2000 are discussed.

The Perceptual Blockiness Metric

The output of the proposed human vision model (VC) is used to locally weight the pixel-based blockiness metric LBM, resulting in a local perceptual blockiness metric (LPBM). Since the horizontal and vertical blocking artifacts are calculated separately, the LPBM for the block discontinuity along the horizontal direction is described as.

$$LPBM_h(i, j) = VC(i, j) \times LBM_h(i, j);$$

$$NPBM_h = \text{mean}(LPBM_h);$$

which is then averaged over all detected blocking artifacts in the whole image to determine the blockiness metric. A metric NPBM_v can be similarly defined for the blockiness along the vertical direction. Assuming no interaction and no difference in sensitivity to blockiness in horizontal and vertical direction, the two metrics are added together to give the resultant blockiness score.

$$M_{NPBM} = \frac{NPBM_h + NPBM_v}{2}.$$

Since, in our case, both the local blockiness metric and the human vision model are calculated at the locations of the blocking artifacts only, and not for all pixels in an image, the computational load of this metric is largely reduced.

Local Blockiness Metric

Since blocking artifacts intrinsically are a local phenomenon, their behavior can be reasonably described as a local distortion metric, indicating the relative signal discontinuity within a region of image content. Hence, a local blockiness metric (LBM), which examines each of the pre-detected blocking artifacts and individually provides a numerical measure of distortion, is proposed.

This approach is potentially more accurate than a global approach, since the visual strength of the block discontinuity is primarily affected by its local surroundings.

Furthermore, the local analysis based on each individual blocking artifact instead of on a fixed block unit, is practically more efficient in case of a deviating block size.

In this paper, the blockiness is locally characterized as a blocking edge that stands out from its spatial vicinity, and is defined as the local gradient energy normalized by its neighboring pixels. This is done separately along each dimension.

For probabilistic evaluation of blocking artifacts, it is proposed to determine the intersection of sets of matrices LPBM_h (LPBM_v) and G_h (G_v). In MATLAB, you can do this by using the `ismember` function.

Basic syntax for using the `ismember` function:

`LIA = ismember(A, B)` for arrays *A* and *B* returns an array of the same size as *A* containing true where the elements of *A* are in *B* and false otherwise.

As arrays *A* and *B*, it is proposed to use matrices LPBM_h and G_h, which are calculated by the algorithm from [1]. The results of the numerical experiment are presented in table 1.

Table 1 – Numerical metric estimates of test images

Experimental data	ImageFileName (*.bmp)					
	img1	img89	img107	img138	img154	img168
Metric of quality	0.561371	0.687840	0.758114	0.101010	0.123624	0.858598
Probability of artifacts	0.438629	0.312160	0.241886	0.898990	0.876376	0.141402

Figure 8 shows the pixel distribution of the LPBM_h and G_h matrices for the blue component of the RGB color model. This figure shows, that of any artifacts of the LPBM_h array compare with G_h array (matrices). After

them we calculate probability of artefacts with function `ismember` and metric of quality. For example, if probability of artefacts is equal 0.1, then metric of quality is equal $1 - 0.1$, etc. 0.9. A similar distribution of pixels is observed for the red and blue components of the RGB color model of the image under study.

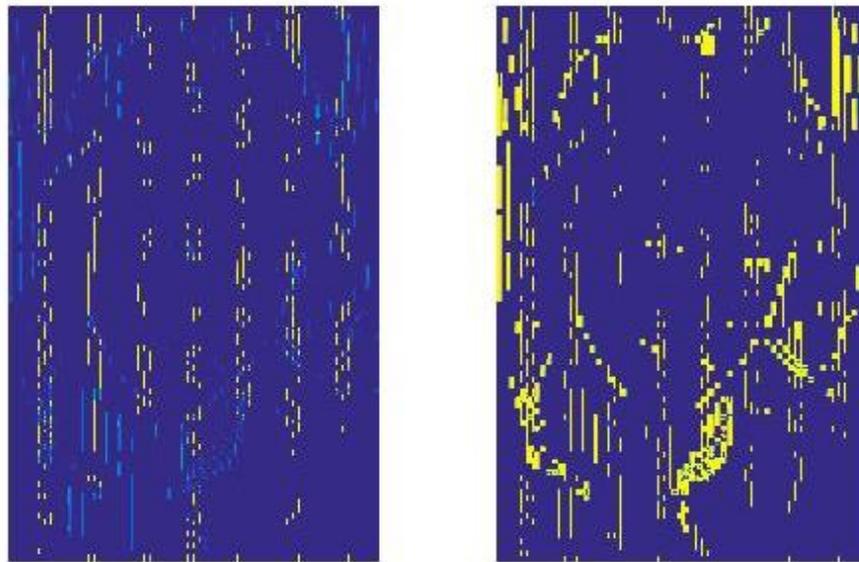


Fig. 8. Pixel distribution of the LPBMh and Gh matrices

The metrics of image quality experts presented in figures 2-7 are shown in table 2.

Table 2 – The metric experts: of lest images

Metric experts	ImageFileName (*.bmp)					
	img1	img89	img107	img138	img154	img168
Metrics	0.3263	0.45313	0.60102	0.15771	0.16225	1.4703

The values of probability metrics were compared with the corresponding values of expert metrics based on the rank correlations of Spearman, Kendall and Pearson. The results are shown in table 3. The calculations were carried out using the function of the `corr` system MATLAB (Release 2016b). An example of using the `corr` function is given below.

`[Rs,Vs] = corr(M, Expert, 'type', 'Spearman'); % and 'Kendall' and 'Pearson'`

In the example, Expert-array with values from table 2, *M* – array with values from table 1 (string Metric of quality).

Table 3 – Rank correlation

Name	The value of correlation	Confidence probability
Spearman	1,000000	0,997222
Kendall	1,000000	0,997222
Pearson	0,765967	0,924252

The obtained results provide a basis for using the proposed method to assess the quality of bitmaps with blocking artifacts. It should be admitted that this method does not provide guaranteed conclusions about images with artifacts of other types, such as spillage artifacts, strobe-effect artifacts, compression artifacts or artifacts of damage and contamination of magnetic heads. But, for detection of artifacts of blocking the considered method gives quite satisfactory results.

References

1. *Hantao Liu I and Ingrid Heynderickx. A NO-REFERENCE PERCEPTUAL BLOCKINESS METRIC // 12 May 2008* Acoustics, Speech and Signal Processing, 2008. ICASSP 2008. IEEE International Conference on C. 866–867.
2. *Аль-Аскари М. А., Федосин С. А., Афонин В. В. Анализ качества растровых изображений // Научно-технический вестник Поволжья. №1, 2018 г. – Казань: Научно-технический вестник Поволжья, 2018. С. 107–109.*
3. *H. R. Sheikh, Z. Wang, L. Cormack and A. C. Bovik, "LIVE Image Quality*
4. *Assessment Database Release 2", <http://live.ece.utexas.edu/research/quality>.*
5. *Al-Askari M. A., Fedosin S. A., Afonin V. V. analysis of raster image quality // Scientific and technical Bulletin of the Volga region. №1, 2018 – Kazan: scientific and technical Bulletin of the Volga region, 2018. С. 107–109.)*

PRODUT DATA SEARCH: WAYS OF IMPROVEMENT

Berger A.I., Berger G.A.

Southern Federal University, Rostov-on-Don
Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

In today's world the majority of commercial companies has a large amount of data, which is often unstructured and inconsistent. Due to this, during recent years businesses have an increasing interest in information retrieval instruments considering them as a tool to improve the productivity of their search workflow — in particular, make it more effective to customers and, therefore, raise sales. The ERIKS company — a service provider offering a wide range of engineering components — set up a research on how to boost their product data search. In the research we investigate the influence of different preprocessing and indexing techniques on the quality of the search. The paper discusses the impact of multi-indexing, word decompounding and adding n-grams, reports on the achieved progress in improving the search and proves the statistical significance of the results.

1 Dataset and methods

1.1 Problem and instruments

The problem is set up by the ERIKS company which needs an effective search engine for their extensive product descriptions. In this paper we investigate possible approaches to improving product data search, such as smart preprocessing, multi-indexing, words decompounding and adding n-grams. For storing and indexing the data we use Elasticsearch — a distributed, RESTful search and analytics engine based on Lucene. It provides scalable and near real-time search and has an official Python client.

1.2 Data

The data is provided by the ERIKS company, which has a large catalogue of engineering details. The materials include descriptions of the products for sale, example customer queries with matched products and some example matches to get the idea of the problems which can appear during the research. All the data is shared under the non-disclosure agreement.

The main dataset used for creating a search index consists of 1185633 catalogue products descriptions and product identifiers. For model evaluation the company offers 500 customer queries with matched product ids from the catalogue.

The preliminary data analysis shows that there are multiple problems with mapping between catalogue data and customer descriptions as none of them is standardised:

1. Case and word order variability
2. Inconsistent measurement format
3. Erratic punctuation
4. Abbreviations and word parts replacement

The described issues invite the assumption that these catalogue descriptions and queries should be well preprocessed in order to learn the search engine to match them.

1.3 Evaluation measures

As a primary metric to evaluate the model we choose Mean Reciprocal Rank (MRR) [1, p. 1703] as it is well-suited for tasks with only one relevant result for each query. To the best of our knowledge it is the case in ERIKS product search: a customer looks for the particular item to order.

The Reciprocal Rank calculates the reciprocal of the rank at which the first relevant document was retrieved. The Mean Reciprocal Rank is the average of the reciprocal ranks of results for a sample of queries Q :

$$MRR = \frac{1}{|Q|} \sum_{i=1}^{|Q|} \frac{1}{rank_i},$$

where $|Q|$ is the size of the sample.

Another interesting metric to look at is Mean Success At 10 (MS@10) which reflects the probability of finding the relevant product among first ten results as it is germane for customers to have relevant descriptions at the top [2, p. 148]. People expect to see the products they search for at the first page of search results and this metric shows whether this expectation is fulfilled.

1.5 Proposed system

To achieve the best performance within limited time, we focus on two main steps: proper model selection and multi-field indexing with separate preprocessing per field. The following paragraphs discuss these aspects in details.

Model selection

In the proposed system we use Jelinek-Mercer language model, one of the the query likelihood model realizations which uses linear way of smoothing probabilities [2, p. 226]. To estimate the likelihood of the token given the document it uses a mixture between a document-specific and entire collection information. In such a way the algorithm attempts to capture important patterns in the text, while leaving out noise. This similarity model has a single parameter λ which is usually chosen empirically and is set up to 0.3.

Multi-field indexing

To gain better relevance, the proposed model uses five-field index with multiple analyzers, which are different per field. The description is included in the results list if it matches the broad-matching main field. If it also matches the signal fields, it gets extra points and is pushed up the results list. Let's briefly discuss each field with the corresponding analyzer.

- **Txt.** This field stores raw description tokenized with a standard Dutch analyzer and lowercase filter. The question of tokenization is widely addressed in [2, p. 21] as well as the question of case-folding in [2, p. 28]. These techniques proved to be very useful in modern IR systems. The Dutch analyzer is chosen due to the predominance of Dutch language in catalogue descriptions.
- **Words.** This field contains all the words and product codes with removed punctuation. To achieve this, first we apply a whitespace tokenizer, which splits text into tokens whenever it encounters a whitespace character. Then we make obtained terms lowercase and apply filter, which replaces all possible dimension words (namely, mm, mt, kg, gr, x) with a hyphen. It is done in order to prepare tokens for the next filter, which splits them into subwords and performs optional transformations on subword groups. In a result token set we preserve both words and subwords to increase the relevance.
- **Numbers.** This field contains all the numbers obtained with a pattern tokenizer with the regular expression " $\backslash d^+$ ".
- **N-grams.** This field comprises all possible n-grams of size from 3 to 8 which start is anchored to the beginning of the token. After applying a standard tokenizer, which provides grammar-based tokenization, and a lowercase filter, we generate possible n-grams with the help of edge ngram tokenizer.
- **Decompounded words.** Word segmentation can be a very useful approach to the languages with multiple compound words [2, p. 24] and Dutch is among such languages. To build this field we use SECOS — a compound splitter that uses information from a distributional thesaurus [3] which has a pretrained model for Dutch. we collect all the words from the catalogue descriptions using a simple regular expression " $\backslash b[\backslash d \backslash W]^+ \backslash b$ " and then, with the help of SECOS, create a dictionary of subwords corresponding to the dataset. Finally, we use this dictionary as a filter to split words into parts.

2 Results

As a baseline we treat the system with a default BM25 similarity model and a two-field index, which contains raw text and "numbers" field preprocessed in the same manner as described in the previous section. This system is quite simple as it has only two fields with almost no preprocessing or feature extraction involved.

The evaluation results for both baseline and proposed systems can be seen from the table:

Model	MS@10	Reciprocal rank
Baseline	0.376	0.3441
Offered model	0.6	0.4267

One can observe that the proposed model has 8% improvement in reciprocal rank and increases almost twice the probability of seeing the relevant document from catalogue during first 10 results.

3 Conclusion

It has been observed during the experiments that there are many ways to improve the search engine from the level reached with a baseline model. Multi-indexing proved to be one of the most powerful tools to raise the search performance as it helps the search engine in understanding what parts of the query are the most important. During research we introduced some fields in the data index which seemed to me the most promising: word extraction, word compounding and edge n-grams. Though word extraction gave the best gain to the scores, however, adding edge n-grams and word compounding made an important contribution as well and, what is more important, they can be further expanded and used for future investigation and experiments.

It should be noticed that an important drawback of adding new fields in the index is the rapidly increasing search time which can be crucial for many systems. Many customers can lose the interest in buying products from a particular company after long waiting for the answer from its search engine. Although it is not the primary goal of this paper to discuss the possible ways of search time improvement, this problem should be taken into account while deploying the system.

References

- [1] Ling Liu and M Tamer Özsu. *Encyclopedia of database systems*, volume 6. Springer Berlin, Heidelberg, Germany, 2009.
- [2] Christopher D. Manning, Prabhakar Raghavan, and Hinrich Schütze. *Introduction to Information Retrieval*. Cambridge University Press, New York, NY, USA, 2008.
- [3] Chris Biemann Martin Riedl. Unsupervised compound splitting with distributional semantics rivals supervised methods. In *Proceedings of The 15th Annual Conference of the North American Chapter of the Association for Computational Linguistics: Human Language Technologie*, pages 617–622, San Diego, CA, USA, 2016

ГЕОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ №88.

РАЗВИТИЕ ГЕОЛОГИИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

ПЛАН КОНФЕРЕНЦИЙ НА 2018 ГОД

Январь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы естественных и математических наук в современных условиях развития страны**», г. Санкт-Петербург

Прием статей для публикации: до 1 января 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 февраля 2018г.

Февраль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы естественных и математических наук в России и за рубежом**», г. Новосибирск

Прием статей для публикации: до 1 февраля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 марта 2018г.

Март 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы современных математических и естественных наук**», г. Екатеринбург

Прием статей для публикации: до 1 марта 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 апреля 2018г.

Апрель 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные проблемы и достижения в естественных и математических науках**», г. Самара

Прием статей для публикации: до 1 апреля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 мая 2018г.

Май 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Актуальные вопросы и перспективы развития математических и естественных наук**», г. Омск

Прием статей для публикации: до 1 мая 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июня 2018г.

Июнь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция «**Современные проблемы математических и естественных наук в мире**», г. Казань

Прием статей для публикации: до 1 июня 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 июля 2018г.

Июль 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«О вопросах и проблемах современных математических и естественных наук»**, г. Челябинск

Прием статей для публикации: до 1 июля 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 августа 2018г.

Август 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Информационные технологии естественных и математических наук»**, г. Ростов-на-Дону

Прием статей для публикации: до 1 августа 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 сентября 2018г.

Сентябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки в современном мире»**, г. Уфа

Прием статей для публикации: до 1 сентября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 октября 2018г.

Октябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Основные проблемы естественных и математических наук»**, г. Волгоград

Прием статей для публикации: до 1 октября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 ноября 2018г.

Ноябрь 2018г.

V Международная научно-практическая конференция **«Естественные и математические науки: вопросы и тенденции развития»**, г. Красноярск

Прием статей для публикации: до 1 ноября 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 декабря 2018г.

Декабрь 2018г.

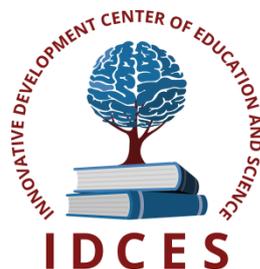
V Международная научно-практическая конференция **«Перспективы развития современных математических и естественных наук»**, г. Воронеж

Прием статей для публикации: до 1 декабря 2018г.

Дата издания и рассылки сборника об итогах конференции: до 1 января 2019г.

С более подробной информацией о международных научно-практических конференциях можно ознакомиться на официальном сайте Инновационного центра развития образования и науки www.izron.ru (раздел «Естественные и математические науки»).

ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ
INNOVATIVE DEVELOPMENT CENTER OF EDUCATION AND SCIENCE



**Актуальные проблемы и достижения
в естественных и математических науках**

Выпуск V

**Сборник научных трудов по итогам
международной научно-практической конференции
(11 апреля 2018 г.)**

г. Самара

2018 г.

Печатается в авторской редакции
Компьютерная верстка авторская

Издатель Инновационный центр развития образования и науки (ИЦРОН),
603086, г. Нижний Новгород, ул. Мурашкинская, д. 7.

Подписано в печать 10.04.2018.
Формат 60×90/16. Бумага офсетная. Усл. печ. л. 5,7.
Тираж 250 экз. Заказ № 047.

Отпечатано по заказу ИЦРОН в ООО «Ареал»
603000, г. Нижний Новгород, ул. Студеная, д. 58.