

СБОРНИК РАБОТ
70-ой НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ
БЕЛОРУССКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА

15–18 мая 2013 г., Минск

В ТРЕХ ЧАСТЯХ

ЧАСТЬ I

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**СБОРНИК РАБОТ
70-ой НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ
СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ
БЕЛОРУССКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА**

15–18 мая 2013 г., Минск

В ТРЕХ ЧАСТЯХ

ЧАСТЬ I

**МИНСК
2013**

УДК 082
ББК 94.3
С23

Рецензенты:

кандидат технических наук *Авдеев Н.А.*; доктор физико-математических наук, профессор *Афоненко А.А.*; кандидат географических наук, доцент *Бакарасов В.А.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Балащенко В.В.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Босяков С.М.*; доктор педагогических наук, доцент *Бровка Н.В.*; кандидат химических наук *Василенко И.В.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Вылегжанин Д.В.*; кандидат географических наук, доцент *Гагина Н.В.*; кандидат биологических наук, доцент *Грушецкая З.Е.*; кандидат биологических наук, доцент *Губич О.И.*; кандидат химических наук, доцент *Кимленко И.М.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Козадаев К.В.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Кольчевский Н.Н.*; доктор физико-математических наук, доцент *Кравчук А.С.*; кандидат биологических наук, доцент *Кулагова Т.А.*; кандидат физико-математических наук *Кулешов А.К.*; кандидат химических наук *Лисовская А.Г.*; доктор физико-математических наук, профессор *Лобко А.С.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Лукашевич М.Г.*; старший преподаватель *Лутковский В.М.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Людчик О.Р.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Малюгин В.И.*; кандидат физико-математических наук *Мельникова Е.Н.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Метельский Ю.М.*; кандидат биологических наук, доцент *Новиков Д.А.*; кандидат химических наук *Позняк С.К.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Покотило Ю.М.*; кандидат химических наук, доцент *Полозов Г.И.*; доктор физико-математических наук, профессор *Рудницкий А.С.*; кандидат химических наук, доцент *Русь О.Б.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Савчук В.П.*; кандидат технических наук, доцент *Садов В.С.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Скакун В.В.*; кандидат биологических наук, доцент *Смолич И.И.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Фуре А.Н.*; кандидат физико-математических наук, доцент *Хмельницкий А.И.*; кандидат химических наук, доцент *Шевчук Т.А. и др.*

Сборник работ 70-ой научной конференции студентов и аспирантов
С23 Белорусского государственного университета, 15–18 мая 2013 г., Минск: В 3 ч.
Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т.– Минск: Изд. центр БГУ; 2013.

В первую часть сборника включены доклады студентов и аспирантов биологического факультета, географического факультета, механико-математического факультета, физического факультета, факультета прикладной математики и информатики, факультета радиофизики и компьютерных технологий, химического факультета, а также кафедры педагогики и проблем развития образования

УДК 082
ББК 94.3

© БГУ; 2013

ВЫЯВЛЕНИЕ ГЕНОВ ЭФФЕКТОРНЫХ БЕЛКОВ CRN1 И CRN2 В РАЗЛИЧНЫХ ИЗОЛЯТАХ *PHYTOPHTHORA INFESTANS*

Ю. Ю. Волос, А. М. Ходосовская

ВВЕДЕНИЕ

Оомицет *Phytophthora infestans* – возбудитель фитофтороза, одной из самых опасных болезней картофеля и томатов, ущерб от которой оценивается миллиардами долларов. Наличие в геноме *P. infestans* транспозоноподобных элементов, появление в жизненном цикле полового процесса, а также существование широкой базы для протекания мутационного процесса в результате образования огромного числа зооспор объясняет изменчивость патогена, позволяющую ему преодолевать защитные барьеры селекционной работы и агротехнических мероприятий [1–3].

В связи с этим, фундаментальной основой для разработки новых эффективных мер борьбы с возбудителем фитофтороза должно стать исследование молекулярных механизмов взаимодействия патогена с растением. В настоящее время большое внимание уделяется исследованию факторов вирулентности *P. infestans* [4–6]. Одними из недавно открытых генов эффекторных белков *P. infestans*, т.е. молекул патогена, способных перестраивать клеточные процессы растения-хозяина, являются гены *crn1* и *crn2*. Показано, что белки CRN-семейства секретируются в цитоплазму растительной клетки и вызывают при их экспрессии *in planta* некроз и скручивание листьев томатов [7].

Целью данной работы явилась идентификация генов эффекторных белков *crn1* и *crn2* в различных изолятах *P. infestans*, выделенных на территории Республики Беларусь в 2010 г.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе были использованы следующие штаммы *P. infestans*: Гр-2, Гр-3, 2ВН13, 1ВП21, Ка2, ЧЕ-6, Ву-1, Ча-4, Ор-3 (выделены с картофеля) и Пр-5m (выделен с томатов). Культивирование *P. infestans* осуществлялось на твердой питательной среде гуеА в чашках Петри при 18°C. Для получения большого количества мицелия *P. infestans* выращивали в колбах на 250 мл в 100 мл жидкой питательной среды, полученной на основе зеленого горошка.

ДНК выделяли по методу Боэма, модифицированного Моллером [8]. Амплификацию ДНК осуществляли с парами праймеров (Праймтех, Беларусь):

crn1F (TTGAAGCTATTGCGCGTTGCAGG)

crn1R (GCTGCAGCTCACAAGTTGACCAAT)

crn2F (AAATTTCACGTGCTGGTGGTTC)

crn2R (CAAATGCTTCACCTGGCGCGATTA)

по программе 94° 150 с, 30 циклов 94° 40 с, 58° 60 с, 72° 60 с, 1 цикл 72° 60 с.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Для выделения тотальной ДНК *P. infestans* культивировалась в жидкой питательной среде в течение 15–20 суток до получения достаточного для эксперимента количества мицелия. Препараты ДНК, выделенные из десяти штаммов *P. infestans*, были использованы для проведения амплификации с праймерами для фрагментов генов *crn1* и *crn2*. Результаты электроферетического разделения ПЦР-продуктов приведены на рисунках 1–2.

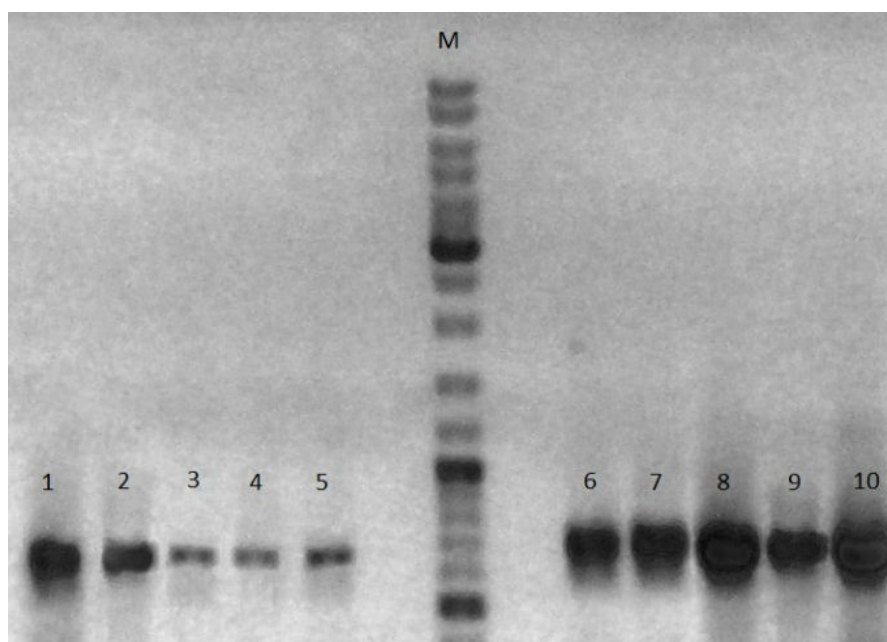


Рис. 1. Результаты амплификации ДНК *P. infestans* с праймерами для фрагментов генов *crn1* и *crn2*:

М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва); амплифицированный продукт ДНК *P. infestans* для фрагмента гена *crn1* – дорожки 1-5; для фрагмента гена *crn2* – дорожки 6-10; дорожка 1, 6 – штамм Гр-2; дорожка 2, 7 – штамм Гр-3; дорожка 3, 8 – штамм Пр-5m; дорожка 4, 9 – штамм 2ВН13; дорожка 5, 10 – штамм 1ВП21

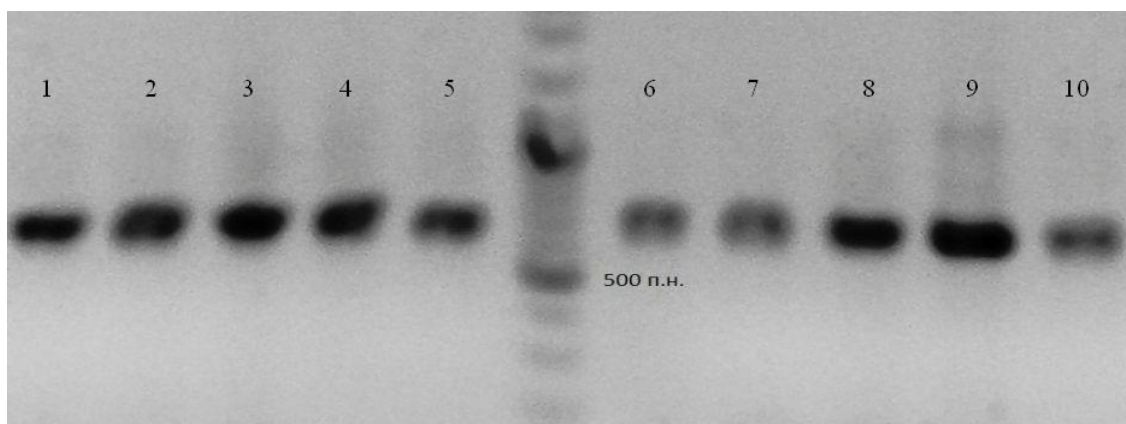


Рис. 2. Результаты амплификации ДНК из различных штаммов *P. infestans* с праймерами для фрагментов генов *crn1* и *crn2*:
 М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва);
 амплифицированный продукт ДНК *P. infestans* для фрагмента гена *crn1* – дорожки 1-5;
 для фрагмента гена *crn2* – дорожки 6-10; дорожка 1, 6 – штамм Ви-1;
 дорожка 2, 7 – штамм Ка2; дорожка 3, 8 – штамм Ор-3; дорожка 4, 9 – штамм Ча-4;
 дорожка 5, 10 – штамм ЧЕ-6

На основании представленных электрофореграмм можно сделать вывод о том, что амплификация искомым последовательностей в геномах *P. Infestans* всех исследуемых штаммов прошла успешно, т.к. были получены продукты размером около 700 п. н., соответствующие рассчитанным размерам фрагментов генов: *crn1* – 681 п.н. (рис 1, 2: дорожки 1–5) и *crn2* – 710 п.н. (рис 1, 2: дорожки 6–10).

Следующим этапом работы было проведение рестрикции полученных ампликонов для подтверждения выявления интересующих нас участков генов *crn1* и *crn2*. Для анализа были выбраны рестриктазы, имеющие единичные сайты рестрикции в исследуемых областях генов – *Bsu15I* (*Cla* I), *PvuII*, *ScaI* для гена *crn1* и *DraI*, *EcoRI* для гена *crn2*. Электрофореграммы полученных продуктов расщепления приведены на рисунках 3–8.

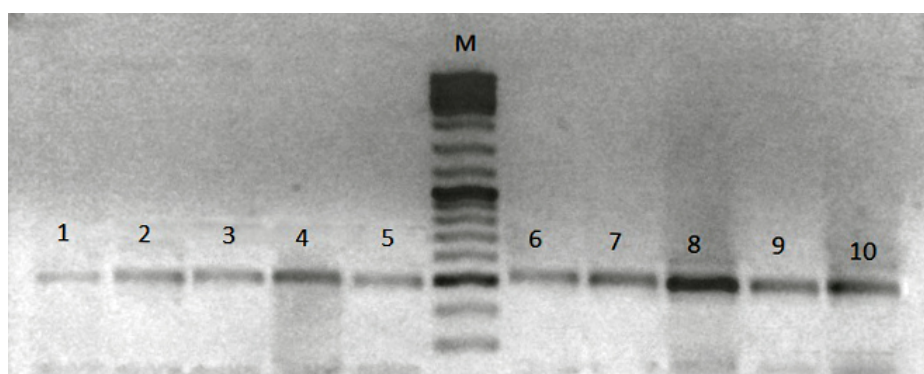


Рис. 3. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов:
 для гена *crn1* дорожки 1-5 , для гена *crn2* дорожки 6-10; рестриктаза *Bsu15I* (дорожки 1-5);
 рестриктаза *EcoRI* (дорожки 6-10); дорожки: 1, 6 – штамм Гр-2; 2, 7 – штамм Гр-3;
 3, 8 – штамм Пр-5m; 4, 9 – штамм 2ВН13; 5, 10 – штамм 1ВП21;
 М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

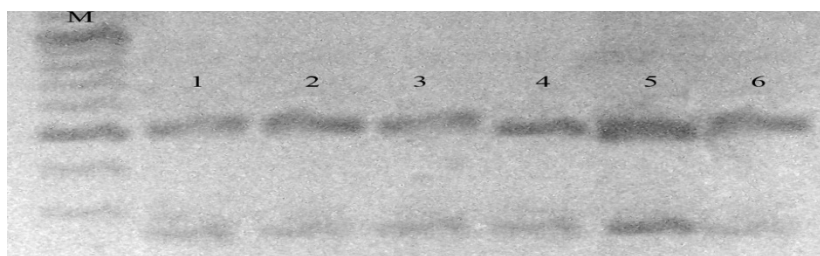


Рис. 4. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов гена *crn2* рестриктазой *EcoRI*:
 дорожка 1 – штамм Гр-2; дорожка 2 – штамм Гр-2; дорожка 3 – штамм Ву-1;
 дорожка 4 – штамм Ка2; дорожка 5 – штамм Оп-3; дорожка 6 – штамм ЧЕ-6;
 М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

В процессе рестрикции амплифицированных участков гена *crn1* рестриктазой *Bsu15I* и гена *crn2* рестриктазой *EcoRI* были получены продукты размером около 500 и 300 п.н., что соответствует теоретически ожидаемым величинам: для *Bsu15I* – 448 и 233 п.н., для *EcoRI* – 461 и 249 п.н. (рис. 3, 4).

Результаты рестрикции ПЦР-продуктов ДНК *P. infestans* из различных штаммов с праймерами для генов *crn1* и *crn2* с использованием другого набора рестриктаз приведены на рисунках 5–8.

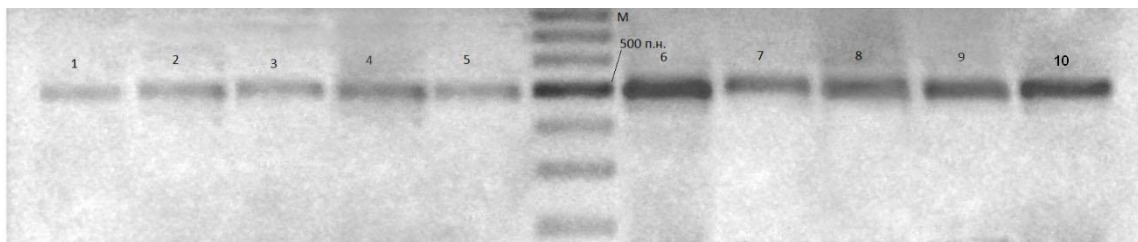


Рис. 5. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов:
 для гена *crn1* дорожки 1–5, для гена *crn2* дорожки 6–10; дорожки 1–5 рестриктаза *PvuII*;
 дорожки 6–10 рестриктаза *DraI*; дорожки 1, 6 – штамм Гр-2; дорожки 2, 7 – штамм Гр-3;
 дорожки 3, 8 – Пр-5m; дорожки 4, 9 – штамм 2ВН13; дорожки 5, 10 – штамм 1ВП21;
 М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

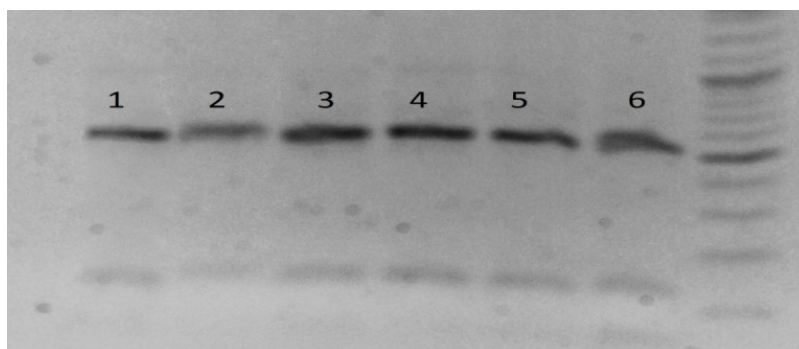


Рис. 6. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов с использованием рестриктазы *PvuII* для гена *crn1*:
 дорожка 1 – штамм Гр-2; дорожка 2 – штамм Гр-2; дорожка 3 – штамм Ву-1;
 дорожка 4 – штамм Ка2; дорожка 5 – штамм Оп-3; дорожка 6 – штамм ЧЕ-6;
 М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

Рестрикционный анализ и последующий электрофорез (рис. 5, 6) позволили обнаружить две полосы в области около 500 и 200 п.н., которые совпадают с расчетными значениями (для PvuII 542 и 139 п.н., для DraI – 528 и 182 п.н.).

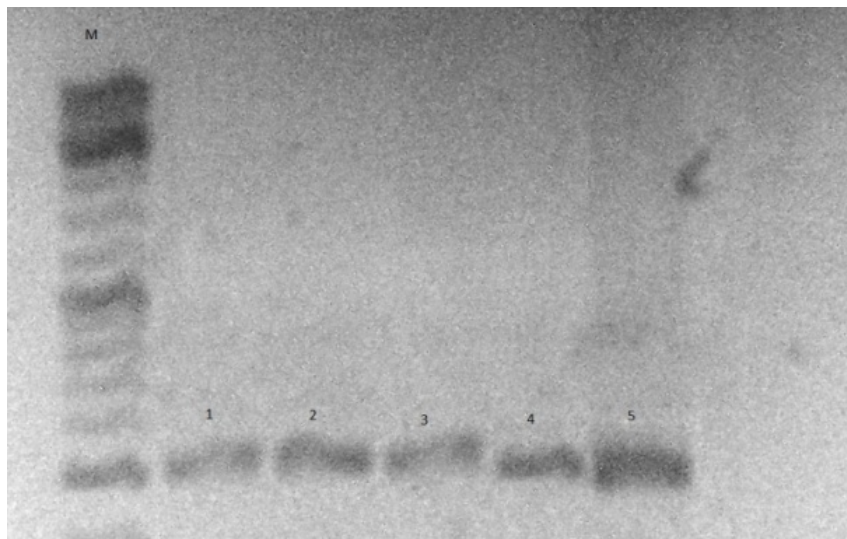


Рис. 7. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов: для гена *crn1* рестриктазой ScaI: дорожка 1 – штамм Гр-2; дорожка 2 – штамм Гр-3; дорожка 3 – Пр-5m; дорожка 4 – штамм 2ВН13; дорожка 5 – штамм 1ВП21; М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

На рисунке 7 показаны результаты электрофоретического разделения продуктов расщепления ампликона *crn1* с помощью рестриктазы ScaI, которые выявляются в области 500 и 300 п.н. (точные размеры предполагаемых фрагментов 419 и 262 п.н.).

Как видно из электрофореграммы, представленной на рисунке 8, гидролиз амплифицированных участков генов *crn1* и *crn2* из различных штаммов *P. infestans* выявил продукты размером около 500 и 300 п.н., что отражает наличие сайтов рестрикции для соответствующих рестриктаз.

Таким образом, в результате проведенных исследований с использованием геномной ДНК из десяти штаммов *P. infestans* были получены ампликоны, соответствующие по размерам ожидаемым фрагментам генов *crn1* и *crn2*. Используя три различные рестриктазы для амплифицированного фрагмента гена *crn1* и два вида рестриктаз для фрагмента гена *crn2*, подтверждено соответствие амплифицированных участков последовательностям исследуемых генов.

Выявление в геномах белорусских штаммов *P. Infestans* участков генов эффекторных белков CRN1 и CRN2 позволит в дальнейшем амплифицировать полноразмерные их копии, с целью последующего клонирования для изучения механизмов взаимодействия патогена с растениями.

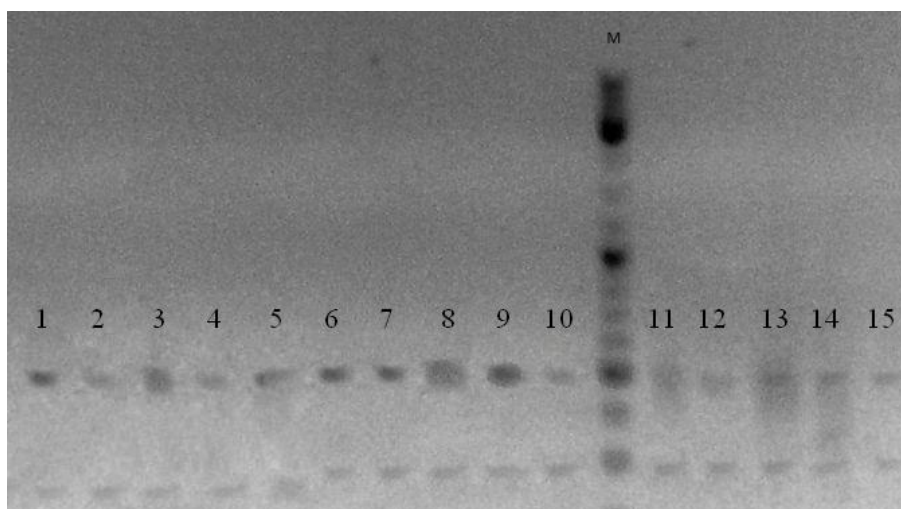


Рис. 8. Результаты рестрикции амплифицированных фрагментов:
 для гена *crn1* дорожки 1-10; для гена *crn2* дорожки 11-15;
 рестриктаза *Bsu15I* дорожки 1-5;
 рестриктаза *ScaI* дорожки 6-10; рестриктаза *EcoRI* дорожки 11-15; штамм Ви-1 дорожки 1, 6, 11;
 штамм Ка2 дорожки 2, 7, 12; штамм Ор-3 дорожки 3, 8, 13; штамм Ча-4 дорожки 4, 9, 14;
 штамм ЧЕ-6 дорожки 5, 10, 15; М – маркер молекулярной массы #SMO331 («Fermentas», Литва)

Авторы выражают благодарность м.н.с. кафедры молекулярной биологии Викторовичу В.Н. за предоставленные для работы штаммы *P. infestans* и доценту кафедры молекулярной биологии к.б.н. Лагоненко А.Л. за дизайн праймеров генов *crn1* и *crn2* *P. infestans*.

Литература

1. Дьяков Ю. Т. Фитофтороз и глобальные внутрироссийские проблемы. М.: МГУ, 2002.
2. Иванюк В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Мн., 2005.
3. Naas B. J. Genome sequence and analysis of the Irish potato famine pathogen *Phytophthora infestans* / S. Kamoun, M. C. Zody, R. H. Y. Jiang, R. E. Handsaker et. al. // Nature. 2009. V. 461. P. 393–398.
4. Kamoun S. Catalogue of the Effector Secretome of Plant Pathogenic Oomycetes / S.Kamoun // Annu. Rev. Phytopathol. 2006. V. 44. P. 41–60.
5. Kamoun S. Molecular genetics of pathogenic oomycetes / S.Kamoun // Eukaryotic Cell. 2003. V. 2. P. 191–199.
6. Thines M. Oomycete – Plant coevolution: recent advances and future prospects /M. Thines, S.Kamoun// Curr. Opin. Plant Biol. 2010. V.13. P. 1–7.
7. Torto T. EST mining and functional expression assays identify extracellular effector proteins from *Phytophthora* / S. Li, A. Styer, E. Huitema, A. Testa et al. //Genome Res. 2003. V.13. P. 75–85.
8. Moller E. M. A simple and efficient protocol for isolation of high molecular weight DNA from filamentous fungi, fruit bodies and infected plant tissues / G. Bahnweg, H. Sandermann, H. H. Geiger // Nucleic Acids Res. 1992. V. 20, № 22. P. 6115–6116.

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ ПОЛИМОРФИЗМ РЕДКИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ БЕЛАРУСИ НА ПРИМЕРЕ *POLYPODIUM VULGARE L.* И *ALLIUM URSINUM L.*

О. В Дзюбан

Сохранение биологического разнообразия занимает особое место среди глобальных проблем современности. Основой биологического разнообразия является его генетическая компонента. Сокращение видо-вого и генетического разнообразия представляет реальную угрозу для биосферы, поскольку устойчивость воспроизводства природных экосистем и агроэкосистем непосредственно связана с их генетически обусловленным потенциалом адаптации к меняющимся условиям окружающей среды.

Изучение генетического разнообразия селекционного материала, образцов коллекций генбанков и диких видов растений проводится с помощью молекулярно-генетических маркеров, и позволяет получить так называемые генетические фингерпринты – набор маркеров определенного размера, уникальный для изучаемого образца. Генетическая паспортизация линий и сортов сельскохозяйственных культур с помощью ДНК-маркеров принята в ряде стран, в том числе и в Республике Беларусь. Проведение аналогичных исследований генофонда редких и исчезающих видов не менее важно, поскольку позволит как оценить внутривидовой полиморфизм, так и создать типичные «генетические паспорта» для охраняемых видов растений с целью поддержания и сохранения биоразнообразия.

Многие виды охраняемых на территории Беларуси растений являются сложными комплексами внутри- и надвидовых таксонов. Изучение этих видов на молекулярно-генетическом уровне позволит решить главную проблему в поддержании биоразнообразия – отбор наиболее типичных представителей популяций и создание генетически обоснованных программ по их сохранению, а также стать решающим аргументом для таксономической дифференциации объектов исследования.

Многие охраняемые растения (*Pulsatilla pratensis s.l.*, *Cotoneaster melanocarpus s.l.*, *Prunus spinosa s.l.*, *Trapa natans s.l.*, *Gentianella amarella s.l.*, *Allium ursinum s.l.*, *Gymnadenia conopsea s.l.* и др.) относятся к группам, в которых на сегодняшний день весьма активно протекают эволюционные процессы. Зачастую имея послеледниковое происхождение, такие группы, наряду с реликтовыми видами, наиболее адекватно отражают направления миграционных потоков при формировании флор и процессы флорогенеза на ограниченных территориях.

Allium ursinum L. – Черемша – широко распространенный в Европе вид. На территории Беларуси этот реликтовый, по происхождению средневропейский вид находится на северо-восточной границе равнинной части ареала. Произрастает черемша по всей территории республики в тенистых широколиственных и широколиственно-еловых лесах, вблизи рек и ручьев, по окраинам болот (Красная книга..., 2005). На территории Европы данный вид представлен двумя подвидами: *Allium ursinum* subsp. *ursinum* и *Allium ursinum* [1]. В Беларуси внутривидовая дифференциация черемши не изучалась, хотя по территории республики должна проходить граница распространения этих двух подвидов. Так, к примеру, на территории Украины распространен только subsp. *ucrainicum* [2], тогда как в Литве – только типовой подвид [3].

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Разработка методики идентификации и паспортизации генофондов видов растений, относящихся к охраняемым видам флоры Республики Беларусь, и выявление закономерностей их морфолого-генетической дифференциации.

ЗАДАЧИ

1. Выбор модельных групп растений.
2. Сбор популяционного материала по изучаемым комплексам и изучение их внутри- и межпопуляционной изменчивости.
3. Определение наиболее полиморфных стабильных ДНК-маркеров и разработка методов оценки полиморфизма геномной ДНК на основе ISSR-маркеров с целью оптимизации исследования генофондов растений.
4. Установление видового и внутривидового состава изучаемых групп.

Молекулярные маркеры представляют собой генетические маркеры, анализируемые на уровне ДНК. Аллели маркерных локусов представляют собой различные формы (нуклеотидные последовательности, отличающиеся по длине и /или по нуклеотидным заменам) одного и того же маркера, расположенные в одинаковых локусах гомологичных хромосом [4]. ISSR-маркеры (англ. Inter Simple Sequence Repeats) – это неспецифические ПЦР-маркеры, праймером для полимеразной цепной реакции которых служит микросателлитная последовательность. Продукты ISSR амплификации содержат на флангах инвертированную микросателлитную последовательность праймера. Микросателлиты (или простые короткие повторы) – это варьирующие участки в ядерной ДНК и ДНК ор-

ганелл, состоящие из повторяющихся фрагментов длиной от 1 до 6 пар оснований. Используются как молекулярные маркеры в определении родства, принадлежности к конкретной популяции, для исследования гибридизации. Микросателлитные последовательности небольшой длины используются также при картировании геномов в работе с редкими видами. Нами был выбран ISSR-анализ как один из наиболее доступных, быстрых, воспроизводимых и не требующих использования радиоактивных меток. Амплифицированные продукты обычно составляют 200 – 2000 п.н. и могут быть выявлены с использованием как агарозного, так и полиакриламидного электрофореза. [5]

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили образцы десяти видов редких растений, отработка методики производилась на растениях из семейства *Polypodiaceae* (на многоножке обыкновенной (*Polypodium vulgare L.*)) и *Liliaceae* (на луке медвежьем (*Allium ursinum L.*)). Зеленая масса многоножки обыкновенной была взята из пяти различных популяций: с Кавказа (Краснодарский край, окр. д. Пшада), из западной части Беларуси (Воложинский р-н, окр. д. Юржишки), из Брестской области (окр. д. Орехово), Витебской области, изъятые из дикой природы и культивируемые сейчас в ЦБС и на ботанических площадках БГУ. Для исследования морфологических структур был проанализирован гербарий НАН РБ и БГУ. Черемша была взята из двух мест произрастаний: из Минской области на приусадебном участке в окр. г. Осиповичи и из Березинского заповедника.

Для выделения использовали 100 мг листьев индивидуальных растений. Для каждого индивидуального растения брали 2 повторности для избегания артефактов и оценки генетической неоднородности. Растительный материал измельчали в присутствии ТЕ-буфера (10 mM Tris-HCl, pH 7,5; 1 mM EDTA), суспензировали в 400 мкл экстракционного буфера (Lysis solution, из набора Genomic DNA Purification Kit, #K0512, фирмы Thermo scientific). Образцы инкубировали 15 мин при 65⁰С. После экстракции хлороформовой смесью (по 600 мкл) супернатант переносили в другие пробирки. ДНК осаждали добавлением 0,6–0,8 объема изопропилового спирта с последующим центрифугированием. Затем ДНК промывали в 70%-ном этиловом спирте, подсушивали и растворяли в ТЕ буфере (10 mM Tris-HCl, pH 7,5; 1 mM EDTA). Качество и чистоту полученной ДНК анализировали в 1% агарозном геле в присутствии бромистого этидия. Концентрацию ДНК в образце определяли на спектрофотометре Ultrospec 3300 *pro*.

Адаптирование методик производилось для каждой из культур. Для ПЦР использовали 7 коммерческих декамерных праймеров (ОДО «Праймтех», табл. 1), которые давали максимальное число фрагментов амплификации по результатам предварительных исследований.

ПЦР-реакция проводилась по следующей схеме: реакционная смесь включала от 50 до 100 нг геномной ДНК, по 0,25 mM прямого и обратного праймера, 0,2 mM каждого dATP, dCTP, dGTP и dTTP, от 1,5 до 2,5 mM MgCl₂ и 1 единицу Taq-полимеразы в инкубационном буфере. Нуклеотидная последовательность использованных праймеров, температура отжига и размер ПЦР-продукта представлены в табл. 1.

Таблица 1

Нуклеотидные последовательности праймеров, использованных для выявления полиморфных локусов

Название праймера	Нуклеотидная последовательность праймера (5'-3')	Температура отжига, °С
ISSR-04	(ac) ₈ ag	57
ISSR-09	(atg) ₆	52
ISSR-10	(gaa) ₆	57
ISSR-17	(gaca) ₄	58,3
ISSR-22	(ac) ₈ aa	52
ISSR-23	(ac) ₈ ta	54
ISSR-24	(ac) ₈ tc	58,3

Условия проведения реакции: денатурация – 2 мин при 94⁰С; циклы 2 – 35: 30 сек. при 94⁰ С, 45 сек. при 56–60⁰С в зависимости от праймера и 1 мин 30 сек при 72⁰С; цикл 36 – 5 мин при 72⁰С.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате ISSR-анализа коллекции папоротников *Polypodium vulgare* и черемшы *Allium ursinum* было получено по 21 полиморфному продукту амплификации. Количество информативных амплифицируемых фрагментов в зависимости от праймера колебалось от 2 до 9, их размеры варьировали от 250 до 1600 пн. Уровень полиморфизма для всех образцов коллекции составлял от 33 % до 100 % (в среднем 68, 5 % для многоножки и 78,8 % для лука медвежьего) (табл. 2, табл. 3). В то время уровень полиморфизма контрольных групп томатов и перцев с использованием праймера ISSR 09 составил лишь 11 % и 14 % соответственно, что свидетельствует о намного более высоком полиморфизме диких видов растений по сравнению с культурными (табл. 4).

Степень полиморфизма, превышающая 20 %, говорит о межвидовом характере полиморфизма исследуемых растений, что подтверждается также и морфологическими данными. Так, полиподиумы характеризовались различной формой вайи, различной степенью заостренности отдель-

ных листочков (от длинных вытянутых до затупленных), различным количеством клеток кольца спорангия (9–12). По литературным данным было отмечено несколько признаков у исследуемых папоротников, сближающих их с *Polypodium interjectum*, широко распространенным в соседних государствах. Для черемши различающим морфологическим признаком послужило наличие и количество волосков на цветоножке (встречались как густоопушенные цветоножки, так и малоопушенные, и голые).

Таблица 2

Сравнительный анализ продуктов амплификации ДНК *Polypodium vulgare* с ISSR-праймерами

Праймер	Количество ПЦР-фрагментов		Общий уровень полиморфизма, %
	Всего	полиморфных	
ISSR 08	4	2	50
ISSR 09	7	7	100
ISSR 10	4	3	75
ISSR 17	9	7	78
ISSR 22	4	3	75
ISSR 23	3	1	33
	Всего 31	Всего 21	Средний 68,5

Таблица 3

Сравнительный анализ продуктов амплификации ДНК *Allium ursinum* с ISSR-праймерами

Праймер	Количество ПЦР-фрагментов		Общий уровень полиморфизма
	всего	полиморфных	
ISSR 09	6	5	83
ISSR 10	2	1	50
ISSR 17	9	7	78
ISSR 22	3	3	100
ISSR 23	6	5	83
	Всего 26	Всего 21	Средний 78,8

Таблица 4

Сравнительный анализ продуктов амплификации ДНК у разных культур с использованием праймера ISSR-09

Уровень полиморфизма, %			
Полиподиум	томаты	Перец	черемша
100	11	14	83

В результате проведенных работ была подобрана коллекция праймеров, информативных для анализа, адаптированы условия проведения анализа, выявлены видоспецифичные и полиморфные фрагменты.

Основываясь на результатах молекулярного и морфологического анализа, а также принимая во внимание литературные данные, можно предположить, что на территории Беларуси отмечаются промежуточные разновидности исследуемых растений гибридного происхождения.

Литература

1. *Stearn W. T. Allium L. In: T.G. Tutin V. H. Heywood N.A. Burges D.M. Moore D.H. Valentine S.M. Walters D.A. Webb (eds.). Flora Europaea 5. Cambridge, 1980. P. 49–69.*
2. Червона книга України. Рослинний світ/ за ред. Я.П. Дідуха. К.: Глобалконсалтинг, 2009.
3. *Karpavičienė B. Distribution of Allium ursinum L. in Lithuania / B. Karpavičienė // Acta Biol. Univ. daugavp. 2006. Vol. 6, N 1–2. P.117–121.*
4. *Хлесткина Е. К. Молекулярные методы анализа структурно-функциональной организации генов и геномов высших растений, Вавиловский журнал генетики и селекции, 2011. Том 15. № 4. С. 757.*
5. *Semagn K, Bjornstad, Ndjiondjop MN (2006). An overview of molecular markers for plants. African Journal of Biotechnology Vol. 5 (25): 2540–2568.*

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКАЯ РАБОТА ШКОЛЬНИКОВ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

А. Д. Другакова, М. Л. Минец

Организация научно-исследовательской деятельности в школе рассматривается сегодня как мощная инновационная образовательная технология, позволяющая развить интеллектуальный потенциал личности школьника от накопления знаний и навыков к самовыражению в творчестве и науке. Работа над исследовательскими проектами делает мышление учащихся раскрепощенным, свободным, творческим и позволяет получить дополнительный образовательный опыт, который они не всегда смогут получить на обычном уроке в классе. В последние годы происходит резкий рост заявленных докладов на участие в Республиканской конференции учащихся (рис.1).

Наибольшее количество докладов по биологии, занявших призовые места на Республиканской конференции учащихся в период с 2010 по 2013 годы, относятся к секции «физиология и биохимия живых систем» (38 %). Приблизительно одинаковый процент занимают доклады секций «ботаника» (14 %), «зоология» (25 %) и «микробиология» (14 %). Наименьшее количество докладов представлено в секции «экология и природопользование» – (7 %) [1]. По итогам Республиканской конференции учащихся из числа работ, удостоенных диплома I степени, происходит отбор докладов для участия в ряде Международных конференций школьников. Наиболее часто белорусские школьники участвуют в: Международной конференции юных ученых (ICYS), Международной конференции школьников стран Евросоюза (EUCYS) и Международном научно-техническом конкурсе (Intel ISEF).

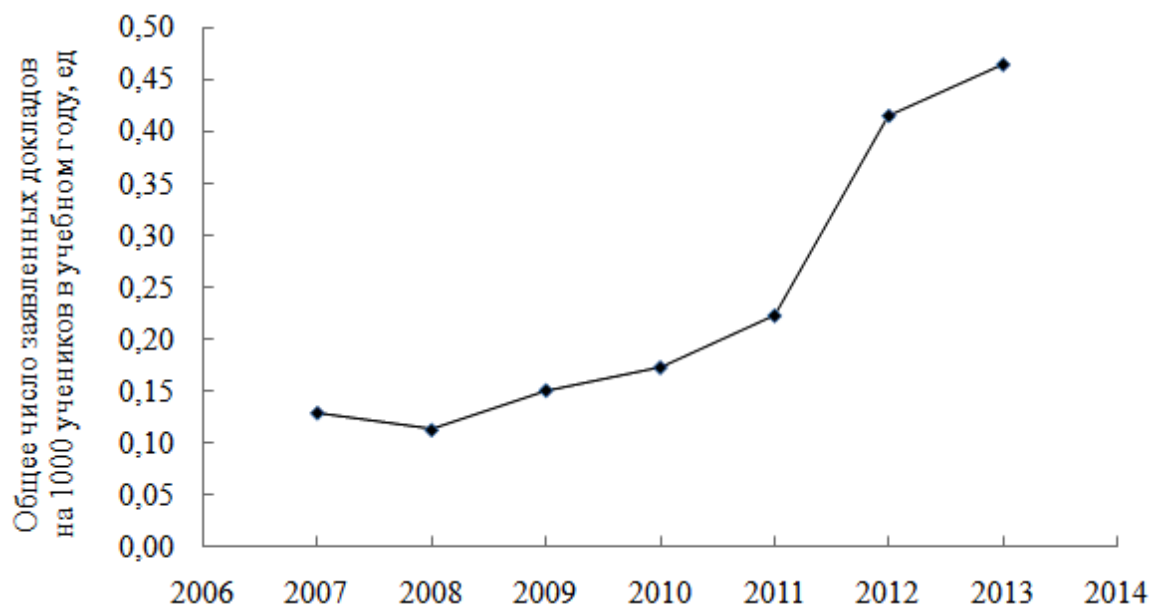


Рис. 1. Динамика числа заявленных докладов на Республиканскую конференцию учащихся с 2007 по 2013 гг.

В результате анализа работ биологического профиля Республиканской конференции учащихся и наиболее престижной Международной конференции школьников стран Евросоюза (EUCYS), было выявлено, что доклады биологического профиля представлены в сходных тематических секциях (рис.2). К сожалению, завоевать призовые места на Международной конференции школьников стран Евросоюза в секции биология белорусским школьникам пока еще не удалось.

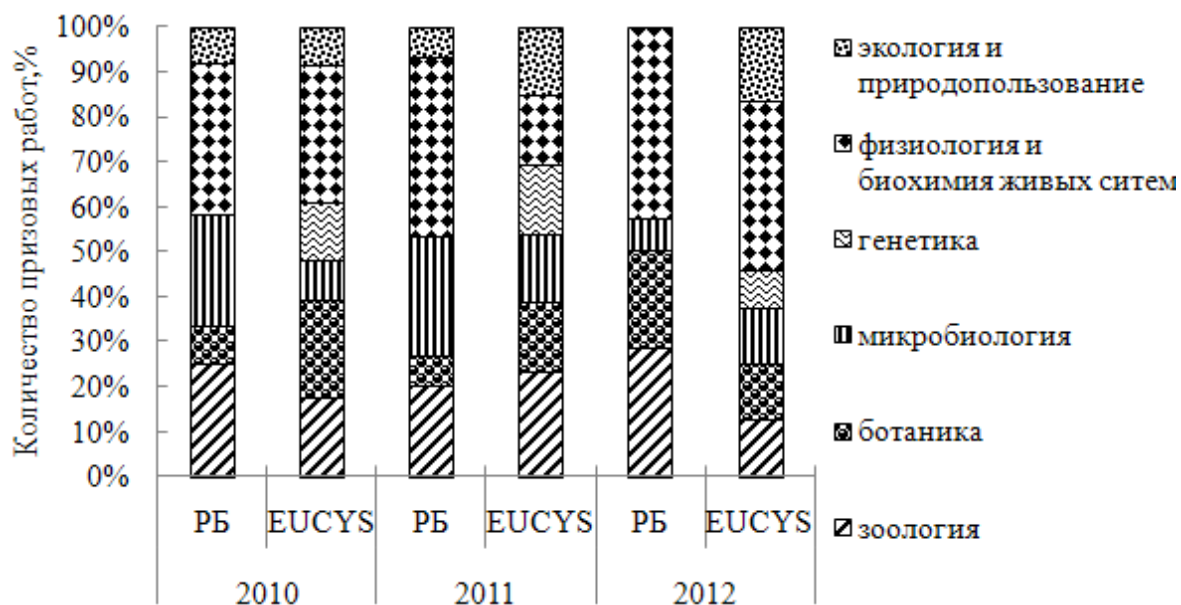


Рис. 2. Анализ призовых работ биологического профиля Республиканской конференции учащихся и Международной конференции EUCYS

Проанализировав тематику работ, занявших призовые места на республиканских и международных конференциях, был составлен перечень возможных тем научно-исследовательских работ. Наиболее актуальным и предпочтительным исследованием для двух школьниц гимназии №12 г. Минска стала тема: «Анализ антибактериальной эффективности средств гигиенической защиты рук». Ниже представлены этапы (шаги), разработанные и проведенные в рамках выбранной темы.

Шаг 1. Постановка цели и разработка задач. Цель исследования: выявить наиболее эффективное и мобильное средство личной гигиены рук. Задачи: 1) дать краткую характеристику разнообразия средств гигиенической защиты рук; 2) определить микробную обсемененность кожи рук методом смыва до и после обработки дезинфицирующими средствами; 3) проанализировать эффективность средств гигиенической защиты рук (на примере детского мыла, антисептического геля «Sanitelle» и антибактериальных влажных салфеток «Maditol»).

Шаг 2. Выбор методики эксперимента и возможной базы исследования. Для определения микробной обсемененности кожи рук был применен метод смыва. Смывы производили с межпальцевых, подногтевых пространств, с ладоней и с тыльной поверхности руки стерильными марлевыми салфетками. Пробы с кожи рук отбирали после пятого урока у шестнадцати учеников (восемь мальчиков и восемь девочек, средний возраст от двенадцати до четырнадцати лет). После взятия смыва салфетки помещали в 10 мл стерильного физиологического раствора, разлитого в пробирки. После встряхивания пробирки в течение 2–3 минут, из пробирки с помощью стерильной пипетки отбирали 3 мл смывной жидкости и наносили на поверхность предварительно подсушенного стерильного питательного агара, разлитого в чашки Петри. Одновременно вращая чашку и проводя круговые движения стерильным микробиологическим шпателем, суспензию распределяли по поверхности среды [2, с. 10]. Смывы проводили до и после обработки дезинфицирующим средством. В результате трех дней эксперимента было засеяно 96 чашек. Засеянные чашки Петри помещали в термостат и инкубировали при 25°C в течение 72 часов. На 3-й день культивирования просматривали чашки Петри, фиксируя в дневнике количество выросших колоний. Данное исследование проведено на базе ГУО «Гимназия № 12 г. Минска» при поддержке двух кафедр биологического факультета БГУ: микробиологии (выражаем благодарность Е. И. Игнатенко) и общей экологии и методики преподавания биологии.

Шаг 3. Результаты и их обсуждение. Результаты исследования представляли в графиках и таблицах, а статистический анализ проводили с использованием программы STATISTICA 6.0. Поскольку в экспе-

рименте принимали участие и девочки и мальчики, первый этап анализа отвечал на вопрос: «Есть ли различия или нет по степени обсемененности рук до и после обработки дезинфицирующим средством в зависимости от пола?» Тест Крускала – Уоллиса (Kruskal – Wallis) этих различий не выявил (до: $H = 3,07$; $p = 0,08$, после: $H = 0,59$; $p = 0,44$) (рис.3). В то время анализ влияния дезинфицирующих средств на степень обсемененности рук выявил, что каждое из тестируемых средств было эффективным ($H = 12,48$; $p = 0,002$; рис. 3).

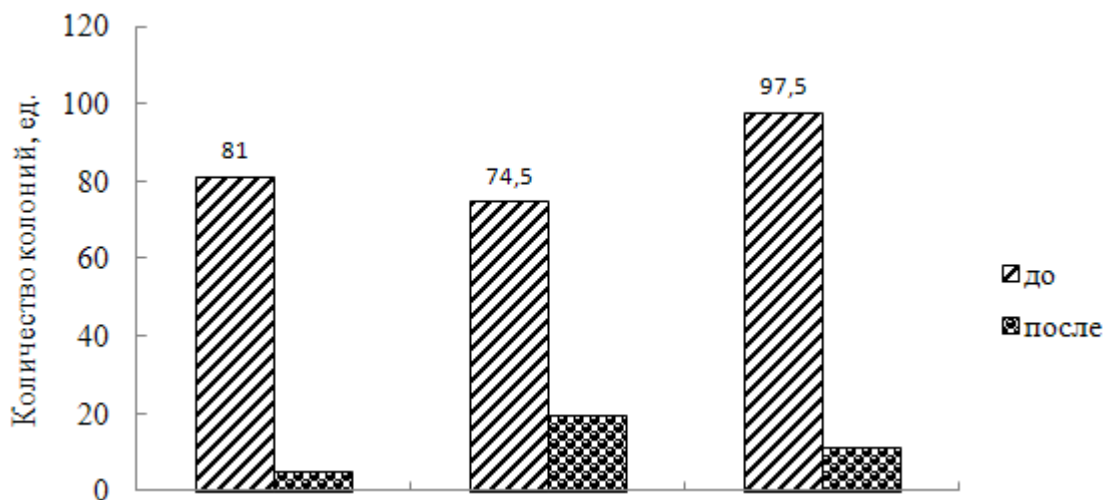


Рис.3 Степень обсемененности рук «до» и «после» обработки

Для определения наиболее эффективного антисептического средства использовали тест Ньюмана-Кейлса (Newman-Keuls) – достоверные отличия по эффективности антибактериальной обработки выявлены между средствами детское мыло/антисептический гель «Sanitelle» ($p = 0,035$) и между детское мыло/антибактериальные влажные салфетки «Maditol» ($p = 0,042$). Наиболее эффективным в уничтожении бактерий по полученным данным является антисептический гель «Sanitelle» – уничтожает 94% бактерий, в то время как детское мыло – 74 %, а антибактериальные влажные салфетки «Maditol» – 89 %.

В ходе проведения исследовательской работы мы столкнулись с рядом проблем: ограниченность в материалах и оборудовании в гимназии, отсутствие умений и навыков у школьников для самостоятельного выполнения работы. Тем не менее, работа учащихся была представлена на районной научно-практической конференции школьников г. Минска и была удостоена диплома II степени, а на городской научно-практической конференции школьников г. Минска была награждена похвальным листом.

Литература

1. Республиканская конференция учащихся по астрономии, биологии, информатике, математике, физике, химии [Электронный ресурс].- 2004. - Режим доступа: - <http://www.uni.bsu.by/arrangements/conf/>
2. Лысак В. В. Желдакова, Р. А. Микробиология: методические рекомендации к лабораторным занятиям и контроль самостоятельной работы студентов. Мн.: БГУ, 2002.

АНАЛИЗ СТРУКТУРНОГО РАЗНООБРАЗИЯ РНК-ТРАНСКРИПТОВ ГИБРИДНОГО ОНКОГЕНА RUNX1/RUNX1T1

О. Д. Кирсанова, А. А. Мигас

Гибридный онкоген RUNX1/RUNX1T1 с высокой частотой встречается у больных острым миелоидным лейкозом и играет важную роль в возникновении и прогрессии заболевания. Он образуется в результате реципрокной транслокации между 8 и 21 хромосомами и расположен на деривате 8-й хромосомы. При этом объединяются с 1 по 6 экзоны гена RUNX1 и с 8 по 17 экзоны гена RUNX1T1. В результате трансляции гибридного транскрипта образуется белок состоящий из 752 аминокислот.

Было показано, что наряду с полноразмерным транскриптом, в клетках пациентов и клеточных линий с транслокацией t(8;21)(q22;q22) присутствуют многочисленные альтернативные транскрипты [1,11]. При этом образуются укороченные белки с различной функциональной активностью [9].

Эти транскрипты возникают как результат использования альтернативных промоторов гена RUNX1 [9], альтернативных экзонов гена RUNX1T1 [3,5,7], инсерций [10,11] и делеций [5] в области рекомбинации, гетерогенности области рекомбинации [2], альтернативного сплайсинга в частях от генов RUNX1 и RUNX1T1 [3] и различных сочетаний этих факторов [4].

В работах других авторов в основном исследовались транскрипты, терминация которых происходила в 17 экзоне гена RUNX1T1 [4]. В нашей работе был сделан упор на получение транскриптов с альтернативными терминирующими экзонами, а именно экзонами 12а, 15а и 17а.

Для этого из клеток линии Kasumi-1, а также крови 3-х пациентов с острым миелоидным лейкозом была выделена тотальная клеточная РНК с использованием набора TRIzol® (Invitrogen, США) согласно рекомендациям фирмы-производителя. На ней синтезирована кДНК и проведена амплификация интересующих нас фрагментов. Ампликоны либо выделялись из геля и сразу секвенировались, либо ПЦР-смесь лигировалась в Т-вектор. Тогда полученной лигазной смесью трансформировались бак-

терии *Escherichia coli* XL-I Blue, из них выделялась плазмидная ДНК и секвенировалась.

Итогом работы стало обнаружение 45 уникальных транскриптов, не представленных ранее в базах данных, в том числе полноразмерных – 12. Данные, полученные нами мы обобщили с данными других авторов [1, 3, 4, 6, 7, 10, 11] и использовали для биоинформационного анализа. Всего было проанализировано 154 транскрипта. 114 из них являются полноразмерными и уникальными. Остальные 40 – короткие последовательности, часть которых могут представлять собой фрагменты уже обнаруженных транскриптов. Однако некоторые из таких последовательностей содержат сочетания элементов, не встречающиеся в проанализированных полноразмерных транскриптах, что указывает на то, что реальное разнообразие продуктов гибридного гена еще выше.

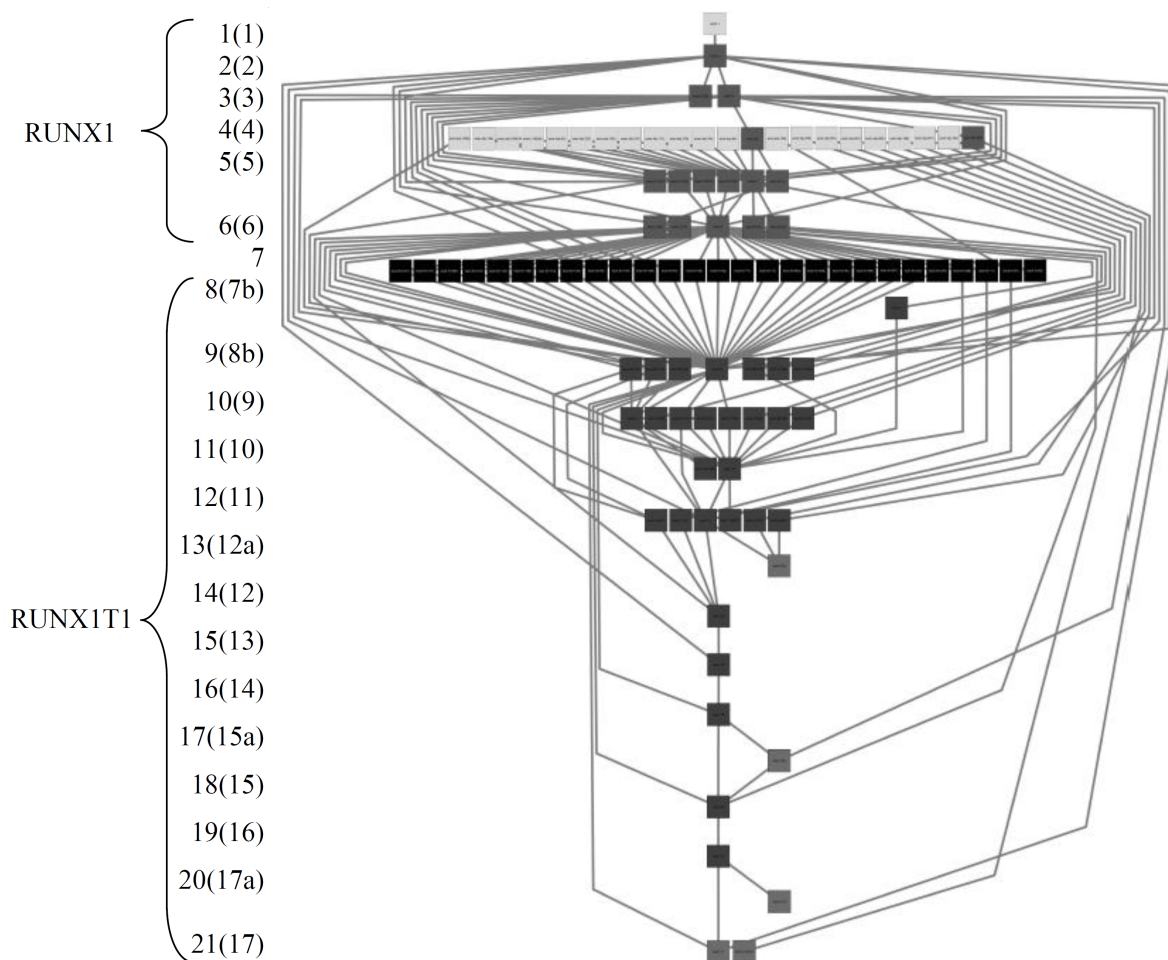


Рис. 1. Комбинаторика экзонов гибридного гена RUNX1/RUNX1T1 человека.

На рисунке сверху вниз представлены экзоны гибридного гена, начиная с 1-го экзона гена RUNX1 в самом верху и заканчивая 17 экзonom гена RUNX1T1. Более светлым оттенком выделены стартовые и терминирующие кодоны. На одном уровне расположены группы перекрывающихся экзонов их номера представлены слева. Цифры в скобках – классическая нумерация экзонов генов RUNX1 и RUNX1T1

Как результат альтернативного функционирования донорных и акцепторных сайтов сплайсинга в зрелых транскриптах гибридного гена могут присутствовать или отсутствовать определенные экзоны, а также могут варьировать границы экзонов. В проанализированных нами транскриптах было идентифицировано 98 уникальных экзонов (в том числе 27 обнаруженных только в нашей лаборатории), образующих 21 группу перекрывающихся экзонов.

Мы попытались выявить закономерности в комбинаторике экзонов. Для этого с помощью программы Cytoscape v.2.8.3 была построена экзонная сеть гена RUNX1/RUNX1T1 (рис. 1).

На рисунке видно, что экзоны различаются по числу попарных комбинаций с другими экзонами, которое для разных экзонов варьирует от 1 до 37. Максимальное количество комбинаций образуют экзон 6 гена RUNX1 и экзон 8b гена RUNX1T1. Следует отметить, что число комбинаций, характерных для этих двух экзонов значительно превышает число комбинаций образуемых любыми другими проанализированными экзонами.

Число альтернативных экзонов в группах перекрывающихся экзонов также значительно варьирует. Так, экзон 1 гена RUNX1, экзоны 7b, 12a, 13, 14, 15, 15a, 16 и 17a RUNX1T1 представлены только одним вариантом. В то же время наибольшее разнообразие перекрывающихся экзонов обнаружилось в области рекомбинации (7-я группа перекрывающихся экзонов, рис. 1). Данные экзоны не соответствуют каким-либо известным экзонам нормальных генов RUNX1 и RUNX1T1, а встречаются только в гибридном онкогене в области, разделяющей части, соответствующие каждому из составляющих генов. Биоинформационный анализ с помощью программы ASSP (данные не представлены) показывает наличие в этой области большого количества альтернативных сайтов сплайсинга, активация которых, по-видимому, происходит только при наличии данной транслокации. Этим можно объяснить и большое количество вариаций в 4-й группе перекрывающихся экзонов.

Было так же обнаружено, что экзоны и группы перекрывающихся экзонов встречаются в транскриптах с различной частотой.

В дальнейшем планируется выявить логику этой комбинаторики и выяснить, чем она обусловлена. Особый интерес для будущих исследований представляет и выяснение функциональной роли обнаруженного разнообразия продуктов гибридного гена. Оно может быть простым следствием ошибок процессов сплайсинга, инициации и терминации транскрипции, но не исключена возможность того, что это разнообразие играет адаптивную роль, обеспечивая помехоустойчивость внутриклеточных процессов в условиях изменчивой среды.

Литература

1. *Era T. et al.* Identification of two transcripts of AML1/ETO-fused gene in t(8;21) leukemic cells and expression of wild-type ETO gene in hematopoietic cells // *Genes Chromosomes Cancer*. 1995. May 13(1). С. 25–33.
2. *Erickson P. et al.* Identification of breakpoints in t(8;21) acute myelogenous leukemia and isolation of a fusion transcript, AML1/ETO, with similarity to *Drosophila* segmentation gene, runt // *Blood*. 1992. №80. С. 1825–1831.
3. *Kozu T. et al.* MYND-Less Splice Variants of AML1–MTG8 (RUNX1–CBFA2T1) are Expressed in Leukemia with t(8;21) // *Genes, chromosomes and cancer*. 2005. №43. С. 45–53.
4. *LaFiura K. M. et al.* Identification and characterization of novel AML1-ETO fusion transcripts in pediatric t(8;21) acute myeloid leukemia: a report from the Children's Oncology Group // *Oncogene*. 2008. №27. С. 4933–4942.
5. *Lasa A.* ETO sequence may be dispensable in some AML1-ETO leukemias // *Blood*. 2002. Том 100. №12.
6. *Mannari D.* A novel exon in AML1-ETO negatively influences the clonogenic potential of the t(8;21) in acute myeloid leukemia // *Leukemia*. 2010. №24. С. 891–894.
7. *Ming Yan et al.* A previously unidentified alternatively spliced isoform of t(8;21) transcript promotes leukemogenesis // *Nature medicine*. 2006. Том 12. №8.
8. *Miyoshi H. et al.* The t(8;21) translocation in acute myeloid leukemia results in production of an AML 1- MTG8 fusion transcript // *The EMBO Journal*. 1993. Том 12. №7. С. 2715–2721.
9. *Peterson L. F. et al.* Acute myeloid leukemia with the 8q22;21q22 translocation: secondary mutational events and alternative t(8;21) transcripts // *Blood*. 2007. Том 110. С. 799–805.
10. *Tighe J. E., Calabi F.* Alternative, out-of-frame runt/MTG8 transcripts are encoded by the derivative (8) chromosome in the t(8;21) of acute myeloid leukemia M2 // *Blood*. 1994. №84. С. 2115–2121.
11. *Van de Locht L. T.* Molecular diversity in AML1/ETO fusion transcripts in patients with t(8;21) positive acute myeloid leukaemia // *Leukemia*. 1994. Oct 8(10). С. 1780–1784.

ШТАММЫ *PECTOBACTERIUM*, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ГНИЛИ КАРТОФЕЛЯ В БЕЛАРУСИ

Е. И. Комар, М. И. Шавель

Основными возбудителями бактериальных заболеваний вегетирующих и хранящихся растений картофеля в Беларуси традиционно считаются представители родов *Pectobacterium* и *Clavibacter* [1–3]. Хотя вызываемые ими поражения клубней и зеленых стеблей имеют характерные симптомы, в последние годы стало очевидным, что только визуальной оценки анализируемых повреждений явно недостаточно для установления причины заболеваний. С одной стороны, это является следствием введения в практику новых сортов картофеля, поражения которых названными возбудителями могут иметь несколько другое симптомати-

ческое выражение, с другой – климатические изменения также могут влиять на характер поражения.

Исследования видового состава возбудителей бактериальных гнилей картофеля, основанные на выделении их в чистую культуру и изучении их свойств не проводились с 90-х годов XX века. В последние годы стало очевидным, что только визуальной оценки анализируемых поврежденных явно недостаточно для выявления причины заболеваний.

В последние годы изменяется видовой состав возбудителей в связи с изменением климата, возделыванием новых сортов, увеличением объема импорта картофеля из различных регионов. В связи с этим нами были проведены исследования, направленные на выяснения вопроса о том, какие именно бактерии являются возбудителями поражений картофеля в Республике Беларусь в настоящее время.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Исследование проводилось на образцах картофеля разных сортов с различными симптомами поражения, собранных на территории Беларуси в 2004, 2011 и 2012 гг. сотрудниками РУП “Институт защиты растений” (Прилуки).

В работе также использовались коллекционные штаммы *Pectobacterium carotovorum* (Pc) j289 из коллекции фитопатогенных микроорганизмов кафедры микробиологии и *Pectobacterium atrosepticum* (Pa) SCRI 1043 из коллекции фитопатогенных микроорганизмов кафедры молекулярной биологии биологического факультета БГУ.

Определение патогенных свойств бактерий, а именно: способности мацерировать растительные ткани и вызывать реакцию гиперчувствительности у растений *Vicia faba*, а также наличия пекто-, целлюло- и протеолитических активностей осуществляли согласно методикам, приведенным в [4].

Для изучения морфологических особенностей и физиолого-биохимических свойств бактерий использовали изложенные в работе [4] варианты стандартных методик для идентификации фитопатогенных микроорганизмов (окраска по методу Грама; определение подвижности, грампринадлежности с раствором КОН, наличия каталазы, оксидазы, нитратредуктазы, уреазы, аргининдегидролазы, амилазы, лецитиназы, липазы, тест Хью-Лейфсона, определение роста при различных температурах, устойчивости к хлориду натрия и чувствительности к эритромицину).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из представленных для исследования пораженных стеблей и клубней картофеля были выделены чистые культуры бактерий. Отбор штаммов для дальнейшего изучения проводили по способности мацерировать растительную ткань, вызывать реакцию гиперчувствительности, разжижать полипектатный гель, гидролизовать карбоксиметилцеллюлозу и белки молока. Необходимо отметить, что вышеуказанные признаки являлись определяющими для дифференциации сапротрофных штаммов, быстро занимающих богатую углеводами и водой экологическую нишу, и штаммов фитопатогенных бактерий, способных вызывать развитие патологических процессов в растении. При наличии у изучаемых бактерий хотя бы одного из перечисленных свойств их оставляли для проведения родовой и видовой идентификации.

На основании сопоставления физиолого-биохимических (табл. 1) и морфологических характеристик клеток и особенностей проявления патогенных свойств (табл. 2) исследуемые штаммы разделяются на 2 группы.

Физиолого-биохимические свойства бактерий

Таблица 1

Группа (количество штаммов)	O/F- тест	Наличие ферментов							
		Амилаза	Каталаза	Оксидаза	НР	АД	Уреаза	Лецитиназа	Липаза
1 (7)	F	+	+	-	+	-	-	+	-
2 (19)	F	-	+	-	+	-	-	+	-
<i>Pa</i> SCRI 1043	F	-	+	-	+	-	-	+	-
<i>Pc</i> j289	F	-	+	-	+	-	-	+	-

Примечание: «+» - положительная реакция; «-» - отрицательная реакция; O/F-тест – окислительное или ферментативное образование кислоты из глюкозы; F – ферментативное; O – окислительное; АД – аргининдегидролаза; НР – нитратредуктаза

Бактерии штаммов, составивших группу 2, являются грамотрицательными мелкими подвижными палочками, что позволяет в сочетании приведенными в табл. 1 признаками отнести их к роду *Pectobacterium*. Штаммы группы 1 отличаются наличием амилазной активности и характером поражения растительной ткани. По совокупности указанных в табл. 1 и 2 свойств представители данной группы также близки к роду *Pectobacterium*.

Таблица 2

Факторы патогенности изучаемых бактерий

Группа (штаммы)	Наличие активности			Мацерация растительной ткани	ГЧ
	Пектолитической	Целлюлолитической	Протеолитической		
1 (7)	+	++	+	+	+
2 (19)	++	+	+	++	+
<i>Pa</i> SCRI 1043	+	+	+	++	НТ
<i>Pc</i> j289	+	+	+	++	+

Примечание: количество знаков «+» в столбцах указывает на степень выражения анализируемого признака; «НТ» – признак не тестируется при использовании выбранной методики.

Деление второй группы на подгруппы отражает различия видовой принадлежности и связано с различиями в физиолого-биохимических характеристиках: способности расти при различных температурах, устойчивости к хлориду натрия и чувствительности к эритромицину (табл. 3).

Таблица 3

Свойства изучаемых бактерий

Анализируемый признак	Группа (количество штаммов)			<i>Pa</i> SCRI 1043	<i>Pc</i> j289
	1 (7)	2a (10)	2б (9)		
Температура, °С:					
28	+	+	+	+	+
30	+	+	+	+	+
32	+	+	+	+	+
34	+	+	±	±	+
36	+	+	-	-	+
38	+	±	-	-	±
40	+	-	-	-	-
Концентрация NaCl в среде, %:					
3	+	+	+	+	+
4	+	+	+	+	+
5	-	+	±	±	+
6	-	+	-	-	+
7	-	+	-	-	+
8	-	-	-	-	-
Концентрация эритромицина в среде, мкг/мл:					
25	-	+	+	+	+
50	-	+	+	+	+
100	-	±	±	+	+

Примечание: «+» - наличие роста; «±» - слабо выраженный рост; «-» - отсутствие роста

На основании полученных данных штаммы подгруппы 2a отнесены к виду *Pectobacterium carotovorum*, а штаммы 2б – *Pectobacterium atrosepticum*.

Таким образом, бактерии рода *Pectobacterium*, традиционно считающиеся причиной гниlostного повреждения картофеля на территории Беларуси, остаются наиболее распространенными патогенами и в настоящее время. Штаммы группы 1 обозначены нами как *Duskeya dadantii*. Необходимо отметить, что представители данного вида ранее не выделялись в Беларуси.

Литература

1. Иванюк В. Г., Банадысев С. А., Журомский Г. К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск, 2005.
2. Турко С. А., Ильяшенко Д. А., Иванюк В. Г., Калач В. И. Рекомендации по защите картофеля от клубневых гнилей во время хранения. Самохваловичи, 2010.
3. Иванюк В. Г., Банадысев С. А., Журомский Г. К. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков. Минск, 2003.
4. Желдакова Р. А., Мямин В. Е. Фитопатогенные микроорганизмы. Минск, 2006.

ЦИКАДОВЫЕ (НОМОРТЕРА, АУСЧЕНОРРНУНСНА), СВЯЗАННЫЕ С ВИДАМИ РОДА ARTEMISIA НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Д. П. Минченко

Род *Artemisia* насчитывает около 500 видов, распространенных по всему северному полушарию, в умеренном поясе Евразии, в Северной и Южной Африке, Северной Америке. Род является одним из крупнейших и в филогенетическом отношении, наиболее молодым и совершенным в семействе Сложноцветные (Asteraceae). В основном это многолетние растения, главным образом травянистые и полукустарниковые [1]. Полыни широко используются в фармацевтической промышленности, ландшафтном дизайне, в качестве пряного растения и сырья для производства напитков. Некоторые виды имеют значение как кормовые растения.

Учитывая фитоценотическую значимость полыней, особенности их биохимии, следует ожидать формирование на данных растениях специфических комплексов фитофагов. В качестве одного из удобных объектов для этого могут выступать цикадовые, для которых известна закономерность – формирование специализированных видов на растениях доминирующих либо являющихся субдоминантами в растительных сообществах [2]. Однако до сих пор на территории Беларуси не проводилось целенаправленное исследование данного вопроса.

В связи с этим, целью нашей работы на данном этапе исследований является обобщение всего объема информации по цикадовым, связанным с полынями в Беларуси.

Для достижения данной цели был поставлен ряд задач:

1. Проработать данные литературы по цикадовым, связанным с полынями в Палеарктике.
2. Обобщить накопленные к настоящему времени материалы и сведения по цикадовым, связанным с видами рода *Artemisia* в Беларуси.
3. Установить таксономическую и экологическую структуру рассматриваемых сообществ цикадовых.

В основу работы положен материал, собранный в течение полевого сезона 2012 года в окрестностях г. Минска (июль 2012) и в Могилевской области (август 2012). Кроме того, проанализированы соответствующие материалы, накопленные в СНИЛ «Структуры и динамики биоразнообразия» кафедры зоологии БГУ и в Лаборатории наземных беспозвоночных животных ГНПО «НПЦ НАН Беларуси по биоресурсам», часть материала предоставлена научным руководителем.

На территории Беларуси зарегистрировано 15 видов полыней, из которых только 5 видов являются аборигенными, остальные – интродуценты. В свою очередь 4 вида полыней – *A. abrotanum*, *A. absintium*, *A. campestris* и *A. vulgaris* отмечены в качестве кормовых для белорусских цикадовых.

Согласно выполненному обзору литературы, на полынях в условиях Палеарктики отмечено 27 видов из 3 семейств: Cicadellidae, Tettigometridae и Delphacidae.

В Беларуси к настоящему времени этот список составляет 12 видов из 4 семейств: Cixiidae (1 вид), Пенницы (Aphrophoridae) (2 вида), Горбатки (Membracidae) (1 вид) и Цикадки (Cicadellidae) (8 видов) [3].

По биотической приуроченности большинство цикадовых Беларуси (5 видов) являются луговыми. Также представлены лугово-лесные (2 вида), лугово-степные (2 вида), лесной (1 вид), болотно-лугово-лесной (1 вид) и лугово-лесостепной (1 вид).

При разделении проанализированных видов на гигрогруппы видно, что в большей степени представлены эумезофилы (4 вида) и эумезофилксеромезофилы (4 вида). Также встречаются ксеромезофил-мезоксерофилы (2 вида), мезогигрофил-эумезофил (1 вид) и ксеромезофил-эуксерофил (1 вид).

Из 12 видов в Беларуси только один является монофагом, один – полифагом с невыясненной широтой пищевой специализации, 2 вида – полифагами предпочитающими, 4 вида – узкими полифагами, 4 – широкими полифагами.

По фитобионтной классификации большинство (9 видов) являются хортобионтами. Одним видом представлены дендротамнобионт, дендротамнохамехортобионт и хамехортобионт [3].

Таким образом, на полынях в Беларуси возможно обнаружение еще не менее 10 видов, учитывая распространение которых, наиболее вероятным регионами их находок является восточная (в первую очередь Чечерский, Краснопольский, Костюковичский и Хотимский районы) и юго-восточная части Беларуси (в первую очередь Лоевский, Брагинский и Хойникский районы).

Комплекс зарегистрированных в настоящее время в Беларуси на полынях цикадовых пока может быть охарактеризован как цикаделлидное сообщество луговых, трофически узко специализированных хортобионтов, предпочитающих условия с низким уровнем влажности.

Литература

1. Колова У. В. Экологическое разнообразие фауны цикадовых (Homoptera, Cicadinea) Среднего Предкавказья // Автореф. дисс.... к.б.н. – Нижний Новгород. – 2000, С. 1–27.
2. Емельянов А. Ф. О существенных различиях консорций доминантов и ассектаторов, проявляющихся в распределении цикадок-олигофагов по растениям // Ботанический журнал, 1965. 50(2). С. 221–223.
3. Ануфриев Г. А., Кириллова В. И. Новые данные по фауне цикадовых (Homoptera, Cicadina) Чувашской Республики // Вестник Чувашского государственного педагогического университета, 2001. 1(20). С. 21–28.

ОКСОПРОСТАНОИДЫ ГРУППЫ В КАК ПОТЕНЦИАЛЬНЫЕ ГЕПАТОПРОТЕКТОРЫ

С. М. Петрова, А. А. Масный

Несмотря на значительные успехи в области гепатологии, изучение механизмов повреждения и восстановления гепатоцитов печени на органном клеточном и молекулярном уровнях в целом остается весьма актуальным. В настоящее время для моделирования патологий печени используются различные ксенобиотики, среди которых наиболее распространенным, считается четыреххлористый углерод (CCl₄) [1]. Установлено, что реализация эффектов данного токсиканта обеспечивается его биотрансформацией в свободнорадикальные продукты, вовлекающиеся в развитие патологии клетки [1]. В данное время используется множество гепатопротекторных средств, однако поиск новых эффективных соединений, предотвращающих токсическое действие CCl₄ является актуальным. Ранее были выявлены соединения, аналоги простагландинов группы В, Е, Н значительно повышающие выживаемость клеток печени после их обработки 0,5 % CCl₄ [2].

Данная работа посвящена исследованию цитопротекторных свойств новых оксопростаноидов группы В на клеточной модели повреждения печени CCl₄.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Анализ функциональной активности простаноидов был выполнен с использованием 7 аналогов ПГВ: **КУ-1** – 4-((3,4-диметоксифенэтил)амино-5-метил-3-октил-2,5-дигидрофуран-2-он, **КУ-3** – 5-метил-4-((4-метилфенилэтил)амино)-3-октил-2,5-дигидрофуран-2-он, **КУ-4** – 5-(гептиламино)-4-(4-метоксифенил)-2,3-дигидрофуран-2-он, **КУ-5** – 3-(4-бутоксифенил)-4-(гептиламино)-5-метил-2,5-дигидрофуран-2-он, **КУ-6** – 4-(гептиламино)-3-(4-метоксифенил)-2,5-дигидрофуран-2-он, **КУ-7** – 5-(гептиламино)-4-(4-метоксифенил)-2,3-дигидрофуран-2-он, **КУ-8** – 4-(гептиламино)-3-(4-метоксифенил)-5-метил-2,5-дигидрофуран-2-он. Данные соединения синтезированы и предоставлены для исследований Лабораторией химии простагландинов Института биоорганической химии НАН Беларуси.

Объектом исследования служили гепатоциты крысы, подвергнутые обработке 0,5 % CCl_4 и простаноидов (ПН) группы В *in vitro*. Выделение гепатоцитов проводили согласно [3]. Жизнеспособность и количество гепатоцитов рассчитывали по трипановому тесту [4]. ПН вносили в опытные пробы в концентрациях КУ-1 – 10^{-8} , КУ-3 – 10^{-10} , КУ-4, КУ-5, КУ-6 – 10^{-9} , КУ-7, КУ-8 – 10^{-6} моль/л через 30 минут после CCl_4 . Цитопротекторную активность ПН оценивали по их способности предотвращать повреждение плазматических мембран клетки, оцененную по выходу маркерного фермента лактатдегидрогеназы [5]. Влияние ПН на окислительный статус клетки оценивали по уровню диеновых и триеновых конъюгатов [6].

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для установления гепатопротекторной активности простаноидов нами была оценена способность аналогов предотвращать повреждение плазматических мембран. В качестве маркерного фермента в этой серии экспериментов использована ЛДГ. Высвобождение ЛДГ в каждом варианте рассчитывали как процент к максимально возможному -индекс цитотоксичности (ИЦ), наблюдаемому после обработки клеток 1% раствором Triton X-100:

$$\text{ИЦ (\%)} = \frac{\text{Высвобождение фермента в опытной пробе} \cdot 100}{\text{Максимальное высвобождение фермента}} \quad (1)$$

По силе протекторного действия исследуемые ПГ образуют следующий ряд активности:



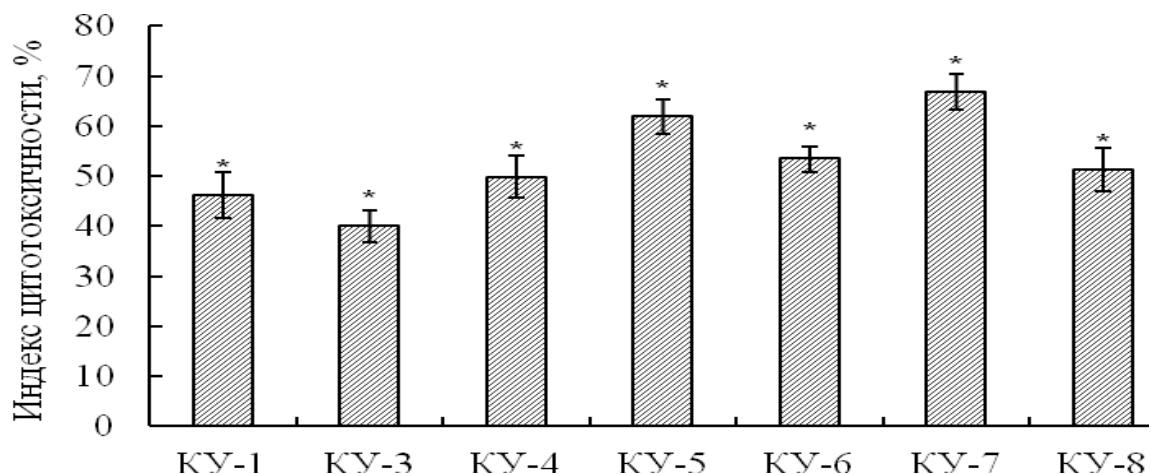


Рис. 1. Эффект простаноидов на высвобождение ЛДГ из мембран гепатоцитов, обработанных 0,5 %-ным CCl_4

Индекс цитотоксичности 0,5 % CCl_4 $65,3 \pm 4,3$ %. Простаноиды использовали в максимально эффективных концентрациях (КУ-1 – 10^{-8} , КУ-3 – 10^{-10} , КУ-4, КУ-5, КУ-6 – 10^{-9} , КУ-7, КУ-8 – 10^{-6}).
* - различия достоверны при $P \leq 0,05$ (n=3)

Показано, что из семи исследованных простаноидов соединения КУ-4 и КУ-5 проявили наивысшую способность предотвращать повреждение плазматических мембран, вызванное 0,5 % CCl_4 . Они обеспечивали снижение цитотоксического индекса, рассчитанного по утечке лактатдегидрогеназы из гепатоцитов на 50–63 %. КУ-3 снижал данный индекс в два раза. Наивысшую эффективность простаноиды (ПН) продемонстрировали при концентрациях КУ-1 – 10^{-8} , КУ-3 – 10^{-10} , КУ-4, КУ-5, КУ-6 – 10^{-9} , КУ-7, КУ-8 – 10^{-6} моль/л.

Цитопротекторная активность ПН тесно коррелировала с их способностью снижать, индуцированный 0,5% CCl_4 , уровень диеновых и триеновых конъюгатов, что позволяет предположить, что в основе гепатопротекторного действия ПН лежит их способность предотвращать образование радикальных продуктов окисления CCl_4 .

Было установлено, что соединения КУ-3 и КУ-4 наиболее активно предотвращали образование диеновых и триеновых конъюгатов. Максимальный эффект для КУ-3 составил 41,2 % и 56,9 % диеновые и триеновые конъюгаты соответственно при концентрации 10^{-10} моль/л по отношению к эффекту CCl_4 , а для КУ-4 – 29,82 % и 33,9 % диеновые и триеновые конъюгаты соответственно при концентрации 10^{-9} моль/л. Остальные аналоги ПН проявили себя менее активно.

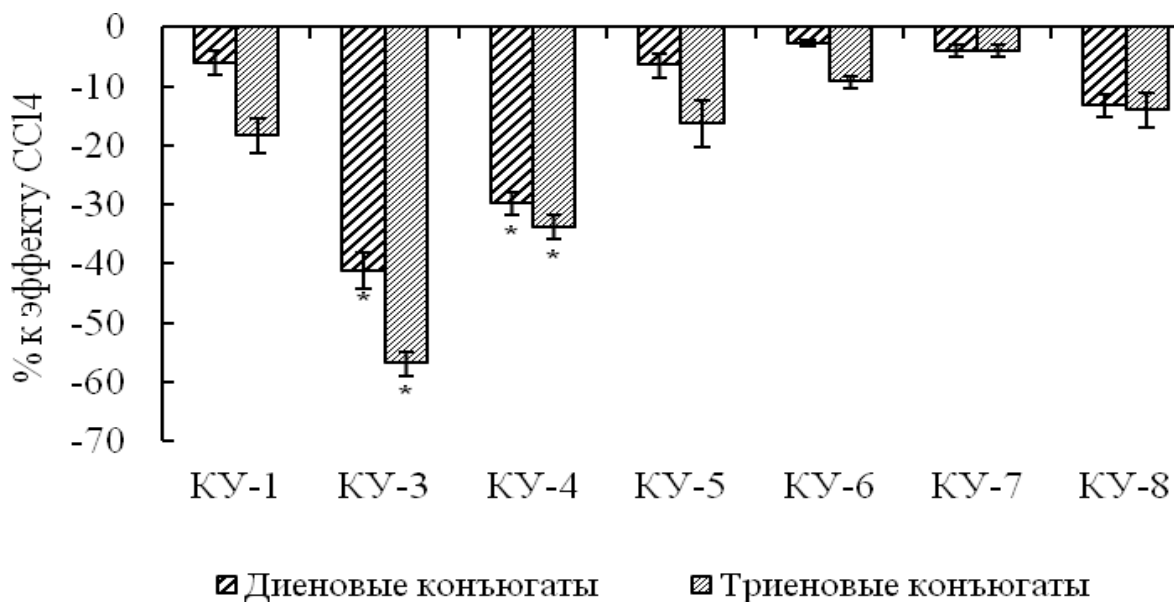


Рис. 2 Эффект простаноидов на содержание диеновых и триеновых конъюгатов в мембранах гепатоцитов, обработанных 0,5 %-ным CCl_4
 Расчеты произведены по отношению к эффекту 0,5 %-ного CCl_4 , принятому за 100 %. Простаноиды использовали в максимально эффективных концентрациях (КУ-1– 10^{-8} , КУ-3 – 10^{-10} , КУ-4, КУ-5, КУ-6 – 10^{-9} , КУ-7, КУ-8 – 10^{-6}).
 * - различия достоверны при $P \leq 0,05$ (n=3)

ВЫВОДЫ

В ходе работы оценена сравнительная эффективность цитопротекторного действия семи оксафенильных производных простагландинной группы В на клеточной модели повреждения гепатоцитов 0,5 % CCl_4 . Установлено, что наиболее выраженным цитопротекторным действием обладает соединение КУ-3, характеризующееся наличием метиламинофенильной группировки в ω -цепи. Механизм цитопротекторного действия простаноида основан на его способности предотвращать образование диеновых и триеновых конъюгатов.

Литература

1. Weber Lutz W. D., Boll M., Stampfl A. Hepatotoxicity and mechanism of action of haloalkanes: Carbon tetrachloride as a toxicological model // *Critical reviews in Toxicology* -2003. Vol. 33, № 2. P. 105–136.
2. Sholukh M. V., Hubich A. I., Pashkovsky F. S., Lakhvich F. A. // *Prostaglandins and Other Lipid Mediators*. 2010. Vol.93. №8. P. 134–142.
3. Berry N. M., Friend D. S., High-yield preparation of isolated rat liver parenchymal cells // *J. Cell Biol.* 1969. Vol.43, №3. P. 506–520.
4. Адамс Р. Методы культуры клеток для биохимиков М., 1983.

5. *Weisshaar D., Grossraum E., Faderl B.* Normberiechte von alpha-HBDH, LDH, AP and LAP bei Messung mit substant-optimierten Testabsätzen // *Med. Welt* 1975. Vol. 26. P. 387–392.
6. *Костюк В.А., Потапович А.И., Лунец Е.Ф.* // *Вопросы мед. химии*. 1984. Т. 30. С. 125–127.

ПАРЦИАЛЬНАЯ АКТИВНОСТЬ ВИДОВ МАКРОФИТОВ РАЗНОТИПНЫХ ВОДНЫХ ОБЪЕКТОВ

К. Л. Савицкая

Эффективность проводимых на национальном уровне мер по сохранению биоразнообразия водоемов во многом опосредуется полнотой информации о распространении в их пределах как отдельных видов, так и сообществ водных и прибрежно-водных растений. Инвентаризация видового и ценотического разнообразия водных объектов особенно актуальна в связи с недостаточной изученностью водной растительности, которая играет важную роль в существовании водоемов и их животных обитателей, являясь первым звеном в трофической цепи экосистем. Однако видовое разнообразие водных объектов может быть по-разному репрезентировано. Так, списки видового состава не позволяют оценить относительный вклад отдельных видов макрофитов в формирование растительного покрова водных объектов. Для определения такого «веса» вида применяется показатель парциальной активности (ПА).

Цель работы: провести сравнительный анализ парциальной активности макрофитов в пределах разнотипных водных объектов.

В основу данной работы положен материал 231 геоботанических описаний, полученных в ходе полевых работ в 2010-2012 гг. на водоемах и водотоках Логойского, Пуховичского, Узденского, Любанского административных районов, в т. ч. и на объектах Национальной сети мониторинга окружающей среды Республики Беларусь: КУ-19 «Орешковичи» в левобережной пойме р. Свислочь; КУ-48 «Рыбцы» в правобережной пойме р. Свислочь; КУ-82 «Новоселки» в левобережной долине р. Титовка. Объектом изучения являлась водная и прибрежно-водная флора и растительность 4 мелиоративных каналов, 10 водохранилищ на реках, 10 рек. При описании фитоценозов водоемов использовался отработанный в Институте экспериментальной ботаники им. В. Ф. Купревича НАН Беларуси метод эколого-фитоценологических профилей, или трансект [7; 8], а также стандартная методика экологических профилей [2; 4]. Табличная обработка и анализ данных осуществлялись в соответствии с методом Й. Браун-Бланке [1; 9]. Парциальная активность макрофитов рассчитана по методике Б. Ф. Свириденко (2000):

$$ПА = \frac{ПП}{100\%} \times \frac{В}{100\%},$$

где ПА – парциальная активность, ПП – среднее проективное покрытие вида в популяциях (%), В – экотопическая встречаемость популяций (%). Максимальная величина парциальной активности может быть равна 1 (при ПП = 100 %, В = 100 %), но ее реальные значения всегда ниже. При ПА < 0,01 виды считаем неактивными, при ПА > 0,01 – активными. Последние подразделены на высокоактивные (ПА > 0,10), среднеактивные (0,05 < ПА < 0,10) и низкоактивные (0,01 < ПА < 0,05) [6].

Проведенные расчеты показали, что во флоре рек, мелиоративных каналов, водохранилищ преобладают неактивные виды. Процентное соотношение групп макрофитов, выделенных на основании их парциальной активности, отражено на рисунках 1–3. Единственный высокоактивный вид для мелиоративных каналов – *Lemna minor* L. Средней парциальной активностью в мелиоративных каналах отличаются *Elodea canadensis* Michx., *Ceratophyllum demersum* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Hydrocharis morsus-ranae* L.; в реках – *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Lemna minor* L., *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid., *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb; в водохранилищах – *Nuphar lutea* (L.) Smith, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Elodea canadensis* Michx., *Ceratophyllum demersum* L. Все среднеактивные виды являются доминантами-эдификаторами фитоценозов водных объектов исследуемой территории, характеризуются высокой встречаемостью, покрывают значительные площади акватории водоемов. Особенно широкой экологической амплитудой отличается *Hydrocharis morsus-ranae* L., произрастающий во всех трех типах водных объектов и приуроченный к различным микроэкотопам. Данный вид способен сосуществовать с гелофитами, заполняя свободные пространства прибрежных зарослей, а также образовывать собственные сообщества.

К числу неактивных видов закономерно оказались отнесены как транзитивные компоненты околородных фитоценозов, принадлежащие к луговой или рудеральной категориям растительности (*Melilotus officinalis* (L.) Pall., *Chelidonium majus* L., *Arctium lappa* L., *Sonchus arvensis* L., *Cirsium arvense* (L.) Scop. и др.), так и макрофиты, которые в силу биологических особенностей редко достигают высокой численности и занимают в сообществах подчиненное положение (*Rumex aquaticus* L., *Eleocharis palustris* (L.) Roem. et Schult., *Utricularia vulgaris* L., *Sium latifolium* L.).

Практически аналогичные результаты получены при определении парциальной активности с использованием коэффициента долевого участия (Кду), предложенного Э. В. Гариным [3], который вычисляется как

отношение количества находок данного вида к количеству находок всех видов [5].



Рис. 1. Соотношение групп макрофитов мелиоративных каналов по парциальной активности

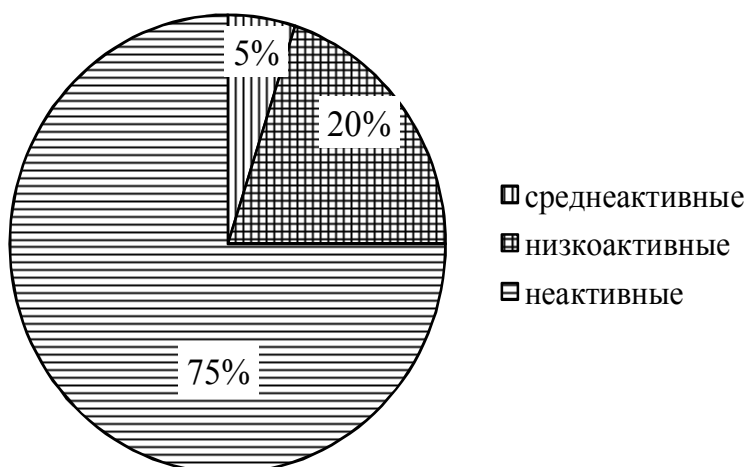


Рис. 2. Соотношение групп макрофитов водохранилищ на реках по парциальной активности

Таким образом, показатель парциальной активности оказывается малоинформативным по отношению к дифференциации видовых списков водоемов и водотоков Минской области. Он позволяет выявлять лишь наиболее активные виды-доминанты, обладающие способностью к включению в широкий диапазон водных и околоводных сообществ (но имеющие различные значения проективного покрытия). Данный показатель избыточно унифицирует растительность разнотипных водных объектов, которая, несмотря на сходство видового состава, включает различный набор ассоциаций.



Рис. 3. Соотношение групп макрофитов рек по парциальной активности

Складывается ситуация, когда виды, встреченные в пределах одного-двух водоемов с высоким покрытием, т. е. образующие собственные фитоценозы (иногда распространяющиеся по всей акватории) приравниваются по активности к видам, часто встречающимся по всей территории, но не играющих заметной роли в сложении водных сообществ. Поэтому возможности использования данных по парциальной активности видов в качестве базовых для мониторинга флоры или для разработки типологии водоемов республики, как предлагают отдельные авторы [5], в условиях Беларуси оказываются весьма ограниченными. Более конструктивный подход – описание и сравнение биологического разнообразия водных объектов через выделение растительных ассоциаций по методу Браун-Бланке.

Литература

1. *Александрова В. Д.* Классификация растительности. Л., 1969.
2. *Власов Б. П., Гигевич Г. С.* Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: методические рекомендации. Минск, 2002.
3. *Гарин Э. В.* Флора и растительность копаней Ярославской области: Автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Борок, 2004.
4. *Катанская В. М.* Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР. Методы изучения. С-Пб., 1981.
5. *Лихачева Т. В.* Парциальная активность видов растений в водоемах Удмуртской Республики // Вопросы общей ботаники: традиции и перспективы: Материалы междунар. науч. конф. Казань, 2006. С. 163–165.
6. *Свириденко Б. Ф.* Флора и растительность Северного Казахстана. Омск, 2000.
7. *Сцепановіч Я. М.* Трансект-метада як аснова маніторынгу раслінных экасістэм (з нямецкага досведу) // Міжнародны экалагічны досвед і яго выкарыстанне на Беларусі. Зборнік навуковых артыкулаў. International Environmental Experience: Applications for Belarus (collected papers) / Пад агульнай рэд. У. К. Слабіна. Віцебск, 2003. С. 226–230.

8. *Сцепановіч І. М., Сцепановіч А. Ф.* Навукова-метадычныя асновы маніторынгу лугавой і лугава-балотнай расліннасці Беларусі. Мн., 2013.
9. *Braun-Blanquet J.* Pflanzensociologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Wien–New York, 1964. 865 S.

ЧЕШУЕКРЫЛЫЕ (LEPIDOPTERA) И ЦИКАДОВЫЕ (НОМОПТЕРА, АУСЧЕНОРРНУНСНА), КАК ЭЛЕМЕНТ КОНСОРЦИИ ДУБА ЧЕРЕШЧАТОГО (*QUERCUS ROBUR L.*) НА ТЕРРИТОРИИ БЕЛАРУСИ

Е. М. Сетракова, А. А. Семёнова

Род *Quercus* насчитывает около 600 видов, растущих в умеренном и тропическом поясе Северного полушария. На территории Беларуси произрастает два вида рода – *Q. Robur L.* (дуб черешчатый) и *Q. Petraea L.* (дуб скальный). В качестве объекта для данного исследования выбраны консорции дуба черешчатого (*Q. Robur L.*), одной из важнейших лесообразующих пород в зоне широколиственных лесов. Мощное развитие, долговечность и устойчивость дуба, наряду с высокими декоративными качествами (форма кроны, окраска и форма листьев) определяют ведущее значение представителей рода в зеленом строительстве, особенно при создании крупных парков и лесопарков во всех районах их возможной культуры. Кроме того дубы это источник ценной древесины.

Комплексного исследования консорций дуба черешчатого на территории Беларуси до настоящего времени не проводилось. Известны отдельные работы, посвященные изучению сообществ животных сформированных в дубравах различного типа, без конкретизации их связей именно с дубом черешчатым. Степень связей у организмов с консортообразователем может быть совершенно различной, начиная от временных (факультативных) и заканчивая тесными стационарными, когда вся жизнедеятельность отдельно взятого организма проходит исключительно за счет дуба.

Теоретически консорция дуба черешчатого включает большое количество таксономических групп, однако изучение всего комплекса организмов требует целенаправленных исследований.

На данном этапе нами в качестве объектов исследования выбраны две группы с принципиально разными жизненными стратегиями. Пример первой стратегии – Чешуекрылые, представители насекомых с полным превращением, грызущим типом ротового аппарата у личинок и сосущим аппаратом у имаго.

Примером принципиально иной стратегии являются Цикадовые – насекомые с неполным превращением, имаго и личинки которых имеют сходную биологию и колюще-сосущие типы ротовых аппаратов.

Приведенные в изученной литературе сведения не позволяют получить общее представление о роли данных групп в общей структуре исследуемых консорций.

В связи с этим мы ставим перед собой цель обобщить всю накопленную к настоящему времени информацию, касающуюся сообществ чешуекрылых и цикадовых, входящих в состав консорций дуба черешчатого в различных регионах Беларуси.

При выполнении данного исследования было обработано порядка 175 литературных источников, что в силу объективных причин не позволяет привести весь их список в данной работе, и мы ограничиваемся лишь основными источниками.

По результатам выполненного обобщения можно констатировать, что в настоящее время на дубах в Беларуси отмечено 13 видов цикадовых, 11 родов, 3 подсемейства семейства Cicadellidae [1, 2] и 160 видов чешуекрылых из 26 надсемейств и 31 семейства [3, 4].

С точки зрения трофической специализации, оказалось, что среди цикадовых 3 вида являются монофагами дуба черешчатого, 4 вида – полифагами с невыясненной широтой пищевой специализации, 3 вида – узкими полифагами, 2 вида – широкими полифагами, один вид – полифагом с небольшим и вполне определенным кругом кормовых растений. С точки зрения связей отдельных видов цикадовых с растениями определенных жизненных форм, почти половина цикадовых, отмеченных на *Q. robur*, относится к дендробионтам (7 видов), 3 вида являются дендротамнобионтами, 2 вида относятся к дендро-тамнохортобионтам, группы тамнобионтов и тамнохортобионтов представлены единственными видами.

Относительно чешуекрылых ситуация несколько иного характера: согласно литературным данным для 83 % (из отмеченных) чешуекрылых не приводится информация касательно их связи с конкретными частями дуба черешчатого. Для 3 % установлена их связь с опавшей листвой, 5 % – с листвой, по 1 % – с желудями, побегами и стволом, 6 % связано с гниющей древесиной. Характер этих связей с дубом черешчатым для большинства видов также не ясен: являются они топическими, трофическими или же иного характера.

Таким образом, комплекс цикадовых и чешуекрылых, отмеченных к настоящему времени в Беларуси на дубе черешчатом согласно литературным данным является слабоизученным, и требуется проведение практических исследований для уточнения связи с дубом черешчатым

многих из указанных насекомых. С учетом выполненного анализа литературы ожидается установление связи с *Q. robur* еще минимум 20 видов цикадовых и чешуекрылых, большая часть из которых уже зарегистрирована в Беларуси, но на других кормовых растениях.

Литература

1. *Ануфриев Г. А., Кириллова В. И.* Цикадовые Чувашской Республики: Опыт анализа фауны. Чебоксары: КЛИО, 1998.
2. *Челпакова Ж. М.* Цикадовые Северо-Восточного Кыргызстана /Отв. ред. А.Ф. Емельянов, Ю.С. Тарбинский; НАН Республики Кыргызстан, Ин-т биологии. Б.: Илим, 1994.
3. *Мержеевская О. И., Литвинова А. Н., Молчанова Р. В.* Чешуекрылые (Lepidoptera) Белоруссии (каталог). Минск: Наука и техника, 1976.
4. *Плющ И. Г.* Дневные бабочки (Hesperioidea и Papilionoidea, Lepidoptera) Восточной Европы / И.Г.Плющ, Д.В.Моргун, К.Е. Довгайло, Н.И. Рубин, И.А. Солодовников [Электронный ресурс]. – Программа определитель и просмотрщик базы данных. (579 Мб). Минск: Довгайло К.Е., 2005. – 1 электрон. Опт. Диск (CD-ROM).

СОДЕРЖАНИЕ СЕСТОНА И ХЛОРОФИЛЛА В ВОДОИСТОЧНИКАХ И СБРОСНЫХ ВОДАХ РЫБОВОДЧЕСКИХ ХОЗЯЙСТВ БЕЛАРУСИ

О. С. Сулимова, А. А. Жукова, Б. В. Адамович

Рыбоводческие пруды отличаются от других водных экосистем тем, что в них специально привносятся биогенные элементы и органическое вещество с кормом и удобрениями. Это стимулирует развитие фитопланктона, причем его чрезмерное развитие может приводить к тому, что сам фитопланктон становится причиной загрязнения водных систем, принимающих сбросные воды прудовых хозяйств [1].

Оценку влияния сбросных вод на водоприемники проводили по показателям взвешенного в воде вещества (сестона) и содержанию хлорофилла. Содержание сестона и хлорофилла являются интегрированными показателями качества воды. Оперативность и удобство определения этих параметров позволяют легко и быстро оценить степень развития фитопланктона. Содержание в воде взвешенных неорганических и органических частиц, а также обитающих в толще воды мелких организмов влияет на прозрачность и на проникновение света, температурный режим, скорость осадконакопления и др. [2], кроме того, сестон является одним из основных загрязнителей природных водоемов в составе сточных вод [1]. Концентрация хлорофилла широко используется в гидробиологической практике для оценки обилия фитопланктона, который также зачастую является важной компонентой в составе сестона [3].

Цель данной работы – по содержанию сестона и хлорофилла оценить влияние сбросных вод рыбоводческих хозяйств на реки-водоприемники северо-запада Беларуси.

Основной сброс воды с рыбоводческих хозяйств происходит осенью, поэтому исследования были приурочены к периоду, когда происходит опорожнение нагульных и выростных прудов и соответственно, наиболее отчетливо прослеживается влияние прудовых хозяйств на водные объекты, принимающие сбросные воды рыбхозов.

Исследования проводили осенью 2011 и 2012 гг. в 4 рыбоводческих хозяйствах: «Вилейка» и «Грицево» (бассейн р. Виляя), «Навлица» и «Новинки» (бассейн р. З. Двина).

Рыбоводческие пруды рыбхоза «Вилейка» заполняются водой р. Смердия и, при недостатке воды, водой р. Виляя, сброс воды с прудов происходит в р. Смердия, которая впадает в р. Виляя. Пруды рыбхоза «Грицево» через водоподающий канал питают воды р. Цна, сбросные воды поступают в эту же реку. Водоисточником для прудов рыбхоза «Навлица» является оз. Навлицкое, сброс происходит в сбросной канал, далее впадающий в систему озер. Водоснабжение прудов рыбхоза «Новинки» осуществляется самотеком за счет вод р. Плиссовки, сбросные воды поступают в эту же реку. Створы для исследований были заложены на входе водотока в систему прудов и на сбросе вод с рыбоводческих хозяйств.

Содержание взвешенных веществ в воде определяли гравиметрически, путем фильтрации проб воды через ядерные фильтры (с диаметром пор 1 мкм) и последующим их высушиванием (при 70 °С) до постоянной массы. Определения проводили в 3–6 повторностях для каждой станции. Затем эти же фильтры использовали для оценки содержания хлорофилла, применяя спектрофотометрический метод с экстракцией пигментов в 90 % ацетоне [4].

Данные о содержании сестона и хлорофилла в воде на входе в рыбхоз и на сбросе приведены в таблицах 1–2.

Таблица 1

**Содержание сестона на входе и сбросе в рыбоводческих хозяйствах
(приведены средние значения ± стандартное отклонение)**

Рыбхоз	2011 г.			2012 г.		
	вход (В)	сброс (С)	С/В	вход (В)	сброс (С)	С/В
Вилейка	2,4±0,4	26,1±3,2	10,8	1,7±1,4	21,3±1,6	12,5
Грицево	1,6±0,5	2,3±0,1	1,4	1,7±0,5	8,3±1,5	4,8
Навлица	1,8±0,5	28,7±1,2	15,7	1,7±1,7	2,7±0,5	1,6
Новинки	3,1±0,1	46,0±1,3	15,0	4,2±1,0	12,6±1,9	3,0

Из данных таблицы следует, что во всех исследуемых рыбхозах в 2011 и 2012 г. в осенний период выявлено увеличение содержания сес-

тона в сбросных водах в 1,4–15,7 раз по сравнению с водой на входе в хозяйство. При этом, в разные годы в рыбхозах наблюдали существенные различия в содержании сестона в сбросной воде, что, вероятно, связано с климатическими условиями и особенностями сезонной динамики фитопланктонного сообщества.

Такая же тенденция прослеживалась и по содержанию хлорофилла – в сбросных водах отмечали увеличение его концентрации в 1,3–33,1 раза в сравнении с водоподачей. При этом в одном и том же рыбхозе также наблюдали выраженные различия этого показателя по годам.

В целом, самые высокие величины концентрации хлорофилла на водоподаче отмечены в водоисточнике рыбхоза Новинки – они на 1–2 порядка превышали таковые для других рыбхозов.

Таблица 2

Содержание хлорофилла на входе и сбросе в рыбоводческих хозяйствах (приведены средние значения ± стандартное отклонение)

Рыбхоз	2011 г.			2012 г.		
	вход (В)	сброс (С)	С/В	вход (В)	сброс (С)	С/В
Вилейка	1,73±0,11	57,3±3,5	33,1	2,88±0,1	19,2±0,39	6,7
Грицево	0,93±0,03	2,12±0,32	2,3	1,12±0,29	20,7±2,6	18,5
Навлица	2,22±0,27	19,5±1,2	8,8	6,2±0,3	7,9±1	1,3
Новинки	35,45±2	86,4±3	2,4	143,5±2,91	322,6±3,6	2,8

Таким образом, по количеству взвешенных веществ и концентрации хлорофилла, отражающей уровень развития фитопланктона, сбросная вода отличалась от воды на входе в рыбхозы.

Для характеристики качественного состава взвеси были рассчитаны значения удельного содержания хлорофилла в сестоне на исследованных створах (рис. 1).

На створах, относящихся к водной системе рыбхозов Вилейка, Грицево и Навлица, удельное содержание хлорофилла в единице сухой массы взвешенного в воде вещества колебалось в пределах от 0,04 до 0,50 %, а в водоисточнике и водоприемнике рыбхоза Новинки было существенно выше – от 1,0 до 3,4 % в сухой массе.

Удельное содержание хлорофилла во взвешенном веществе в водотоках на входе и выходе из рыбхозов колебалось незакономерно, но, в целом, соответствовало литературным сведениям [3].

По данным литературы среднее содержание хлорофилла в сухой водорослевой биомассе составляет 1,5 % [3], на основании чего можно рассчитать долю водорослевой компоненты в формировании сестона.

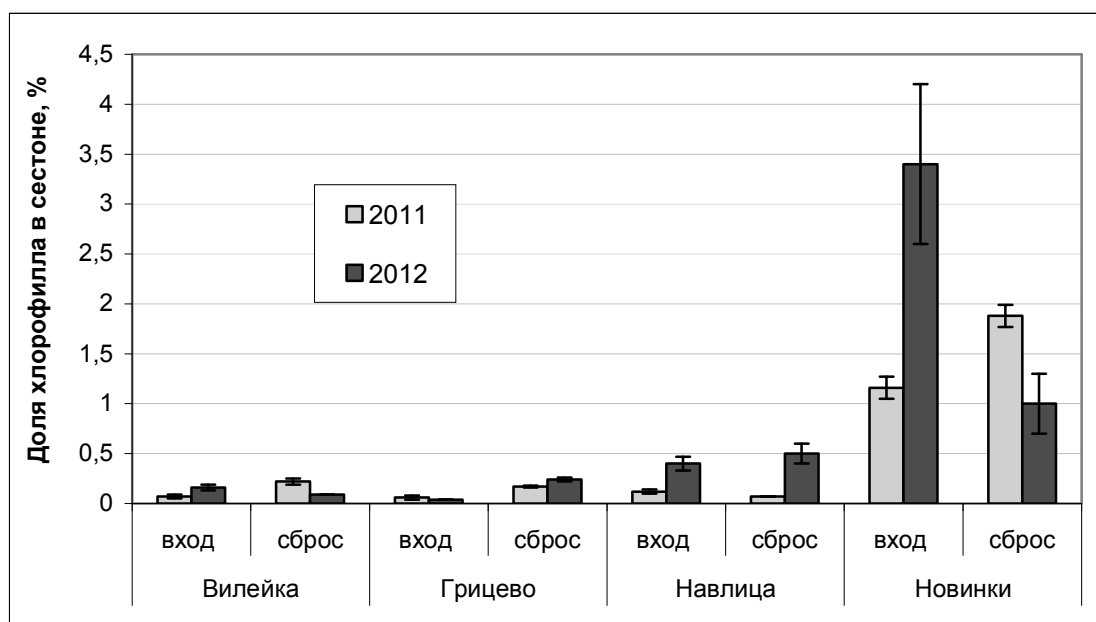


Рис. 1. Удельное содержание хлорофилла в сестоне в водоисточнике на входе и водоприемнике на сбросе воды с прудов в исследованных рыбхозах (приведены средние значения \pm стандартное отклонение)

Так, в водоисточниках и водоприемниках рыбхозов Вилейка, Грицево и Навлица организмы фитопланктона приносили от 4 до 33 % в суммарное содержание взвешенных в воде веществ.

В водоисточнике и водоприемнике рыбхоза Новинки рассчитанный вклад фитопланктона в формирование пула взвешенных веществ доходил до 100 %, однако, более вероятно, что фитопланктон в этой водной системе содержал большее удельное количество хлорофилла в расчете на единицу водорослевой биомассы в сравнении с менее продуктивными водными объектами. Так, исследования, выполненные на прудах рыбхоза «Вилейка» в 2010–2011 гг. [5] показали, что среднее содержание хлорофилла в фитопланктоне составило 0,5 % в сырой массе или, соответственно 2,5 % в сухой массе, в то время как в связанных с прудами реках этот показатель был меньше в несколько раз.

Таким образом, можно заключить, что содержание сестона и хлорофилла в водотоках существенно увеличивается в местах сброса воды с прудовых хозяйств, однако удельное содержание хлорофилла в сестоне не выявило существенных различий в поступающей и выходящей из рыбхозов сбросной воде.

Литература

1. Адамович Б. В., Лях А. М. Фитопланктон рыбоводческих прудов Беларуси: необходимость создания единой базы данных // Вопросы рыбного хозяйства Беларуси: сборник научных трудов. Вып. 27. Минск, 2011. С. 203–210.

2. Гусева Т. В., Молчанова Я. П., Заика Е. А. и др. Гидрохимические показатели состояния окружающей среды. М.: Эколайн, 1999. С. 19–49.
3. Михеева Т. М. Оценка продукционных возможностей единицы биомассы фитопланктона // Биологическая продуктивность эвтрофного озера / Под ред. Г.Г. Винберга. М: Наука, 1970. С. 50–70.
4. SCOR-UNESCO Working group № 17. Determination of photosynthetic pigments in sea-water // Monographs on Oceanologic Methodology. UNESCO, 1966. P. 9–18.
5. Жукова А. А., Адамович Б. В. Содержание сестона и хлорофилла в рыбоводческих прудах рыбхоза «Вилейка» и связанных с ними водотоках // Аквакультура Европы и Азии: реалии и перспективы развития и сотрудничества: Мат. Междунар. науч.-практ. конф., Улан-Удэ-Байкал, 1–7 августа 2011 г. / Под ред. А.И. Литвиненко. Тюмень: ФГУП Госрыбцентр, 2011. С. 72–74.

ЖУКИ-ЛИСТОЕДЫ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE) ЗАКАЗНИКА «ЗВАНЕЦ»

А. С. Сухаревич

Жесткокрылые насекомые семейства листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) являются компонентом наземных экосистем, который играет важную роль в естественных культурных фитоценозах. На их примере можно изучать связь фитофагов с кормовыми растениями, переход с дикой флоры на культивируемые растения, пути и способы расселения в пространстве, зависимость числа генераций от климатических изменений.

Различного рода антропогенные изменения природной среды приводят к изменению состава и структуры фаунистических комплексов, вызывая нередко нарастание численности вредных видов листоедов, которые являются индикаторами изменений состояния биоценозов.

Актуальность нашей работы обусловлена необходимостью углубленных исследований энтомофауны заказника «Званец» и в частности изучению состава фауны насекомых-фитофагов.

Семейство листоеды (лат. Chrysomelidae) – одно из крупнейших семейств жесткокрылых насекомых. Данное семейство относится к отряду жесткокрылые или жуки (Coleoptera). Семейство листоеды получило свое название в связи с тем, что подавляющее большинство представителей этого семейства питаются вегетативными частями растений. Мировая фауна листоедов насчитывает более 40000 видов. В Республике Беларусь семейство представлено 352 видами.

Мы проводили исследования фауны жуков-листоедов на территории республиканского ландшафтного заказника «Званец», созданного 1996 году. Общая площадь заказника составляет 16 227 гектара. Заказник расположен на территории Дрогичинского и Кобринского административных районов Брестской области. Международный природоохранный статус заказника – ТВП (территория важная для птиц) международной

значимости, присвоенный в 1998 году; с 2002 года заказник «Званец» входит в состав Рамсарской территории [1].

В целом фауна жуков-листоедов Беларуси хорошо изучена, однако на территории заказника «Званец» исследования жуков-листоедов не проводились.

Сбор жуков-листоедов в основном производился энтомологическим сачком. При этом производилось отряхивание кустов в сачок, ручной сбор и с помощью эксгаустера. Затем отловленные насекомые помещались в морилку с парами эфира. В дальнейшем жуки-листоеды распределялись по матрасикам и подвергались камеральной обработке [2].

В результате исследований, которые производились с 2010 по 2012 годы, было собрано около 1560 экземпляров листоедов.

Предварительное изучение литературы [3] показало, что на юго-западе Беларуси обитают представители 11 подсемейств из 13, встречающихся на территории республики. Подсемейства Orsadae и Synetidae здесь отсутствуют. В фауне юго-запада Беларуси численно доминируют такие подсемейства, как Alticinae, Chrysomelinae, Cryptocephalinae. Достаточно богатыми видами также Cassidinae, Donaciinae, Galerucinae. Остальные подсемейства – Zeugophorinae, Criocerinae, Clytrinae, представлены небольшим количеством видов. Подсемейства Eumolpinae, Hispinae, имеют только по одному представителю.

Родовое разнообразие подсемейств жуков-листоедов юго-запада Беларуси характеризуется следующим образом. Подсемейство Alticinae – самое богатое родами в фауне юго-запада Беларуси. Оно включает 14 родов, вторым по количеству родов является подсемейство Chrysomelinae – 13 родов, оставшиеся подсемейства беднее по количественному составу родов. При малом числе родов такие подсемейства, как Cryptocephalinae, Cassidinae и Donaciinae включают большое число видов.

Перечисленные роды относятся к широко распространенным и богатым видами, что можно объяснить разнообразием их трофических связей и длительным их существованием в составе фауны [3].

По итогам полевых сборов 3-х лет было зафиксировано 45 видов жуков-листоедов, которые относятся к 29 родам и 8 подсемействам. Среди собранных видов обнаружены такие редкие виды для фауны Беларуси, как *Phratora tibialis*, *Hispa atra*, *Cassida leucanthemi*, *Cassida margaritacea*, *Crioceris duodecimpunctata*, *Crioceris quinquepunctata*, *Lilioceris lili*, *Pachybrachis scriptidorsum*, *Cassida leucanthemi*.

Впервые для фауны Беларуси отмечен вид *Oulema tristis*. Данный вид в Европе является потенциальным вредителем культурных злаков, поэтому его биология в условиях Беларуси и требует дальнейшего исследования.

Проанализировав распространение видов жуков-листоедов, собранных на территории заказника «Званец» и типологию их ареалов, можно представить следующее соотношение групп типов ареалов: транспалеарктический – 42 %, европейско-сибирский – 20 %, европейско-сибирско-казахстанский – 11 %, европейско-кавказский – 10 %, другие – 17 %. Преобладающим типом ареала является транспалеарктический, включающий 19 видов. Субдоминантными типами являются европейско-сибирско-казахстанский (5 видов), европейско-сибирский (9 видов), европейско-кавказский (9 видов), а остальные типы ареалов, такие как европейский, европейско-центрально-азиатский, европейско-средиземноморский, европейский, адвентивный, южноевропейский включают единичные количества видов.

В ходе исследований регистрировались типы биотопов, в которых проводились сборы фактического материала. Распределение по биотопической приуроченности листоедов заказника «Званец» представлено на рисунке 1.

Проанализировав биотопическое распределения листоедов, мы можем сделать вывод, что преобладающим комплексом является луговой. Он объединяет большую часть фауны листоедов (35 видов, что составляет 78 % фауны). В него входят представители подсемейств Criocerinae (2 вида), Clytrinae (2 вида), Cryptocephalinae (9 видов), Chrysomelinae (8 видов), Galerucinae (2 вида), Alticinae (4 вида), Cassidinae (8 видов).

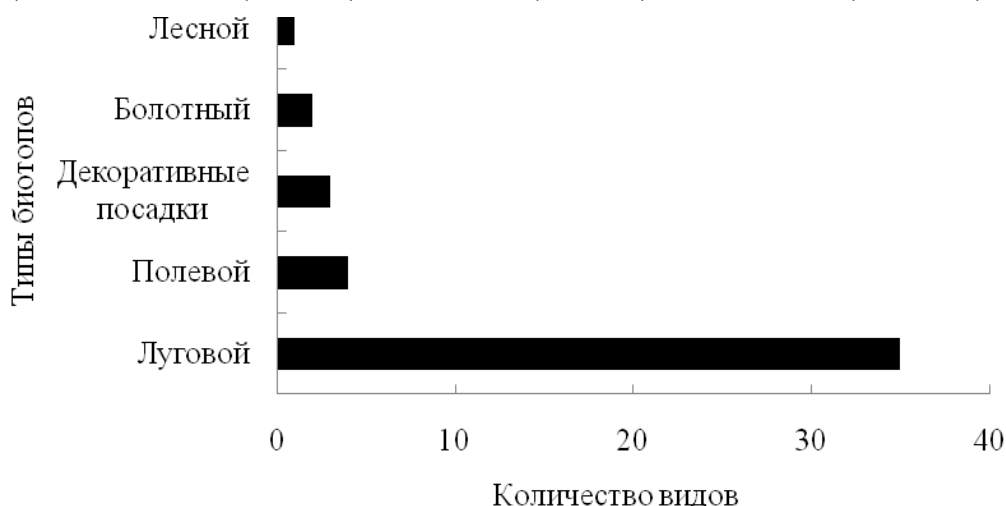


Рис. 1. Распределение жуков-листоедов заказника «Званец» по биотопической приуроченности

Часть биотопов – болотный, полевой, лесной, декоративные посадки, заселяет меньшее число видов, что составляет около 22 % от фауны заказника «Званец».

На суходольном луге преобладают виды из семейств Clytrinae, Cryptocephalinae, Chrysomelinae, Galerucinae, Alticinae, Cassidinae, что состав-

ляет 40 % фауны заказника «Званец». Сухой, умеренно увлажненный и слабо закустаренные луга, населяют в меньшей степени виды из подсемейств, *Cryptocephalinae*, *Chrysomelinae*, *Galerucinae*, *Cassidinae*. Злаковый луг населяют подсемейства, *Criocerinae*, *Alticinae*, *Cassidinae*. Сенокосный низинный луг, *Galerucinae*, *Cassidinae*. Некоторые виды жуков-листоедов, населяют различные ассоциации, но представители подсемейства *Clytrinae*, населяют, только суходольный луг.

Исследования многих авторов показывают, что тот или иной род листоедов имеет более тесную трофическую связь с растениями определенных семейств [4].

Изучив трофическую специализацию листоедов юго-запада Беларуси, мы выяснили, что растениями одних семейств, таких как *Salicaceae*, *Compositae*, *Polygonaceae* питается большинство родов листоедов, в то время как другие семейства растений, такие как *Liliaceae*, *Plantaginaceae*, *Equisetaceae*, *Primulaceae* и т.д. поедаются только отдельными родами листоедов.

Около 4 % видов являются монофагами. Это *Hippuriphila modeeri*, которая питается на *Equisetum arvense*, *Crioceris duodecimpunctata*, *Crioceris quinquepunctata* – на *Asparagus officinalis*, *Lilioceris lili* – на *Lilium tigrinum*, *Aphthona nonstriata* – на *Iris pseudacorus*. Остальные представители жуков-листоедов, в большинстве своем, являются олигофагами 74 % и полифагами 22 %.

Особого внимания заслуживают трофические связи листоедов с культурными растениями, поскольку некоторые виды заметно вредят ряду сельскохозяйственных культур. 10 % видов от общего числа видов жуков-листоедов являются вредителями сельского и лесного хозяйства. В то же время наносимые листоедами повреждения редко приводят к полной гибели растения.

По приуроченности к определенным культурам практически важные виды составляют несколько комплексов: вредители сахарной свеклы, картофеля, щавеля, ягодных и плодовых культур, лесных древесных пород. Главными вредителями злаков, являются *Oulema gallaeciana*, *Oulema melanopus*, сахарной свекле вредит свекловичная щитовка *Cassida nebulosa*, картофелю приносит большой вред колорадский картофельный жук *Leptinotarsa decemlineata*, щавелевый листоед *Gastrophysa viridula* вредит щавелю, серьезный вредитель калины *Pyrrhalta viburni* [4].

Литература

1. Дубовик Д. В. Болото Званец – уникальный природный комплекс Белорусского Полесья / Д.В. Дубовик, А.Н. Скуратович // Растительность болот: современные проблемы классификации, картографирования, использования и охраны:

- материалы международного научно-практического семинара. Минск: Право и экономика, 2009. С. 156–158.
2. *Фасулати К. К.* Полевое изучение наземных беспозвоночных: учебн. пособие для университетов. Москва: «Высшая школа», 1971.
 3. *Лопатин И. К.* Насекомые Беларуси: листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae): монография. Минск: Технопринт, 2005.
 4. *Нестерова О. Л.* Трофическая специализация жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) фауны Беларуси // Вестник БГУ. Сер. 2: Хим. Биол. Геогр. 2003. № 1. С. 104–106.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ ВОЗБУДИТЕЛЯ ПАРШИ, ВЫДЕЛЕННОГО С ВОСПРИИМЧИВЫХ СОРТОВ ГРУШИ ЕВРОПЕЙСКОЙ (PYRUS COMMUNIS L.VAR SATIVA DE CONDALE), НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА РДНК

С. Ю. Трофимович

ВВЕДЕНИЕ

Парша – одно из наиболее распространенных заболеваний яблони и груши в мире, а также в Республике Беларусь. Это заболевание вызывается грибами *Venturia inaequalis* и *V. pirina*. Исследования этого фитопатогена на молекулярно-генетическом уровне в нашей стране не проводятся. Парша поражает плоды, листья и побеги, что приводит к снижению устойчивости деревьев к низким температурам. В результате поражения на листьях и плодах появляются темно-оливковые, впоследствии черные пятна. Сильно пораженные листья преждевременно усыхают и опадают. Плоды принимают неправильную форму, становятся мало пригодным в пищу с пониженным содержанием витаминов [1]. *Venturia* – это род грибов аскомицетов, в жизненном цикле которых выделяют половую (аскоспоры) и бесполоую (конидиальную) стадии, из которых бесполовая стадия является преобладающей. Чередование половой и бесполой стадий развития является источником гетерогенности популяции, а также позволяет адаптироваться к изменениям условий среды.

Идентификация возбудителя заболевания является очень важной при выборе мероприятий по защите растений. При изучении таксономических особенностей, большое внимание уделено культуральным и морфологическим признакам, однако, во многих работах отмечается субъективность оценки [2].

Цель данной работы: идентифицировать возбудителя парши, выделенного из очагов поражения восприимчивых сортов груши европейской, на основе анализа рДНК.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследований служили изоляты грибов, выделенные из очагов поражения листьев и плодов растений восприимчивых сортов груши европейской (*Pyrus communis L. var. Sativa DC.*) – Мраморная, Белорусская поздняя, Сладкая из Млиева. Они были предоставлены лабораторией кафедры фитопатологии и химической защиты растений УО «Гродненский Государственный Аграрный Университет». Для выявления вида грибных фитопатогенов в данной работе проводился анализ рДНК с использованием молекулярно-генетических методов (SSCP, PCR-RFLP).

ПЦР проводилась с помощью амплификатора GeneAMP PCR System 2007 Applied Biosystems. Реакцию проводили в общем объеме 15 мкл, содержащем: 7x ПЦР буфер, 2 mM dNTP, ДНК, Taq полимераза (5 ед/мкл), H₂O. При постановке ПЦР использовались праймеры: ITS1-F (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3') и ITS2 (5'-GCTGCGTTCTTCATCGATGC-3')[4].

Условия амплификации были следующие: 1 цикл продолжительностью 2 мин при температуре 94 °С; 30 циклов, включающих 30 сек при 94 °С, 1 мин при 54 °С, 1 мин при 72 °С; 1 цикл продолжительностью 5 мин при 72 °С.

Амплифицированные продукты анализировали с помощью электрофореза в 0,9% агарозном геле и 1x TAE-буфере.

Реакцию с *BsH1236I* проводили при температуре 37° С в течение 4 часов.

Одноцепочечный конформационный полиморфизм: 4 мкл ПЦР продукта смешивали с 4 мкл загрузочного буфера (50% сахара, 6 mM ЭДТА, 0,25% бромфеноловый синий), инкубировали в течение 5 мин при 95 °С и сразу же охлаждали на водно-ледяной бане.

Электрофоретическое разделение фрагментов ДНК проводили в полиакриамидном геле при 20 мА в течение 20 мин. Окрашивание геля осуществляли бромистым этидием (5 мкг/мл) в течение 20 минут в темноте.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Принимая во внимание источник выделения, весьма вероятно, что выделенные изоляты относятся к виду *V. pirina*, вызывающему паршу груши. Однако, согласно культурально-морфологическим признакам, которые были неустойчивы и значительно варьировали в зависимости от условий культивирования, нельзя сделать окончательный вывод о принадлежности грибов к виду *V. pirina*. Кроме того, в совокупности куль-

турально-морфологические методы идентификации возбудителя достаточно громоздки и длительны, недостаточно точны и зависят от условий проведения анализа, что в целом затрудняет работу исследователей.

Учитывая близость расположения садов груши и яблони, было предположено, что анализируемые изоляты могут принадлежать как к виду *V. pirina*, так и *V. inaequalis*, вызывающему паршу яблони. Поэтому в качестве контролей использовались изоляты данных видов с характерными признаками.

В качестве анализируемой области рДНК был использован внутренний транскрибируемый спейсерный участок ITS1. Как известно из литературных данных, ITS1 участки эволюционируют быстрее, чем кодирующие и могут варьировать среди видов и популяций.

С использованием праймеров ITS1-F и ITS2, которые амплифицируют участок рДНК от 3-конца гена 18s рРНК до 5-конца гена 28S рРНК, был получен ампликон размером около 250 п.н. как с рДНК анализируемых изолятов, так и контрольных образцов.

При амплификации рДНК у видов *Venturia*, выделенных из мировых коллекций ампликон был размером 270 п.н и 660 п.н. [3].

Принимая во внимание полученный размер ампликона анализируемых изолятов, можно заключить, что они характеризуются отсутствием интрона в данном участке рДНК. Таким образом полученные данные не позволяют идентифицировать исследуемые образцы. Однако не исключается их принадлежность к виду *Venturia inaequalis*.

Полученные ПЦР-продукты были денатурированы нагреванием и подвергнуты электрофорезу в полиакриламидном геле. Качественный анализ с помощью SSCP показал вероятную принадлежность образцов 1, 3–15 к *V. inaequalis*. В то время как паттерны образца 2 аналогичны контролям *V. pirina* (рис. 1).

Для подтверждения полученных результатов, проводился анализ с использованием метода PCR-RFLP.

Как видно из рисунка 2, сайт, распознаваем рестриктазой *Bsh1236I* имеется у референсного образца *Venturia pirina* и анализируемого образца 2. Принимая во внимание, что размер ампликона рДНК *V. inaequalis* и остальных образцов после рестрикции остался неизменным, он составил – 250 п.н, можно заключить, что они не содержат сайта распознаваемого *Bsh1236I* (рис. 2).

Результаты анализа ампликонов участка ITS1 рДНК, полученные с использованием метода SSCP, согласуются с результатами PCR-RFLP анализа и косвенно указывают на то, что нуклеотидная последователь-

ность области ITS1 образца 2 аналогична контролю *V. pirina*, образцов 1, 3–15 – *V. inaequalis*.

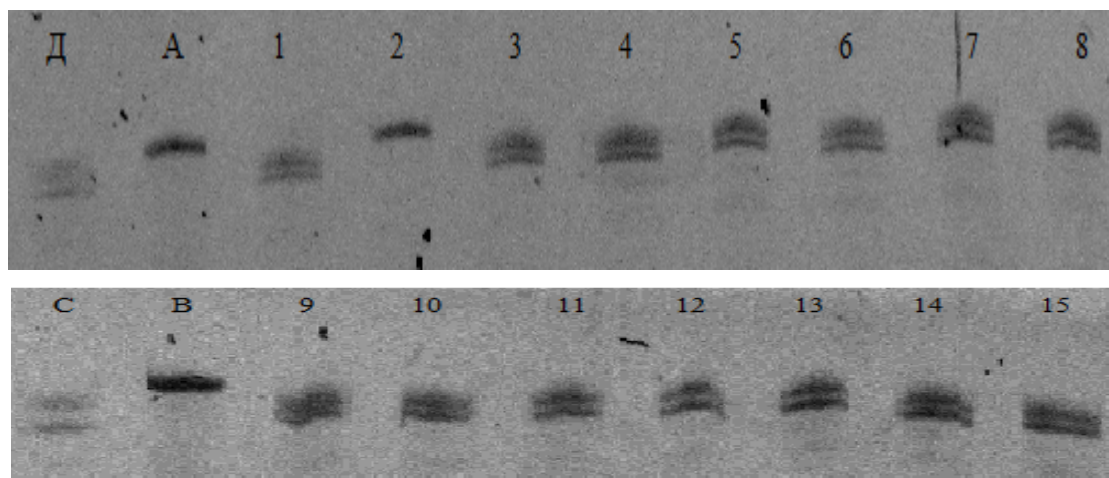


Рис. 1. SSCP анализ ITS1 участка рДНК анализируемых образцов (1–15) и контролей: *V. pirina* – А, В, *V. inaequalis* – Д, С. М – маркерная ДНК

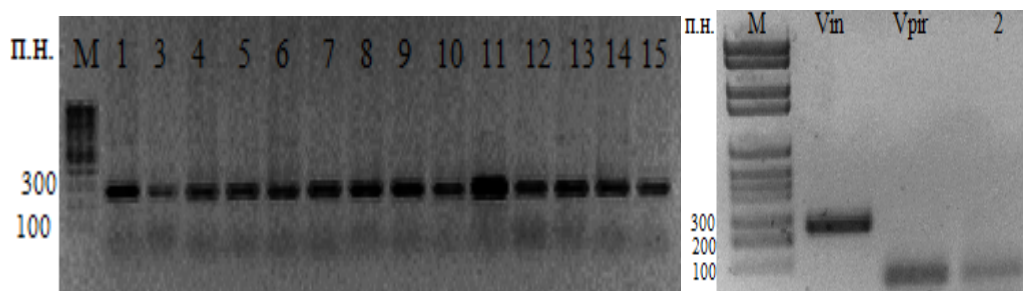


Рис. 2. Электрофореграмма ПЦР продуктов, обработанных рестриктазой *Bsh1236I*. М – маркерная ДНК

Полученные результаты исследования показывают, что на вегетирующей груше способна развиваться парша яблони. Весьма вероятно, что *V. inaequalis* сапротрофно колонизирует очаги поражения, первоначально образованные специализированным для груши патогеном *V. pirina*.

Литература

1. Benaouf G., Parisi L. Genetics of host-pathogen relationships between *Venturia inaequalis* races 6 and 7 and *Malus* species // *Phytopathology*. 2000. Vol. 90(3). P. 236–242.
2. Le Cam B., Devaux M., Parisi L. Specific polymerase chain reaction identification of *Venturia nashicola* using internally transcribed spacer region in the ribosomal DNA // *Phytopathology*. – 2001. Vol. 91. P. 900–904.
3. Schnabel G., Schnabel E. L., Jones A. L. Characterization of ribosomal DNA from *Venturia inaequalis* and its phylogenetic relationship to rDNA from other tree-fruit *Venturia* species // *Phytopathology*. 1999. Vol. 89. P. 100–108.
4. Stehmann C., Pennycook S., M.Plummer K. Molecular identification of a sexual interloper: the pear pathogen, *Venturia pirina*, has sex on apple // *Phytopathology*. 2001. Vol. 91. P. 633–641.

РОЛЬ ОЗЕР В ОРГАНИЗАЦИИ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕТИ БЕЛОРУССКОГО ПООЗЕРЬЯ

И. И. Буйко

Развитие природоохранной деятельности в Республике Беларусь в начале 21-го века потребовало перехода на новый уровень. С одной стороны, это обусловлено необходимостью интеграции в общеевропейские природоохранные механизмы. С другой, несовершенством существующего подхода в методологическом и территориальном аспекте природоохранной деятельности на собственной территории. В связи с этим, в республике осуществляется переход к такой территориальной форме охраны природы как экологическая сеть.

В основу построения экологической сети Белорусского Поозерья в территориальном аспекте положена существующая схема региональных особо охраняемых природных территорий (ООПТ). По состоянию на 01.12.2012 года на территории физико-географической провинции Белорусского Поозерья система ООПТ включает: 2 национальных парка, 24 заказника национального значения, 80 заказников местного значения, более 130 памятников природы различных уровней значения. Общая площадь, занимаемая природоохранными объектами, примерно равна 350 тыс. га, что составляет около 10 % территории провинции. Несмотря на это, на сегодняшний день нерешенной остается проблема максимального охвата природоохранной деятельностью ландшафтного и биологического разнообразия провинции и проблема нерепрезентативности сети ООПТ природным условиям [1, 2, 4].

Другой важной особенностью процесса организации экологической сети Поозерья является включение озерных систем как составных частей структурных элементов. По уровню (степени) вовлечения в природоохранную деятельность все озера делятся на три категории:

1. Озера, размещенные в границах ООПТ, включенных в экологическую сеть.
2. Озера, размещенные в границах ООПТ, которые не включены в экологическую сеть.
3. Озера, не входящие в ООПТ.

Проведенный анализ озерных систем в экологической сети Белорусского Поозерья учитывал следующие особенности: 1) место озер в сети ООПТ Поозерья; 2) роль озер в формировании ландшафтного разнообразия исследуемого региона; 3) размещение озер, утративших свой эко-

логический, а, следовательно, и природоохранный потенциал в результате нерациональной хозяйственной деятельности.

Национальные парки «Нарочанский» и «Браславские озера», крупнейшие ландшафтные заказники («Красный Бор», «Синьша», «Освейский») и гидрологические («Ельня») имеют ядром своего формирования озерные системы, которые в отдельных случаях могут служить дополнительным фактором географического разнообразия.

Особого рассмотрения требует вопрос о роли озер в формировании ландшафтного разнообразия Белорусского Поозерья. При анализе ландшафтной карты Республики Беларусь (М 1:600 000) место озер в системе выделов видов ландшафтов рассматривалось с двух позиций:

1. включение озер в контур выдела вида ландшафта;
2. расположение озер в контактной зоне двух контуров выделов видов ландшафтов.

На основе выполненных исследований сделан вывод, что расположение озер в пределах выдела вида ландшафта (а, следовательно, и в пределах рода, к которому данный вид относится) является фактором, который учитывается при выделении ПТК в ранге рода. С учетом этого подхода в регионе выделены холмисто-моренно-озерные, моренно-озерные, водно-ледниковые с озерами, озерно-ледниковые ландшафты.

Анализ взаимосвязи ландшафтного рисунка элементов экосети и пространственного расположения озер выявил характерную особенность: ландшафтное разнообразие в ООПТ (по представленности видов ландшафтов) тем выше, чем больше озерность этих территорий (таблица).

Так, в национальных парках «Нарочанский» и «Браславские озера» наиболее высокое разнообразие ландшафтного строения – 6 и 7 видов, соответственно, и наибольшее число расположенных здесь озер – 43 и 42 озера. Высокое разнообразие озерных комплексов и ландшафтного строения территории отмечено в ландшафтных заказниках «Красный Бор», в котором расположено 40 озер, «Синьша» (22 озера), «Сорочанские озера» (12 озер), гидрологических заказниках «Глубокое-Чербомысло» (10 озер), «Ельня» (10 озер).

Отдельную категорию составляют озера, на сегодняшний день утратившие свой экологический потенциал. К данной группе относятся 28 озер, среди которых такие крупные по площади как Сенно (площадью 3,13 км²), расположенное в Сенненском районе; Даубле (1,64 км²) и Погоща (1,23 км²), расположенные в Браславский районе, Осинька (1,17 км²) и Миорское (1,15 км²) – в Миорском районе [3].

**Ландшафтное разнообразие и озерность территории элементов (ядер)
экологической сети Белорусского Поозерья**

Ядро экосети	ООПТ	Количество видов ландшафтов	Количество озер на территории ООПТ
Поозерское	Ландшафтный заказник «Освейский»	3	1
	Ландшафтный заказник «Красный Бор»	5	40
	Ландшафтный заказник «Синьша»	5	22
	Ландшафтный заказник «Козьянский»	5	1
	Гидрологический заказник «Глубокое-Чербомысло»	3	10
Нарочанское	Национальный парк «Нарочанский»	6	43
	Гидрологический заказник «Сорочанские Озера»	4	12
Браславское	Национальный парк «Браславские озера»	7	42
Ельня	Гидрологический заказник «Ельня»	3	10
Бабиновичское	Ландшафтный заказник «Бабиновичи»	2	3

При сопряженном анализе схемы их пространственного расположения и схемы экосети региона выявлена следующая особенность: практически все озера данной группы (за исключением озер Шумилинского района), включены в экосеть в качестве элементов экологических коридоров между ядрами европейского и национального значения. Например, озера Браславской группы – Даубле, Новято, Погоща, включены в состав Браславского ядра национальной экологической сети. Для восстановления экологического потенциала названных озер сегодня требуется проведение специальных природоохранных мероприятий.

Важной проблемой организации региональной экологической сети Белорусского Поозерья является проблема оценки тех озерных комплексов, которые в перспективе могли бы быть включены в экологическую сеть. Данная проблема тесно взаимосвязана с недостаточно разработанным вопросом о иерархическом взаимодействии экологических сетей на территории Республики Беларусь. На региональном и локальном уровне ярко проявляется значимость уникальных озерных комплексов, которые сегодня ввиду несоответствия установленным законодательством критериям, остаются практически не включенными в экосеть. Разработка новых критериев для территорий ядер, коридоров и буферных зон региональных и локальных экосетей перспективное направление, которое требует

взаимодействия ученых геоэкологов, экологов, ландшафтоведов, биологов, специалистов территориально планирования.

Разработка новых критериев должна основываться на характере ландшафтного и биологического разнообразия в тех ООПТ, которые на сегодняшний день остаются за границами экосетей. С данной точки зрения перспективными для включения в региональную и/или локальную экосеть представляются гидрологические заказники «Долгое», «Кривое», «Белое», «Сервечь», «Болото Мох», ландшафтный заказник «Козьянский Мох».

Таким образом, для дальнейшего совершенствования механизма реализации региональной экологической сети Белорусского Поозерья необходимым является более глубокое обоснование взаимодействия экосетей различных иерархических уровней, критериев структурных элементов экосетей, значения озерных комплексов как типичного и, в то же время, ценного элемента природной среды для формирования репрезентативного ландшафтного рисунка региональной экосети, а также разработка более эффективного механизма включения и сохранения ландшафтного и биологического разнообразия – фундаментальной основы реализации концепции экологической сети.

Литература

1. Баранец Г. Г., Юргенсон Н. А. Формирование нициональной экологической как задача территориального планирования // Природные ресурсы. 1998. №3. С. 67–76.
2. Брилевский М. Н., Воробьев Д. С., Гагина Н. В., Морозов Е. В. Оценка размещения элементов экосеим в физико-географических регионах Беларуси // Вестник БГУ. Серия 2. 2012. №1. С. 72–76.
3. Власов Б. П. Антропогенная трансформая озер Беларуси: геоэкологическое состояние, изменения и прогноз. Минск: БГУ, 2004.
4. Яцухно В. М., Давыдик Е. Е. Общеввропейская экологическая сеть и перспективы ее создания на территории Беларуси: географический аспект // Вестник БГУ. Серия 2. 2004. №1. С. 74–79.

АНАЛИЗ ПРЕВЫШЕНИЯ ДОПУСТИМОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОД МАГИСТРАЛЬНОЙ РЕКИ ПРИПЯТЬ

М. В. Буйницкая, Е. Г. Кольмакова

В естественных условиях гидрохимический режим рек определяется влиянием факторов природной среды. В условиях возрастающего влияния техногенеза нарушение связей между компонентами ландшафта ведет к перераспределению потоков вещества и энергии, которое проявляется в изменении путей и масштабов миграции химических элементов. Преобразования в водной среде протекают в двух направлениях: за счет

превышения фоновых концентраций химических веществ, присущих природным водам, и путем загрязнения вод, связанных с появлением ксенобиотиков. Сток растворенных веществ рек является результирующей природных процессов формирования химического состава поверхностных вод суши [1, с. 3].

Цель исследования – выявление пространственно-временных закономерностей выноса химических веществ речным стоком в бассейне реки Припять. Основными источниками для написания статьи послужили фондовые материалы ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» и ГУ «Республиканский гидрометеоцентр» за период 2001–2011 гг. Фактический материал отобран по измеренным концентрациям химических веществ и среднегодовым расходам воды. В целях исследования выбраны следующие показатели: из макрокомпонентного состава – ионы хлора, сульфат-ионы, катионы натрия и калия, микрокомпонентного: медь, цинк, никель, хром, марганец; из параметров, отражающих органический и биогенный состав, – минеральный азот (аммонийный, нитратный), фосфор общий и железо, из веществ техногенного происхождения использованы нефтепродукты, СПАВ. Контроль первичных данных осуществлялся, исходя из требований, по сбору гидрохимической информации.

По качеству поверхностных вод привлечены данные по двум створам: в верхнем течении р. Припять (1 км выше г. Пинск) и в нижнем течении р. Припять (45 км ниже г. Мозырь). Данные в верхнем створе отражают качественный состав вод, формирующийся в пределах украинской части водосбора; данные в замыкающем створе представляют собой интегральную характеристику процессов формирования качества вод с учетом притока загрязняющих веществ с белорусской части.

Авторами выполнены количественная оценка и сравнительный анализ показателей удельного выноса загрязняющих веществ речным стоком магистральной реки Припять, отражающих реальную нагрузку в водосборе на водную экосистему, с допустимой, соответствующей поступлению в водоток загрязняющих веществ, не приводящему к превышению ПДК. Полученная информация была проанализирована с учетом природных факторов формирования стока и антропогенной нагрузки на водосборы рек.

Анализ гидрохимических данных показал, что за период наблюдений 2001–2011 гг. удельный вынос хлоридов и сульфатов на участке магистральной реки Припять зафиксирован на невысоком уровне (4–7 кг/км² удельный вынос хлоридов, 7–14 кг/км² сульфатов) и не превышал допустимой нагрузки (80–155 кг/км² для хлоридов, 27–54 кг/км² для сульфатов) на водоток.

Река Припять практически на всем контролируемом отрезке реки, особенно в районе г. Пинска, загрязнена азотом аммонийным. В верхнем створе (рис. 1 а) на протяжении всего периода исследований наблюдалось превышение по аммонию ($0,36 \text{ кг/км}^2$) допустимой нагрузки до 2,2 раз в 2005 г. Несколько иная картина просматривается в отношении нижнего створа (рис. 1 б). Здесь превышения удельного выноса азота аммонийного фиксируются с 2001 по 2006 гг., максимальный показатель ($0,059 \text{ кг/км}^2$) наблюдался в 2003 г., превышение в 1,7 раз.

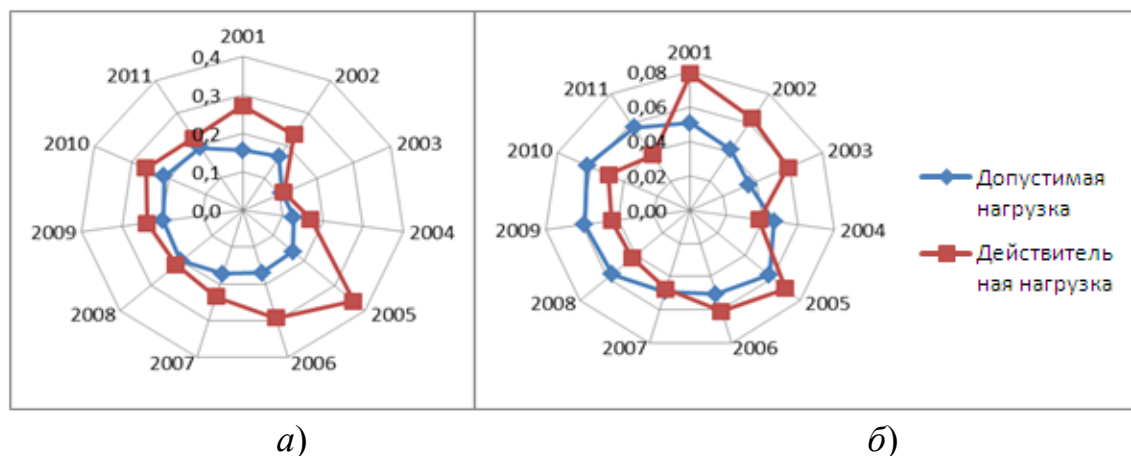


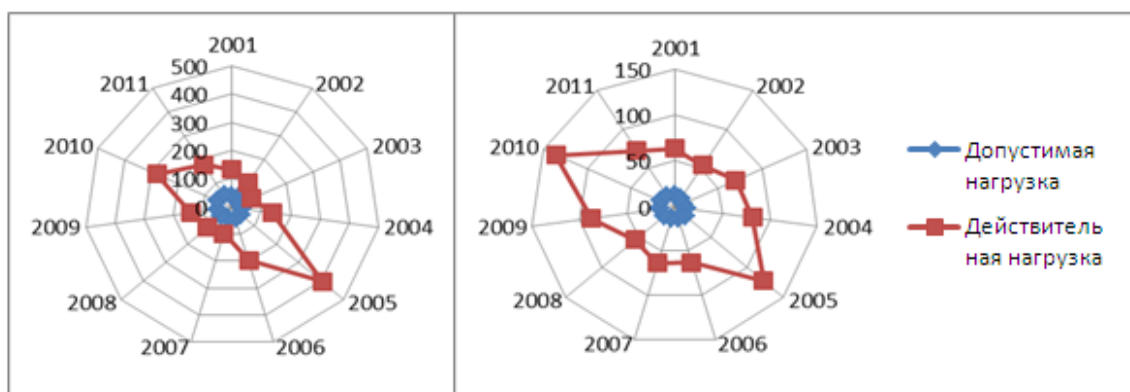
Рис. 1. Сравнительная характеристика реального и допустимого удельных выносов азота аммонийного водным стоком р. Припять, (кг/км^2):
 а) в верхнем течении р. Припять (1 км выше г. Пинск);
 б) в нижнем течении р. Припять (45 км ниже г. Мозырь)

Удельный вынос азота нитратного речным стоком Припяти за период наблюдений не превышал допустимую нагрузку на водоток.

Повышенный удельный вынос фосфора общего был характерен для верхнего створа в 2004–2007 гг., превышающий допустимую нагрузку до 4,2 раз в 2006 г. ($1,3 \text{ кг/км}^2$). Увеличение выноса водами фосфора свидетельствует о загрязнении водотоков и могло быть вызвано ухудшением условий разложения органики, наличием зон дефицита кислорода, изменением скорости течения и т.д. В силу большой водности и способности реки самоочищению, в нижнем течении показатель выноса фосфора за весь период наблюдений не превышали допустимые значения.

Бассейн реки Припять характеризуется повышенным выносом ионов железа, в многом обусловленным природными факторами. В течение рассматриваемого периода удельный вынос железа (до $404,7 \text{ кг/км}^2$) водами Припяти превышал допустимую нагрузку до 10 раз в верхнем течении (рис. 2 а), и до 8,5 раз в 2010 г. ($135,8 \text{ кг/км}^2$) – в нижнем (рис. 2 б). Сток железа имеет тенденцию увеличения на всем исследуемом участке. Высокий вынос объясняется тем, что широко проводимые

мелиоративные работы на территории водосбора изменили геохимическую обстановку с восстановительной на окислительную, что способствовало активной водной миграции двухвалентного железа [1, с. 73].



а) б)
 Рис. 2. Сравнительная характеристика реального и допустимого удельных выносов железа общего с водосбора р. Припять, ($\text{кг}/\text{км}^2$):
 а) в верхнем течении р. Припять (1 км выше г. Пинск);
 б) в нижнем течении р. Припять (45 км ниже г. Мозырь)

Анализ режима никеля и хрома свидетельствовал о благополучной гидрохимической ситуации на всем исследуемом участке.

За период наблюдений повторяемость превышений предельно допустимых значений выноса марганца на обоих створах близка к 100 %. В верховьях реки в 2011 г., удельный вынос марганца ($25,2 \text{ кг}/\text{км}^2$) превосходил допустимую нагрузку ($4,9 \text{ кг}/\text{км}^2$) в 5,1 раз в то время как в замыкающем створе (рис. 2, б) – в 9,6 раз ($14,6 \text{ кг}/\text{км}^2$). На всем бассейне прослеживается тенденция неуклонного роста стока ионов марганца.

Удельный вынос нефтепродуктов в верхнем течении находился в пределах нормы за исключением 2002–2004 гг., когда были зафиксированы превышения в 1,2 раза ($20,7 \text{ кг}/\text{км}^2$). В нижнем течении показатель варьировался в допустимых пределах. При этом в верховьях реки нефтепродукты характеризуются снижением показателей удельного выноса за период наблюдений, в то время как в нижнем течении под г. Мозырь, ситуация обратная, что может быть связано с влиянием Мозырского НПЗ.

Удельный вынос СПАВ на всем исследуемом участке на протяжении исследуемого периода варьировался в пределах нормы и имел тенденцию к снижению.

Таким образом, наиболее всего воды магистральной реки Припять загрязнены азотом аммонийным, фосфором общим, тяжелыми металлами (цинком, марганцем) и нефтепродуктами; по остальным исследуемым параметрам удельный вынос за период 2001–2011 гг. колебался в пределах нормы. Повторяемость превышения допустимой нагрузки в целом

имела тенденцию к снижению. При этом загрязнение р. Припять соединениями металлов по-прежнему носит устойчивый характер (повторяемость превышений более 50 %). Период наибольшей нагрузки приходится на 2003–2007 гг., пик загрязнения приходится на 2006 г. Верхнее течение реки характеризуется высокой степенью техногенного воздействия по сравнению с замыкающим створом, отражающим состояние вод как магистральной реки, так и ее притоков на белорусской части бассейна, что говорит о недостаточной очистке сточных вод, поступающих с территории Украины.

Литература

1. *Кольмакова Е. Г.* Антропогенные изменения стока растворенных веществ рек бассейна Немана. Мн.: БГУ, 2009.
2. Государственный водный кадастр: Водные ресурсы, их использование и качество вод: (за 2001–2011 гг.). Мн.: ЦНИИКИВР, 2012.
3. Фондовые материалы ГУ «Республиканский центр радиационного контроля и мониторинга окружающей среды» за период 2001–2011 гг.

ГЕОЛОГИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ ОСВОЕНИЯ КАЛИЙНЫХ СОЛЕЙ В ПРИПЯТСКОМ ПРОГИБЕ

Д. И. Голушко

Проблема потенциальной калиеносности соленосных толщ Припятского калиеносного бассейна принципиально решена. В настоящее время на первый план выходят вопросы оценки продуктивности потенциально калиеносных образований. Готовятся к разработке новые участки, производится переоценка запасов по различным категориям, рассматриваются вопросы расширения территорий разработки на флангах Старобинского месторождения и начата подготовка к освоению Петриковского.

Впервые калийные соли были обнаружены в верхнефаменских отложениях в 1949 г. практически одновременно в районе п.г.т. Старобин Минской обл. и вблизи д. Давыдовка Гомельской обл. Калийные соли в верхнефранской соленосной формации были обнаружены в керне в 1973 г. на Южно-Вишанской площади [4].

Калийные соли приурочены к Припятскому палерифту. Он расположен между Белорусской и Воронежской антеклизмами и разделяющей их Жлобинской седловиной на севере и Украинским щитом на юге. Он представляет собой древний рифт, активно развивавшийся в позднем девоне–карбоне. Территория Припятского прогиба характеризуется достаточно сложной тектоникой, которая влияет на размещение калийных залежей. Калийные соли локализуются преимущественно в синклиналичных зонах, а в сводах положительных структур, как правило, выклини-

ваются. Количество и качество калийных залежей в разрезе, их мощность, состав горизонтов и характер их границ во многом определяются блоковыми движениями кристаллического фундамента и подсолевого ложа, а также связанных с ними зонами разрывных нарушений.

В Припятском прогибе залежи калийных солей приурочены к верхнефранской и средневерхнефаменской соленосным формациям.

В верхнефранской формации выявлены четыре калийных горизонта, которые развиты на западе центральной части и юге прогиба. Они не представляют практического интереса ввиду больших глубин залегания, слабой мощности и малого распространения.

В данной работе проведено обобщение информации по промышленной калиеносности средневерхнефаменской формации Припятского прогиба.

Большую помощь в оценке полноты строения калиеносной субформации средневерхнефаменской формации оказало деление ее разреза на ритмопачки. Всего выделено 11 ритмопачек. Они выделены по данным каротажа на основании определенных маркирующих горизонтов. Ритмичное чередование пород по разрезу отражает прогрессивные и регрессивные фазы в развитии бассейна. В таблице показано сопоставление принятой в настоящее время стратиграфической схемы и схемы расчленения калиеносной субформации, разработанной в БелНИГРИ. Широко развиты разрезы, представленные ритмопачками I–VI, однако только в депрессионных зонах они отличаются полным строением.

В разрезе средневерхнефаменской соленосной формации калийные горизонты образуют интервалы локализации, которые выделяются в этажи калиеносности. Всего выделено более шестидесяти калийных горизонтов, распространенных практически по всей территории региона.

Мощность калийных горизонтов в калиеносной субформации колеблется от 0,5–1 до 25–40 м. Наиболее мощные – VI, V, IV, III, IV–п, 0–7, 8–с. Для других синклинальных зон мощные горизонты менее характерны. В восточной части прогиба, несмотря на глубокое погружение кровли калиеносной субформации (до 2–3 км) в синклинальных зонах, калийные горизонты не имеют больших мощностей.

Верхнедевонские соленосные формации Припятского прогиба – образования бессульфатного, хлоридного типа. Среди калийных солей преобладают сильвиниты, карналлитовые и смешанные породы карналлит-сильвин-галитового состава.

Схема расчленения калиеносной формации (по данным Н. С. Петровой)

Ритмопачка	Слой	Горизонт, надгоризонт
XI	Нижнестаробинские D ₃ str От подошвы репера Е до кровли субформации Горизонты 0-12 (33-с) и выше	Полесский D ₃ pl надгоризонт Старобинский горизонт
X		
IX		
VIII	Любанские D ₃ lbn От подошвы репера Д до подошвы репера Е Горизонты I (20-с) – 0-11 (32-с)	Стрешинский D ₃ str
VII		
VI		
V		
IV	Осовецкие D ₃ osv От подошвы репера В до подошвы репера Д Горизонты 4-с – I-1 (19-с)	
III		
II		
I	Шатилковские D ₃ st от подошвы репера Б до подошвы репера В Горизонт IV (3-с)	Оресский D ₃ or
	Найдовские D ₃ nd от подошвы репера А до подошвы репера Б Горизонты VI (1-с, VIII-п) – V (2-с)	

Преобладающим типом калийных пород являются сильвиниты. Массивные карналлитовые залежи обнаружены в северной зоне прогиба, где развиты на достаточно обширной территории, и на западе центральной зоны, где распространены на сравнительно небольших (10–50 км²) участках.

Элементарной единицей строения калийных залежей являются прослой сильвинитов, карналлитовых и смешанных сильвин-карналлит-галитовых пород, а также каменной соли и галопелитов. Мощность калийных прослоев составляет 0,5–12 см. Чередуясь с прослоями других пород, они образуют пакеты мощностью 5–40 см. Последние в свою очередь слагают слои (0,2–1,4 м, реже до 1,7 м).

В Припятском прогибе по характеру строения выделяются горизонты трех типов [2]: 1) вкрапленных калийных солей; 2) однослойные; 3) многослойные (однопластовые и многопластовые).

В средневерхнефаменской соленосной формации сосредоточено около 200 млрд т калийных солей (30 млрд т K₂O) [3]. Однако на долю разведанных и прогнозных балансовых запасов (в пересчете на K₂O) приходится лишь 15 %. С верхнефранской соленосной формацией связано около 2,8 млрд т калийных солей. Среди девонских калиеносных бассейнов Припятский по запасам уступает только Саскачеванскому бассейну (Канада).

В пределах Припятского прогиба выделяют три месторождения: Старобинское, Петриковское и Октябрьское, а также Житковичский, Копаткевичский и некоторые другие перспективные участки [1].

В настоящий момент разрабатывается Старобинское месторождение в пределах пяти действующих шахтных полей (шахтные поля 1, 2, 3, 4 и 5 РУ (бывший Краснослободской участок)) На флангах Старобинского месторождения выделяются пять участков (Дарасинского, Дроздовского, Нежинского, Смолковского, Ново-Дубровского).

На месторождении используются несколько систем разработки. Способ добычи – комбайновый.

По данным на 01.01 2009 г., добыча руды на месторождении составила 32 066 тыс. т. сырых солей (6140 тыс. т K_2O). Потери общие – 25 587 тыс. т сырых солей (3255 тыс. т K_2O). Потери составили 44,4 % от погашенных запасов.

Петриковское месторождение расположено на западе центральной части Припятского прогиба, примерно в 80 км юго-восточнее Старобинского месторождения. Открыто в 1966 г., произведены предварительная разведка (южный участок) и детальная разведка (северный участок).

Петриковское месторождение характеризуется достаточно сложными горно-геологическими условиями. Здесь промышленные горизонты залегают глубже и углы падения слоев более крутые. Благоприятными факторами разработки являются: 1) солевая кровля над продуктивным пластом; 2) низкое содержание нерастворимого остатка; 3) высокое содержание KCl . Одной из отрицательных сторон следует назвать повышенное содержание $MgCl_2$.

По состоянию на 01.01 2009 г. балансовые запасы категории C_1 составляют 1 063 891 тыс. т сырых солей (235 972 тыс. т K_2O), категории C_2 – 924 729 тыс. т сырых солей (179 059 тыс. т K_2O). Забалансовые запасы категорий C_1 и C_2 составляют 1 014 888 тыс. т сырых солей (180 164 тыс. т K_2O).

Октябрьское месторождение расположено в северо-восточной зоне Припятского прогиба в пределах Октябрьского и Светлогорского р-нов Гомельской обл. Открыто в 1977 г., проведены поисковые и поисково-оценочные работы и предварительная разведка западной части.

По данным на 01.01 2009 г., балансовые запасы категории C_1 составляют 282 468 тыс. т сырых солей (69 620 тыс. т K_2O), категории C_2 – 354 674 тыс. т сырых солей (93 210 тыс. т K_2O). Забалансовые запасы категорий C_1 и C_2 составляют 153 742 тыс. т сырых солей (39 610 тыс. т K_2O).

В настоящее время активно ведутся работы по разведке и разработке перспективных калиеносных участков. Петриковское месторождение го-

товится к освоению, на его базе собираются строить горно-обогатительный комбинат. Нежинский и Смолковский участок также готовятся к освоению. Разработка Октябрьского месторождения – дело будущих поколений геологов.

Литература

1. *Высоцкий Э. А., Губин В. Н., Смычник А. Д. и др.* Месторождения калийных солей Беларуси: геология и рациональное недропользование. Мн., 2003.
2. *Гарецкий Р. Г., Кислик В. З., Высоцкий Э. А.* Девонские соленосные формации Припятского прогиба. Мн., 1982.
3. *Гарецкий Р. Г., Высоцкий Э. А., Кислик В. З.* Калийные соли Припятского прогиба. Мн., 1984.
4. Перспективы производства минеральных удобрений в Республике Беларусь. Матер. Республик. науч.-практ. Конф., Минск, 29 сент. 2005 г. Мн., 2005.

БАЗОВЫЙ ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЙ РЕСУРС ДЛЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГИС УПРАВЛЕНИЯ ТЕРРИТОРИЯМИ

А. А. Довидовская

В настоящее время в Республике Беларусь существует необходимость создания управленческих ГИС как для местных органов власти, так и для крупных предприятий страны в целях автоматизации и оптимизации выполняемых работ. Поэтому возникает вопрос о том, из какой пространственной информации следует создавать картографическую основу для таких проектов.

Один из путей решения данной проблемы состоит в использовании базового геоинформационного ресурса (БГР), который включает в себя черты как цифровой топографической карты (ЦТК), так и земельно-кадастровых карт или планов (ЦЗКП), в результате чего получаемая пространственная основа является достаточно универсальной по своему наполнению. БГР представляет собой обменный формат пространственными данными между ЦЗКП земельной информационной системы (ЗИС) и ЦТК. А они в свою очередь являются основными источниками пространственной информации для Беларуси. Поэтому использование БГР для картографического обеспечения ГИС управления территориями (ГИС УТ) позволяет получить наиболее актуальную информацию либо из ЗИС, либо из ЦТК, комбинировать данные этих источников, а также обновлять по ним информацию при необходимости. Создание БГР возможно из ЗИС или ЦТК при использовании специальных конверторов («ZIS2BGR», «ZIS2BGR», «ZIS2MIF», «MIF2GDB10000», «MIF2GDB2000»), разработанных в среде ArcGIS Республиканским

унитарным предприятием «Информационный центр земельно-кадастровых данных и мониторинга земель» [1]. Однако важно отметить, что создание БГР из ЗИС для ГИС управления территориями является более приоритетным, чем из ЦТК, так как в первом случае кроме цифровой модели местности и топографической основы можно получить земельно-кадастровые данные с возможностью автоматизированного подсчета площадей.

Предложенный путь решения данной проблемы (на примере Минского района) состоит в разработке технологии создания цифровой картографической основы для ГИС управления территориями на основе базового геоинформационного ресурса (БГР) Минского района.

Исходным источником информации для создания цифровой картографической основы ГИС управления территориями послужил БГР, сформированный из БГД ЗИС Минского района. В рамках разработанной методики для более эффективной эксплуатации БГР было предложено создание электронной карты комбинированием подробных векторных данных БГР и готовых растровых слоев картографического сервиса «Яндекс.Карты» [3] в качестве обзорной информации. С помощью такой модернизации можно избежать дополнительных работ по генерализации данных и увеличить скорость прорисовки карты. Для осуществления такого пути было необходимо дополнительно разработать новую легенду, максимально приближенную по виду к символизации сервиса «Яндекс.Карты», чтобы обеспечить целостность и единый стиль оформления. Создание цифровой картографической основы для ГИС управления территориями было выполнено в несколько этапов:

1. Формирование обзорных растровых слоев для масштабов 1:30001 – 1:3600000 из тайлов картографического сервиса «Яндекс.Карты» с использованием программы SAS.Planet (набор геопривязанных растров заданных масштабов) [4] и последующая их конвертация в формат ESRI GRID с дополнительным построением пирамидальных слоев в среде ArcCatalog ArcGIS для увеличения производительности при отображении.

2. Создание подробных векторных слоев путем конвертации БГД ЗИС в БГР программой «ZIS2BGR» для масштабов 1:2000 – 1:30000, а также формирование дополнительной базы данных топографических кодов пространственных объектов для заполнения ими (расшифровка кодов) атрибутивных таблиц.

3. Формирование проекта цифровой картографической основы ГИС управления территориями с использованием для мелких масштабов растровых данных картографического сервиса «Яндекс.карты», а для круп-

ных – векторных данных БГР Минского района, общее структурирование и оформление проекта (см. таблицу).

Таблица

Масштабы отображения слоев картографической основы

Векторные слои	Масштаб	Растровые слои	Масштаб
Границы областей и районов	во всех масштабах	z15_grid	1:30001 – 1:60000
Подпись района	до 1:3600000	z14_grid	1:60001 – 1:110000
Границы сельсоветов	до 1:1000000	z13_grid	1:110001 – 1:185000
Подписи сельсоветов	до 1:500001	z12_grid	1:185001 – 1:450000
Населенные пункты	до 1:30000	z11_grid	1:450001 – 1:900000
Контуры водно-земельного покрытия	до 1:50000	z10_grid	1:900001 – 1:1650000
Водно-земельное покрытие	до 1:30000	z9_grid	1:1650001 – 1:3600000
Коммуникации	до 1:10000	z8_grid	от 1:3600001
Земельные участки	до 1:5000		
Внемасштабные элементы рельефа	до 1:2000		
Прочие объекты местности	до 1:2000		

4. Составление легенды, приближенной к символизации топографических карт [2] в цветовой палитре картографического сервиса «Яндекс.карты» путем подбора необходимых цветов (в цветовой системе RGB) для символов программой Paint. Оформление дополнительной символизации границ контуров: создание и применение модели «Символизации границ контуров путем анализа кодов смежных объектов слоев БГР» в среде ArcGIS.

5. Оформление уточняющих подписей для объектов карты путем создания шести классов подписей с различными выражениями надписи.

6. Создание адресного поиска (геокодирование): оцифровка растровых данных, построение локатора адресов.

Полученная в результате картографическая основа ГИС управления территориями (см. рис. 1) несет в себе информацию об административно-территориальном делении, населенных пунктах, границах землепользований, видах земель, коммуникациях, улично-дорожной сети, детальных объектах территории. В результате чего, она отражает общую модель местности через реально размещенные и выражающиеся в площади объекты, а также позволяет производить поиск по адресам, населенным пунктам, сельским советам, садоводческим товариществам и улично-дорожной сети.

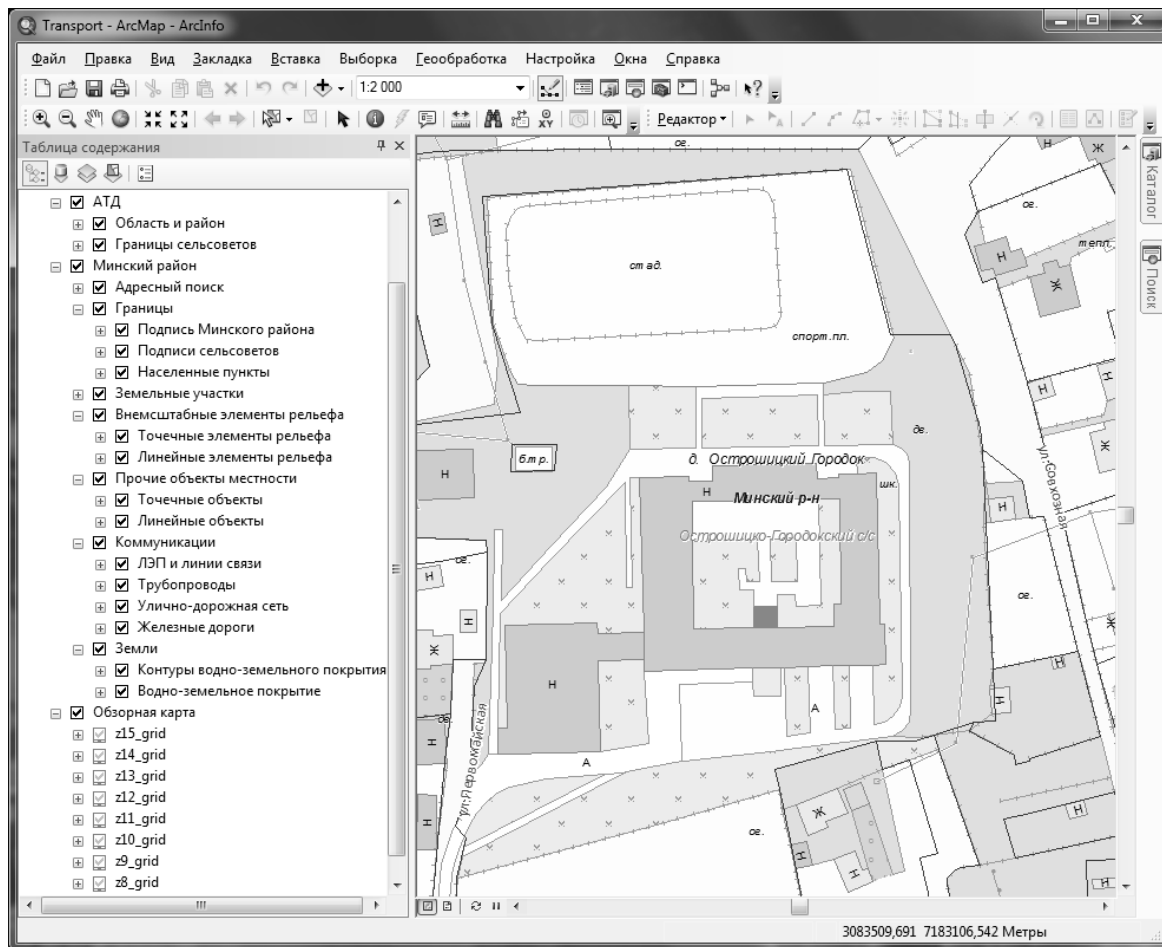


Рис. 1. Фрагмент цифровой картографической основы ГИС управления территориями на примере Минского района

При ее использовании можно выполнять как простейшие задачи ориентирования (панорамирование, масштабирование, выдача атрибутивной информации о пространственных объектах), так и более специализированные задачи управления территорией: регулирование землепользования, ведение земельного кадастра, исчисление земельного налога, кадастровый учет земель и недвижимости, объектов незавершенного строительства; строительное проектирование, развитие инженерно-транспортной инфраструктуры; оперативное управление работой территориальных служб; выбор площадок для объектов строительства и рекламы; планирование и координация работы коммунальных служб; привлечение инвестиций, развитие предпринимательской активности; повышение уровня информатизации населения и др.

Однако следует отметить, что представленная картографическая основа ГИС управления территориями является базовой по своему информационному содержанию, и она требует дополнительного привлечения тематических данных, таких как материалы отделов архитектуры и строительства, жилищно-коммунального хозяйства, статистические дан-

ные о населении, ортофотоплан или данные космосъемки, данные транспортных предприятий и пр. Такое дополнение позволит значительно расширить круг решаемых задач.

Литература

1. Конверторы цифровой информации из ЗИС в БГР и из БГР в ЗИС. Описание программного продукта / РУП «ИЦЗем». Минск, 2012.
2. Условные знаки для топографической карты масштаба 1:10000. М., 1977.
3. Интернет-адрес: <http://maps.yandex.ru>.
4. Интернет-адрес: <http://sasgis.ru/sasplaneta>.

ФАКТОРЫ ФОРМИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ТУРИСТСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ МСТИСЛАВСКОГО РАЙОНА

В. Ю. Костровский

Развитие туристской отрасли в регионах определяется действием группы факторов, среди которых наибольшее значение имеют духовные факторы (рост культурного и образовательного уровня), социально-экономические факторы (рост уровня благосостояния, наличие свободного времени), демографические (рост средней продолжительности жизни, урбанизация).

Туризм можно рассматривать как фактор совершенствования качества жизни населения района. В этом случае туристская деятельность будет связана не только с прямым экономическим эффектом в виде дополнительных доходов, создания новых рабочих мест и развития инфраструктуры, но и с влиянием туризма на социально-психологическое состояние человека, улучшение его здоровья и повышение уровня благосостояния.

В настоящее время в Республике Беларусь малые города имеют большие возможности и перспективы для развития туристской отрасли. Сегодня в большинстве случаев природный и историко-культурный рекреационный потенциал малых городов Беларуси используется в туристской отрасли в недостаточной мере. Поэтому особенно актуально подготовить проекты вовлечения природного и культурного потенциала малых городских поселений в туристскую сферу.

Мстиславский район расположен на северо-востоке Могилевской области в пределах Мстиславско-Горецкой равнины [3] вблизи границы с Россией. Отдаленность от крупных городов и важнейших автомагистралей республики в определенной мере ограничивает возможности района в развитии туризма. Близость к России способствует большему вовлече-

нию туристско-рекреационного потенциала в развитие приграничного туризма.

Природно-рекреационный потенциал района недостаточно велик (низкий уровень залесенности и обводненности, отсутствие крупных водных артерий, пригодных для массового развития купально-пляжного отдыха, незначительная сохранность естественных ландшафтов). В то же время ландшафты обладают высокой устойчивостью к техногенным нагрузкам, особенности рельефа и климатические ресурсы позволяют развивать зимние виды рекреации. В целом территория района наиболее благоприятна на развития зимней рекреации. В пределах Мстиславского района расположен ботанический памятник природы республиканского значения «Лютня» («Дубрава Мстиславская»), гидрологические памятник природы местного значения криница «Белково» и «Кагальный колодец». Крупнейшими реками Мстиславского района являются Сож, протекающий на востоке, и его левый приток – Вихра – на северо-востоке [1].

Рельеф Мстиславского района обладает высокими эстетическими характеристиками. Развитая овражно-балочная сеть, наличие холмов и гряд, чередующихся с речными долинами, формируют пересеченную местность с небольшими превышениями.

Согласно оценке малых городских поселений Беларуси (МГП) Мстиславль входит во вторую группу и является сформировавшимся туристским центром (таблица) [2].

Таблица

**Интеграционная оценка МГП в системе
«туристская привлекательность – историко-культурный потенциал»
(сост. автором по [3])**

Низкий историко-культурный потенциал и высокая туристская привлекательность	Высокая туристская привлекательность и историко-культурного потенциал	Высокий историко-культурный потенциал и низкой туристская привлекательность	Низкий историко-культурный потенциал и низкая туристская привлекательность
Браслав	Мир	Каменец	Радощковичи
Логойск	Несвиж	Порозово	Бегомль
Туров	Заславль	Ружаны	Березовка
Зельва	Мстиславль	Коссово	Ветка
Островец	Пружаны	Чечерск	Лынтупы

Мстиславский район имеет богатый историко-культурный потенциал (сохранилось 57 памятников археологии, 88 – истории, 19 – архитектуры) [1], что определяет специализацию района на экскурсионно-познавательном туризме. В городе и районе сохранилось большое количество историко-культурных достопримечательностей. Мстиславль является центром туризма национального значения. Город включен в несколько туристских маршрутов по Могилевской области («Историко-

культурное наследие Могилевского края», «Белорусский Суздаль», «Девичья и Замковая горы», «По древней земле могилевской» (Могилев – Чаусы – Ходосы – Мстиславль). Организованы маршруты Мстиславль – Кричев, Мстиславль – Кричев – Климовичи [3].

В Мстиславле действуют туристские маршруты по историко-культурным достопримечательностям, организованные историко-археологическим музеем, а также пешеходные и автобусные туристские маршруты сектора туризма и краеведения отдела образования Мстиславского райисполкома.

В районе есть также предпосылки для развития событийного туризма: одним из главных событий культурной жизни Мстиславского района является ежегодный праздник средневековой культуры «Рыцарскі фэст».

Развитие туристской инфраструктуры представлено рядом объектов размещения и питания туристов: в городе Мстиславле находится гостиница «Мстиславль», в районе развивается сеть агроэкоусадеб, имеется дом рыболова и охотника. В конце 2011 г. под Мстиславлем был построен агроэкотуристский комплекс «Семигорье». В настоящее время введена в строй лыжная трасса протяженностью в 2,5 км.

На территории Мстиславского района расположены две зоны отдыха местного значения: Красный Берег и Никольское. Имеются хорошие предпосылки к развитию экологического и сельского туризма. Однако сдерживающим фактором данных направлений является недостаточный уровень развития инфраструктуры и культуры обслуживания. Перспективным направлением является организация туров, сочетающих в себе как познавательную, так и экологическую составляющие.

Согласно схеме рекреационного районирования территории Беларуси Мстиславский район находится в Могилевском подрайоне Восточного рекреационного района.

Таким образом, анализируя рекреационные факторы развития туризма в районе, можно сделать выводы: природный ресурсный потенциал Мстиславского района является благоприятным для развития зимних и летних видов рекреационной деятельности, основными видами формируемых туристских потоков в Мстиславский район являются экскурсионное обслуживание, санаторно-курортное лечение и оздоровление. В виде дополнительных потенциальных видов туризма могут рассматриваться деловой и индустриальный туризм. Основным центром туристского спроса в районе выступает город Мстиславль.

Для повышения конкурентоспособности туристского продукта Мстиславского района может быть предложено развитие событийного и выставочного видов туризма.

Основными факторами, сдерживающими развитие туризма в Мстиславском районе, являются: недостаточное развитие туристской инфраструктуры; неприспособленность к активному вовлечению в туризм объектов историко-культурного наследия; необустроенность природных рекреационных объектов; отсутствие гостиничных центров, а также мест размещения туристов вне туристской программы. В качестве инструмента повышения конкурентоспособности туристского продукта Мстиславского района может быть предложено развитие событийного и выставочного видов туризма.

Повысить конкурентоспособность Мстиславского района на рынке туристских услуг можно за счет более эффективного использования туристско-рекреационного потенциала территории, создания новых рабочих мест, вовлечению в сферу туризма местного населения. Более эффективному развитию туризма в регионе страны будет способствовать совершенствование нормативно-правовой базы, проведение туристских семинаров, выставок, ярмарок, рекламных акций в СМИ, направленных на формирование имиджа Мстиславского района как региона с богатой историей, культурой, традициями.

Перспективным направлением развития в районе является агроэкотуризм. Для дальнейшего развития отрасли необходимо развивать уже имеющиеся агроэкоусады и создавать новые. Агроэкоусады являются более перспективной формой коллективного размещения туристов, чем строительство больших гостиниц. Мстиславль и его окрестности (Телячий Ров, долина р. Вихра, Кагальный Колодец; Красный Берег), дубраву Лютня (д. Лютня), Пустынки (природные и культурные ландшафты, Святая криница) можно рассматривать в качестве основных элементов «зеленых зон», которые составляют каркас региональной агро- и экотуристской сети [1]. Зоны отдыха «Красный Берег» и «Никольское» требуют дальнейшего развития инфраструктуры, и выступают как наиболее перспективные для организации рекреационной деятельности в летний период.

Туристский продукт Мстиславского района в настоящее время не сформирован и пользуется малым спросом на туристском рынке Беларуси. В настоящее время туристский поток в Мстиславль составляет около 1000 чел в год, что не соответствует относительно богатому историко-культурному наследию города и целевому центру туризма.

С целью развития международного сотрудничества и наращивания экспорта туристских услуг наиболее перспективным является продвижение туристского продукта Мстиславля в рамках трансграничного маршрута: г. Смоленск (РФ) – Пустынский монастырь – г. Мстиславль.

Литература

1. География Могилевской области: [монография] / [под общ. ред. *И. И. Пирожника, И. Н. Шарухо*]. Могилев: МГУ им. А. А. Кулешова, 2004.
2. *Колендо Е. Т.* Оценка туристской привлекательности малых городских поселений Беларуси. // Вестн. Белорус. гос. ун-та. Сер.2, Химия, Биология, География. 2011. №1. С. 85–90.
3. Туристская энциклопедия Беларуси. Под общ. ред. *И. И. Пирожника*. Мн., 2007.

МОНИТОРИНГ ДИНАМИКИ ЛЕСНОГО ФОНДА МЕТОДАМИ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ

М. А. Митько

В Беларуси разработана и принята Национальная стратегия устойчивого социально экономического развития, в которой немаловажная роль отводится лесному хозяйству, основная цель развития которого сводится к тому, чтобы сохранить и преумножить лесной фонд республики, обеспечить сохранение многоцелевых экологических, социальных и экономических функций лесов, наладить механизм эффективного управления отраслью. Создание эффективного механизма хозяйствования с обязательным условием повышения доходности лесного хозяйства требует внедрения современных технологий, которые способны интегрировать в единое целое цифровые массивы разнообразных по тематике данных и пространственные характеристики объектов. Реализация всех стоящих перед лесным хозяйством задач наиболее перспективна в рамках развитых геоинформационных систем. Для контроля и управления лесными ресурсами необходимо наличие средства оперативного анализа и обработки данных. Эти функции эффективно выполняют ГИС, которые являются многофункциональными средствами анализа сведенных воедино табличных, текстовых и картографических данных.

В настоящее время в Беларуси накоплены архивы данных, содержащие информацию о лесоустройствах за многолетний период [2]. Как правило, такие базы данных состоят из неупорядоченных или упорядоченных определенным образом символьно-числовых массивов и картографических материалов, хранящихся на бумажной основе, что препятствует их оперативному использованию, затрудняет аналитическую обработку и не исключает возможность утраты. С развитием компьютерных технологий появилась возможность создания геоинформационных систем, основанных на соединении электронных баз данных с географической информацией, использование которых позволит перейти на качественно иной уровень анализа и обработки материалов и увеличить их практическую востребованность.

Лес является наиболее динамичной системой природного комплекса, и особенно подвержен влиянию природных и антропогенных факторов. В связи с этим на отдельных территориях гослесфонда Республики Беларусь возникла проблема усыхания лесных насаждений различного породного состава, особенно еловых. Кроме того, отмечаются ветровалы и буреломы в результате прохождения ураганов. Вследствие негативного воздействия различных факторов на лесные экосистемы формируются очаги вредителей и болезней насаждений, происходит их патологическое усыхание. В настоящее время данная проблема является наиболее актуальной и требует разработки необходимых целенаправленных мер на снижение ущерба лесному хозяйству, сохранения и повышения природно-ресурсного потенциала лесов [1].

Основным источником получения информации о лесном фонде, являются материалы лесоустройства. Традиционные технологии лесоустройства имеют периодический характер, продолжительность между инвентаризациями составляет 10 лет. За это время часть данных устаревает и требует обновления для поддержания актуализированной информации о лесных ресурсах, которую получают при проведении непрерывного лесоустройства. Однако в настоящее время планируется поддержание и актуализация баз данных о состоянии лесного фонда на основании предоставляемых в Министерство лесного хозяйства и передаваемых в Лесостроительное республиканское унитарное предприятие «Белгослес» данных хозяйственной деятельности лесхозов.

Космический мониторинг широко применяется для решения широкого круга задач лесного хозяйства во всем мире. Космические снимки земной поверхности, сделанные в различных диапазонах электромагнитного спектра, позволяют оперативно, с необходимой периодичностью получать наглядную независимую дистанционную информацию о состоянии лесов.

В последнее время начинают эффективно использоваться методы лазерного сканирования лесов для мониторинга лесных территорий. Особенно интересна интеграция лазерной трехмерной геометрии, радарной информации интенсивности обратного рассеивания и цифровых аэро- и космических снимков высокого и сверхвысокого разрешения [3]. Однако новые технологии не могут заменить или вытеснить таксационные измерения в полевых условиях. Современные тенденции исследований лесов связаны с разработкой методов интегрированного анализа дистанционных данных в сочетании с данными наземного обследования, картографической, лесостроительной и другой информацией [4].

Первоочередным объектом для мониторинга динамики лесного фонда методами ГИС-технологий автором были выбраны лесонасаждения На-

ционального парка «Беловежская пуца». ГИС-проект создавался на основе сведений, которые до последнего времени были представлены в текстовом виде на бумажных носителях (в многочисленных отчетах и таблицах). Основными источниками информации явились: 1) картографические материалы: топокарты, планы земель, планшеты прежнего лесоустройства; 2) геодезическая съемка с использованием приемников системы глобального позиционирования (GPS); 3) таксационные базы данных; 4) данные дистанционного зондирования Земли (космическая съемка, аэрофотосъемка, съемка с использованием легких летательных аппаратов). Основная идея ГИС-проекта – увязать пространственные и атрибутивные данные. Вся накопившаяся за много лет фондовая лесоустроительная информации была оптимизирована в совместимой с приложением ArcGIS системе управления базами данных Microsoft Access.

Создание серии карт и анализ установленной по ним динамики изменений в период с 1992 по 2010 г.г. природных экосистем Национального парка «Беловежская пуца», позволили автору сделать следующие выводы.

1. В Беловежской пуце наблюдается четкая тенденция уменьшения площади ельников. Причиной данного процесса, возможно, является усыхание еловых насаждений в 1993–1995 и в 2001–2005 гг.

2. Отмечается увеличение площадей сосновых насаждений, твердолиственных (дуб, граб, ясень) и мелколиственных (береза, осина, липа и др.) пород, что также связано с переходом ельников во вторичные формации.

3. Произошло сокращение открытых территорий. Этот процесс был вызван увеличением территорий, где производилось посадка лесных культур.

4. По данным космической съемки в период с 2006 по 2010 г.г. на территории Национального парка не наблюдается существенных изменений структуры и площади земель, занятых различными угодьями.

Предложенный проект позволяет в режиме реального времени вносить в базы данных изменения в лесном фонде и отображать их на картах, помогает осуществлять контроль над лесными ресурсами различных территорий парка, однако не ограничивает всех возможностей ГИС. Применение ГИС в лесном хозяйстве позволяет обеспечить целый комплекс других задач:

- создание единой концептуальной, методической и технологической основы для организации географически координированных данных;
- привязку с высокой точностью границ землепользователей к надежной топографической основе;

- автоматизацию вычисления и увязки площадей кварталов, планшетов, лесничеств;
- автоматизацию формирования и тиражирования цифровой плано-картографической информации лесоустройства и повышение ее точности;
- создание совмещенных баз данных таксационной и картографической информации;
- замену составления и хранения лесоустроительной информации на бумажных носителях электронным изображением и записью на магнитные носители;
- автоматизацию внесения текущих изменений в лесоустроительную документацию, лесные карты и их обновление;
- выдачу в оперативном режиме по запросам потребителей цифровой, текстовой и графической информации, содержащейся в банке данных ГИС;
- упрощение поиска необходимой информации для принятия проектных, плановых и управленческих решений;
- упрощение передачи информации между различными уровнями управления лесным хозяйством;
- сокращение затрат времени и средств на последующее лесоустройство.

Лесная политика Белорусского государства направлена на сохранение и увеличение лесных ресурсов и эколого-экономического потенциала лесов. Она основывается на международных принципах и соглашениях по устойчивому развитию, сохранению и защите лесов. Беларусь активно участвовала в Европейских совещаниях и конференциях, где рассматривалась реализация международных соглашений и программ по устойчивому управлению лесами и развитию лесного хозяйства (Страсбург, 1990; Хельсинки, 1993; Лиссабон, 1998; Вена, 2002) [2]. Внедрение современных ГИС-технологий даст возможность их подключения к глобальным геоинформационным комплексам.

Литература

1. *Атрощенко О. А., Ильючик М. А., Понтус А. Р.* Мониторинг сплошных рубок леса по данным тематического дешифрирования разновременных космических снимков высокого разрешения // Научно-техническая информация в лесном хозяйстве. 2008. №2. С. 19–25.
2. *Атрощенко О. А., Толкач И. В.* Геоинформационные системы в лесном хозяйстве: Практикум. Мн., БГТУ, 2003.
3. *Бахтинова Е. В.* Полуавтоматическое выявление вырубок леса на мультивременных радарных и радарно-оптических цветных композитах // Геоматика. 2012. №1. С. 52–55.
4. *Медведев Е. М., Данилин И. М., Мельников С. Р.* Лазерная локация земли и леса. Красноярск, Геокосмос, 2007.

ОЦЕНКА АГРОЭКОЛОГИЧЕСКОГО ПОТЕНЦИАЛА АДМИНИСТРАТИВНЫХ РАЙОНОВ БЕЛАРУСИ ПРИМЕНИТЕЛЬНО К ВОЗДЕЛЫВАНИЮ ОЗИМОЙ РЖИ

Н. А. Ракса

Наиболее перспективной методикой агроэкологической оценки продуктивности сельскохозяйственных культур является предложенная Витченко А.Н. [1]. Она базируется на методе анализа агроэкологического потенциала ландшафтов, основанном на синтезе концепции максимальной продуктивности, сельскохозяйственных культур и ландшафтно-экологического подхода с использованием методологии системного анализа и математическом моделировании.

Агроклиматическая оценка условий формирования урожая зерновых сельскохозяйственных культур в административных районах Беларуси является ее составной частью.

Одним из основных расчетных параметров является потенциальная урожайность, обеспечиваемая приходом энергии фотосинтетически активной радиации при оптимальном в течение вегетационного периода режиме климатических факторов и рассчитываемая для каждого месяца вегетационного периода по формуле

$$U_{пу}^j = Q_{ф}^j \eta_{п}/q, \quad (1)$$

где $U_{пу}^j$ – потенциальная урожайность расчетного месяца вегетационного периода, ц/га; $Q_{ф}^j$ – сумма ФАР за расчетный месяц, МДж/м², q – средняя калорийность сухой биомассы сельскохозяйственной культуры, МДж/кг; $\eta_{п}$ – потенциальный КПД посевов сельскохозяйственной культуры, %.

Расчет действительно возможной урожайности (ДВУ) сельскохозяйственных культур основывается на учете использования посевами энергии ФАР при условии лимитирования агрометеорологическими условиями. Действительно возможная урожайность расчетного месяца вегетационного периода $U_{дву}^j$ определяется по формуле

$$U_{дву}^j = \varphi^j \gamma^j Z, \quad (2)$$

где φ^j – функция воздействия среднесуточной температуры воздуха на продуктивность посевов (температурный коэффициент), безразмерная; γ^j – функция воздействия условий увлажнения на продуктивность посевов (влажностной коэффициент), безразмерная; Z – функция воздействия условий перезимовки на продуктивность посевов озимых культур, безразмерная. Функции φ , γ и Z нормированы и изменяются от 0 до 1.

Влияние температуры воздуха на продуктивность посевов учитывается через универсальную температурную кривую описываемую уравнением

$$\varphi^j = (\theta/2)^{0,774(\theta-1)} (|1,4 - \theta|/0,4)^{3,8(\theta-1)}, \quad (3)$$

где θ – показатель, характеризующий отношение среднесуточной температуры воздуха к оптимальной для расчетного месяца. Функция воздействия условий увлажнения на продуктивность посевов аппроксимирована выражением

$$\gamma^j = Ki E/Kw \sum D, \quad (4)$$

где E – суммарная испаряемость за расчетный месяц, мм; Ki – геофизический коэффициент эффективности испарения в расчетный месяц, отн. ед.; $\sum D$ – сумма среднесуточных дефицитов влажности воздуха за расчетный месяц, мм; Kw – биофизический коэффициент водопотребления культуры в расчетный месяц, отн. ед.

Функция воздействия условий перезимовки (Z) на продуктивность посевов озимых культур определяется по выражению

$$Z = g0,4934 t^{\circ}_{min}/t^{\circ}_{к} + 1,4181h/n - 0,7015, \quad (5)$$

где t° , h , n – осредненные по району значения: t°_{min} – минимальная температура воздуха, $^{\circ}C$; h – максимальная глубина промерзания почвы, см; $n_{сн}$ – продолжительность периода со снежным покровом, дни; $t^{\circ}_{к}$ – критическая температура вымерзания отдельных культур, $^{\circ}C$.

Потенциальная и действительно возможная урожайность сельскохозяйственных культур за вегетационный период складывается из $Y_{пу}$ и $Y_{дву}$ всех расчетных месяцев вегетационного периода

$$Y_{пу} = \sum Y^j_{пу}; Y_{дву} = \sum Y^j_{дву}, \quad (6)$$

Для количественной оценки агроэкологических условий формирования продуктивности сельскохозяйственных культур предложено три комплексных показателя, отражающих различные соотношения ПУ, ДВУ и УП (урожай производственный). Первый показатель, «степени неблагоприятности климатических условий», имеет вид

$$K = (1 - Y_{дву}/Y_{пу}) 100, \quad (7)$$

и характеризует размеры потерь урожайности (%), обусловленные лимитирующим действием климатических условий вегетационного периода. Второй показатель, «коэффициент уровня использования агроклиматических ресурсов», имеет вид

$$C = Y_{уп}/Y_{дву} 100, \quad (8)$$

и дает представление о достигнутом при существующей в производственных условиях культуре земледелия, уровне использования агрокли-

матических ресурсов (%). Третий показатель указывает на достигнутый уровень реализации агроэкологического потенциала (D), называется «коэффициентом уровня реализации агроэкологического потенциала» и имеет вид

$$D = Y_{\text{уп}}/Y_{\text{пу}} 100. \quad (9)$$

Предложенная методика реализована в виде комплексной географической информационной системы агроэкологической оценки продуктивности сельскохозяйственных культур (ГИС «АОП»).

Климат Беларуси благоприятен для возделывания озимой ржи. Она может переносить морозы до минус 37 °С, способна прорасти при температуре от плюс 1 до минус 2 °С, нормально развивается при меньшей сумме температур (1800 °С), чем озимая пшеница. Рожь – относительно засухоустойчивая культура. Коэффициент транстирации у нее колеблется от 240 до 585, в зависимости от сорта, места выращивания, года и срока сева. Озимую рожь относят к числу менее требовательных к почвам культур, чем пшеница и ячмень.

Основными условиями формирования высокой урожайности озимой ржи является плодородие почв, поступление ФАР, оптимальные условия увлажнения и перезимовки.

Установлено, что наиболее высокие значения ПУ озимой ржи (более 91 ц/га) наблюдаются в районах расположенных в центральной и восточной части республики. К ним с запада севера и юга примыкают районы с ПУ выше средней (86–90 ц/га). Районы со средними значениями ПУ (81–85 ц/га) занимают небольшую площадь на северо-востоке, северо-западе и юго-востоке страны. Районы с минимальной ПУ, не превышающей 80 ц/га, находятся на юге и севере страны. За рассматриваемый период с 2006 по 2010 гг., максимальная ПУ отмечается в Несвижском районе (114,5 ц/га, 2006 г.), минимальна ПУ соответствует Молодечненскому району (63,3 ц/га, 2007 г.).

Определены территории с наиболее благоприятными климатическими условиями для выращивания озимой ржи в республике. Они расположены в южной и юго-западной частях Беларуси. Здесь значения коэффициента неблагоприятности климатических условий минимальны (менее 15 %). В целом средние значения коэффициента за рассматриваемый период по республике варьируют в пределах от 10 до 25 %. Наименее благоприятными климатическими условиями характеризуются районы на севере (Россонский, Городокский, Поставский, Глубокский, Докшицкий, Мядельский районы) и северо-востоке Беларуси (Мстиславльский, Горецкий, Кричевский, Шкловский, Могилевский районы). Максимальные потери урожая озимой ржи отмечены в 2008 году и достигали 35 %. Это обусловлено малой продолжительностью снежного покрова и плохими условиями перезимовки.

Обнаружена малая изменчивость ДВУ озимой ржи по сравнению с другими зерновыми культурами. Высокая ДВУ (более 71 ц/га, 66–70 ц/га), также как и ПУ наблюдается в районах расположенных в центральной и восточной части Беларуси. Высокая ПУ и ДВУ в этих районах обусловлена благоприятными почвенными и климатическими условиями для возделывания озимой ржи. Здесь преобладают плодородные суглинистые почвы, лучше влагообеспеченность посевов и температурный режим воздуха ближе к оптимальному, чем в других районах.

Агроэкологические ресурсы при выращивании озимой ржи используются не полностью. Установлена возможность существенного повышения урожайности этой сельскохозяйственной культуры во всех административных районах республики. Наибольшее повышение урожайности за счет более полного использования агроэкологических ресурсов возможно на северо-востоке, юго-востоке и отдельных районах в центральной части Беларуси (С менее 30 % и Д менее 25 %). На остальной территории республики агроэкологические ресурсы используются более эффективно (С 31–40 % и Д 26–30 %). Максимальные значения коэффициентов уровня использования агроклиматических ресурсов (С более 41%) и агроэкологического потенциала (Д больше 31 %) выявлены на западе Беларуси. За рассматриваемый период 2006–2010 гг., наиболее высокий уровень реализации агроклиматических ресурсов и агроэкологического потенциала отмечен в Вороновском районе (С 75 %, Д 58,3 %, 2008 г.), самый низкий – в Шарковщинском районе (С 14,1 %, Д 12,3 %, 2010 г.).

Одним из факторов повышения урожайности озимой ржи является учет агроклиматических условий возделывания данной культуры при размещении ее посевов в республике.

Литература

1. *Витченко А. Н.* Оценка продуктивности сельскохозяйственных культур для целей рационального природопользования // Почвенно-земельные ресурсы: оценка, устойчивое использование, геоинформационное обеспечение: Материалы междунар. науч.-практич. конф., 6–8 июня 2012 г, г. Минск – Минск, БГУ, 2012. С. 43–45.

ДИНАМИКА ВИДОВ ЗЕМЕЛЬ НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «БЕЛОВЕЖСКАЯ ПУЩА» ПО ДАННЫМ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ

И. Н. Санкевич

В последние годы быстрыми темпами развиваются технологии использования данных дистанционного зондирования (ДДЗ) для оценки состояния и прогноза динамики изменений экосистем особо охраняемых

природных территорий (ООПТ). Аэрокосмические методы позволяют отслеживать негативные процессы в природных объектах более оперативно и без проведения наземных полевых работ.

С целью определения динамики природной структуры земельных угодий Национального парка «Беловежская пушча» были использованы следующие космические снимки: Landsat 5 TM от 23.09.1992; Landsat 7 ETM⁺ от 23.09.2006; Landsat 5 TM от 30.06.2010. Эти снимки имеют высокое пространственное разрешение, что позволяет получить уникальные сведения о состоянии природных комплексов одновременно на большие площади территории в разные периоды времени, что необходимо для определения динамики и направления тех или иных процессов, прогнозирования и развития природных экосистем.

Для решения задач мониторинга оценки состояния и динамики природных экосистем необходимо подобрать комбинацию спектральных каналов, позволяющую определять дешифровочные признаки объектов и свойств природных экосистем, выявлять возможность распознавания объектов по их спектральным различиям [2]. Обработанные космические снимки были синтезированы в комбинации каналов 5-4-3 (средний инфракрасный – ближний инфракрасный – красный).

Так как яркость пикселей снимка прямо пропорциональна спектральной отражательной способности подстилающей поверхности, то можно сказать, что проведенная классификация методом ISODATA основана на группировке пикселей изображения в зависимости от спектральной отражательной способности участка, который соответствует рассматриваемому пикселю на снимке [1].

После применения алгоритма ISODATA была произведена визуальная интерпретация объектов, попавших в выделенные кластеры, в результате на снимках 1992, 2006, 2010 г. было выделено 35 кластеров, которые впоследствии были объединены в 7 классов.

Таким образом, динамика трансформации природных экосистем отслеживалась в результате дешифрирования космических снимков за 15-летний период.

Космический снимок 1992 года не полностью покрывает современную территорию Национального парка. Поэтому для анализа трансформации экосистем наибольшее значение будет иметь процентное соотношение площадей.

Так как изначально было видно, что преобладающую площадь Национального парка занимают лесопокрытые территории, то целесообразным является выделение лиственных и хвойных пород, заболоченных земель. Также по фотоэталонам были выделены территории, не относя-

щиеся к лесным, такие как вырубки, сельскохозяйственные земли, луга, дороги, просеки, здания и сооружения.

Данные о площадях Национального парка, занятых различными угодьями, представлены в таблице.

Таблица

Виды земель Национального парка «Беловежская пуца»

Вид земель	Площадь, га					
	1992	%	2006	%	2010	%
Темнохвойные леса (ель)	7013,11	5,2	5391,54	3,3	5201,01	3,2
Светлохвойные леса (сосна)	58830,3	43,5	85747,4	52,4	75990,41	46,5
Лиственные леса	36036,4	26,7	37484,1	22,9	37403,1	22,9
Сельскохозяйственные земли, огороды	1486,9	10,0	15133	8,5	15130,05	8,5
Пойменная, луговая растительность	4190,31	3,1	3734,28	2,3	3734,28	2,3
Переувлажненные, заболоченные земли	10840,2	8,0	7499,07	4,6	7530,77	4,6
Открытые участки, дороги, вырубки	5414,98	4,0	3968,37	2,4	3973,37	2,4
Водные поверхности	162,9	0,1	237,87	0,1	232,6	0,1
Итого	135183	100	163 505	100	163 505	100

Характерной особенностью отдешифрированного изображения 1992 года является большая площадь сельскохозяйственных земель (10 %), что связано с тем, что Национальный парк занимал гораздо меньшую площадь, а, следовательно, прилегающая территория интенсивно осваивалась.

Относительно лесного фонда, можно отметить наибольшие, по сравнению с последующими годами, площади ельников. Это связано с отсутствием процессов усыхания в данный период.

По результатам 2006 г. прежде всего, следует отметить уменьшение земель, отнесенных к категории сельскохозяйственных, что обусловлено отличием в отображении покрытых культурной растительностью угодий в летний период и открытых земель, после сбора урожая, осенью. Вследствие чего часть данных земель была отнесена к классу луговых.

В отношении лесопокрываемых территорий можно отметить уменьшение темнохвойных лесов – ельников, что связано с интенсивным усыханием еловых лесов в 2001–2005 гг [4].

Увеличение площади открытых земель по сравнению с 1992 годом связано с гибелью участков леса от урагана в феврале 2002 года [4].

Наибольшую территорию Национального парка в 2010 г. занимают лесные массивы. Земельные угодья сосредоточены в основном в северо-восточной и южной (хозяйственная функциональная зона) частях парка. Значительную площадь занимают также луговые территории, расположенные в поймах наиболее крупных водотоков – реки Нарев, Наревка, Правая Лесная, Переволока.

Проанализировав динамику изменения природных экосистем Национального парка «Беловежская пуща», можно сделать следующие выводы:

1. Наблюдается четкая тенденция к уменьшению площади ельников в период с 1992 по 2006 год. Причиной данного процесса является усыхание еловых насаждений в 1993–1995 гг. и в 2001–2005 гг.

2. С 1992 по 2006 год произошло уменьшение территории сельскохозяйственных земель. Это связано с выводом их из использования в связи с тем, что данные земли были включены в границы Нацпарка, а также с лесовосстановительными работами.

3. Уменьшение участков пойменной и луговой растительности, а также переувлажненных и заболоченных земель в период с 1992 по 2006 год вызвано уменьшением количества выпадающих осадков, падением уровня грунтовых вод.

4. Увеличение площадей сосновых насаждений и мелколиственных (береза, осина, липа и др.) пород с 1992 по 2006 год связано с усыханием ельников и замещением вторичными формациями.

5. По данным космической съемки в период с 2006 по 2010 год на территории НП не наблюдается существенных изменений структуры и площади земель, занятых различными угодьями.

Разновременные космические снимки позволяют в более короткие сроки составлять и обновлять самые различные тематические карты, картографировать и отслеживать динамику изменений природных экосистем, которые весьма трудоемки при использовании традиционных наземных методов. Интегрированный анализ материалов дистанционных съемок с материалами наземных и космических исследований на базе современных ГИС-технологий, позволяет более быстро и эффективно решать научные и прикладные задачи в области комплексных исследований природной среды. Возможность работы с информацией в реальном режиме времени значительно повышает актуальность и ценность данных дистанционного зондирования [3].

Таким образом, с помощью оперативной обработки данных, полученных с космических снимков, можно контролировать экологическое состояние природно-территориальных комплексов НП «Беловежская пу-

ща», оперативно отслеживать текущие изменения показателей лесного фонда, оптимизировать планирование рационального управления лесными ресурсами парка.

Литература

1. *Кашкин В. Б., Сухинин А. И.* Дистанционное зондирование Земли из космоса. Цифровая обработка изображений. М., 2001.
2. *Ковалев А. А., Губин В. Н.* Мониторинг природной среды дистанционными и геодезическими / Респ. науч.-тех. центр дистанционной диагностики природной среды (РНЦ "ЭКОМИР"). Мн., 1996.
3. *Пугачевский А. В., Семенченко В. П.* Концепция и программа комплексного мониторинга экосистем особо охраняемых природных территорий. Мн., 2006. Вып.1.
4. Состояние природной среды Беларуси: экол. бюл./ под общ. ред. В.Ф. Логинова. Мн., 2007.

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ БРАЧНОСТИ И РАЗВОДИМОСТИ НАСЕЛЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. К. Синяк

На современном этапе в Республике Беларусь брачность является одним из основных процессов формирования семьи. Традиционная значимость исследования брачности в демографическом измерении вытекает из того, что она тесным образом связана с воспроизводственными процессами в населении, так как в сочетании с овдовением и разводимостью определяет брачную структуру населения. Брачность развивается по определенным закономерностям, несмотря на то, что тесно связана и с социальными, и с демографическими, но не тождественным ни тем, ни другим процессами, и может быть рассмотрена как относительно самостоятельный социально-демографический феномен.

Экономико-географическое изучение брачности и разводимости является актуальным для Республики Беларусь, поскольку семья является одним из фундаментальных институтов общества, придающим ему стабильность и способность восполнять население в каждом следующем поколении.

Демографическая ситуация, или состояние воспроизводства населения, является объектом пристального внимания со стороны правительства страны в связи с сокращением численности населения и ухудшением семейно-брачной структуры. В связи с этим в Республике Беларусь была разработана и в настоящее время активно реализуется Национальная программа демографической безопасности на 2011–2015 годы. В эту программу самостоятельным блоком входит ГЛАВА 4: СОЦИАЛЬНАЯ

ПОДДЕРЖКА СЕМЬИ И ДЕТСТВА, которая непосредственно связана с темой работы.

Цель исследования состоит в экономико-географическом анализе современного состояния и тенденций брачности и разводимости населения Республики Беларусь, а также выявление региональных различий за 1989–2010 гг. на уровне областей и административных районов.

Для ее достижения были поставлены, и в последующем решены следующие задачи: систематизировать наиболее существенные факторы, влияющие на семейную структуру населения Беларуси; охарактеризовать брачную структуру населения Беларуси; проанализировать разводимость в Республике Беларусь; выявить региональные различия в этих процессах.

При изучении использовалась следующая методика: сбор статистической информации, расчет и группировка показателей, визуализация исходных данных в виде карт.

Динамика числа браков в значительной степени зависит от динамики численности бракоспособного контингента. В *1990-е годы* в Беларуси произошло существенное снижение количества заключаемых браков, что объясняется изменениями в половозрастной структуре населения страны. В это время в активный бракоспособный возраст вступали те, кто родился в 1970-е годы, когда рождаемость была относительно низкой. Кроме особенностей возрастной структуры населения на снижение брачности в 1990-е годы оказала влияние социально-экономическая обстановка в стране [1]. За период *с 1990 по 2009 гг.* прослеживается последующее снижение количества браков и, как следствие, снижение общего коэффициента брачности (ОКБ). Причинами уменьшения количества браков и является рост числа браков, не зарегистрированных органами ЗАГС, изменение роли и места женщины в современном обществе, ухудшение социально-экономических условий жизни населения.

Однако с самого начала XXI века по мере вступления в активный бракоспособный возраст родившихся в 1990-е годы и наметившихся позитивных сдвигов в социально-экономическом развитии страны, а также адаптации молодежи к новым условиям жизни, снижение ежегодного количества заключенных браков прекратилось. К 2010 году интенсивность вступления в брак несколько увеличилась - до 8,3 ‰. Коэффициент брачности сократился с 1990 до 2000 гг. на 3,4 % и с 2000 по 2004 гг. на 3,5 %. В 2010 году общий коэффициент брачности составил 8,1 ‰. Анализ ОКБ в странах Европы показал, что он варьировал в 2010 году от 3,2 ‰ в Словении до 7,4 ‰ в Молдавии и только в России он составляет 8,5 ‰. По общему коэффициенту брачности Беларусь опережает страны Европы.

На региональном уровне с 1990 года во всех областях республики абсолютное число заключенных браков уменьшилось - если за 10 лет с 1990 по 2000 года количество заключенных браков снизилось почти вдвое, то за 5 последующих лет их число возросло на 1/3. Такой же тенденцией характеризуется и динамика ОКБ. Снижение показателей до 2000 года невозможно объяснить только эффектом действия демографических волн. В этот период реально снизилась интенсивность брачности, т. е. изменилось брачное поведение населения, связанное с нежеланием вступать в зарегистрированный брак. Таким образом, начался постепенный переход населения к там называемому европейскому типу брачности, для которого свойственны более высокий возраст вступления в брак и более высокая доля окончательного безбрачия. Специфична только первичная брачность в городе Минске [2].

Если рассматривать более подробно общий коэффициент брачности по районам Беларуси, то были выявлены следующие закономерности (рис.1). Наибольшим коэффициентом брачности характеризуется Минская область: г. Минск и примыкающие к нему города. Также большие коэффициенты характерны для Полесского региона. Отличается Брест и примыкающие к нему города, что связано с историческим и конфессиональными факторами. Города областного подчинения имеют более высокие коэффициенты. Наименьшие коэффициенты характерны для наиболее удаленных периферийных районов от административных центров, таких как Россонский, Пинский, Свислачский, Зельвенский, Оршанский.

Развод является не только проблемой отдельных людей, это прежде всего, социальное противоречие, приводящее к снижению рождаемости, ухудшению социального самочувствия определенной доли населения, подрыву нравственных устоев общества.

Проблема развода находится в тесной связи с изменением типа отношений в современной семье. Процесс разводимости оказывает влияние на формирование брачно-семейной структуры населения. Уровень разводимости определяется многими обстоятельствами, среди которых ведущую роль играют социально-культурные и религиозные нормы, свойственные данному обществу.

Динамика разводов и общего коэффициента разводимости (ОКР) за период с 1990 по 2010 гг. была достаточно противоречивой. Так, начиная с 1990 года прослеживается тенденция к увеличению числа разводов, достигшего своего максимума в 1997–1999 годах. С 2000 года количество разводов и сам коэффициент разводимости стал постепенно снижаться. Существенную роль в этом процессе сыграл фактор уменьшения количества браков.

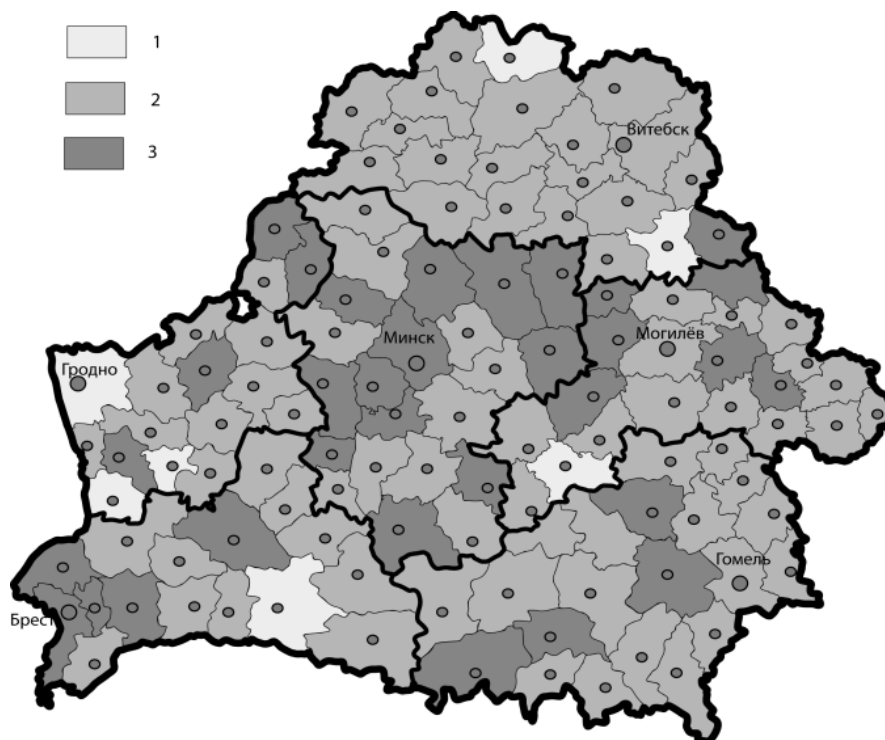


Рис. 1. Распределение коэффициента брачности по административным районам Беларуси: 1-до 5,0; 2 – 5,1-8,0; 3- более 8,0; 2010 год, %

Коэффициент разводимости начал возрастать с 1990 года с 3,4 ‰ до 4,4 ‰ в 2000 году. С 2001 года начинает интенсивно снижаться, и к 2006 году он составил 3,3 ‰. Начиная с 2007 года, вновь возрастает. В 2010 году коэффициент разводимости составил 3,9 ‰. Разводимость в странах Европы значительно ниже, чем в Беларуси. ОКР в Беларуси превышает показатели таких стран, как Украина, Литва, Латвия. Однако самым высоким является коэффициент разводов в России.

На региональном уровне наибольший уровень разводимости в 2010 году характерен для Минской, Гомельской и Витебской областей и составляет 3,9 ‰. Могилевская область характеризуется наименьшим показателем - 3,6 ‰.

Сравнивая показатели общего коэффициента разводимости по районам Беларуси, видны закономерности (рис. 2).

Высокими показателями отличается столичный регион и примыкающие к нему районы, так как репродуктивные установки различны. Наибольшее количество районов с минимальным и общим коэффициентом разводимости наблюдается в Брестской и Гродненской областях, что объясняется факторами конфессиональной структуры и культурно-историческим традициями регионов.

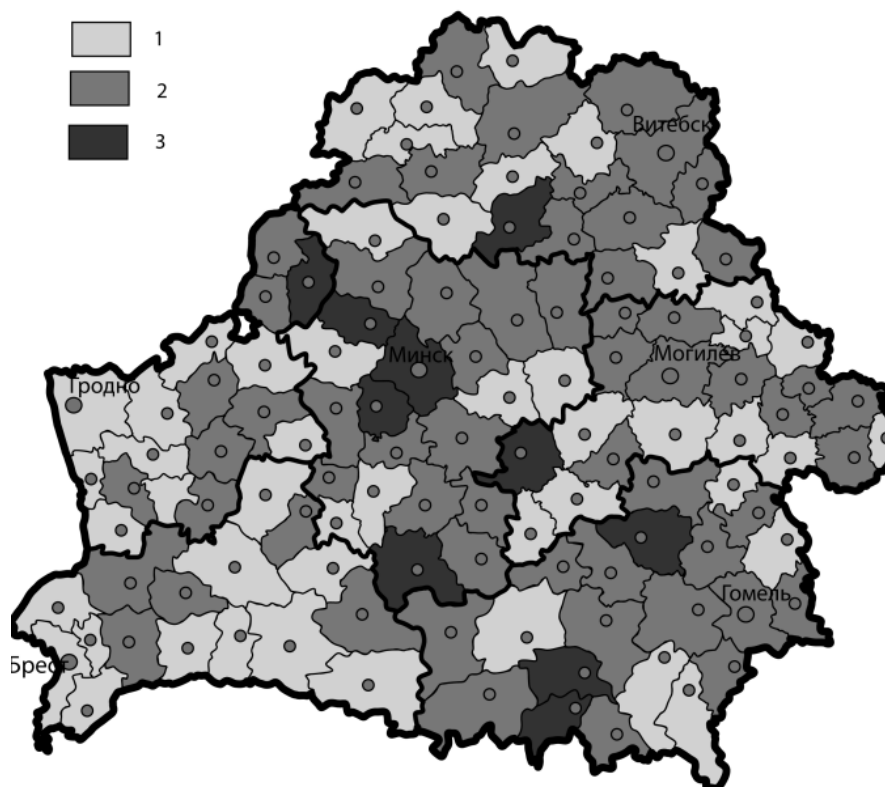


Рис. 2. Распределение общего коэффициента разводимости по административным районам Беларуси: 1-до 3,0; 2 – 3,0 -4,0; 3- более 4,0; 2010 год, %

Таким образом, выявленные тенденции в сфере брачности и разводимости населения Республики Беларусь и региональные различия свидетельствуют о проблемности ситуации и необходимости мониторинга данных процессов с разработкой территориально дифференцированных мер по улучшению ситуации.

Литература

1. *Елизаров В. В.* Демографическая ситуация и проблемы семейной политики / Социс, 2002. №2 . С. 86–89.
2. *Филиппова О. В.* Современная география первичной брачности населения Республики Беларусь // Вестн. Белорус. ун-та. Сер. 2, 2007. № 1. С. 84–90.

ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫЕ СДВИГИ В СТРУКТУРЕ МАЯТНИВОВОЙ МИГРАЦИИ НАСЕЛЕНИЯ БЕЛАРУСИ (НА ПРИМЕРЕ ПОЛОЦКА И НОВОПОЛОЦКА)

А. Н. Титов

В результате планомерного социального и экономического развития стран увеличивается не только общее благосостояние людей, но и разнообразие их требований к условиям труда, быта и отдыха. Человек получает все более широкие возможности выбора места жительства, рабо-

ты и учреждений обслуживания применительно к своим, индивидуальным устремлениям. Для многих результатов такого выбора служит переселение на новое местожительства, в населенные пункты с более привлекательными для них условиями жизни. Но в окружении больших городов, благодаря хорошим транспортным связям с ними изменения возможны и без переселения. Они могут осуществляться путем маятниковых миграций, интенсивность которых постоянно растет. Неудивительно, что мотивы маятниковых передвижений, долгосрочные перспективы этого общественного явления все более привлекают внимание ученых, представляющих различные научные дисциплины, к числу которых, в первую очередь, стоит отнести экономику, социологию, демографию и географию [2].

Актуальность данной работы заключается в возобновлении аналогичных исследований маятниковой миграции в Полоцком районе, которые здесь проводились более 40 лет назад под руководством белорусского экономико-географа С. А. Польского. Изучение этого социально-экономического феномена позволит проследить его динамику, что в дальнейшем поможет решить ряд прикладных задач, касающихся в первую очередь маятниковых мигрантов.

Целью данной работы является экономико-географический анализ маятниковой миграции населения между Полоцком и Новополоцком. Объектом исследования выступило население, участвующее в маятниковой миграции между этими городами, а предметом – пространственно-временные различия в динамике и структуре маятниковой миграции населения с 1969 по 2012 гг. Для получения научных результатов по этой теме были поставлены, а в последующем решены следующие задачи: а) изучить теоретико-методологическую базу данного исследования; б) собрать статистические данные, а также провести социологические обследования для получения информации о структуре маятниковых мигрантов по различным признакам; в) рассчитать абсолютные и относительные показатели; г) выявить значение основных факторов формирования миграционной подвижности населения в Полоцком районе; д) проанализировать объемы и направления потоков маятниковой миграции населения между Полоцком и Новополоцком.

Для решения поставленных в работе задач широко использовались такие методы исследования, как анализ статистических данных, сравнительно-географический, картографический, исторический, описательный методы, а также анкетирование.

Маятниковые миграции представляют собой ежедневные поездки населения от мест жительства до мест работы/учебы и обратно, расположенных в разных населенных пунктах. Исторически с 1960-х годов меж-

ду Полоцком и Новополоцком интенсивно протекает данный процесс ввиду наличия в них крупных промышленных гигантов химической и нефтехимической промышленности, значительного демографического потенциала, удовлетворительным качеством транспортной инфраструктуры и т.п.

Характеристика сдвигов в маятниковой миграции населения между Полоцком и Новополоцком проходила в разрезе двух основных элементов анализа.

1. Анализ географии и масштабов маятниковых перемещений.
2. Анализ структурных признаков маятниковых мигрантов.

Согласно исследованиям, проводимым С.А. Польским в Полоцком промышленном комплексе на рубеже 1960–1970-х гг., маятниковой миграцией в пригородной зоне Полоцка и Новополоцка было охвачено в общей сложности не менее 3 тыс. чел. При этом около 90 % всех маятниковых мигрантов были заняты в промышленности и строительстве. В 1969 г. непосредственно между этими городами насчитывалось 1743 маятниковых мигрантов, из которых свыше 77 % приезжали в Новополоцк из соседнего города на работу на один из крупнейших нефтеперерабатывающих заводов бывшего СССР. Данное предприятие для только что возникшего тогда города требовало большого числа трудовых ресурсов, которые и были найдены в Полоцке, составившие контингент маятниковых мигрантов. По результатам данных анкетного обследования С.А. Польского, в том же году в Новополоцк ежедневно приезжали на работу 1348 полочан, и, наоборот, в Полоцк – всего 395 новополочан, в результате чего величина этих потоков различалась почти в 3,5 раза в пользу Новополоцка [1].

По данным официальной статистики 2009 г., численность маятниковых мигрантов между рассматриваемыми городами составляла 7789 чел., что в 4,5 раза больше по сравнению с 1969 г. Из них 53 % живут в Полоцке, но при этом совершают ежедневные поездки в Новополоцк, соответственно оставшиеся 47 % – наоборот. Все эти изменения обусловлены трансформациями тенденций производственных сил двух градообразующих предприятий, структуры занятости трудоспособного населения и развитием альтернативных мест приложения труда, что сказалось на диверсификации рынка труда [3].

Удельный вес маятниковых мигрантов-полочан от численности населения Полоцка составляет 5,0 %, а от численности всех мигрантов города – 45,2 %. В свою очередь доля маятниковых мигрантов-новополочан от численности населения Новополоцка равна 3,7 %, а от численности всех мигрантов города – 55,7 %. В итоге, почти половина мигрантов каждого их городов является маятниковыми мигрантами.

Показателем, характеризующим интенсивность маятниковой миграции независимо от направления потоков ежедневно перемещающихся в системе взаимосвязанного расселения контингентов рабочих и служащих, является общий коэффициент маятниковой подвижности населения. В 2009 г. данный показатель составил 65,87 ‰ для маятниковой миграции между Полоцком и Новополоцком. Это означает, что в среднем 66 маятниковых мигрантов приходится на каждую тысячу трудоспособного населения обоих городов.

Анализ структуры маятниковых мигрантов выявил следующие тенденции. Согласно исследованиям С.А. Польского в 1969 г. в Новополоцке мужчины составляли 81,2 %, в Полоцке – всего 29,9 % всех лиц, ежедневно приезжавших на работу из других поселений. Среди маятниковых мигрантов преобладали лица в возрасте до 40 лет. В Новополоцке на долю молодежи (до 29 лет) приходилось 52,4 % всех маятниковых мигрантов, в Полоцке она составляла 38,6 %. В Полоцке доля маятниковых мигрантов в возрасте до 40 лет составляла 90,3 %, а в Новополоцке – 79,8 %. Распределение маятниковых мигрантов по семейному положению свидетельствует о значительном преобладании лиц, состоявших в браке (80,4 %), но одновременно с этим отмечалась и сравнительно высокая доля холостых мужчин и незамужних женщин. Что касается уровня образования маятниковых мигрантов, то в 1969 г в Полоцке 43,6 % всех обследованных имели образование до 8 классов, а в Новополоцке этот же показатель составил 60,5 % [1].

Согласно официальной статистики, в 2009 г. 4111 чел. жили в Полоцке и при этом работали в Новополоцке, а 3678 чел. – с точностью наоборот. Ежедневные поездки из Полоцка в Новополоцк совершали 2601 мужчина и 1510 женщин, абсолютное большинство среди которых составили трудоспособные – 98 % и 95 % соответственно, остальная часть приходилась на работающих пенсионеров. Маятниковые мигранты противоположного направления были представлены 1517 мужчинами и 2161 женщиной. Среди них в послетрудоспособном возрасте находились 49 мужчин и 166 женщин, что соответствовало 3 % и 8 %. В половой структуре маятниковых мигрантов Полоцк-Новополоцк преобладали мужчины (63,3 %), а среди мигрантов Новополоцк-Полоцк – женщины (58,8 %). Это объясняется тем, что в Новополоцке находятся предприятия, требующие приложения больше мужского труда, по сравнению с Полоцком, где больше востребован женский труд. Как показывают исследования, в структуре маятниковых мигрантов по их брачному состоянию среди обоих полов преобладают мигранты, находящиеся в зарегистрированном браке, что характерно для двух направлений. В структуре маятниковых мигрантов Полоцк-Новополоцк по их национальной принадлежности среди мужчин было 81 % белорусов, среди женщин –

80 %. В этой же структуре, но противоположного направления, среди мужчин и женщин преобладали белорусы – по 83 %. Представителями других национальностей среди маятниковых мигрантов были русские, украинцы, поляки, евреи и др. [3].

Таким образом, экономико-географический анализ позволил сделать следующие выводы по маятниковой миграции между Полоцком и Новополоцком в период с конца 1960-х гг. по настоящее время: 1) произошли принципиальные изменения в географии и объемах маятниковой миграции (объем возрос в 4,5 раза, выровнялось соотношение направлений потоков маятниковых перемещений); 2) претерпела качественные изменения структура маятниковой миграции населения, что можно выразить с помощью двух портретов среднестатистических маятниковых мигрантов противоположных направлений: а) житель Полоцка – женатый мужчина 26–35 лет с высшим образованием, белорус по национальности, работающий на ОАО «Нафтан», тратящий на дорогу не более 1 часа; б) житель Новополоцка – замужняя женщина 33–45 лет с высшим образованием, белоруска по национальности, работающая в торговле, тратящая на дорогу 30–40 мин.

Литература

1. Город и маятниковая миграция. Сб. научн. трудов / отв. ред. С.А. Польский. Минск: Научно-исследовательский институт экономики и экономико-математических методов планирования при Госплане БССР, 1973 г.
2. Дяченко Б. И. Маятниковая миграция: социально-экономические причины, последствия, регулирование. Львов: АН УССР, Институт экономики, 1989.
3. Фондовые материалы отдела демографической статистики Национального статистического комитета Республики Беларусь.

ЭЛЕКТРЫЧНАСЦЬ У АТМАСФЕРЫ І ВОБЛАКАХ

М. А. Хітрыкаў

Галоўнай мэтай дадзенай працы было вывучыць асноўныя асаблівасці электрычнага поля атмасферы і навальнічных аблокаў у прыватнасці, а таксама праявы атмасфернай і навальнічнай электрычнасці. У якасці практычнай часткі былі абраны дзве задачы: праверка эфектыўнасці лічбавай мадэлі WRF для разліку навальнічных працэсаў і спроба вынайсці наяўнасць уплыву сонечных выбліскаў (сонечна-прэтонных з’яў у асаблівасці) на навальнічную актыўнасць.

Тэарэтычная частка працы складалася з 3-х асноўных раздзелаў: агульнае электрычнае поле атмасферы, электрычнае поле навальнічных аблокаў і формы і віды маланак; яна была створана як вынік працы з адпаведнай літаратурай.

Практычная частка таксама мела 3 складнікі: асаблівасці вывучэння атмасфернай электрычнасці і два заданні, якія назваліся раней.

Для першага практычнага задання быў абраны выпадак 7 ліпеня 2012 г., калі ў 03:00 па мясцоваму часу ўсе метэастанцыі Беларусі адзначылі навальніцу (выбар быў здзейснены пасля разгледжвання дадзеных архіва [2] за апошнія гады). Яна была выклікана праходжаннем магутнага халоднага фронту, які быў выразна бачны на картах, зробленых па спадарожнікавых здымках. У якасці разглядаемай тэрыторыі быў абраны ўчастак (дамен), з цэнтрам у пункце з каардынатамі 54°00' пн. ш. і 28°00' ус. д. (наваколле Кургана Славы – каб цэнтр дамена быў бліжэй да цэнтра Беларусі), памерам 200 x 200 пунктаў і з шагам у 8 км. Цэнтральны час – 03.00. Дадзеныя для разліку былі ўзяты з [1]. Мадэль WRF правяла разлік, але падчас яго выканання накапіўся цэлы шэраг памылак, з-за якіх візуалізаваць дадзеныя не атрымалася. Найбольш верагодная прычына гэтага заключаецца ў тым, што ў той час сапраўды складваліся надзвычай складаныя метэаралагічныя ўмовы, якія вельмі цяжка апісаць з дапамогай фізічных функцый і раўнанняў (пры ўжыванні параметрызацыі). Такім чынам, можна зрабіць выснову аб тым, што разлік на мадэлі WRF паказаў складаныя метэаралагічныя ўмовы, якія фармаваліся ў той час, але “не зусім тым” шляхам.

Другое практычнае заданне было праведзена па наступнай схеме. Так як уздзеянне сонечнага выбліска не бывае лакальным – дыяметр струменя выпраменьвання можа ў 20–30 разоў перавышаць дыяметр Зямлі, таму калі выбліск дасягае Зямлі, то ён закранае ўсе асветленае паўшар’е – то для даследвання (і атрымання больш дакладных вынікаў) была абрана значная па плошчы тэрыторыя – ўся Еўропа як частка света, якая была прадстаўлена 12 гарадамі (Мадрыд, Лондан, Парыж, Франкфурт-на-Майне, Будапешт, Стамбул, Стакгольм, Мінск, Харкаў, Масква, Сакнт-Пецярбург і Пенза – дадзеныя з архіва [3]). Па гэтых гарадах былі прааналізаваны дадзеныя метэаралагічных назіранняў за 2010–2012 гг., і зроблена супастаўленне па датах з каляндаром сонечна-пратонных з’яў [1]. У выніку была пабудавана табліца.

Многія выбліскі цягнуліся да некалькіх сутак запар, таму пасля скарачэння перыяду да ± 1 дня колькасць супадзенняў ўсе яшчэ такая вялікая.

З табліцы магчыма зрабіць некалькі важных і цікавых высноў. Так, калі разглядаць перыяд ± 3 дня да з’явы, то атрымаецца, што перыяды, калі назіраліся сонечныя выбліскі, па навальнічнай актыўнасці фактычна нічым не вылучаюцца ад звычайных дзен. Але калі тэрмін скараціць да ± 1 дня, то колькасць навальніц у перыяд пасля з’явы скараціцца прапар-

Супадзенні сонечна-пратонных з'яў з выпадкамі навальніц (2010–2012 гг.)

Дата, калі адбылася сонечна-пратонная з'ява (сонечны выбліск)	Колькасць гарадоў, у якіх навальніцы адзначаліся перад з'явай	Колькасць гарадоў, у якіх навальніцы адзначаліся падчас з'явы	Колькасць гарадоў, у якіх навальніцы адзначаліся пасля з'явы
2010 год			
5–6 красавіка	1 (1)	2	0 (0)
3–4 жніўня	5 (1)	5	6 (5)
14 жніўня	4 (2)	1	3 (0)
2011 год			
8–10 сакавіка	0 (0)	0	0 (0)
21 сакавіка	0 (0)	0	0 (0)
7–8 чэрвеня	4 (3)	4	3 (1)
17–18 чэрвеня	5 (0)	3	3 (0)
4–5 жніўня	5 (2)	2	2 (2)
9 жніўня	2 (1)	1	3 (0)
23–27 верасня	1 (0)	1	0 (0)
23–25 кастрычніка	0 (0)	1	1 (0)
26–29 лістапада	0 (0)	0	0 (0)
2012 год			
24–28 студзеня	0 (0)	0	0 (0)
25–26 лютага	0 (0)	0	0 (0)
8 сакавіка	0 (0)	0	0 (0)
17–18 траўня	4 (2)	2	2 (2)
28 траўня	1 (1)	4	4 (0)
16–17 чэрвеня	4 (2)	4	5 (1)
13–15 ліпеня	6 (3)	6	3 (1)
2–4 верасня	0 (0)	0	0 (0)
15 снежня	0 (0)	0	0 (0)
Сумарныя значэнні (±3 дня да выбліска)	42	36	35
Сумарныя значэнні (±1 дзень да выбліска)	18	36	12

У дужках паказаны значэнні за перыяд ± 1 дзень. Цыянальна (у тры разы), а колькасць навальніц у перыяд перад з'явай скараціцца ў два з паловай разы. Такім чынам, можна зрабіць выснову аб тым, што сонечна-пратонныя з'явы, і сонечныя выбліскі не аказваюць амаль што ніякага ўплыву на навальнічную актыўнасць на Зямлі – колькасць навальніц вызначаецца ў першую чаргу тэрмічнымі ўмовамі і ўмовамі вільгаці. Калі ўплыў і маецца, то ен мізэрны. Але патрэбна адзначыць, што найбольш адчувальны ен у хвалевага выпраменьвання: сонечна-пратонныя з'явы з'яўляюцца выкідамі карпускул і рэгіструюцца яны на Зямлі праз 1–1,5 сутак пасля таго, як яны былі выкінуты з Сонца, а

хвалеваму выпраменьванню патрэбна ўсяго 8 хвілін на тое, каб дсягнуць Зямлі. Таму адхіленне ад прапарцыянальнага змяншэння для перыяду перад з’явай большае. І ўплыў, якое яно аказвае – стымулюючы (значыць здольны павялічваць колькасць навальніц), бо колькасць навальніц пры скарачэнні перыяда зменшылася менш, чым зменшыўся сам перыяд (2,5 і 3 разы адпаведна). У процілегласць яму карпускулярнае выпраменьванне, мяркуючы па бачнай частцы спектру, здольна змяншаць колькасць навальніц, і да таго ж здольна ўплываць на працягу некаторага даволі працяглага часу (так, калі ўзяць перыяд ± 3 дні, то колькасць навальніц перад, падчас і пасля з’явы будзе 42, 36 і 35 адпаведна). Уплыў і хвалевага, і карпускулярнага выпраменьвання хутчэй за ўсе зводзіцца да таго, што яно здольна выклікаць абурэнні ў структуры электрычнага поля ўсей атмасферы, што ў сваю чаргу выклікае змяненні ў навальнічных аблоках. Але, як ужо гаворылася раней, гэты ўплыў нязначны і, фактычна, неадчувальны, таму пры прадказанні надвор’я ім можна будзе заняцца (патрэбна сказаць, што важнейшай прычынай гэтага будзе рассяроджанасць уздзеяння выпраменьвання, пра якую ўзгадвалася раней).

У якасці дадатковага доказа планавалася выкарыстаць разлікі на мадэлі WRF (для выпадкаў 9 жніўня 2011 года – мінімуму супадзенняў падчас выбліска, і 13–15 ліпеня 2012 г. – максімуму супадзенняў падчас выбліска), але пасля аналізу табліцы стала відавочным, што іх ужыванне будзе немэтазгодным.

У якасці завяршальнай высновы можна сказаць наступнае: пасля стараннага вывучэння тэарэтычнага матэрыялу была праведзена даследчая работа, вынікамі якой сталі доказ адноснай эфектыўнасці мадэлі WRF для разлікаў навальнічных працэсаў і доказ таго, што сонечныя выбліскі не аказваюць значнага ўплыву на навальнічную актыўнасць на Зямлі (уплыў мінімальны).

Літаратура

1. Интернет-адрес: <http://www.noaa.gov>
2. Интернет-адрес: <http://www.pogoda.by/zip/>
3. Интернет-адрес: <http://www.pogoda.by/zip-avia/>

ТЕРРИТОРИАЛЬНЫЕ СДВИГИ ВО ВНЕШНЕЙ ТОРГОВЛЕ БЕЛАРУСИ: КОНТИНЕНТАЛЬНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ

А. Н. Шавель

Традиционным в экономико-географической науке является рассмотрение распространения явления на макроуровне, так как это позволяет исключить различные колебания, часто присутствующие на микро- и мезоуровнях. Для внешней торговли такой анализ может объяснить ряд

географических особенностей, выявить, насколько устоявшиеся внешне-торговые связи у страны, претерпели ли они радикальные изменения в изменяющихся условиях. В таблице 1 представлена структура внешне-торгового оборота Беларуси на макроуровне – в разрезе континентов.

Основным фактором, обусловившим сложившуюся концентрацию внешнеторговой активности в европейском регионе, стало географическое положение республики. Увеличение количества конкурентов у белорусской продукции на европейских рынках, в том числе и на российском, активизация экспорта в другие регионы обусловили достаточно серьезное сокращение доли государств Европы в структуре внешне-торгового оборота Беларуси. Достаточно сильно снизилась доля европейского региона из-за проблем в торговле с Российской Федерацией. Даже в условиях роста цены на нефть, доля основного партнера во внешнеторговом обороте Беларуси сокращалась. Особенно шаткими были позиции белорусского экспорта, которому пришлось столкнуться с элементами протекционизма (в частности, «молочные войны», проведение антидемпинговых расследований, региональный протекционизм в машиностроительной сфере, различного рода искусственные ограничения). В то же время благодаря торгово-экономическим договоренностям с отдельными странами Азии (Китай, Индия, Иран, Турция, Сирия и т.д.) и Южной Америки (Венесуэла, Эквадор, Бразилия) роль вышеназванных частей света во внешней торговле с Беларусью возрасла.

Таблица 1

Структура внешнеторгового оборота товарами в разрезе континентов мира в 2000–2011 гг., % [рассчитано автором по 1]

	2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Всего, млн. долл. США	15972,6	32687,4	42084,9	52968,4	71952,1	49873,2	60167,9	87177,8
Европа	89,80	88,35	88,23	87,98	87,14	86,27	80,73	81,51
Азия	5,47	6,43	6,65	7,40	7,87	8,89	10,51	10,22
Северная Америка	2,09	1,82	1,96	1,62	1,12	1,17	1,22	0,97
Южная Америка	0,94	1,16	1,28	1,26	2,38	2,02	4,43	3,84
Африка	0,99	0,46	0,37	0,40	0,54	0,68	0,67	0,66
Австралия и Океания	0,04	0,04	0,07	0,04	0,05	0,05	0,06	0,05

Особенно стоит отметить роль Китая (который воспользовался ситуацией и значительно увеличил экспорт товаров в Беларусь) и Венесуэлы (которая стала определенным плацдармом для роста объемов

белорусского экспорта в Южную Америку). Стоит отметить недостаточную вовлеченность африканского континента в торговлю с республикой в условиях активизации деятельности на их территории крупнейших транснациональных компаний, резидентов экономически высокоразвитых стран. Одним из немаловажных факторов, обусловивших сокращение доли африканских стран в торговле с Беларусью, стала политическая нестабильность у основных торговых партнеров на континенте (Ливия, Египет и т.д.). Дальнейшее развитие внешнеторговых отношений на континентальном уровне будет обуславливаться конкурентоспособностью продукции в традиционных внешнеторговых партнерах и целесообразностью освоения новых рынков сбыта. В случае проблем с удержанием завоеванных белорусской продукцией позиций на рынке европейских стран, наиболее перспективными регионами могут стать как раз Африка, Азия и Южная Америка.

За период 2000–2011 гг. при общем росте товарооборота в 5,5 раза, что отражено в таблице 2, опережающими темпами рос объем внешней торговли со странами Южной Америки и Азии. Введение санкций со стороны США привели к замедлению внешнеторговой активности с государствами Северной Америки в 2007–2009 гг. Наибольший спад внешнеторговой активности был характерен в торговле товарами со странами Южной Америки в 2008–2009 гг., который компенсировался интенсивным ростом в 2010 г. Наибольшие колебания внешнеторгового оборота были характерны для Южной Америки, Австралии и Океании, что говорит о неустойчивости экспортно-импортной корзины.

Таблица 2

**Индексы роста внешнеторгового оборота товарами
в континентальном разрезе [рассчитано автором по 1]**

	2005/ 2000	2006/ 2005	2007/ 2006	2008/ 2007	2009/ 2008	2010/ 2009	2011/ 2010	2011/ 2000
Всего	2,05	1,29	1,26	1,36	0,69	1,21	1,45	5,46
Европа	2,01	1,29	1,26	1,35	0,69	1,13	1,46	4,95
Азия	2,40	1,33	1,40	1,44	0,78	1,43	1,41	10,19
Северная Америка	1,79	1,38	1,04	0,94	0,72	1,26	1,16	2,55
Южная Америка	2,52	1,42	1,25	2,56	0,59	2,64	1,26	22,31
Африка	0,94	1,03	1,38	1,84	0,87	1,20	1,41	3,61
Австралия и Океания	2,11	2,52	0,68	1,84	0,70	1,34	1,15	7,21

Сравним структуру экспорта и импорта товаров в разрезе континентов и частей света, отраженную в таблице 3. Если в начале 2000-х гг. импорт в республику осуществлялся почти в полном объеме странами Европы (свыше 9/10 объема), то к 2011 г. доля региона сократилась до 8/10.

**Континентальная структура белорусского экспорта и импорта товаров
в 2000–2011 гг., % [рассчитано автором по 1]**

Год		2000	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Всего, млн. долл. США	Экспорт	7326,4	15979,3	19733,7	24275,3	32570,8	21304,2	25283,5	41418,7
	Импорт	8646,2	16708,1	22351,2	28693,1	39381,3	28569,0	34884,4	45759,1
Европа	Экспорт	87,87	87,36	87,92	87,45	85,92	84,51	81,51	84,11
	Импорт	91,43	89,30	88,50	88,42	88,14	87,58	80,16	79,16
Азия	Экспорт	7,24	8,47	7,40	8,16	8,05	10,33	11,34	9,75
	Импорт	3,98	4,47	5,98	6,76	7,71	7,82	9,90	10,65
Северная Америка	Экспорт	1,77	1,84	2,45	1,58	0,75	0,38	0,78	0,48
	Импорт	2,35	1,81	1,52	1,66	1,43	1,76	1,53	1,42
Южная Америка	Экспорт	1,07	1,23	1,16	1,88	4,26	3,48	4,35	3,96
	Импорт	0,83	1,09	1,38	0,74	0,83	0,94	4,48	3,74
Африка	Экспорт	1,80	0,68	0,55	0,64	0,94	1,21	1,04	0,85
	Импорт	0,30	0,24	0,21	0,20	0,21	0,28	0,41	0,48
Австралия и Океания	Экспорт	0,03	0,04	0,13	0,05	0,08	0,06	0,06	0,07
	Импорт	0,04	0,04	0,02	0,03	0,03	0,05	0,06	0,02

После активизации взаимоотношений с некоторыми странами Азии (Азербайджан, Казахстан, Китай) выросла доля данного континента в географической структуре экспорта. Еще большее увеличение доли азиатского региона наблюдалось в импорте в Беларусь, основной рост которой обеспечивался за счет экспансии китайской продукции на белорусский рынок. Выход на рынок Венесуэлы и, в меньшей степени, Бразилии обеспечили рост экспорта в южноамериканский регион, особенно в 2007–2008 гг. Поставки нефти и нефтепродуктов из Венесуэлы обеспечили значительный рост доли Южной Америки в импорте товаров в Беларусь. Мировой экономический кризис, введение экономических санкций со стороны США по отношению к некоторым крупным предприятиям (в частности, к крупнейшему концерну «Белнефтехим»), привели к сокращению доли экспорта в североамериканский регион за последние четыре года в 3 раза: с 1,58 % до 0,48 %. Доля Африки, Австралии и Океании в экспорте и импорте республики остается незначительной.

В целом за исследуемый период экспорт товаров рос опережающими темпами по сравнению с импортом, особенно в Азию, Южную Америку и Австралию (табл. 4). Совсем незначительный рост был в Северную Америку и Африку. Импорт наиболее активно рос из Южной Америки, Азии и Африки. Такие тенденции определялись необходимостью освоения новых рынков, в том числе и развивающихся стран, по причине потери традиционных рынков в условиях ужесточения конкуренции.

Отрицательное сальдо внешнеторгового баланса Беларуси выросло в 2005–2010 гг. более чем в 13 раз (с -728,8 до -9600,9 млн. долл.), которое формируется за счет Европы, Азии, Северной и Южной Америки.

Индексы роста экспорта и импорта товаров по континентальным направлениям [рассчитано автором по 1]

		2005/ 2000	2006/ 2005	2007/ 2006	2008/ 2007	2009/ 2008	2010/ 2009	2011/ 2010	2011/ 2000
Всего, млн. долл. США	Экспорт	2,18	1,23	1,23	1,34	0,65	1,19	1,64	5,65
	Импорт	1,93	1,34	1,28	1,37	0,73	1,22	1,31	5,29
Европа	Экспорт	2,17	1,24	1,22	1,32	0,64	1,14	1,69	5,41
	Импорт	1,89	1,33	1,28	1,37	0,72	1,12	1,30	4,58
Азия	Экспорт	2,55	1,08	1,36	1,32	0,84	1,30	1,41	7,62
	Импорт	2,17	1,79	1,45	1,57	0,74	1,55	1,41	14,16
Северная Америка	Экспорт	2,26	1,65	0,79	0,64	0,33	2,45	1,00	1,53
	Импорт	1,48	1,13	1,40	1,19	0,89	1,07	1,21	3,19
Южная Америка	Экспорт	2,49	1,17	1,99	3,03	0,54	1,48	1,49	20,84
	Импорт	2,55	1,69	0,69	1,54	0,82	5,86	1,09	23,92
Африка	Экспорт	0,82	0,99	1,44	1,97	0,84	1,02	1,34	2,66
	Импорт	1,54	1,14	1,23	1,47	0,95	1,80	1,55	8,35
Австралия и Океания	Экспорт	2,57	4,25	0,51	2,05	0,48	1,28	1,88	13,13
	Импорт	1,79	0,84	1,55	1,51	1,18	1,39	0,56	3,21

Основные причины нарастания отрицательного сальдо: дальнейшее выравнивание цен к мировому уровню на поставляемые энергоносители, проблемы конкурентоспособности белорусской продукции на международных рынках, мировой экономической кризис, повлекший сокращение спроса. Выгода Беларуси во внешней торговле сохраняется лишь в отношениях с Африкой и Австралией с Океанией.

В целом по внешней торговле товарами в разрезе континентов можно отметить следующие закономерности:

- континентальная структура внешней торговли товарами Республики Беларусь испытала на протяжении 2000–2011 гг. серьезные трансформации, выразившиеся в значительном сокращении доли Европы при росте роли Азии и Южной Америки;
- сокращение доли европейского региона в большей степени обеспечивалось за счет снижения доли импорта, доля Северной Америки и Африки в экспорте уменьшилась при более устойчивой позиции импорта;
- лишь в торговле с Африкой и Австралией с Океанией сохраняется положительное сальдо внешней торговли товарами, но самый значительный вклад в его отрицательное значение вносит европейский регион.

Литература

1. Внешняя торговля Республики Беларусь: статистический сборник / Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Мн., 2012.

**ЗАДАЧА О РАДИАЛЬНОМ ТЕЧЕНИИ ЖИДКОСТИ
В ОБЛАСТИ СО СТЕНКАМИ**

П. В. Белуга

Течение жидкости вызвано линейным источником расположенным вдоль оси z с постоянным расходом Q на единицу длины оси. Обтекаемые пластины расположены радиально и в цилиндрической системе координат определяются условиями: $\varphi = \pi(2k+1)/k_1$, $r > r_0$, $-\infty < z < \infty$, $k = 0, 1, 2, \dots, k_1 - 1$, где k_1 – целое число и $k_1 = \pi/\alpha$, α – заданный угол, r_0 – расстояние от источника до начала пластины. Очевидно, что картина течения будет одинаковой между любыми двумя соседними стенками. Будем считать движение жидкости плоским, тогда задачу можно свести к системе [1, с. 107–109]

$$\left\{ \begin{array}{l} V_r \frac{\partial V_r}{\partial r} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial r} + \nu \left(\frac{\partial^2 V_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_r}{\partial \varphi^2} - \frac{V_r}{r^2} - \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} \right) \\ -\frac{1}{\rho r} \frac{\partial P}{\partial \varphi} + \nu \left(\frac{1}{r^2} \frac{\partial^2 V_\varphi}{\partial \varphi^2} + \frac{2}{r^2} \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} \right) = 0 \\ \frac{\partial V_r}{\partial r} + \frac{V_r}{r} + \frac{1}{r} \frac{\partial V_\varphi}{\partial \varphi} = 0 \end{array} \right. , \quad (1)$$

С граничными условиями

$$\begin{aligned} \varphi = 0 : V_\varphi = 0, \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} = 0 \\ \varphi = \alpha, r > r_0 : V_\varphi = 0, V_r = 0 \\ \varphi = \alpha, r < r_0 : V_\varphi = 0, \frac{\partial V_r}{\partial \varphi} = 0 \end{aligned}$$

Систему (1) упростим и перейдем к безразмерному виду по формулам

$$U_0 = \frac{Q}{\alpha r_0}, r = r_0 x, V_r = U_0 u', V_\varphi = U_0 v'$$

Далее делаем замены

$$u' = u_1 + \frac{1}{x}, y = \ln(x) \Rightarrow x \in (0, +\infty), y \in (-\infty, +\infty)$$

Тогда задача запишется так

$$\begin{cases} R \frac{\partial u_1}{\partial y} = 2 \frac{\partial^2 u_1}{\partial y^2} + 2u_1 + \frac{\partial^2 u_1}{\partial \varphi^2} + F(y) \\ \frac{\partial u_1}{\partial y} + u_1 + \frac{\partial v'}{\partial \varphi} = 0 \end{cases}$$

$$\varphi = 0 : v' = 0, \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} = 0$$

$$\varphi = \alpha : v' = 0, \frac{\partial u_1}{\partial \varphi} = \psi(y)$$

где $\psi(y)$ – неизвестная функция, которая равняется нулю при $y < 0$.

Для решения задачи применим двустороннее преобразование Лапласа по y . Решив полученную задачу для трансформант $\bar{u}_1 = \int_{-\infty}^{+\infty} u_1 e^{-sy} dy$,

$\bar{v} = \int_{-\infty}^{+\infty} v' e^{-sy} dy$. Получим

$$\bar{u}_1 = \frac{\frac{\text{Sin}(z\alpha) - \text{Cos}(z\varphi)}{z\alpha} - \bar{\psi}(s)}{z\text{Sin}(z\alpha)}, \quad (2)$$

где $z^2 = 2s^2 - Rs + 2$.

Поскольку $\psi(y) = 0$ при $y < 0$, то из теоремы Коши следует, что $\bar{\psi}$ не имеет положительных полюсов. В граничных условиях $u_1(y, \alpha) = -\exp(-y)$ при $y > 0$ это значит, что $\bar{u}_1(s, \alpha)$ не имеет отрицательных полюсов кроме -1 . Для выполнения этих условий достаточно выбрать функцию $\bar{\psi}$ в виде [2, с. 287–289]

$$\bar{\psi}(s) = \frac{-C}{(s+1)} \prod_{n=1}^{\infty} \frac{1 - \frac{s}{a_n}}{1 - \frac{s}{b_n}}$$

где a_n и b_n – нули функций $z\text{Sin}(z\alpha)$ и $\frac{\text{Sin}(z\alpha) - \text{Cos}(z\alpha)}{z\alpha}$, C выражается через вычет функции \bar{u}_1 в полюсе $s = -1$.

После подстановки $\bar{\psi}(s)$ в (2) и применения обратного преобразования Лапласа получим решение задачи.

Литература

1. Савчук В. П. Вестн. Белорус.ун-та., сер.1, №3, 75, 1975.
2. Маркушевич А. И. Теория аналитических функций, том 2, 1968. С. 287–289.

О ТОПОЛОГИЯХ РАВНОМЕРНОЙ СХОДИМОСТИ НА ПРОСТРАНСТВЕ ОТОБРАЖЕНИЙ

П. Н. Воробей

Пусть X и Y – произвольные фиксированные топологическое пространство X с топологией τ_X и метризуемое Y соответственно. Обозначим $C(X, Y)$ – множество всех непрерывных отображений из X в Y . Для каждой допустимой (т.е. согласованной с топологией) метрики ρ на Y можно определить на $C(X, Y)$ топологию равномерной сходимости τ_μ , заданную метрикой равномерной сходимости $\mu = \mu(\rho)$, $\mu(f, g) = \sup \{\rho(f(x), g(x)) \mid x \in X\}$ (допускается $\mu(f, g) = \infty$, что, очевидно, не влияет на определение топологии). Обозначим $T_U = \{\tau_\mu \mid \mu = \mu(\rho), \rho \in \Omega_Y\}$, где Ω_Y – множество всех допустимых метрик на Y . Семейство T_U можно рассматривать как подсемейство в семействе T всех топологий на $C(X, Y)$, которое является частично упорядоченным по включению с естественной структурой полной решетки [1], т.е. с определенными для любого непустого подсемейства $L \subset T$ точной нижней гранью $\inf L$, и точной верхней гранью $\sup L$ [1]. Таким образом, определена топология $\tau_{\inf} = \inf T_U$, называемая инфимальной, которая изучалась в [2, 3].

В данной работе приводится критерий непрерывной сходимости [4, с. 179] последовательности в $C(X, Y)$ и также получено другое доказательство достаточности теоремы из [3], описывающее топологию τ_{\inf} с помощью понятия непрерывно сходящейся последовательности.

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РАССМОТРЕНИЯ

Пусть E – произвольное топологическое пространство с топологией τ , Λ – направленное множество [4, с. 27]. Направленность $(x_\lambda \mid \lambda \in \Lambda)$ в E , сходящаяся к точке $x \in E$ в топологии τ [4, с. 88] будем кратко записывать $x_\lambda \xrightarrow{\tau} x$.

Обозначим $\hat{\Sigma}$ – класс всех пар вида $((x_\lambda \mid \lambda \in \Lambda), x)$ (кратко $(x_\lambda, \Lambda; x)$), где $(x_\lambda \mid \lambda \in \Lambda)$ – направленность в E , $x \in E$. Каждый подкласс $\Sigma \subset \hat{\Sigma}$

(класс сходимости) определяет топологию $\tau(\Sigma)$, состоящую из всех множеств $U \subset E$, для которых из соотношений $(x_\lambda, \Lambda; x) \in \Sigma$ и $x \in U$ следует существование $\lambda_0 \in \Lambda$ такого, что $\{x_\lambda \mid \lambda \geq \lambda_0\} \subset U$. Приведем без доказательства следующее несложное утверждение.

Утверждение 1. Пусть $\Sigma \subset \hat{\Sigma}$, τ – произвольная топология на множестве E . Соотношение $\tau \leq \tau(\Sigma)$ выполняется тогда и только тогда, когда для любой направленности $(x_\lambda \mid \lambda \in \Lambda)$ из $x_\lambda \xrightarrow[\Sigma]{} x$ следует $x_\lambda \xrightarrow[\tau]{} x$.

Направленность $(f_\lambda \mid \lambda \in \Lambda)$ в $C(X, Y)$ называют непрерывно сходящейся к $f \in C(X, Y)$ (кратко $f_\lambda \xrightarrow[(c)]{} f$), если при любом выборе $x_0 \in X$ и окрестности V точки $f(x_0)$ можно указать окрестность U точки x_0 и $\lambda_0 \in \Lambda$ так, чтобы $\bigcup \{f_\lambda(U) \mid \lambda \geq \lambda_0\} \subset V$. Обозначим $\Sigma_{SC} = \{(f_n, \mathbf{N}; f) \in \hat{\Sigma} \mid f_n \xrightarrow[(c)]{} f\}$, $\tau_s^* = \tau(\Sigma_{SC})$. Топологическое пространство X называется секвенциальным пространством, если множество $A \subset X$ замкнуто тогда и только тогда, когда вместо со всякой последовательностью оно содержит все ее пределы [4, с. 94]. Для произвольного $x \in X$ обозначаем $\tau_X(x) = \{U \in \tau_X \mid x \in U\}$. Семейство α подмножеств X называют дискретным в X , если для любой точки $x \in X$ найдется окрестность $U \in \tau_X(x)$, которая пересекается не более чем с одним элементом α . Пространство X названо здесь псевдокомпактным, если любое дискретное в X семейство непустых открытых множеств конечно. Если ρ – метрика на Y , $x \in Y$, то $B(x, \varepsilon) = \{y \in Y \mid \rho(x, y) < \varepsilon\}$.

НЕПРЕРЫВНАЯ СХОДИМОСТЬ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТИ ОТОБРАЖЕНИЙ И АССОЦИИРОВАННОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

Пусть H – пространство сходящихся к нулю последовательностей действительных чисел с метрикой $\rho_H(x, y) = \max_{n \in \mathbf{N}} |x_n - y_n|$, где $x = (x_n \mid n \in \mathbf{N})$, $y = (y_n \mid n \in \mathbf{N})$. Зафиксируем произвольные $\{f_n \mid n \in \mathbf{N}\} \subset C(X, Y)$ и $f \in C(X, Y)$, такие что последовательность $(f_n \mid n \in \mathbf{N})$ сходится к f поточечно. Введем отображения $P_n(x) = \rho(f_n(x), f(x)) : X \rightarrow \mathbf{R}$, $n \in \mathbf{N}$. Отметим, что $\lim_{n \rightarrow \infty} P_n(x) = 0$. Очевидно следующее утверждение.

Утверждение 2. Каждое $P_n : X \rightarrow \mathbf{R}$ – непрерывное отображение.

Определение. Обозначим P – отображение из множества X в H , ставящее в соответствие точке $x \in X$ сходящуюся к нулю последова-

тельность $(P_n(x) | n \in \mathbf{N})$. Назовем отображение P ассоциированным с последовательностью $(f_n | n \in \mathbf{N})$ и отображением f .

Теорема 1. Последовательность $(f_n | n \in \mathbf{N})$ сходится к f непрерывно тогда и только тогда, когда непрерывно соответствующее ассоциированное отображение P .

Доказательство. Необходимость. Зафиксируем произвольное $\varepsilon > 0$. В силу непрерывности f и непрерывной сходимости последовательности отображений для любого $x \in X$ выберем такую окрестность $O \in \tau_X(x)$, чтобы для некоторого номера $m \in \mathbf{N}$ выполнялось:

$$f(O) \subset B\left(f(x), \frac{\varepsilon}{2}\right) \text{ и } f_n(O) \subset B\left(f(x), \frac{\varepsilon}{2}\right) \text{ для любого } n \geq m, \quad (1)$$

тогда для любого $y \in O$ из неравенства треугольника $\rho(f_n(y), f(y)) \leq \rho(f_n(y), f(x)) + \rho(f(x), f(y)) < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{2} = \varepsilon$ следует неравенство $|P_n(y) - P_n(x)| < \varepsilon$, где $n \geq m$. Далее, для каждого $n \in \{1, 2, \dots, m-1\}$ в силу непрерывности P_n выберем такую окрестность $O_n \in \tau_X(x)$, чтобы для любого $y \in O_n$ выполнялось соотношение

$$|P_n(y) - P_n(x)| < \varepsilon. \quad (2)$$

Из (1), (2) следует, что $\rho_H(P(x), P(y)) = \max_{n \in \mathbf{N}} |P_n(y) - P_n(x)| < \varepsilon$, т.е. P непрерывно.

Достаточность. Зафиксируем произвольные $x \in X$ и $\varepsilon > 0$. В силу сходимости последовательности $P(x)$ существует номер $m \in \mathbf{N}$, для которого $P_n(x) = \rho(f_n(x), f(x)) < \varepsilon/4$ при $n \geq m$. Т.к. отображения P и f непрерывны, то можно выбрать окрестность $U \in \tau_X(x)$, такую что $P(U) \subset B(P(x), \varepsilon/2)$ и $f(U) \subset B(f(x), \varepsilon/4)$. Тогда для любого $y \in U$ верно $\rho_H(P(x), P(y)) < \varepsilon/2$, значит

$$|P_n(y) - P_n(x)| = |\rho(f_n(y), f(y)) - \rho(f_n(x), f(x))| < \varepsilon/2,$$

а следовательно $\rho(f_n(y), f(y)) < \varepsilon/2 + \rho(f_n(x), f(x)) < \frac{\varepsilon}{2} + \frac{\varepsilon}{4} = \frac{3\varepsilon}{4}$, откуда

$$\rho(f_n(y), f(x)) < \rho(f_n(y), f(y)) + \rho(f(y), f(x)) < \frac{3\varepsilon}{4} + \frac{\varepsilon}{4} = \varepsilon \text{ при } n \geq m.$$

Таким образом, последовательность $(f_n | n \in \mathbf{N})$ сходится непрерывно. Теорема доказана.

Теорема 2. Если X – псевдокомпактное топологическое пространство, то топологии τ_{inf} и τ_s^* на множестве отображений $C(X, Y)$ совпадают.

Доказательство. Если X псевдокомпактно, то образ $f(X)$ псевдокомпактен, а в силу метризуемости Y компактен для любого $f \in C(X, Y)$ [4, с. 310]. Тогда все топологии вида τ_μ совпадают [6]. В силу секвенциальности топологий τ_{inf} и τ_s^* [3], достаточно показать, что сходимость последовательностей в этих топологиях равносильна [4, с. 94]. Зафиксируем произвольные $\rho \in \Omega_Y$, $(f_n, \mathbf{N}; f) \in \Sigma_{SC}$. Доказательство соотношения $\tau_{\text{inf}} \leq \tau_s^*$ не сложное, поэтому опустим его. Согласно утверждению 1, для доказательства соотношения $\tau_{\text{inf}} \geq \tau_s^*$ покажем, что из непрерывной сходимости следует равномерная. От противного, пусть равномерной сходимости $f_n \xrightarrow{\mu} f$, где $\mu = \mu(\rho)$, нет, т.е. существует такое $\varepsilon > 0$, что для любого $m \in \mathbf{N}$ можно выбрать $n > m$, для которого $\mu(f_n, f) \geq 2\varepsilon$. Пусть $x_1 \in X$ выбрано так, чтобы $\rho(f_{n_1}(x_1), f(x_1)) \geq \varepsilon$. В силу непрерывной сходимости найдутся $U \in \tau_X(x_1)$ и $m \in \mathbf{N}$, такие что $f_l(U) \subset B(f(x_1), \varepsilon/2)$ для $l \geq m$. Выберем $x_2 \in X$ так, чтобы $\rho(f_{n_2}(x_2), f(x_2)) \geq \varepsilon$, где $n_2 > m$ и $n_2 > n_1$. Продолжая по индукции, получим последовательность $(x_k \mid k \in \mathbf{N})$.

Рассмотрим последовательность $(h_k = P(x_k) \mid k \in \mathbf{N})$ в $P(X) \subset H$, для соответствующего ассоциированного отображения P . Тогда для $l > m$ имеем:

$$\rho_H(h_m, h_l) = \max_{k \in \mathbf{N}} |P(x_m) - P(x_l)| \geq |P_{n_m}(x_m) - P_{n_l}(x_l)| \geq \frac{\varepsilon}{2},$$

т.е. последовательность $(h_k \mid k \in \mathbf{N})$ не содержит сходящихся подпоследовательностей. Но по теореме 1 P непрерывно, значит образ $P(X)$ компактен в метрическом пространстве H , что противоречит существованию последовательности $(h_k \mid k \in \mathbf{N})$. Теорема доказана.

Литература.

1. *Birkhoff G.* On the combination of topologies, *Fund. Math.* 26, P. 156–166. 1936.
2. *Тимохович В. Л., Фролова Д. С.* Об инфимальной топологии пространства отображений. *Вестник БГУ. Сер.1, №2*, С. 136–140. 2011.
3. *Тимохович В. Л., Фролова Д. С.* О максимальной секвенциально собственной топологии на множестве отображений. *Вестник БГУ, Сер.1, №3* 2012.
4. *Энгелькинг Р.* Общая топология Мир, М. 1986.

5. Тимохович В. Л., Фролова Д. С. О некоторых топологиях на множестве отображений, Вестник БГУ. Сер.1, №3, С. 84–89. 2009.

ЛЕВОИНВАРИАНТНЫЕ f -СТРУКТУРЫ НА НИЛЬПОТЕНТНЫХ ГРУППАХ ЛИ ИНДЕКСА 2

П. А. Дубовик, В. В. Балашенко

Целью работы является обнаружение семейств метрических левоинвариантных f -структур на нильпотентных группах Ли индекса 2, входящих в классы эрмитовых и приближённо келеровых f -структур. Установлены соотношения на образ, ядро и центр алгебры Ли, при которых метрические левоинвариантные f -структуры являются приближённо келеровыми и эрмитовыми f -структурами. Исследованы свойства метрических левоинвариантных f -структур на обобщённой $2n+1$ -мерной группе Гейзенберга.

Приведём кратко некоторые сведения из обобщённой эрмитовой геометрии относящиеся к метрическим f -структурам на гладких многообразиях. Как известно, аффинорной *структурой* на многообразии называется тензорное поле типа $(1,1)$ или, что эквивалентно, поле эндоморфизмов, действующих в его касательном расслоении. Мы рассматриваем так называемые f -структуры, то есть аффинорные структуры f , которые удовлетворяют равенству: $f^3 + f = 0$ [1]. Такие структуры обобщают широко известные почти комплексные структуры J ($J^2 = -1$). Напомним, что f -структура на римановом многообразии $(M, g = \langle \cdot, \cdot \rangle)$ называется *метрической f -структурой*, если $\langle fX, Y \rangle + \langle X, fY \rangle = 0$, где $X, Y \in \mathbf{B}(M)$ (см. [2]).

Далее через ∇ будем обозначать связность Леви-Чивита риманова многообразия $(M, g = \langle \cdot, \cdot \rangle)$. Тогда для f -структуры f имеем:

$$\nabla_X(f)Y = \nabla_X fY - f\nabla_X Y. \quad (2)$$

Тензор T типа $(2,1)$ на f -многообразии определён формулой [2]:

$$T(X, Y) = \frac{1}{4} f(\nabla_{fX}(f)fY - \nabla_{f^2X}(f)f^2Y), \quad X, Y \in \mathbf{B}(M) \quad (3)$$

называется *композиционным тензором*.

Приведём основные классы метрических f -структур, указав для них определяющие свойства ([2], [3]):

Kf	келерова f -структура:	$\nabla f = 0$;
Hf	эрмитова f -структура:	$T(X, Y) = 0$;
G₁f	f -структура класса G_1 :	$T(X, X) = 0$;
Kill f	киллингова f -структура:	$\nabla_X(f)X = 0$;

NKf приближённо келерова f -структура,
или **NK f** – структура:

$$\nabla_{fX}(f) fX = 0$$

Приведём отношения включения между классами метрических f -структур:

$$Kf = Hf \cap QKf; \quad Kf \subset Hf \subset G_1f; \quad Kf \subset \text{Kill } f \subset NKf \subset G_1f.$$

Группа Ли G называется *нильпотентной* если существует такая последовательность $G = G_n \supset G_{n-1} \supset \dots \supset G_0 = \{e\}$ нормальных делителей G , что G_{k+1}/G_k лежит в центре G/G_k . Если G – нильпотентная группа, то все её подгруппы и фактор-группы также нильпотентны. Существование такой последовательности эквивалентно существованию в алгебре Ли L группы Ли G последовательности идеалов (*убывающий* или *нижний центральный ряд*):

$$L^0 = L, \quad L^1 = [L, L], \quad L^2 = [L, L^1], \quad \dots, \quad L^i = [L, L^{i-1}]$$

таких, что $L^n = 0$ при некотором n . Наименьшее такое n называется *индексом нильпотентности*.

Пусть $(G/H, g)$ – однородное редуktивное пространство группы Ли G с инвариантной римановой метрикой $g = \langle \cdot, \cdot \rangle$ на G/H , $\mathfrak{g} = \mathfrak{h} \oplus \mathfrak{m}$ – редуktивное разложение алгебры Ли \mathfrak{g} . Тогда связность Леви-Чивита ∇ на римановом многообразии $(G/H, g)$ определяется формулой [4, с. 187]:

$$\nabla_X Y = \frac{1}{2} [X, Y]_{\mathfrak{m}} + U(X, Y), \quad (4)$$

где $U(X, Y)$ – симметрическое билинейное отображение из $\mathfrak{m} \times \mathfrak{m}$ в \mathfrak{m} , определённое формулой:

$$2\langle U(X, Y), Z \rangle = \langle X, [Z, Y]_{\mathfrak{m}} \rangle + \langle [Z, X]_{\mathfrak{m}}, Y \rangle, \quad \forall X, Y, Z \in \mathfrak{m}. \quad (5)$$

Пусть G – связная нильпотентная группа Ли индекса 2, \mathfrak{g} – алгебра Ли группы Ли G , $Z(\mathfrak{g})$ – центр алгебры Ли \mathfrak{g} , $g = \langle \cdot, \cdot \rangle$ – стандартная евклидова метрика на \mathfrak{g} . Рассмотрим симметрическое билинейное отображение

$$U(X, Y): \mathfrak{g} \times \mathfrak{g} \rightarrow \mathfrak{g} \text{ удовлетворяющее условию (5).}$$

Лемма 1. Для любых $X, Y \in \mathfrak{g}$ $U(X, Y) \perp Z(\mathfrak{g})$ и $U(X, Y) = 0$ при $X, Y \in Z(\mathfrak{g})$.

Утверждение леммы непосредственно следует из формулы (5).

Лемма 2. Для любых $X, Y \in Z(\mathfrak{g})^\perp$ отображение $U(X, Y)$, равно нулю.

Доказательство. Очевидно, для любых $X, Y \in Z(\mathfrak{h})^\perp$ и любого $Z \in \mathfrak{h}$ имеет место равенство: $\langle X, [Z, Y] \rangle = \langle [Z, X], Y \rangle = 0$. В силу формулы (5) по-

лучим $\langle U(X, Y), Z \rangle = 0$. Таким образом, вектор $U(X, Y)$ ортогонален любому вектору алгебры \mathfrak{h} , а значит $U(X, Y) = 0$. Лемма доказана.

Пусть f – левоинвариантная метрическая f -структура на группе Ли G .

Лемма 3. Пусть $Z(\mathfrak{g}) \subset \text{Ker } f$. Тогда $U(f(X), f(Y)) = 0$ для любых $X, Y \in \mathfrak{g}$.

Доказательство леммы следует из леммы 3.2 и того, что образ f -структуры ортогонален ядру.

Лемма 4. Пусть $\text{Im } f \subset Z(\mathfrak{g})$. Тогда $[X, fY] = [fX, Y] = f(U(X, Y)) = 0$, для любых $X, Y \in \mathfrak{g}$.

Доказательство. Из того, что $\text{Im } f \subset Z(\mathfrak{g})$ следует $fX, fY \in Z(\mathfrak{g})$ и $[fX, Y] = [X, fY] = 0$. Как упоминалось выше, $U(X, Y) \perp Z(\mathfrak{g})$ и поэтому $U(X, Y) \subset \text{Ker } f$. Лемма доказана.

Доказательство следующей теоремы опирается на леммы 1–4.

Теорема 1. Пусть левоинвариантная метрическая f -структура на нильпотентной группе Ли G индекса два удовлетворяет одному из условий:

(i) $Z(\mathfrak{g}) \subset \text{Ker } f$;

(ii) $\text{Im } f \subset Z(\mathfrak{g})$;

Тогда f является эрмитовой, но не является келеровой f -структурой. При выполнении условия (ii) f является приближённо келеровой f -структурой.

В работе [5] рассматриваются канонические f -структуры на обобщённой 6-мерной группе Гейзенберга (подробно о канонических структурах смотри в [3]). Это нильпотентная группа Ли индекса два. Доказывается, что базовые f -структуры

$$f_1 : (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \rightarrow (-x_4, -x_3, x_2, x_1, 0, 0)$$

$$\text{и } f_2 : (x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6) \rightarrow (0, 0, 0, 0, -x_6, x_5)$$

где x_i – базис алгебры Ли \mathfrak{g} обобщённой 6-мерной группы Гейзенберга, являются эрмитовыми. Причём f -структура f_2 является приближённо келеровой f -структурой. Не вдаваясь в подробности данной тематики отметим, что центр алгебры Ли \mathfrak{g} натянут на базисные векторы x_5 и x_6 . Исходя из того как заданы f -структуры f_1 и f_2 можно заключить: $Z(\mathfrak{g}) = \text{Ker } f_1$ и $\text{Im } f_2 = Z(\mathfrak{g})$. На основании теоремы 1 не проводя иных вычислений, можем сделать вывод о принадлежности f -структуры f_1 классу эрмитовых f -структур, а для f -структуры f_2 к классу эрмитовых и приближённо келеровых f -структур. Более того – из теоремы 6 следует, что данные структуры не являются келеровыми f -структурами.

В качестве второго примера рассмотрим обобщённую $2n+1$ -мерную группу Гейзенберга. Это нильпотентная группа Ли индекса два состоящая из матриц вида:

$$\begin{pmatrix} 1 & a_n & c \\ 0 & E_n & b_n \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

где E_n – единичная матрица, $a_n = (a_1, \dots, a_n)$, $b_n = (b_1, \dots, b_n)^T$ и $a_i, b_i \in \mathbb{R}$.

Алгебра Ли \mathfrak{h} данной группы может быть реализована как $2n+1$ -мерное векторное пространство над полем вещественных чисел с базисом $\{x_1, x_2, \dots, x_n, y_1, y_2, \dots, y_n, z\}$ и скобками Ли: $[x_i, y_i] = z$ для $i = \overline{1, n}$ (остальные скобки равны нулю). Очевидно, что центр $Z(\mathfrak{h})$ алгебры Ли \mathfrak{h} натянут на вектор z . Пусть φ – автоморфизм порядка k алгебры Ли \mathfrak{h} сохраняющий длины векторов и оставляющий на месте только 0 , а f – каноническая f -структура, построенная по автоморфизму φ . Легко показать, что центр алгебры \mathfrak{h} принадлежит ядру f -структуры f . Таким образом, имеет место

Теорема 2. *Любая каноническая f -структура на обобщённой $2n+1$ -мерной группе Гейзенберга является эрмитовой и не является келеровой f -структурой.*

Литература

1. Яно К., Кон М. CR-подмногообразия в келеровом и сасакиевом многообразиях. М., 1990. С. 192.
2. Кириченко В. Ф. Методы обобщённой эрмитовой геометрии в теории почти контактных многообразий // Итоги науки и техники. Проблемы геометрии. ВИНТИ АН СССР. 1986. Т.18. С. 25–71.
3. Балащенко В. В., Никонов Ю. Г., Радионов Е. Д., Славский В. В. Однородные пространства: теория и приложения. Ханты-Мансийск: Полиграфист, 2008. С. 280.
4. Кобаяси Ш., Номидзу К. Основы дифференциальной геометрии. Москва: Наука, 1981. Т. 2. С. 414.
5. Balashchenko V. V. Invariant structures on the 6-dimensional generalized Heisenberg group // Kragujevac Journal of Mathematics. 2011. Vol. 35. № 2. P. 209–222.

АППАРАТНОЕ УСКОРЕНИЕ ЦИФРОВОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

В. С. Зайцев

ВВЕДЕНИЕ

При автоматизированном проектировании цифровых ИС значительную часть времени занимает выполнение моделирования их HDL моделей. Это обусловлено тем, что для обеспечения достаточной полноты контроля необходимо проверить их поведение на большом числе тестов.

Во многих случаях выполнить это за разумное время без использования специальных программно-аппаратных систем [1] практически не возможно. Ниже описывается результат разработки такой системы.

ПРЕДПОСЫЛКИ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗРАБОТКИ

Время, затрачиваемое на обработку теста в программной среде моделирования, всегда значительно больше времени обработки этого же теста в готовой ИС. На этом основаны все попытки использования в системах моделирования различных прототипов ИС. Такие системы обычно включают специальный процессор, эмулирующий поведение создаваемой микросхемы, и дополнительное ПО для его использования.

Дальнейшим развитием этой идеи стало применение в них вместо спецпроцессора ПЛИС прототипа. Синтез такого прототипа ИС при наличии ее HDL модели не является на данный момент проблемой. А вот систем верификации для работы ПЛИС макета совместно с уже имеющимся тестовым окружением HDL модели на данный момент не так уж и много. Примерами таких решений являются системы, предлагаемые фирмами Altera и Synopsys. Вариант, предлагаемый фирмой Altera [1] включает ПО для моделирования HDL моделей (Riviera-PRO), ПО для прошивки прототипа (Active-HDL), и специальную плату (например, ALDEC HES5) с каналом ее подключения к компьютеру. Аналогичный набор предлагает и фирма Synopsys: плату для прототипирования (Synopsys HAPS) и ПО для прошивки FPGA и моделирования (Synopsys Virtualizer) [2]. Основным недостатком этих решений является то, что их стоимость даже без учета стоимости соответствующей лицензии составляет около 800 000\$. Это не позволяет использовать их при проектировании небольших, но требующих тщательной отладки ИС.

ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ РЕАЛИЗАЦИИ

Аппаратно-программная система моделирования должна помимо ускорения обработки обеспечивать интерактивный режим работы, иными словами, моделирование должно проходить в стандартной среде верификации без отличий в процессах запуска и обработки тестов с аппаратным ПЛИС эмулятором от программной обработки HDL описания.

В стандартной среде программного моделирования имитируется параллельный характер обработки информации, присущий аппаратуре. Это означает, что при каждом переключении синхросигнала последовательно обрабатывают все активные в данный момент времени операторы HDL описания и обработка на данном такте считается завершённой лишь после обработки всех таких операторов. Понятно, что при таком подходе модельное время одного такта обработки всегда больше его реального значения в аппаратуре и зависит от общего числа элементов в ИС, структуры их соединения, стиля и языка описания модели. Узким местом реализации в такой системе интерактивного режима отслеживания обработки является производительность компьютера. При использовании же ПЛИС прототипа модельное и реальное время обработки одного такта могут совпадать. Однако, для использования этой возможности необходимо решение задачи быстрой пересылки данных, включающей выбор типа адаптера, и формата передаваемых через него сообщений.

ОПИСАНИЕ НАЙДЕННОГО РЕШЕНИЯ

При создании описываемой системы моделирования была выбрана стандартная среда моделирования, поддерживающая язык SystemC [3], доступная по цене плата для прототипирования, адаптер одного из возможных интерфейсов, для подключения FPGA платы к компьютеру [4].

Для выполнения моделирования в ПЛИС макете ИС размещаются следующие компоненты: модуль верхнего уровня, включающий приёмник, передатчик; блок основной схемы – блок формирования общего сброса, блок формирования общего синхросигнала, блок формирования управляемого синхросигнала, драйвер, монитор, кодер, декодер (рис. 1).

Алгоритм работы основного блока включает:

1. установку начального значения на входах аппаратного эмулятора (реализуется вызовом соответствующей функции);
2. ожидание изменения активных сигналов (синхросигналов или сигналов данных, активизирующих асинхронную обработку);

3. при изменении активного сигнала (сигналов) запоминание состояния всех входов и фиксация активного сигнала (сигналов);
4. вызов функции, которая посылает команды и данные ПЛИС эмулятору, т.е. отсылает состояние входов, вид события и ожидает ответ;
5. приём данных от эмулятора о новом состоянии всех выходов и внутренних сигналов, после чего они назначаются соответствующим выходам и внутренним сигналам модели;
6. переход к ожиданию следующего события (возврат на пункт 2).

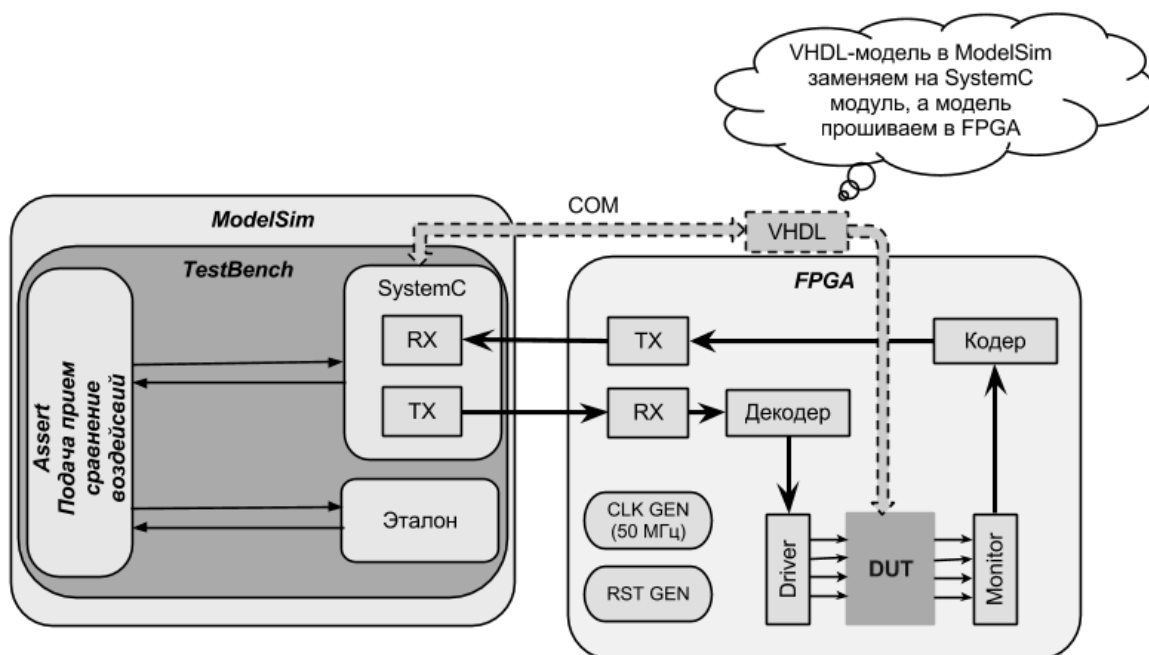


Рис. 1. Структурная схема системы аппаратного ускорения моделирования

Таким образом, пересылка данных между ПЛИС макетом и основным персональным компьютером идет в форме обмена сообщениями: запрос-ответ. Так как от формата сообщений существенно зависит трафик общения, для оптимизации этого узкого места в созданной системе были использованы сообщения разной длины, которые помимо данных содержат дополнительные поля для описания события: EventSync, Events, AsyncPortData, SyncPortData (рис. 2).

Длина входного сообщения определяется состоянием флага EventSync. Если этот флаг равен 0, то выполняется событие без изменения синхронных данных относительно предыдущего события. В этом случае поле SyncPortData будет отсутствовать. Если флаг EventSync равен 1, то имеет место событие с предварительным изменением синхронных данных. Размер следующего поля Events определяется по формуле $\log_2(N+M)$, где N – число синхросигналов, M – число асинхронных сигналов. Первыми записываются синхросигналы, затем асинхронные сигналы. Также в полях фиксируется ClockNumber (число синхросигналов),

AsyncPortNumber (число асинхронных сигналов), AsyncPortFirstNumber (порядковый номер первого асинхронного сигнала). Если событие вызвано изменением только одного вывода, то синхросигналы и асинхронные сигналы не нумеруются, а передается номер соответствующего сигнала. Третье поле AsyncPortData принимает значение активного асинхронного сигнала и игнорируется при событии на синхросигнале. Четвертое поле SyncPortData принимает значения синхронных сигналов. Его ширина (SyncPortDataWidth) равна числу цифровых синхронных сигналов.

EventSync	Events	AsyncPortData	SyncPortData
0	$\log_2(\text{ClockNumber} + \text{AsyncPortNumber})$	0/1	SyncPortDataWidth-1:0
1	$\log_2(\text{ClockNumber} + \text{AsyncPortNumber})$	0/1	–

Рис. 2. Формат входного сообщения

Выходное сообщение состоит из двух полей: Outputs, его ширина равна числу выходов, и InternalSignals, его ширина равна числу внутренних сигналов, выводимых на временные диаграммы.

ВЫВОДЫ

В рамках описываемого исследования был разработан SystemC модуль, содержащий C++ функции отправки, ожидания и считывания данных через com-порт. На базе микросхемы MAX3232 была реализована схема адаптера для подключения FPGA платы к компьютеру. Создан VHDL модуль для прошивки в FPGA, обеспечивающий прием и передачу данных между платой и компьютером через com-порт. Разработан описанный выше формат обмена сообщениями. Опробование разработанной системы моделирования проводилось в среде QuestaSim версии 10.1. Для компиляции SystemC модуля использовалось средство gcc-4.2.1. Разработанные функции модуля работают в среде Windows.

Литература

1. Aldec [Электронный ресурс]. Электронные данные. Режим доступа: <http://www.aldec.com/en/>.
2. Synopsys [Электронный ресурс]. Электронные данные. Режим доступа: <http://www.synopsys.com/SYSTEMS/FPGABASEDPROTOTYPING/Pages/HAPS.aspx>.
3. Black D. C. and Donovan J., "SYSTEMC: FROM THE GROUND UP" Kluwer Academic Publishers, Boston, 2004.
4. Зайцев В. С. Аппаратное ускорение цифрового моделирования / В.С. Зайцев, В.Я. Степанец // Информационные технологии и системы 2012 (ИТС-2012): материа-

СВОБОДНЫЕ КОЛЕБАНИЯ СЖАТОЙ ДВУХПРОЛЕТНОЙ БАЛКИ В СЛУЧАЕ СМЕЩЕНИЯ ВНУТРЕННЕЙ УПРУГОЙ ОПОРЫ

В. А. Кельин

В процессе строительства мостов опоры могут быть выставлены со смещением. Важно уметь оценивать последствия таких ошибок. В [1] было исследовано влияние смещения внутренней упругой опоры двухпролетной балки (см. рис. 1.) на потерю устойчивости, оно приводит к *локализации* прогиба – вертикальные перемещения балки сосредотачиваются в одном из ее пролетов. Представляет интерес выяснить, как влияет смещение внутренней опоры на свободные колебания балки.

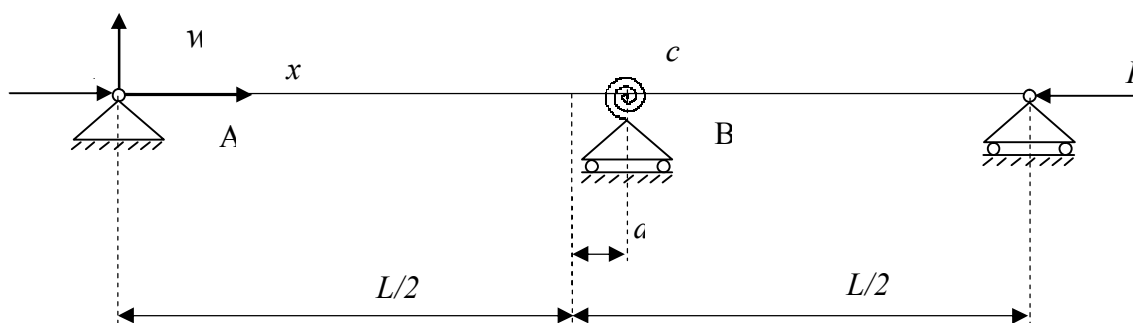


Рис. 1. Схема нагружения балки

Целью работы явилось определение формы свободных колебаний двухпролетной балки в зависимости от величины сжимающей силы и смещения внутренней упругой опоры, а так же качественный анализ полученной зависимости.

В рамках классической механики было получено аналитическое решение для колебаний балки, численными методами определены собственные частоты в зависимости от безразмерного смещения опоры $\delta = d / L$. Формы колебаний для некоторых значений параметра δ приведены на рис. 2.

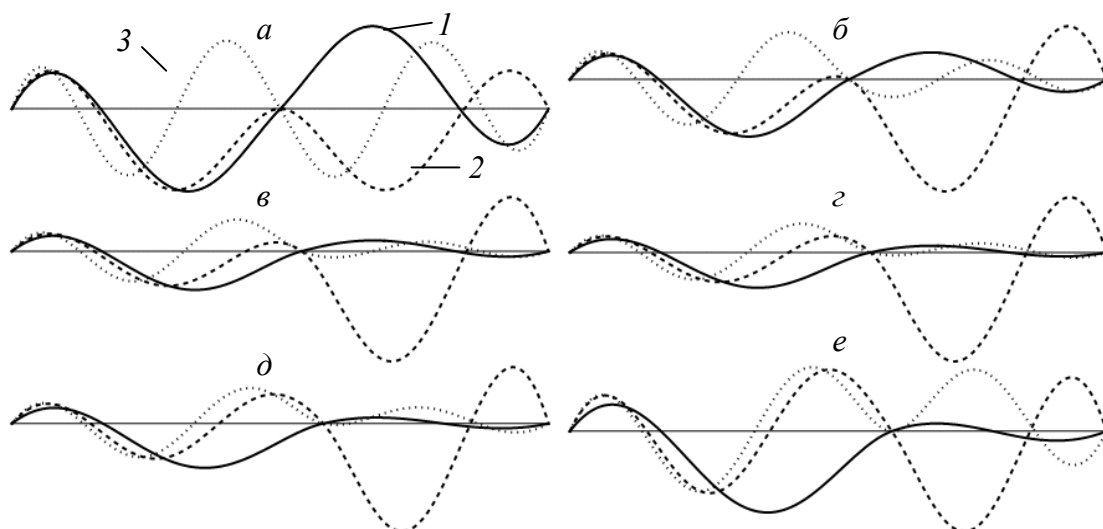


Рис. 2. Форма колебаний в зависимости от безразмерного смещения
 $a - \delta = 0.00$, $b - \delta = 0.02$, $в - \delta = 0.04$, $г - \delta = 0.06$, $д - \delta = 0.08$, $е - \delta = 0.10$;
 1 – первая мода колебаний, 2 – вторая, 3 – третья

Из полученных результатов следует, что с ростом δ локализация каждой моды колебаний становится более выраженной, наиболее отчетлива при $\delta=0.06$, и становится менее выраженной при дальнейшем росте δ .

Аналогичные расчеты проведены для зависимости форм колебаний от безразмерной сжимающей силы λ , не превосходящей критической силы λ_1 , при которой происходит потеря устойчивости. Результаты для некоторых значений λ приведены на рис. 3.

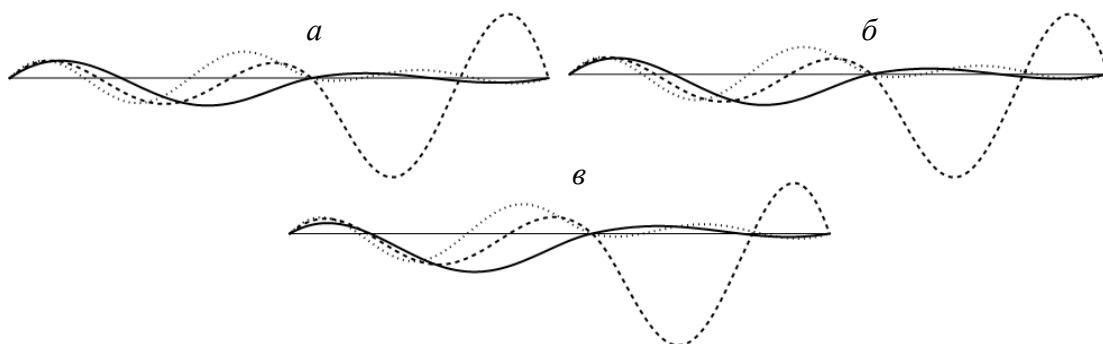


Рис. 3. Форма колебаний в зависимости от безразмерной сжимающей силы
 $a - \lambda = 0.33 \lambda_1$, $б - \lambda = 0.66 \lambda_1$, $в - \lambda = 0.99 \lambda_1$;
 моды колебаний обозначены аналогично Рис. 2

Анализируя полученные данные можно сделать вывод что сжимающая сила влияет на форму колебаний не существенно.

Литература

1. Zingales U., Elishakoff I., 2000. Localization of the bending response in presence of axial load, International Journal of Solids and Structures.

РАЗРАБОТКА МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ И ИССЛЕДОВАНИЕ ЕГО ПАРАМЕТРОВ

П. С. Романовский

ВВЕДЕНИЕ

Беспроводные технологии быстро становятся общепринятым стандартом, который оказывает всестороннее влияние на нашу жизнь. К настоящему времени люди уже привыкли к таким устройствам, как GPS-навигаторы, мобильные телефоны, беспроводные модемы и многие другие. Неотъемлемая часть любого устройства с беспроводной связью – приемник сигналов. Упрощенная блок-схема высокочастотного (ВЧ) приемника приведена на рисунке 1.

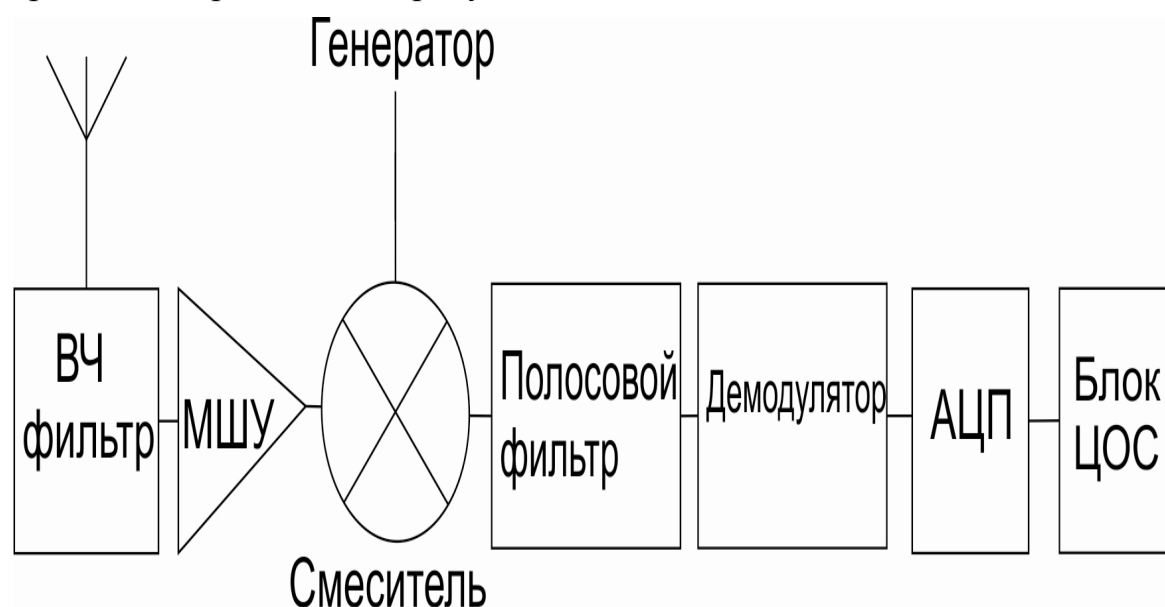


Рис.1. Упрощенная блок-схема ВЧ-приемника

Одним из блоков ВЧ-приемника является малошумящий усилитель (МШУ). Задачей МШУ является предварительное усиление сигнала, поступающего на антенну приемника, до величины, необходимой для дальнейшей его обработки, с минимальным внесением в сигнал искажений и шумов [1, с. 166–170].

В данной работе описан процесс разработки малошумящего усилителя на МОП-транзисторах, изготовленных по технологии SMIC 0.18 мкм. Разрабатываемое устройство является частью GPS-приемника, который работает в диапазоне частот 1550–1610 МГц. В данной полосе частот коэффициент усиления по мощности МШУ больше 20 дБ, коэф-

коэффициент шума меньше 1 дБ. Потребляемая мощность усилителя менее 4 мВт.

ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ МАЛОШУМЯЩЕГО УСИЛИТЕЛЯ

К основным параметрам МШУ относятся:

- коэффициент усиления;
- коэффициент шума;
- параметры, определяющие линейность преобразования:
 - точка компрессии по входу МШУ;
 - точка интермодуляции третьего порядка;
- ток потребления.

Коэффициент шума характеризует уровень искажений случайного характера, вносимых в сигнал при его прохождении через приемный тракт. Согласно формуле Фриза (1), приведенной в работе [2, с.40–41], коэффициент шума всего приемного тракта определяется в первую очередь коэффициентом шума первого каскада, то есть малошумящего усилителя.

$$F_{\text{total}} = F_1 + \frac{F_2 - 1}{G_1} + \frac{F_3 - 1}{G_1 G_2} + \frac{F_4 - 1}{G_1 G_2 G_3} + \dots \quad (1)$$

где F_{total} – коэффициент шума приемного тракта, F_i – коэффициент шума i -го каскада ($i=1,2,\dots$), G_i – коэффициент усиления по мощности i -го каскада.

Из формулы (1) следуют два важных требования к МШУ – низкий коэффициент шума и высокий коэффициент усиления по мощности.

В работе [3, с. 5–7] выведена формула (2), из которой следует, что для повышения линейности преобразования сигнала необходимо уменьшать коэффициент усиления по мощности малошумящего усилителя.

$$\frac{1}{\text{ПРЗ}} = \frac{1}{\text{ПРЗ}_1} + \frac{G_1}{\text{ПРЗ}_2} + \frac{G_1 G_2}{\text{ПРЗ}_3} + \dots \quad (2)$$

Где ПРЗ – точка интермодуляции по входу блока приемника, G_i – коэффициент усиления по мощности i -го каскада.

В формуле (2) ПРЗ и G_i выражены в разгах, а не в децибелах.

Таким образом, при разработке МШУ возникает ряд противоречий:

1. Для увеличения коэффициента усиления необходимо увеличивать ток стока активного транзистора, что приводит к увеличению тока потребления устройства.

резонансная частота контура совпадала с центральной частотой данного диапазона. Согласование выходного импеданса МШУ с сопротивлением нагрузки выполнено с использованием простейшей цепи согласования, называемой Г-цепью (элементы L4, C3).

В усилительном каскаде резистор, последовательно подключенный к катушке индуктивности (элемент R3), имитирует сопротивление реальной катушки индуктивности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе выполнения работы, была разработана электрическая схема малошумящего усилителя на Si МОП-технологии SMIC 0.18 мкм. Сравнение параметров полученного малошумящего усилителя и МШУ, представленного в работе [5] приведено в таблице.

Таблица

Сравнение параметров разработанного малошумящего усилителя

Параметр \ Схема	В данной работе	В работе [5]
Коэффициент усиления мощности	$G_p=21$ дБ	$G_p=20$ дБ
Коэффициент шума	$NF<0.9$ дБ	$NF<1.5$ дБ
Ток потребления	$I_{sup}=3.5$ мА	$I_{sup}=7.2$ мА
Входной импеданс	$R_{in}=50 \Omega$	$R_{in}=50 \Omega$
Выходной импеданс	$R_{out}=50 \Omega$	$R_{out}=50 \Omega$
Диапазон частот	$1550 \text{ МГц} < f < 1610 \text{ МГц}$	$1550 \text{ МГц} < f < 1610 \text{ МГц}$
КСВН по входу МШУ	$VSWR_{in}<1.2$	$VSWR_{in}<1.5$
КСВН по выходу МШУ	$VSWR_{out}<1.4$	$VSWR_{out}<1.5$
Точка компрессии по входу МШУ	$CP_{1dB}>-24$ дБмВт	$CP_{1dB}>-28$ дБмВт
Точка интермодуляции третьего порядка	$IP3>-14$ дБмВт	$IP3>-18$ дБмВт

Литература

1. *Behzad Razavi*, «RF Microelectronics», Prentice Hall, NJ, 1998.
2. *Matt Loy*, «Understanding RF», Texas Instruments Incorporated, 1999.
3. *Yoo H. J.*, «Basic Concepts in RF Design», Information and Communications University Press, 2000.
4. *Edgar Sanchez-Sinencio*, «Low Noise Amplifier», TAMU, 2010.
5. Интернет-адрес:
<http://ntlab.com/IPCatalog/AnalogMixedsignalIP/ByCategory/LNA/tabid/169/Default.aspx>.

ОБТЕКАНИЕ ПЛАСТИНЫ, ПОМЕЩЕННОЙ В ПЛОСКИЙ КАНАЛ

М. О. Рудой

Рассматривается плоская задача обтекания стационарным потоком вязкой несжимаемой жидкостью бесконечной пластинки $y=0$, $x>0$, расположенной между плоскостями $y=\pm h$, $-\infty < x < \infty$ с заданным постоянным расходом $2Q$.

В безразмерных переменных с учетом симметрии течения задача имеет следующий вид [1, с. 107–109]:

$$\begin{cases} R\left(\frac{\partial u(x,y)}{\partial x} + \frac{\partial p(x,y)}{\partial x}\right) = \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u(x,y)}{\partial y^2} \\ R\frac{\partial p(x,y)}{\partial x} = \frac{\partial^2 v(x,y)}{\partial y^2} \\ \frac{\partial u(x,y)}{\partial x} + \frac{\partial v(x,y)}{\partial y} = 0 \end{cases}, \quad (1)$$

где $R=Q/\nu$, Q – заданный расход, ν – коэффициент вязкости жидкости, $u(x,y)$ и $v(x,y)$ – проекции скорости вектора жидкости на оси x и y соответственно, $p(x,y)$ – давление.

Рассматриваются следующие граничные условия:

$$\begin{cases} y=0: x>0: u(x,0)=v(x,0)=0; x<0: \frac{\partial u(x,0)}{\partial y}=0, v(x,0)=0 \\ y=1: -\infty < x < \infty: \int_0^1 u(x,y) dy=1, u(x,1)=v(x,1)=0 \end{cases}, \quad (2)$$

После замены

$$u(x,y)=u_1(x,y)+\frac{3}{2}(1-y^2), \quad p(x,y)=p_1(x,y)-3x$$

и введения неизвестной функции

$$\varphi(x)=\begin{cases} \frac{\partial u_1(x,0)}{\partial y}, & x>0 \\ 0, & x<0 \end{cases}, \quad (3)$$

применим к уравнениям (1) и граничным условиям (2) двустороннее преобразование Лапласа по x .

Решая полученную задачу для изображения

$$\overline{u_1}(s,y)=\int_{-\infty}^{\infty} u_1(x,y)e^{-sx} ds$$

Получим

$$\bar{u}_1(s,y) = \frac{\bar{\varphi}(s)}{z(\sin z - z \cos z)} (\cos z(y-1) - z \sin z(y-1) + \cos z - 1 - \cos zy) = \bar{\varphi}(s) \bar{u}_2(s,y), \quad (4)$$

где $z^2 = 2s^2 - Rs$.

Т.к. $u_1(x,0) = -3/2$, $x > 0$, то с учетом условия (3) для неизвестной функции $\bar{\varphi}(s)$ получим парные интегральные уравнения

$$\begin{cases} \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} \bar{u}_2(s,0) \bar{\varphi}(s) e^{sx} ds = -\frac{3}{2}, & x > 0, \\ \frac{1}{2\pi i} \int_{\gamma-i\infty}^{\gamma+i\infty} \bar{\varphi}(s) e^{sx} ds = 0, & x < 0 \end{cases}, \quad (5)-(6)$$

Число $\gamma > 0$ должно быть меньше действительной части любой особой точки функции $\bar{u}_1(s,0)$, лежащей в полуплоскости $\text{Res} > 0$. Функция $\bar{u}_2(s,0)$ – четная мероморфная функция z порядка единицы и ее разложение в бесконечное произведение имеет вид [2, с. 287–289]:

$$\bar{u}_2(s,0) = \frac{1}{4} \prod_{-\infty}^{\infty} \frac{(1-s/s_k)}{(1-s/a_k)}, \quad (7)$$

где s_k – нули, a_k – полюсы функции $\bar{u}_2(s,0)$.

Функцию $\bar{\varphi}(s)$ будем искать среди мероморфных функций, представимых бесконечным произведением аналогичного вида. Из теоремы Коши о вычетах и из уравнения (6) следует, что $\bar{\varphi}(s)$ не имеет положительных полюсов. Аналогично, из (5) следует, что $s=0$ – полюс произведения $\bar{\varphi}(s) \times \bar{u}_2(s,0)$ с вычетом, равным $-3/2$, и что это произведение не имеет отрицательных полюсов.

Следовательно, для $\bar{\varphi}(s)$ получим следующее выражение:

$$\bar{\varphi}(s) = -\frac{6}{s} \prod_{-\infty}^{\infty} \frac{(1-s/a_k)}{(1-s/s_k)}, \quad (8)$$

После подстановки функции (8) в (4) и применения обратного преобразования Лапласа найдется функция $u_1(x,y)$, что и завершает решение задачи.

Литература

1. Савчук В. П. Вестн. Белорус. ун-та., сер.1, №3, 75. 1975.
2. Маркушевич А. И. Теория аналитических функций, том 2. 1968. С. 287–289.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯЗЫКА VHDL ДЛЯ ПОДГОТОВКИ МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Е. В. Устилко

ВВЕДЕНИЕ

Проблема создания устройств, обладающих подобием человеческого разума, интересовала человека давно. Постепенно на основе выполненных исследований сложилось научное направление – искусственный интеллект, занимающееся построением систем для моделирования видов деятельности, традиционно считающихся интеллектуальными.

Сегодня на основе достижений в области искусственного интеллекта уже создано большое число изделий, которые широко применяются в различных областях жизнедеятельности человека. Иными словами, работы в этой области перешли из разряда теоретических исследований в практическую плоскость. Это делает особо актуальным создание средств, облегчающих выполнение работ в этом направлении.

НАПРАВЛЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В создании устройств искусственного интеллекта можно выделить два основных направления: прагматическое и бионическое [1].

В первом направлении (кибернетика «черного ящика») не имеет значения, какова конструкция создаваемой системы. Если она на заданные входные воздействия реагирует подобно человеку, ее независимо от способа получения такого результата считают интеллектуальной.

Напротив, бионическое направление (нейрокибернетика) основано на допущении, что, если в искусственной системе воспроизвести структуру и поведение составных частей человеческого мозга, то и результаты решения задач будут подобны результатам, получаемым человеком. К этому направлению в первую очередь относятся работы по созданию искусственных нейронных сетей [2], которые строятся по принципам организации и функционирования их биологических аналогов [3]. В этом направлении и выполнялась описываемая работа.

В соответствии с ранее сказанным искусственная нейронная сеть по аналогии с ее биологическим аналогом представляет собой множество элементов, имитирующих поведение нейронов, работающих параллельно, связанных тем или иным способом и взаимодействующих между собой и окружающей средой, принимая и посылая сигналы.

Такие сети обладают рядом преимуществ по сравнению с традиционными вычислительными системами:

- параллелизм обработки информации;
- способность к обобщению и обучению;
- устойчивость к шумам во входных данных;
- универсальный механизм решения задачи (нейросеть с одной и той же структурой способна решать различные задачи);
- надежность функционирования (выход из строя ограниченного числа нейронов или обрыв некоторых связей не сказываются критическим образом на качестве работы всей сети);
- способность решать трудно формализуемые задачи.

Несмотря на то, что функция отдельного нейрона обычно довольно проста, они (нейроны), будучи соединенными в сеть, способны выполнять сложные задачи. Число нейронов в сети и структура их соединения существенно зависят от сложности решаемой задачи и требуемой точности. В настоящее время нейронные сети применяются при распознавании и классификации образов [4], принятии решений и управлении, кластеризации, прогнозировании, аппроксимации, сжатии данных и т.д.

Как и в природе, поведение нейронной сети в значительной степени определяется связями между элементами и их свойствами. Регулируя значения коэффициентов связей (синаптических весов), можно обучать искусственную нейронную сеть решению конкретной задачи. Таким образом, хотя возможности таких сетей на данный момент еще малы по сравнению с возможностями человеческого мозга, в них удается воспроизвести его важную функцию – способность к обучению и обобщению.

По способу обучения нейросети делятся на сети, использующие обучение с учителем, и сети, использующие обучение без учителя [5]. Обучение с учителем – это форма обучения, при которой сети предъявляются и входные, и ожидаемые выходные сигналы. В процессе такого обучения необходимо так изменить параметры нейросети, чтобы суммарное значение функции ошибок нейронных элементов достигло минимума. При втором подходе обучающее множество состоит лишь из входных векторов. Алгоритм обучения подстраивает веса связей так, чтобы предъявление достаточно близких входных векторов давало одинаковые выходы. Такие сети называются самоорганизующимися.

Существуют два основных варианта практической реализации нейронных сетей: программная, выполняемая на универсальном компьютере, и аппаратная, когда сеть создается в виде аппаратного устройства.

До последнего времени большинство разработок нейронных сетей выполнялось программным путем. При такой их реализации обычно используются языки последовательного типа: C++, Java и др. [6]. Такое

решение в первую очередь обеспечивает гибкую среду для поиска и проверки исследовательских идей. Несмотря на последовательный характер обработки информации в такой нейронной сети для многих практических приложений такое решение также оказывается и вполне адекватным, и достаточно эффективным с точки зрения временных затрат.

Однако важнейшей отличительной особенностью биологической нейронной сети является то, что нейроны в ней функционируют параллельно, чем и обеспечивается высокая скорость решения. Поэтому для создания программной модели, описывающей процесс обработки информации в нейронной сети, более правильно использовать языки, ориентированные на описание параллельного выполнения обработки данных. А использование языков (VHDL, Verilog [7]), не устраняя возможности оперативного поиска и проверки исследовательских идей и алгоритмических решений, позволяет на заключительной стадии разработки выполнить автоматический (полуавтоматический) синтез специализированного аппаратного устройства – аппаратной реализации нейронной сети [8].

При необходимости выполнения достаточно сложных задач такое решение может быть единственно возможным для практического использования. Ниже описывается опыт использования языка VHDL.

ОПИСАНИЕ VHDL МОДЕЛИ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Для подготовки VHDL модели нейронной сети был использован структурный стиль описания, при котором весь процесс обработки предстает в виде совокупности параллельно работающих компонентов (подсистем), объединенных друг с другом сигналами. Компоненты можно вкладывать друг в друга, образуя иерархически организованную сеть.

В качестве минимальной структурной единицы обработки информации (компонента) в разработанной VHDL модели нейронной сети было выбрано описание поведения нейрона. Структурный характер описания позволяет легко заменять модель поведения входящих в сеть нейронов.

Так как функционирование отдельного нейрона осуществляется параллельно с другими нейронами и состоит в формировании нового значения выходного сигнала (выходных сигналов) при изменении хотя бы одного из входных сигналов, для описания его поведения был использован параллельный оператор **process** языка VHDL, список чувствительности которого включает не только входные сигналы, но и их весовые коэффициенты. Тем самым обеспечена возможность настройки поведения нейрона в ходе обучения сети.

Для описания регулярной системы связей между нейронами был использован параллельный оператор языка VHDL **generate**.

С целью опробования различных вариантов нейронных сетей при подготовке VHDL модели был использован параметрический характер описания. Таким образом, при подготовке VHDL текста модели была обеспечена простота изменения как структуры разрабатываемой нейронной сети, так и включения в нее нейронов с разными активационными функциями и разным количеством входных и выходных сигналов.

Описание структуры нейронной сети, оформленное в виде сложного компонента, дополнено в модели компонентом, содержащим описание алгоритма обучения сети в виде оператора **process**.

Декларации сигналов сети, весовых матриц, различных функций активации нейронов и алгоритмов обучения вынесены в пакет.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная VHDL модель была опробована и показала высокую эффективность при различных вариантах структуры нейронной сети и обучении путем обратного распространения ошибки. Так как нейронная сеть является одним из вариантов аппаратно-программной системы обработки информации, дальнейшие исследования будут направлены на реализацию полного цикла ее создания [9, 10]: описание поведения на языке C++, его преобразование в описание на языке SystemC [11], переход к использованию языка VHDL, синтез сети и ее зашивка в соответствующую ПЛИС или реализация в заказном исполнении.

Литература

1. Интернет-адрес: <http://www.aiportal.ru/articles/other/direction-researches.html>.
2. Головки В. А. Нейронные сети: обучение, организация и применение. Кн. 4: Учеб. пособие для вузов / Общая ред. А. И. Галушкина. М., 2001.
3. Интернет-адрес: http://alife.narod.ru/lectures/neural/Neu_ch03.htm.
4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание / Пер. с англ. М., 2006.
5. Круглов В. В., Борисов В. В. Искусственные нейронные сети. Теория и практика. М., 2002.
6. Интернет-адрес: <http://www.orc.ru/~stasson/neurox.html>.
7. Поляков А. К. Языки VHDL и VERILOG в проектировании цифровой аппаратуры. М., 2003.
8. Бибило П. Н. Синтез логических схем с использованием языка VHDL. М., 2002.
9. Казённов Г. Г. Основы проектирования интегральных схем и систем. М., 2005.
10. Степанец В. Я., Воцезов А. А. Средства для описания, моделирования и синтеза управляющих и вычислительных систем // Математическое моделирование и дифференциальные уравнения (ММДУ): Тез. докл. II Междунар. конф., Мн., 2009. С. 77–79.
11. Black D. C., Donovan J. SystemC: from the ground up. Boston, 2004.

ИССЛЕДОВАНИЕ СОБСТВЕННЫХ КОЛЕБАНИЙ ДВУСТЕННОЙ УГЛЕРОДНОЙ НАНОТРУБКИ, ОСНОВАННОЕ НА НЕЛОКАЛЬНОЙ ТЕОРИИ ОРТОТРОПНЫХ ОБОЛОЧЕК

А. Н. Шейко

ВВЕДЕНИЕ

В данной работе проводится анализ собственных частот колебаний двустенной углеродной нанотрубки (ДУНТ), находящейся в упругой среде. ДУНТ моделируется системой вложенных ортотропных цилиндрических оболочек. В качестве исходных уравнений, описывающих движение двустенной нанотрубки, приняты уравнения типа Флюгге [1]. Данная модель учитывает начальные напряжения, возникающие под действием внешних сил и окружающей упругой среды. Из-за неприменимости законов классической механики к наноразмерным структурам, при формулировке уравнений физического состояния используется не-локальная теория упругости Эрингена [2]. Указанная теория предполагает, что напряженное состояние в данной точке является функцией зависящей от деформаций в каждой точке тела. Теория упругости Эрингена включает в себя эффект масштаба и дальнего атомного взаимодействия.

Поскольку нанотрубки часто используются в качестве наполнителей для новых композиционных материалов, важно изучить воздействие окружающей упругой среды на ее динамическое поведение. Далее, упругая среда будет моделироваться Винклеровским основанием.

При изучении движения ДУНТ нужно учитывать взаимное влияние слоев. Это влияние заключается в возникновении межатомных сил, между слоями ДУНТ, называемых силами Ван-дер-Ваальса.

Погрешность используемой здесь модели составляет величину порядка [3] $\sim \max_{j=1,2} \left\{ h_j / R_j^2, (e_0 a / R_1)^2 \right\}$, где $a \approx 0.14 \text{ nm}$ – характерный внутренний размер решетки, а R_1 – радиус вложенной трубки.

УРАВНЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ В ПЕРЕМЕЩЕНИЯХ

Для описания двустенной углеродной нанотрубки используем механическую систему, состоящую из двух концентрически вложенных цилиндрических оболочек. Введем ортогональную систему координат x и

φ , где x – осевая координата, а φ – угол. В качестве уравнений движения системы концентрически вложенных трубок используем уравнения типа Флюгге [1]:

$$\begin{aligned}
& \frac{\partial T_{j,1}}{\partial x} + \frac{\partial S_j}{\partial \varphi} + \frac{T_{j,2}^0}{R_j} \left(\frac{\partial^2 u_{j,1}}{\partial \varphi^2} - \frac{\partial u_{j,3}}{\partial x} \right) + \frac{T_{j,1}^0}{R_j} \frac{\partial^2 u_{j,1}}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial S_j^0}{R_j} \frac{\partial^2 u_{j,1}}{\partial x \partial \varphi} - \\
& - R_j \rho_j h_j \frac{\partial^2 u_{j,1}}{\partial t^2} = 0, \quad \frac{\partial T_{j,2}}{\partial \varphi} + \frac{\partial S_j}{\partial x} - \frac{1}{R_j} \frac{M_{j,2}}{\partial \varphi} - \frac{1}{R_j} \frac{\partial H_j}{\partial x} + \frac{T_{j,2}^0}{R_1} \left(\frac{\partial^2 u_{j,2}}{\partial \varphi^2} + \frac{\partial u_{j,3}}{\partial \varphi} \right) + \\
& + \frac{T_{j,1}^0}{R_j} \frac{\partial^2 u_{j,2}}{\partial x^2} + 2 \frac{S_j^0}{R_j} \left(\frac{\partial^2 u_{j,2}}{\partial x \partial \varphi} + \frac{\partial u_{j,3}}{\partial x} \right) - R_j \rho_j h_j \frac{\partial^2 u_{j,2}}{\partial t^2} = 0, \\
& \frac{\partial^2 M_{j,2}}{\partial \varphi^2} + 2 \frac{\partial^2 H_j}{\partial x \partial \varphi} + \frac{\partial^2 M_{j,1}}{\partial x^2} + R_j T_{j,2} - T_{j,2}^0 \left(\frac{\partial u_{j,1}}{\partial x} - \frac{\partial u_{j,2}}{\partial \varphi} + \frac{\partial^2 u_{j,3}}{\partial \varphi^2} \right) - \\
& - T_{j,1}^0 \frac{\partial^2 u_{j,3}}{\partial x^2} + 2 S_j^0 \left(\frac{\partial u_{j,2}}{\partial x} - \frac{\partial^2 u_{j,3}}{\partial x \partial \varphi} \right) - \\
& - R_j^2 \left[p_{j(j+1)}^*(x, \varphi) - \frac{R_{j-1}}{R_j} p_{(j-1)j}^*(x, \varphi) \right] + R_j \rho_j h_j \frac{\partial^2 u_{j,3}}{\partial t^2} = 0, \quad j=1,2.
\end{aligned} \tag{1}$$

Где $p_{01}^* = 0$, $p_{12}^* = c^* (u_{2,3} - u_{1,3})$ – силы Ван-дер-Ваальса между стенками трубки, $c^* = \frac{200}{0.16 \pi a^2} \text{erg} / \text{cm}^2$, $d = 0.142 \text{nm}$ – внутренний характерный размер решетки нанотрубки, $p_{23}^* = -\kappa^*(x, \varphi) u_{2,3}$ – усилия, действующие со стороны окружающей матрицы на внешний слой нанотрубки.

Усилия и моменты в (1) выражаются через перемещения в соответствии с классической моделью макроскопических оболочек [4]. В соответствии с нелокальной континуальной теорией Эрингена [2] *микроскопические* и *макроскопические* напряжения связаны соотношениями:

$$\mathfrak{S}_j(T_{j,i}, S_j, M_{j,2}, H_j) = (T_{j,i}^{(m)}, S_j^{(m)}, M_{j,i}^{(m)}, H_j^{(m)}) \tag{2}$$

где \mathfrak{S}_j – дифференциальный оператор, действующий по формуле:

$$\mathfrak{T}_j = 1 - \left(\frac{e_0 a}{R_j} \right)^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right) = 1 - e_0^2 \mu_j^2 \left(\frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial \phi^2} \right), \mu_j = \frac{a}{R_j}, j = 1, 2. \quad i = 1, 2, 3.$$

Здесь e_0 – материальная константа нелокальности. Действуя на уравнения (1) оператором (2), и подставляя соотношения, связывающие усилия и перемещения, получим уравнения движения в перемещениях:

$$\sum_{j=1}^3 \left(\mu^4 \zeta_n M_{n,ij} + L_{n,ij} \right) u_{n,j} - \delta_n \mathfrak{T}_n \frac{\partial^2 u_{n,i}}{\partial t^2} - \mathfrak{T}_n \left[\hat{c}_{n+1,i} (u_{n+1,i} - u_{n,i}) - \hat{c}_{n,i} (u_{n,i} - u_{n-1,i}) + \hat{q}_{n,i} \right] = 0, \quad i = 1, 2, 3; n = 1, 2.$$

где

$$\mu^4 = \frac{h_N^2}{12R^2}, \quad \zeta_n = \left(\frac{h_n}{h_N} \right)^2, \quad \delta_n = \left(\frac{\omega_N}{\omega_n} \right)^2, \quad \omega_n^2 = \frac{E_n^*}{\rho_n R^2},$$

$$E_n^* = \frac{2E_{n,1} \nu_{n,2}}{\nu_{n,1} + \nu_{n,2}}, \quad \hat{c}_{n,i}(x) = \frac{R^2 c_{n,i}}{h_n E_n^*}, \quad \hat{q}_{n,i}(x, \phi, \hat{t}) = \frac{R^2 q_{n,i}}{h_n E_n^*}.$$

а $L_{n,ij}$, $M_{n,ij}$ – матричные дифференциальные операторы размерности 3×3 с элементами $L_{n,ij}$ и $M_{n,ij}$ соответственно.

СВОБОДНЫЕ ОСЕСИММЕТРИЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

В качестве примера рассмотрены свободные осесимметричные колебания ДУНТ с учетом начальных напряжений. Примем следующие значения параметров [5]:

$$E_1 = E_2 = 1.058 \times 10^{12} \text{ Н/м}^2, \quad \nu_1 = \nu_2 = 0.27, \quad \rho_1 = \rho_2 = 1.341 \times 10^3 \text{ кг/м}^3,$$

$$h_1 = h_2 = 0.34 \times 10^{-9} \text{ м}, \quad R_1 = 1.735 \times 10^{-9} \text{ м}, \quad R_2 = 2.415 \times 10^{-9} \text{ м}.$$

Исследования показали, что в данном случае ДУНТ будет иметь две собственные формы колебаний: стенки движутся в одном и в разных направлениях (см. рис. 1 и рис. 2).

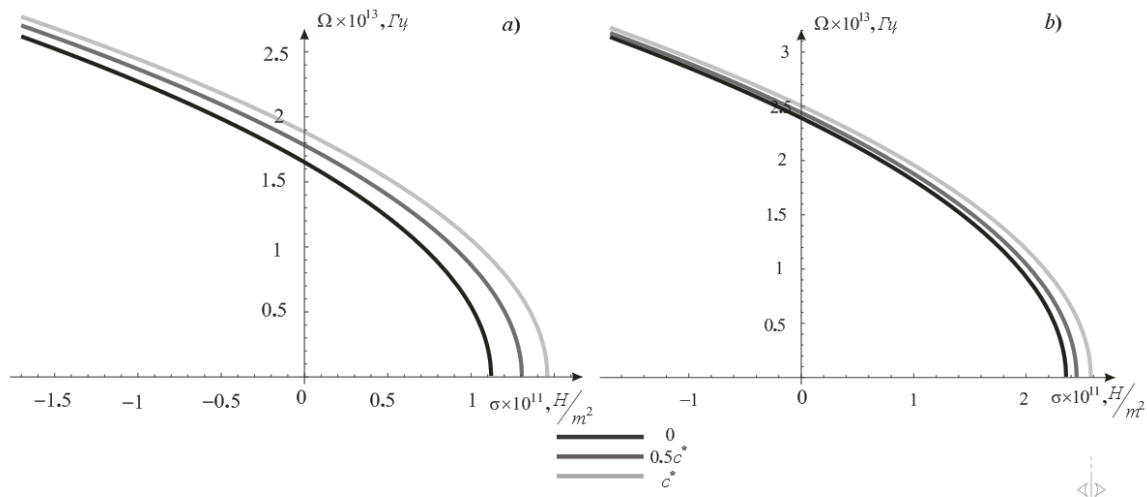


Рис. 1. Значения Ω (собственные частоты нанотрубки, соответствующие: а) I-й б) II-й форме колебаний) от σ (начальных напряжений в осевом направлении), при различных коэффициентах постели, где $m=5$; $e_0=0$

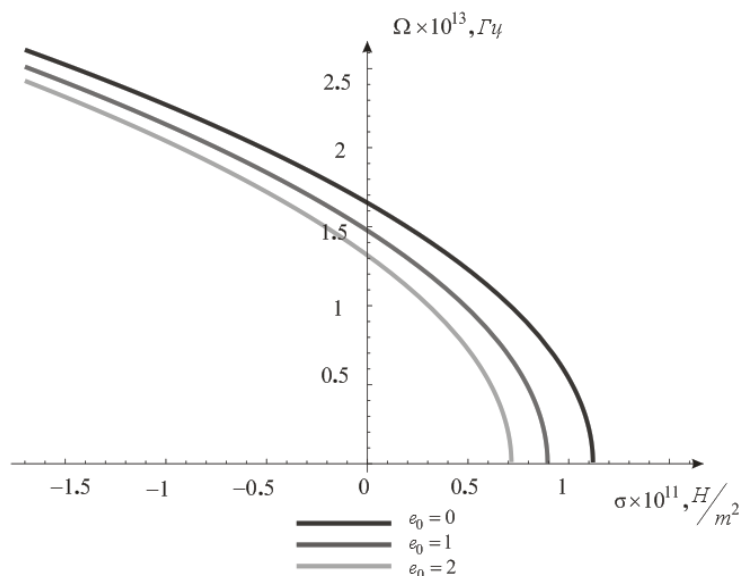


Рис. 2. Значения Ω (собственных частот нанотрубки, соответствующих I-й форме колебаний) от σ (начальных напряжений в осевом направлении), при различных коэффициентах упругой нелокальности, где $m=5$; $e_{33}=0$

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Построены уравнения движения ДУНТ в перемещениях. В качестве примера произведен анализ собственных частот симметричных колебаний ДУНТ от начальных напряжений в осевом направлении, при различных коэффициентах постели и параметрах нелокальности. Замечено, что увеличение упругости среды, окружающей нанотрубку, приводит к росту ее собственных частот. Учет структуры нанотрубки, полученный

использованием теории упругости Эрингена, приводит к снижению собственных частот.

Литература

1. *Flügge W.* Statik und Dynamik der Schalen (Springer, Berlin, 1934). 54, P. 4703–4710. 1983.
2. *Eringen A. C.* On differential equations of nonlocal elasticity and solutions of screw dislocation and surface waves, *J. Appl. Phys.* 54, P. 4703–4710. 1983.
3. *Михасев Г. И.*, Уравнения движения многостенной углеродной нанотрубки, основанные на нелокальной теории ортотропных оболочек, Доклады НАН Беларуси. 011. Т. 55, № 6. С. 119–123.
4. *Михасев Г. И.* Локализованные колебания и волны в тонких оболочках / Г. И. Михасев, П. Е. Товстик // Асимптотические методы. М.: ФИЗМАТЛИТ. 2009.
5. *Usuki T. and Yogo K.*, Beam equations for multi-walled carbon nanotubes derived from Flügge shell theory, *Proc. R. Soc. A* 465, P. 1199–1226. 2009.

РАДИОЧАСТОТНОЕ ИЗЛУЧЕНИЕ ПРИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ ВЗРЫВЕ ПРОВОДНИКОВ

М. А. Горлач

ВВЕДЕНИЕ

Электрический взрыв проводника представляет собой явление резкого изменения физического состояния металла при пропускании по нему импульсного тока большой плотности. Одним из важных применений электрического взрыва в физике высоких плотностей энергии является получение электромагнитного излучения. В спектре излучения взрывающегося проводника выделяют такие компоненты как радиочастотное излучение, видимое и ультрафиолетовое излучение, а также мягкий рентген. Так, в работе [1] теоретически показано, что при быстром убывании кольцевого тока может происходить направленное эффективное излучение электромагнитной энергии. С точки зрения приложений интересным является получение мощного радиочастотного излучения при электрическом взрыве с частотой от сотен мегагерц до нескольких гигагерц. Целями данной работы являются:

- приближённый расчёт спектра излучения взрывающегося проводника и временной зависимости мощности излучения;
- исследование эффектов, связанных с электродинамическим взаимодействием взрывающихся проводников.

СПЕКТР И МОЩНОСТЬ ИЗЛУЧЕНИЯ ВЗРЫВАЮЩЕГОСЯ ПРОВОДНИКА

Очевидно, что наиболее интенсивное излучение от проводника имеет место в момент быстрого обрыва тока в цепи. Во многих случаях приемлемой аппроксимацией «спадающего» участка кривой тока является

$$I(t) = I_0 \left\{ 1 + \exp\left(\frac{t-t_0}{\tau}\right) \right\}^{-1},$$

где параметры t_0 , τ , I_0 имеют смысл момента начала этапа собственно взрыва, характерного времени убывания тока и максимального значения силы тока в проводнике соответственно. Тогда, используя известные соотношения для магнито-дипольного излучения, для случая кольцевого тока радиуса ρ_0 получаем следующие результаты: временная зависимость мощности излучения имеет вид

$$P(t) = \frac{27P_{\max}}{4} \frac{sh^2\eta(t)}{ch^6\eta(t)}, \text{ где } \eta = \frac{t-t_0}{2\tau}, \quad P_{\max} = \frac{\pi\mu_0}{648c^3} \cdot \frac{\rho_0^4 I_0^2}{\tau^4}$$
 – максимальная мощность излучения; спектр излучения в магнито-дипольном случае не зависит от направления и описывается выражением $F(\omega) = K \frac{\xi^4(\omega)}{sh^2\xi(\omega)}$, где $\xi(\omega) = \pi\omega\tau$; максимум излучения приходится на частоту $\nu_0 = \frac{0.097}{\tau}$, отвечающую $\xi_0 = 1.92$. При характерных временах убывания тока порядка нескольких десятков наносекунд получаем частоты в десятки мегагерц – радиочастотное излучение. Соответствующие графики представлены на рис. 1, 2.

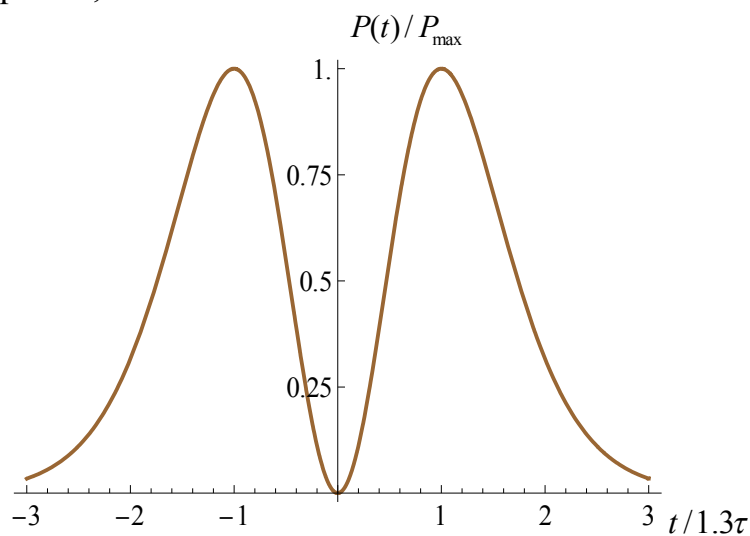


Рис. 1. Временная зависимость мощности излучения взрывающегося проводника

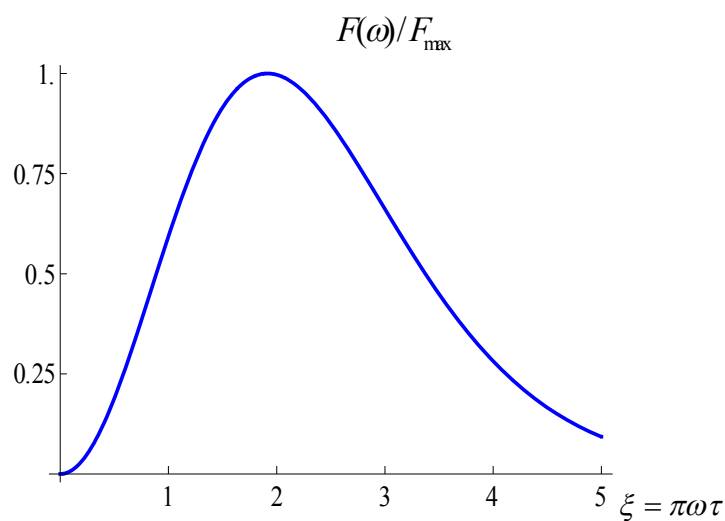


Рис. 2. Спектр излучения взрывающегося проводника (радиочастотная область)

Полученные результаты позволяют по осциллограмме тока во взрывающемся проводнике оценивать характеристики излучения. Отметим, что приведенные соотношения относятся к практически важному случаю $\tau \geq \rho_0/c$, поскольку использовалось магнито-дипольное приближение; рассмотрение общего случая не представляет затруднений. Однако помимо мощности и спектра излучения важным является вопрос об эффективности преобразования энергии, первоначально запасённой в контуре, в электромагнитное излучение. Оценки показывают, что эффективность излучения может быть повышена путём увеличения размеров контура либо путём уменьшения диаметра проводника; кроме того, для получения мощного излучения непременно должен происходить взрыв проводника. Для проведения расчётов излучения при электрическом взрыве использовалась модель [2, 3].

ЭЛЕКТРОДИНАМИЧЕСКОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВЗРЫВАЮЩИХСЯ ПРОВОДНИКОВ

Выше был рассмотрен случай одного взрывающегося проводника. Оказывается, что электродинамическое взаимодействие взрывающихся проводников может привести к существенному изменению формы импульса тока.

Пусть две проволоочки, питаемые от разных емкостных накопителей, расположены на небольшом расстоянии друг от друга, причём цепи первой и второй проволоочек замыкаются не одновременно, а с некоторой задержкой по времени. Расчёты по упрощённой модели [4] показывают: в зависимости от начальных условий возможны два варианта развития импульса тока в такой системе. Типичные графики, полученные в результате расчётов, изображены на рис.3, 4.

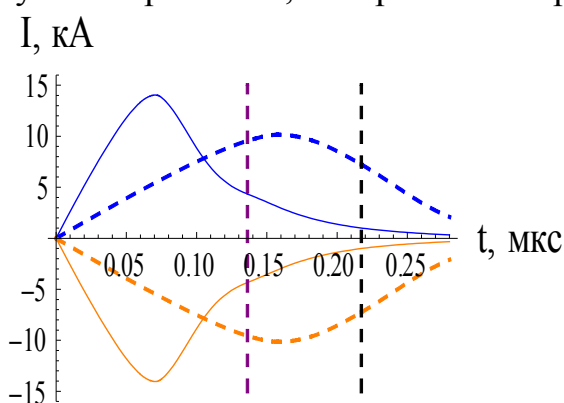


Рис. 3. Случай, когда токи в проволоочках текут в разных направлениях. Наблюдается эффект обострения импульса тока

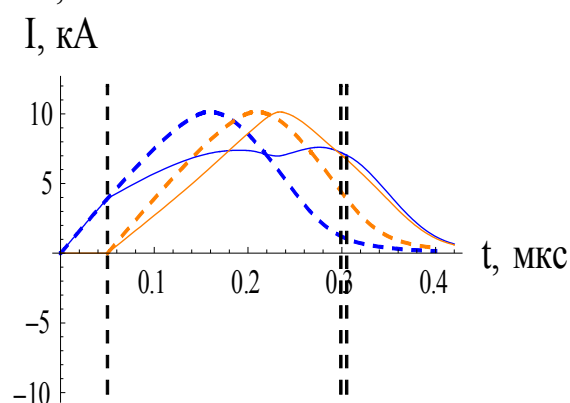


Рис.4. Случай, когда токи в проволоочках текут в одном направлении. Наблюдается эффект синхронизации взрывов проводников

Пунктирными кривыми показаны импульсы тока в отсутствие электродинамического взаимодействия проволок. Вертикальные пунктирные линии отмечают моменты замыкания цепи либо взрыва проволоки.

Если токи в проволоках текут в разных направлениях, то электродинамическое взаимодействие проводников приводит к тому, что взрыв этих проводников наступает существенно раньше, нежели в отсутствие взаимодействия; импульсы тока в обоих проводниках возрастают по амплитуде и сокращаются по длительности. Таким образом, наблюдается эффект обострения импульса тока. На рис. 3 изображена ситуация, когда цепи обеих проволок были замкнуты одновременно; разные знаки для сил тока в первой и второй проволоке учитывают разные направления токов в проводниках. Физической причиной эффекта обострения импульса тока является уменьшение эффективной индуктивности системы из двух проволок вследствие встречного включения токов в них.

Если же токи в проволоках текут в одном направлении, то электродинамическое взаимодействие проводников, напротив, приводит к сглаживанию импульса тока в каждой из проволок. Однако наблюдается эффект синхронизации взрывов: так, в примере на рис. 4 контуры первой и второй проволок были замкнуты с задержкой по времени 50 нс; различие же во временах взрыва этих проводников составило всего 6 нс.

Отметим, что с использованием многопроволочных сборок можно добиться более существенного обострения импульса тока, что важно в импульсной энергетике и электронике.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной работе рассмотрен процесс генерации радиочастотного излучения при электрическом взрыве проводников; получен приближённый вид спектра радиочастотного излучения взрывающегося проводника, установлена временная зависимость мощности излучения. Полученные инженерные формулы позволяют оценивать характеристики излучения взрывающегося проводника по осциллограмме тока в нём. Также в работе рассмотрены эффекты, связанные с электродинамическим взаимодействием взрывающихся проводников: эффект обострения импульса тока и эффект синхронизации взрывов.

Автор выражает благодарность научному руководителю В.Г. Барышевскому за постановку задачи, а также А.А. Гуринович и С.Л. Черкасу за многочисленные обсуждения и ценные замечания.

Литература

1. Афанасьев Ю. В., Климов В. В., Феоктистов А. Л., Феоктистов Л. П. Излучение быстросубявающего кольцевого тока // ЖЭТФ. 1992. Т101. Вып. 4. С. 1118–1131.

2. *Barysevich A. E., Cherkas S. L.* Testing the equation of state and electrical conductivity of copper by the electrical wire explosion in air: experiment and magnetohydrodynamic simulation // *Physics of Plasmas*. 18. 052703 (2011).
3. *Борисевич А. Е., Черкас С. Л.* Влияние радиуса проводника на динамику электрического взрыва: магнитогиродинамическое моделирование // *ЖТФ*. 2012. Т82. Вып. 10. С. 58–64.
4. *Горлач М. А.* Моделирование электрического взрыва медных проводников в воздухе // *Сб. работ 69-й научной конференции студентов и аспирантов БГУ*. Минск. 2012. С. 122–125.

РАСПРОСТРАНЕНИЕ СВЕТОВЫХ ИМПУЛЬСОВ В СЛОИСТЫХ СРЕДАХ: ОПТИЧЕСКИЕ АНАЛОГИИ КВАНТОВЫХ ЯВЛЕНИЙ

Н. Дадашзадех, Д. Д. Орловская

Фотонные структуры как объект изучения за последние два десятилетия прошли путь от абстрактной концепции до систем, широко используемых в различных оптических приложениях. Так, нелинейные фотонные структуры различных геометрий (одномерный фотонный кристалл, микрорезонаторы, волноводы и т.д.) служат в качестве логических элементов, переключателей, мультиплексоров в волоконно-оптических линиях связи и системах обработки лазерных сигналов [1]. Поэтому изучение их оптических свойств является одним из перспективных направлений современной нелинейной и квантовой оптики.

Явления распространения электромагнитных волн в средах с модуляцией показателя преломления имеют много общего с квантово-механическими задачами о распространении волнового пакета в пространственно-неоднородном потенциальном поле. На основе изоморфизма стационарного уравнения Шредингера и уравнения Гельмгольца выявлены оптические аналоги квантово-механических явлений резонансного прохождения, туннелирования волновых пакетов через оптические неоднородности и др. [2].

В данной работе представлены результаты теоретического, численного и компьютерного моделирования процессов распространения электромагнитных волн через многослойные диэлектрические структуры; исследованы закономерностей распространения сверхкоротких световых импульсов в слоистых средах; рассчитаны энергетические коэффициенты отражения и прохождения в зависимости от параметров сред и излучения. Для расчета пространственных распределений напряженности электрического и магнитных полей в работе использовался метод конечно-разностной аппроксимации уравнений Максвелла в пространственной и временной области (*FDTD*-метод) для одномерной геометрии неоднородностей показателя преломления.

Рассмотрим общую формулировку задачи о распространении электромагнитного излучения в оптически-неоднородной линейной среде с произвольным видом пространственной модуляции диэлектрической проницаемости $\varepsilon(x, y, z)$. При этом система уравнений Максвелла для векторов напряженности электрического и магнитного полей \vec{E} и \vec{H} выглядит следующим образом:

$$\nabla \times \vec{E} = -\frac{\mu}{c} \frac{\partial \vec{H}}{\partial t}, \quad (1)$$

$$\nabla \times \vec{H} = \frac{\varepsilon(x, y, z)}{c} \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (2)$$

и может быть разложена на 6 дифференциальных уравнений для компонент векторов:

$$\frac{\partial H_x}{\partial t} = -\frac{c}{\mu} \left[\frac{\partial E_z}{\partial y} - \frac{\partial E_y}{\partial z} \right], \quad (3)$$

$$\frac{\partial H_y}{\partial t} = -\frac{c}{\mu} \left[\frac{\partial E_x}{\partial z} - \frac{\partial E_z}{\partial x} \right], \quad (4)$$

$$\frac{\partial H_z}{\partial t} = -\frac{c}{\mu} \left[\frac{\partial E_y}{\partial x} - \frac{\partial E_x}{\partial y} \right], \quad (5)$$

$$\frac{\partial E_x}{\partial t} = \frac{c}{\varepsilon(x, y, z)} \left[\frac{\partial H_z}{\partial y} - \frac{\partial H_y}{\partial z} \right], \quad (6)$$

$$\frac{\partial E_y}{\partial t} = \frac{c}{\varepsilon(x, y, z)} \left[\frac{\partial H_x}{\partial z} - \frac{\partial H_z}{\partial x} \right], \quad (7)$$

$$\frac{\partial E_z}{\partial t} = \frac{c}{\varepsilon(x, y, z)} \left[\frac{\partial H_y}{\partial x} - \frac{\partial H_x}{\partial y} \right]. \quad (8)$$

В современных реализациях метода *FDTD* используется явная схема второго порядка точности по Δt и $\Delta x, \Delta y, \Delta z$, предложенная Yee [3]. В рамках этого подхода используется специальная пространственная сетка – так называемая сетка Yee, где каждая E – компонента окружена четырьмя H – компонентами и наоборот. Второй порядок точности временных производных достигается простой симметричной разностью.

Для дальнейшего анализа удобно ввести безразмерные величины, используя формулы: $x = \tilde{x}\lambda_0$, $y = \tilde{y}\lambda_0$, $t = \tilde{t}T$, где λ_0 – длина волны в ва-

кууме, $T = \frac{1}{\nu}$ – период (ν – частота) электромагнитных колебаний, распространяющихся в среде. При этом система уравнений (3) – (8) для случая пространственно одномерной модуляции показателя преломления вещества $n = n(x)$ (и, соответственно, одномерной пространственной зависимости диэлектрической проницаемости $\varepsilon = \varepsilon(x)$) переписывается в виде:

$$\frac{\partial H_{\tilde{y}}}{\partial \tilde{t}} = \frac{\partial E_{\tilde{z}}}{\partial \tilde{x}}, \quad (9)$$

$$\frac{\partial E_{\tilde{z}}}{\partial \tilde{t}} = \frac{1}{\varepsilon(\tilde{x})} \left[\frac{\partial H_{\tilde{y}}}{\partial \tilde{x}} \right], \quad (10)$$

Согласно *FDTD*-методу, данные дифференциальные уравнения заменяются следующими конечно-разностными уравнениями в пространстве и времени [3]:

$$H_{\tilde{y}}^{l+1/2}(i+1/2) = H_{\tilde{y}}^{l-1/2}(i+1/2) + \frac{\Delta \tilde{t}}{\Delta \tilde{x}} \{ E_{\tilde{z}}^l(i+1) - E_{\tilde{z}}^l(i) \}, \quad (11)$$

$$E_{\tilde{z}}^{l+1}(i) = E_{\tilde{z}}^l(i) + \frac{\Delta \tilde{t}}{\Delta \tilde{x} \varepsilon(i)} \left[H_{\tilde{y}}^{l+1/2}(i+1/2) - H_{\tilde{y}}^{l+1/2}(i-1/2) \right]. \quad (12)$$

В данных уравнениях $\Delta \tilde{x}$ – шаг пространственной сетки вдоль координаты \tilde{x} , $\Delta \tilde{t}$ – шаг временной сетки. Искомые функции аппроксимированы следующим образом: $F(\tilde{x}, \tilde{t}) = F(i\Delta \tilde{x}, l\Delta \tilde{t}) = F^l(i)$.

В качестве примера рассмотрим распространение светового импульса длительностью $\tau_i = 100$ фс (длина волны $\lambda = 2$ мкм) через структуру, состоящую из чередующихся слоев с показателями преломления $n_1 = 1$ и $n_2 = 2$. При выполнении численного моделирования вся расчетная область длиной 50 мкм разбивалась на 1000 расчетных ячеек с шагом $\Delta x = 0.05$ мкм, что обеспечивало выполнение требований устойчивости численного решения системы уравнений Максвелла *FDTD*-методом. Световой импульс моделировался следующей функцией:

$$E = E_0 \exp \left[-\frac{(t-t_0)^2}{\tau_i} \right] \sin \left(2\pi \frac{\lambda}{c} t \right). \text{ Число слоев было выбрано равным } 10,$$

толщина каждого слоя $l = 1$ мкм, таким образом, пространственный период структуры $\Lambda = 2$ мкм. Данный выбор позволяет продемонстриро-

вать основные свойства фотонных кристаллов – наличие запрещенных частотных зон в спектрах пропускания или отражения.

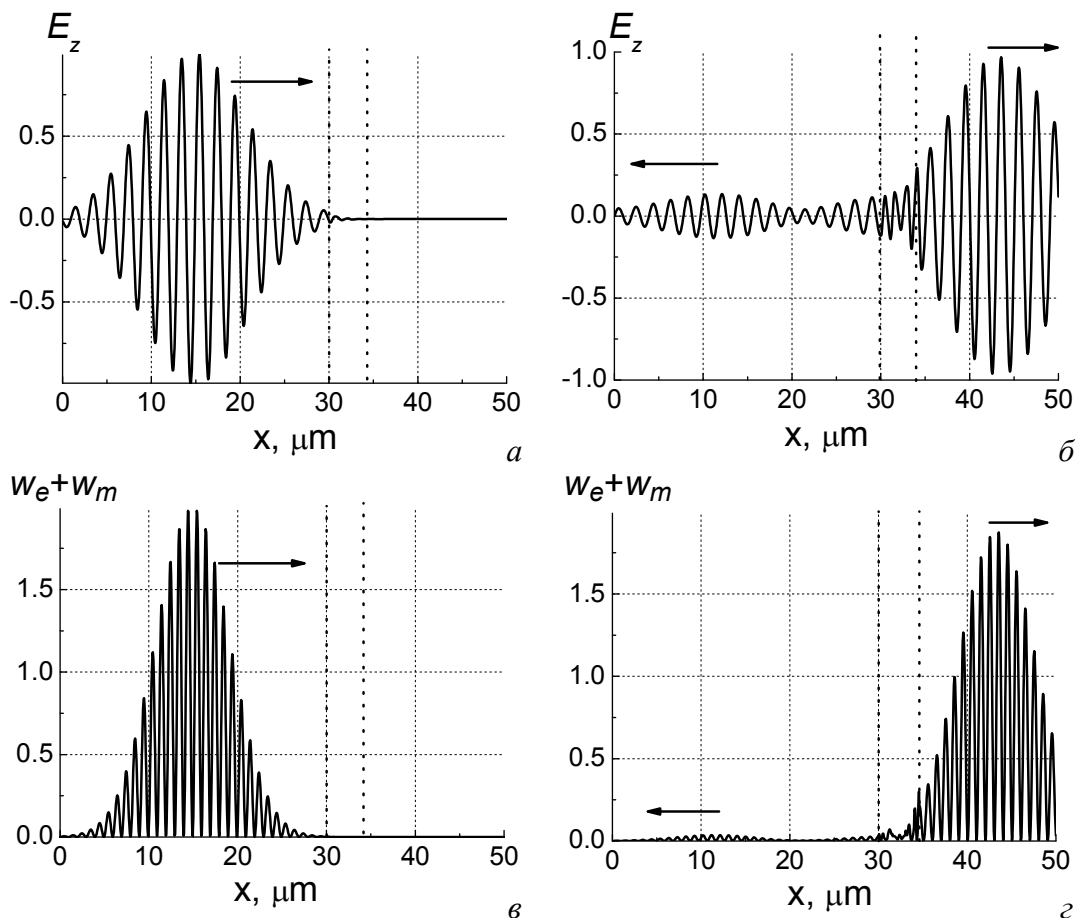


Рис. 1. Прохождение оптического импульса через 10 тонких слоев диэлектрического материала: $\lambda = 2$ мкм, $n_1 = 1$, $n_2 = 2$

Расчет прохождения светового импульса через такую структуру представлен на рис. 1. Согласно проведенному численному расчету коэффициент отражения в данном случае близок к нулю.

В заключение отметим, что разработанные в данной работе компьютерные модели и установленные закономерности могут быть использованы в качестве наглядного пособия при проведении практических занятий в рамках курса «Нанопотоника» при изучении явлений резонансного прохождения световых импульсов через фотонные кристаллы.

Литература

1. Гапоненко С. В., Розанов Н. Н., Ивченко Е. Л., Федоров А. В., Бонч-Бруевич А. М., Вартамян Т. А., Пржибельский С. Г. Оптика наноструктур. СПб.: Недра. 2005.
2. Гапоненко С. В., Жуковский С. В., Хильманович В. Н. Оптические аналогии квантовых явлений. Минск. 2009.
3. Kawano K., Kitoh T. Introduction to Optical Waveguide Analysis: Solving Maxwell's Equations and the Schrödinger Equation. John Wiley and Sons Inc. 2001.

РАВНОВЕСНЫЙ ТРАНСМЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ОПУХОЛЕВЫХ КЛЕТОК ЛИНИЙ С6, НЕР-2С И НЕК ПРИ ПРОЛИФЕРАЦИИ

Ю. Н. Куницкая, Е. Н. Голубева

В настоящее время активно ведется поиск и разработка новых методов противоопухолевой терапии. Установлено, что опухолевые клетки по сравнению с клетками в норме обладают рядом специфических свойств, таких как геномные нарушения, измененные межклеточные контакты, трансмембранный потенциал. Показано, что трансмембранный потенциал играет важную роль в регуляции функциональных свойств клеток. Отличие величины потенциала на плазматической мембране опухолевых клеток от трансмембранного потенциала клеток в норме свидетельствует об изменении процессов переноса электронов и протонов через плазматическую мембрану, об увеличении значения внутриклеточного рН и снижении внеклеточного рН среды, об изменении процессов внутриклеточной сигнализации в опухолевых клетках по сравнению с клетками в норме. Таким образом, трансмембранный потенциал может рассматриваться как перспективная мишень противоопухолевой терапии.

Целью работы является определение величины равновесного трансмембранного потенциала опухолевых клеток линий С6, НЕР-2с, НЕК при пролиферации. При проведении исследований использовали клетки линий С6, НЕР-2с и НЕК, культивирование которых проводили согласно стандартным протоколам. На каждые сутки производился подсчет клеток. Определение величины равновесного трансмембранного потенциала проводили методом пэтч-кламп в конфигурации фиксации токов на различные сутки роста опухолевых клеток линий С6, НЕР-2с и НЕК. Определение стадии роста клеток проводили на основании результатов подсчета клеток на различные сутки роста (рис. 1).

На основании результатов исследований получены зависимости величины трансмембранного потенциала клеток линий С6 (рис. 2), НЕР-2с и НЕК от суток культивирования. Форма зависимости равновесного трансмембранного потенциала от суток роста для клеток линий НЕР-2с и НЕК совпадает с формой аналогичной зависимости, полученной для клеток линии С6 (рис 3).

Обнаружено, что значения равновесных трансмембранных потенциалов клеток на 0-е и 1-е сутки группируются около значений - 47 мВ и - 84 мВ. Таким образом, в культуре присутствуют популяции клеток как с деполяризованной плазматической мембраной, так и с гиперполяризованной, что представлено на рис. 2. В свою очередь, нулевым и пер-

вым суткам культивирования клеток линии С6 соответствует латентная фаза роста (лаг-фаза) (рис. 1). На вторые сутки культивирования наблюдается локализация полученных значений вблизи -75 мВ, что свидетельствует о начале деления клеток и переходе в экспоненциальную стадию роста (лог-фазу).

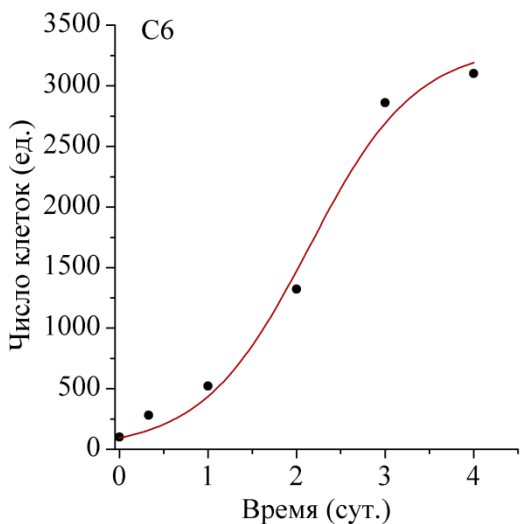


Рис. 1. Зависимость числа клеток от суток культивирования

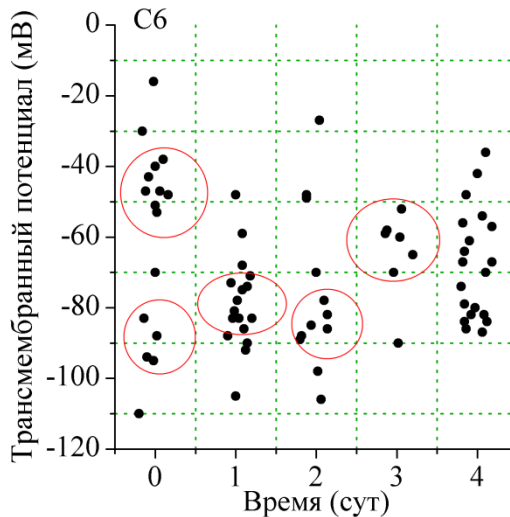


Рис. 2. Значения равновесного трансмембранного потенциала клеток линии С6 на различных стадиях роста

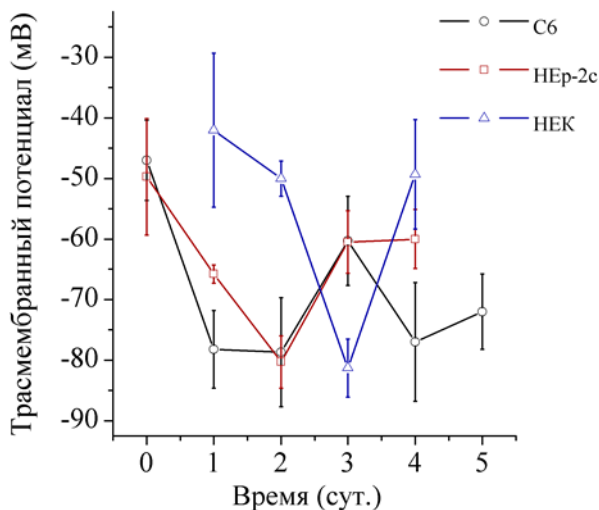


Рис. 3. Зависимость значения равновесного трансмембранного потенциала от суток культивирования клеток

На 4-е сутки роста клеток, как следует из представленных на рис. 1 данных, наблюдается прекращение процесса деления, обусловленное формированием клетками линии С6 монослоя (стационарная фаза). Аналогичные изменения в величинах трансмембранного потенциала в зависимости от суток культивирования получены для клеток линий НЕК и НЕр-2с. На основании результатов, представленных на рис. 2, можно заключить, что деполяризация плазматической мембраны клеток линий С6, НЕр-2с и НЕК на 0-е и 1-е сутки культивирования обусловлена тем, что клетки находятся в G1 фазе. Наличие в культурах популяций клеток, характеризующихся гиперполяризацией плазматической мембраны, на те же сутки культивирования связано с переходом клеток из G1 фазы в S фазу, необходимым для дальнейшего деления клеток [2]. Гиперполяризация плазматической мембраны клеток линий С6, НЕр-2с на 1-е и 2-е сутки культивирования и клеток линии НЕК на 3-и сутки, возможно, обусловлена переходом клеток из фазы покоя G0 в интерфазу (раннюю G1) (логарифмическая стадия роста клеток).

Таблица

Значение равновесного трансмембранного потенциала на различные сутки культивирования клеток

Время, сутки						
Значение потенциала, мВ						
Клеточные линии	0-е	1-е	2-е	3-е	4-е	5-е
С6	-49,2±2,7 (5)	-75,4±8,9 (24)	-81,0±7,6 (8)	-62,0±6,7 (7)	-69,9±11,2 (22)	-67,4±9,0 (5)
	-91,0±5,3 (5)					
НЕр - 2с	-49,7±9,6 (3)	-65,8±1,5 (4)	-80,3±4,3 (4)	-60,5±5,2 (4)	-60,0±4,9 (3)	-
НЕК	-	- 42,0±12,7 (6)	-50,0±2,9 (3)	-81,3±4,8 (4)	-49,3±9,0 (3)	-

Из результатов, представленных в таблице, следует, что значение равновесного трансмембранного потенциала клеток линии С6 по абсолютной величине больше, чем остальных культур. Полученное различие в величинах трансмембранных потенциалов, вероятно, обусловлено различной степенью злокачественной трансформированности исследованных клеточных линий. В результате исследований также выявлены различия в формировании клетками линий С6, НЕр-2с и НЕК монослоя. Установлено, что после завершения клеточного цикла клетки линии НЕК формировали области плотного скопления клеток. Клетки линии НЕр-2с также формировали области скопления, однако менее плотного, чем клетки линии НЕК, в то время как клетки линии С6 характеризова-

лись значительным «расхождением» клеток друг от друга и формированием равномерного монослоя.

В свою очередь установлено, что для клеток линии С6 характерна значительная гиперполяризация плазматической мембраны после завершения клеточного цикла, которая сохраняется при «расхождении» (миграции) клеток после деления. Принимая во внимание результаты, представленные S. Chifflet и J. A. Hernandez в [1], можно предположить, что гиперполяризация плазматической мембраны клеток линии С6 (~ -105 мВ) сразу после деления клеток обуславливает реорганизацию активного цитоскелета, компактизацию актина на периферии клеток, что, в свою очередь, способствует повышению адгезионных свойств клеток и их миграции.

Литература

1. *Silvia C.* The Plasma Membrane Potential and the Organization of the Actin Cytoskeleton of Epithelial Cells / C. Silvia, Julio A. Hernandez // Hindawi Publishing Corporation International Journal of Cell Biology Volume, Review Article. 2012. V. 13.
2. *Golias C.H.* Cell proliferation and cell cycle control / C.H. Golias, A. Charalabopoulos, K. Charalabopoulos // Rev. 2004 P. 1134–1141.

ЭСР В ПИРОЛИТИЧЕСКОМ ГРАФИТЕ, МОДИФИЦИРОВАННОМ ИМПУЛЬСНЫМИ ПУЧКАМИ УГЛЕРОД-ВОДОРОДНОЙ ПЛАЗМЫ

С. О. Курбако

Исследованы методом электронного спинового резонанса образцы пиролитического графита, облученные импульсными пучками ионов H^+ и C^+ при значении плотности ионного тока 20 А/см²; длительность импульса 80 нс; ускоряющее напряжение 220 кВ. Обнаружено влияние режимов обработки образцов пиролитического графита плазменным углерод-водородным пучком на их парамагнитные и электропроводящие свойства.

ВВЕДЕНИЕ

Изучению воздействия на графитовые материалы радиационного излучения уделяется большое внимание [1, 2, 3]. В связи с широким использованием углеродных материалов в ракетно-космической технике, ядерных и термоядерных реакторах необходимы исследования их поведения в радиационных полях различной природы (электромагнитные поля, потоки нейтронов и заряженных частиц). Актуальными являются исследования взаимодействия ионов водорода с углеродными материа-

лами [4]. Данная проблема представляет не меньший практический интерес в связи с радиационным синтезом новых материалов [5], разработкой радиационно-пучковых методов модифицирования углеродных материалов, использованием графитовых конструкций в плазменных ионных источниках [3, 6]. Возможность управления физическими и химическими свойствами графеновых структур посредством вариаций их геометрических параметров и атомного строения – один из главных стимулов работ по современной физике и химии графита. Было показано, что электронная проводимость поверхностных наноструктур графита, может варьироваться в очень широких пределах – от металлической до полупроводниковой, даже при самых малых изменениях их атомного строения [7].

Целью данной работы было исследовать парамагнитные свойства пиролитического графита, обработанного в углерод-водородной плазме разным количеством импульсов.

1. МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Образцы пиролитического графита облучались импульсными пучками ионов H^+ и C^+ на ускорителе ТЕМП в лаборатории электроразрядных и пучково-плазменных технологий Томского политехнического университета. Параметры ионного пучка: 70% одно- и двухзарядные ионы C^+ , 30% H^+ ; ускоряющее напряжение 220 кВ, плотность ионного тока от 20 А/см²; длительность импульса 80 нс.

Необходимые для эксперимента пластинки вырезались из одного образца пиролитического графита и имели форму прямоугольных параллелепипедов с геометрическими размерами 4x8x2 мм³, площадь базовой грани 4x8 мм². Пластинки крепились базовой гранью на площадку кварцевого штока гониометра и располагались в пучности магнитной компоненты СВЧ поля.

В исследуемых образцах, для всех режимов плотности ионного тока, наблюдались характерные спектры ЭСР имеющие форму Дайсона. Такая форма линии может свидетельствовать о проводимости образцов в СВЧ диапазоне [8, 9]. В графите носителями тока являются электроны и дырки, концентрации и подвижности которых близки [10]. Из-за полного динамического усреднения состояний электронов и дырок в электронном спиновом резонансе дырки становятся не различимыми. Это позволяет рассматривать графит в ЭСР эксперименте как проводник с одним типом носителей тока [9].

2. ОБРАЗЦЫ И РЕЗУЛЬТАТЫ ИЗМЕРЕНИЙ

На рисунке 1 представлены спектры ЭСР исходного образца пироли- тического графита.

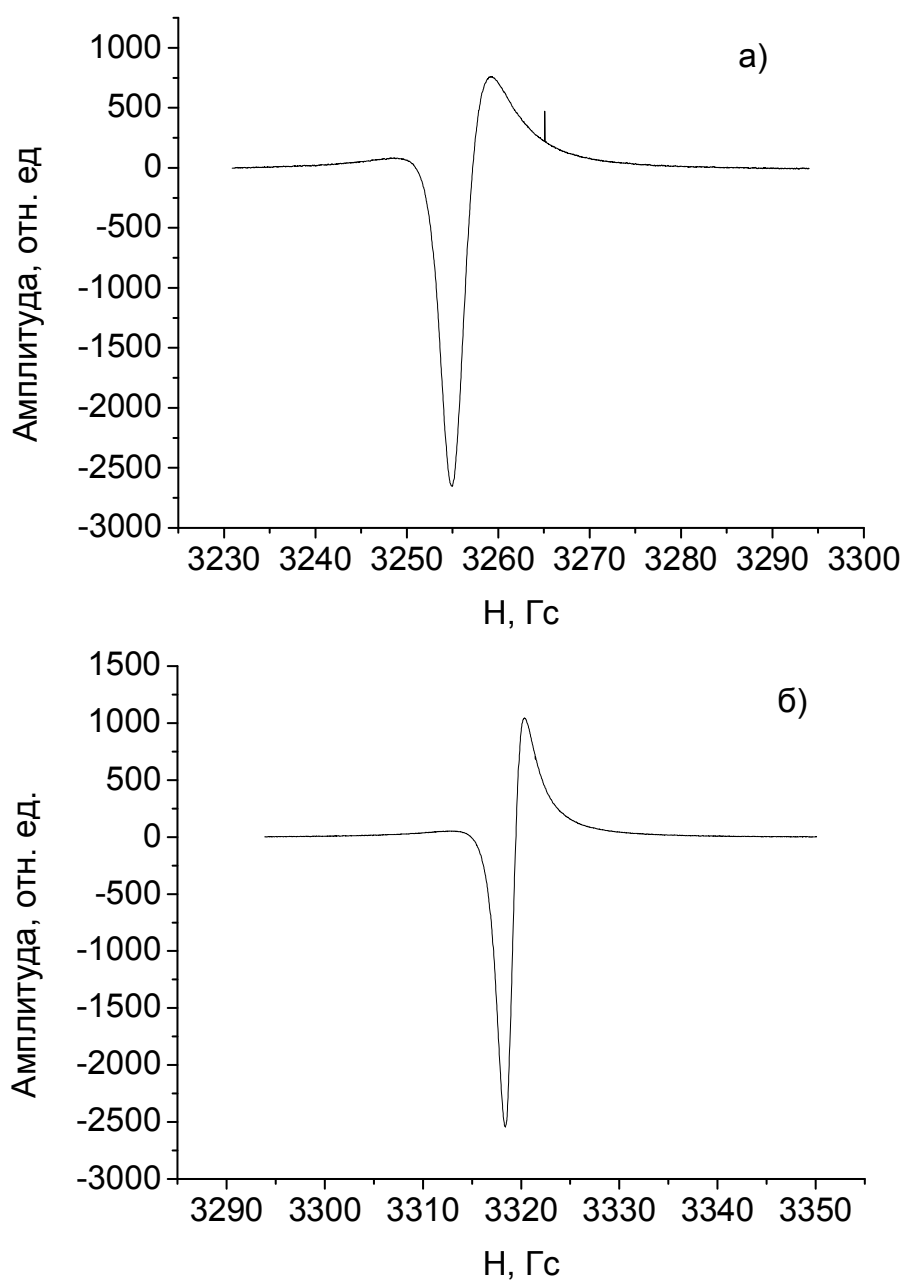


Рис. 1. Спектры ЭПР образца исходного пирографита:
плоскость образца перпендикулярна (а)
и параллельна (б) направлению силовых линий магнитного поля

Расчеты показали, что в случае, когда плоскость образца перпендику- лярна направлению поляризующего магнитного поля ($\Theta=0$), параметры спектра: $g=2,04619$; ширина линии 4,24 Gs; параметр асимметрии, $a/v = 3,49$. Если плоскость образца параллельна направлению силовых

линий поляризирующего магнитного поля ($\Theta=90$), параметры спектра: $g = 2,00604$; ширина линии $1,95$ Gs; параметр асимметрии, $a/v = 2,44$.

После обработки образцов пиролитического графита в углерод-водородной плазме основные параметры спектров ЭСР значительно изменяются. Так для образцов облученных 250 импульсами в той же геометрии эксперимента, как для исходного образца, наблюдается экстремум изменения параметров спектра. Если плоскость образца перпендикулярна направлению поляризирующего магнитного поля ($\Theta=0$), параметры спектра: $g = 2,00580$; ширина линии $9,28$ Gs; параметр асимметрии, $a/v = 1,06$. Если плоскость образца параллельна направлению силовых линий поляризирующего магнитного поля ($\Theta=90$), то параметры спектра: $g=2,04281$; ширина линии $12,13$ Gs; параметр асимметрии, $a/v = 4,11$.

3. ОБСУЖДЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ

Нами исследовались зависимости основных параметров спектров ЭСР образцов пиролитического графита, облученных ионами ($C^+ + H^+$) с плотностью ионного тока 20 А/см² при двух взаимно перпендикулярных ориентациях образца в магнитном поле.

На рисунке 2 показаны зависимости параметра асимметрии и амплитуды сигнала от количества импульсов плазмы при положении образца в резонаторе: базовая плоскость перпендикулярна (символы кружки) и параллельна (символы квадраты) направлению силовых линий магнитного поля.

Как видно из рисунка 2 а с ростом количества импульсов параметр асимметрии возрастает, а затем уменьшается. Увеличение этого параметра говорит об усилении формы линии Дайсона, что в свою очередь свидетельствует об увеличении проводимости образца в СВЧ-диапазоне и соответственно уменьшении электропроводности. Из графика видно, что для двух взаимно перпендикулярных направлений происходит увеличение разности между этими параметрами при 250 импульсах и уменьшение при 500.

Изменение амплитуды сигнала обусловлено изменением количества неспаренных электронов, т.е. парамагнитных центров. Как видно из рисунка 2 б для образца облученного 250 импульсами наблюдается уменьшение чувствительности образца к СВЧ, что может говорить о пассивировании ионами плазмы парамагнитных центров. А при дальнейшем облучении до 500 импульсов уже происходит появление новых парамагнитных центров, что может говорить о разрушении связей в кри-

сталлической решетке пиролитического графита. И кроме этого пропала анизотропия парамагнитных центров.

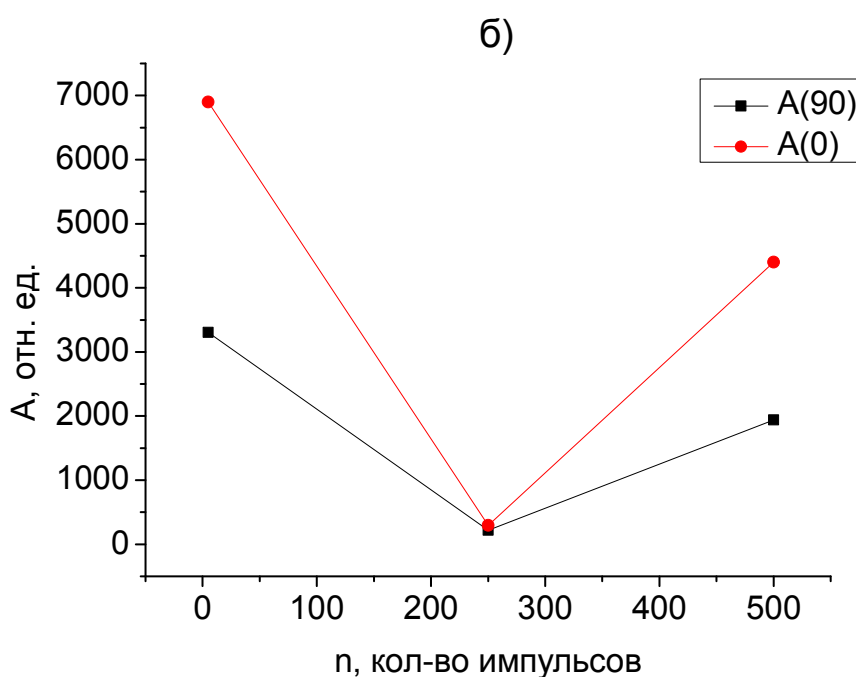
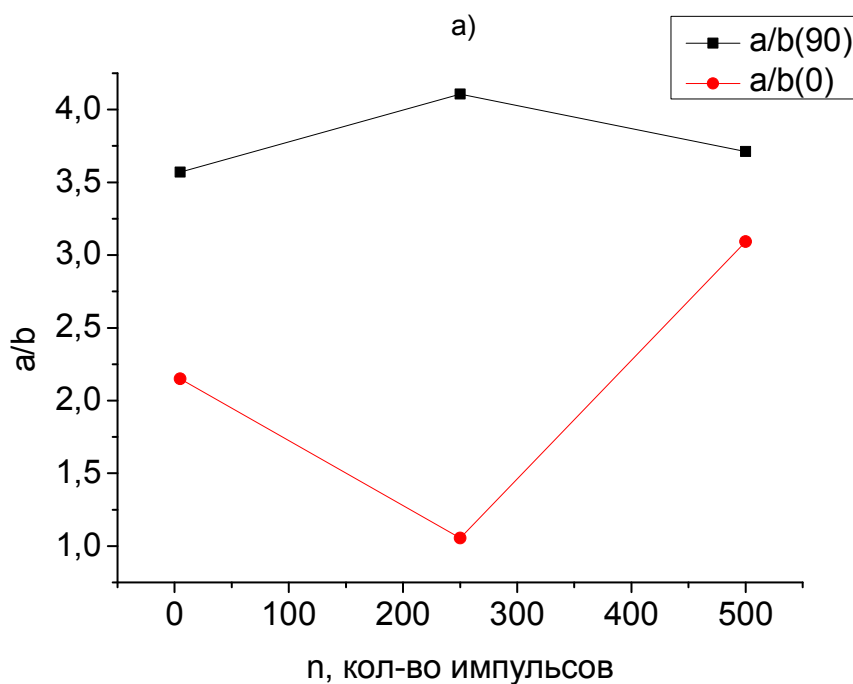


Рис. 2. Зависимости параметра асимметрии (а) и амплитуды (б) сигнала ЭСР образцов пирографита, обработанных в плазме ($H^+ + C^+$), от количества импульсов: базовая плоскость образца перпендикулярна (символы кружки) и параллельна (символы квадраты) направлению силовых линий магнитного поля

Исследование ширины линии ЭПР показало, что увеличение количества импульсов при обработке пирографита в плазме, приводит к макси-

мальному уширению линии в случае 250 импульсов. g -фактор ЭСР слабо изменяется с увеличением количества импульсов плазмы, но зависит от положения образца в резонаторе.

4. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В образцах пиролитического графита, облученных импульсными пучками ионов H^+ и C^+ , методом ЭСР обнаружено влияние режимов обработки образцов плазменным углерод-водородным пучком на их парамагнитные и электропроводящие свойства.

Амплитуды сигналов ЭПР для образца, обработанного 250 импульсами и ориентированного в двух взаимно перпендикулярных ориентациях в магнитном поле, практически равны. Это свидетельствует о том, что в образце произошли такие изменения, которые привели к исчезновению анизотропии парамагнитных центров.

Большая разность значений параметров a/b в двух взаимно перпендикулярных ориентациях образца в магнитном поле, обработанного 250 импульсами плазмы, свидетельствует о переходе пиролитического графита в проводящее состояние, когда плоскость образца параллельна силовым линиям магнитного поля и становится диэлектриком в перпендикулярном магнитному полю направлении. Такое свойство пиролитического графита можно использовать в качестве переменного резистора в СВЧ диапазоне.

g -фактор спектров ЭПР пиролитического графита остается неизменными при всех использованных видах плазменной обработки, свидетельствующий о том, сохраняется природа парамагнитных центров, при любом количестве импульсов плазмы воздействующей на образец.

Литература

1. Готт Ю. Взаимодействие частиц с веществом в плазменных исследованиях. М.: Атомиздат, 1978.
2. Виргильев Ю. С. Конструкционные углеродные материалы для установок термоядерного синтеза // Неорганические материалы, 1994. Т. 30. С. 903–916.
3. Беграмбеков Л. Б. Модификация поверхности твердых тел при ионном и плазменном облучении. // Энциклопедия низкотемпературной плазмы. Вводный том 3. Под ред. В.Е. Фортова. М.: Наука, 2000. С. 126–128.
4. Вакар З. Морфология поверхности пиролитического графита, облученного атомами водорода / З. Вакар, Е.А. Денисов, Т.Н. Компаниец, И.В. Макаренко, В.А. Марущак, А.Н. Титов // Журнал технической физики, 2001. Т. 71, вып. 8. С. 133–138.
5. Барченко В. Т., Колгин Е. А. Ионно-плазменные технологии в электронном производстве / Под ред. Быстрова Ю.А. СПб.: Энергоатомиздат. Санкт-Петербургское отделение, 2001.

6. *Калин Б. Н., Скоров Д. М., Якушин В. Л.* Проблемы выбора материалов для термоядерных реакторов // Радиационная эрозия. М.: Энергоатомиздат, 1985. С. 32–36.
7. *Ивановский А. Л.* Квантовая химия в материаловедении // Нанотубулярные формы вещества. Екатеринбург: УрО РАН. 1999.
8. *Котосонов А. С.* Электропроводность углеродных материалов со структурой квазидвумерного графита // Физика твердого тела Т. 31, вып. 8. С. 146–152.
9. *Tsuzuku T.* // Carbon. 1979. V.17, № 2. P. 293–301
10. *Matsubara K., Tsudzuku T., Sigihara K.* // Phys. Rev. B. 1991. V.44, № 21. P. 11845–11851.

ПЕРЕСТРОЙКА РАДИАЦИОННЫХ ДЕФЕКТОВ ПРИ ОТЖИГЕ КРЕМНИЕВЫХ ДИОДОВ С $p^+ - n$ ПЕРЕХОДОМ, ОБЛУЧЕННЫХ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИМИ ИОНАМИ ЗОЛОТА

Нгуен Тхи Тхань Бинь

ВВЕДЕНИЕ

Радиационные дефекты (РД), возникающие при облучении кремния или структур на его основе электронами либо ионами, являются эффективными центрами рекомбинации неравновесных носителей заряда. Поэтому радиационные технологии широко используются для оптимизации параметров силовых быстродействующих приборов. Облучение высокоэнергетическими тяжелыми ионами дает возможность минимизировать увеличение прямого падения напряжения, наблюдающееся из-за компенсации легирующей примеси РД, и, следовательно, может рассматриваться как перспективное направление развития радиационных технологий модификации полупроводниковых приборов. Однако информация о РД, вводимых таким облучением на сегодня не полна. Это обусловлено сложностью процессов дефектообразования для случая высоких энергий и больших масс ионов, а также комплексным и многостадийным характером трансформации дефектов, локализованных в областях скопления, при термическом отжиге структур.

Цель работы – изучение перестройка РД при отжиге кремниевых диодов с $p^+ - n$ -переходом, облученных ионами золота с энергией 1,7 ГэВ.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Диоды изготавливались на пластинах однородно легированного фосфором монокристаллического кремния с удельным сопротивлением 90 Ом·см (КОФ-90, плоскость (111), толщина 460 мкм). Область анода

p^+ -типа создавалась ионной имплантацией бора с энергия 60 кэВ и флюенсом $5,6 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2}$ с последующим отжигом дефектов и разгонкой примеси в окислительной атмосфере. Глубина залегания p^+n -перехода составляла $x_j \approx 12$ мкм. Активная площадь p^+n -перехода составляла $9,43 \text{ мм}^2$. Оцененная из измерений вольт-фарадных характеристик толщина двойного электрического слоя p^+n -перехода в исходных диодах при $U = 0$ составляла $\approx 4,5$ мкм. Для создания омического контакта к базе в непланарную сторону кремниевой пластины проводилась имплантация ионов фосфора. Контакты формировались напылением Al (толщина слоя 4.5 мкм) с последующим вжиганием при температуре $475 \text{ }^\circ\text{C}$ в атмосфере азота.

Диоды облучались ионами золота (энергия – 1,7 ГэВ, флюенс – 10^8 см^{-2}). Облучение проводилось в направлении, перпендикулярном плоскости p^+n -перехода с стороны p^+ -области. Согласно расчетам, выполненным с помощью программы TRIM, средний проективный пробег ионов золота в бислоистой структуре Al/Si составил 92 мкм. Максимум профиля распределения первичных вакансий находился на расстоянии 87,5 мкм от поверхности кремния. Расстояние δ между границей p^+n -перехода ($N_A = N_D$ – без учета компенсации легирующей примеси радиационными дефектами) и максимумом распределения первичных вакансий составляло ≈ 75 мкм. После облучения проводился изохронный отжиг в интервале температур $T_{\text{ан}}$ 150 – 400 $^\circ\text{C}$ с шагом 25 $^\circ\text{C}$.

DLTS-спектры регистрировались на частоте 1 МГц с помощью спектрометра CE-6 (НПООО “ОМНИТЕЛ”, г. Минск РБ). Напряжение заполнения ловушек и время заполнения составляли $U_p = -4 \text{ В}$, $t_p = 10 \text{ мс}$, соответственно. Напряжения эмиссии и время эмиссии – $U_e = -19 \text{ В}$, $t_p = 15 \text{ мс}$, соответственно. Спектры DLTS регистрировались в интервале температур 80–300 К.

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТА

На спектре-DLTS облученных и неотожженных диодов (рис. 1) присутствуют 3 пика, которые по энергии активации [1] определяются как пики соответствующие А-центрам (E1: $E = E_C - 0,20 \text{ эВ}$), дивакансиям в двукратно (E2: $E = E_C - 0,23 \text{ эВ}$) и однократно (E4: $E = E_C - 0,40 \text{ эВ}$) отрицательном зарядовых состояниях. Наблюдаемое отклонение в амплитуде и форме пиков E2 и E4 говорит о том, что пик E4, представляет собой наложение пиков от дивакансий и E-центров и, может быть, центров C_i - P_s [3, 4].

Отжиг до температуры 200 $^\circ\text{C}$ сохраняет указанные пики на спектрах DLTS но изменяет их форму (рис. 1). После отжига при температуре

150–200 °С амплитуда пика E1 увеличивается, E2 – практически не изменяется, E4 – уменьшается. Отжиг при температуре 200 °С приводит также к тому, что на спектрах DLTS проявляется пик E3, исчезающий в просе отжига при $T_{an} = 225$ °С (рис. 2). Рост амплитуды пика E1 может быть связан с увеличением концентрации А-центров, за счет вакансий, освобождающихся при отжиге Е-центров.

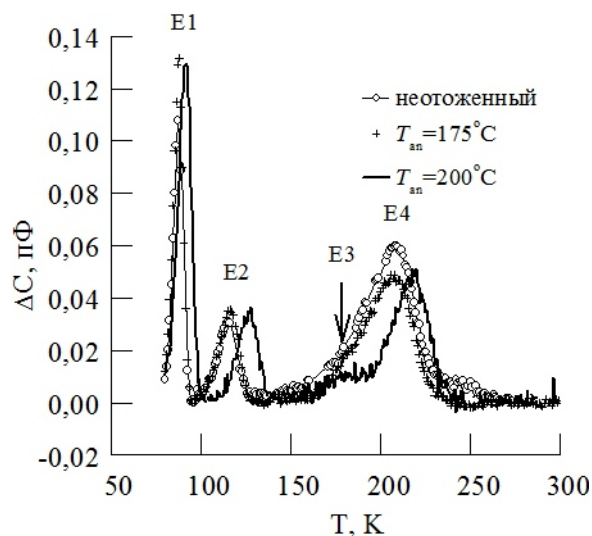


Рис. 1. Спектр DLTS диодов облученных флюенсом ионов золота 10^8 см^{-2} и отожженных при $T_{an} = 175$ °С, 200 °С

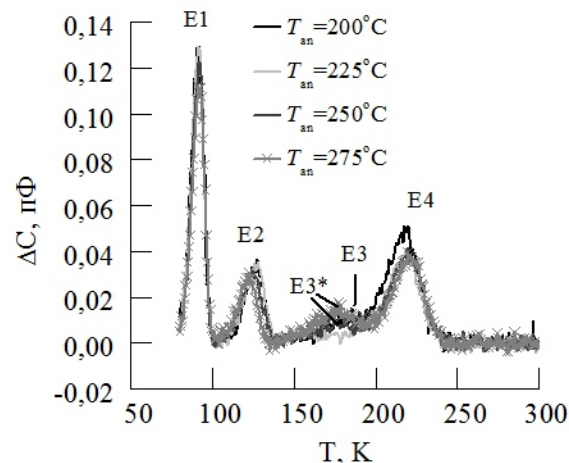


Рис. 2. Спектр DLTS диодов облученных флюенсом ионов золота 10^8 см^{-2} и отожженных при $T_{an} = 200$ °С, 225 °С, 250 °С, 275 °С

Отжиг при температурах 200–275 °С (рис. 2) приводит к уменьшению амплитуд пиков E2 и E4. При $T_{an} = 250$ °С наблюдается формирование пика E3* ($E = E_C - 0,33 \pm 0,02$ эВ). Исходя из этого, можно предположить что, отжиг дивакансий происходит с формированием других центров, которые имеют энергию активации, сопоставимую с энергией активации дивакансий. Глубина залегания уровня, соответствующего пику E3* близка к известным значениям характерным для центров V_3 и V_3O [2]. При дальнейшем отжиге $T_{an} > 275$ °С (рис. 3) амплитуда пиков E2 и E4 существенно уменьшается, амплитуда пика E3* увеличивается. Подобное изменение амплитуд пиков возможно связано с увеличением концентрации многовакансионных центров, происходящем одновременно с отжигом (диссоциацией) дивакансий.

Отжиг при 350 °С приводит к заметному снижению амплитуды пика от А - центров и исчезновению пика E3*. Амплитуда пиков E2 и E4 фактически не изменяется. Известно, что дивакансии отжигаются при температуре 250–275 С. Поэтому пики E2 и E4 на спектрах DLTS диодов, отожженных при температурах > 300 °С можно связать с центрами V_2O [5]. После отжига при температурах $T_{an} > 375$ °С все пики фактически исчезают.

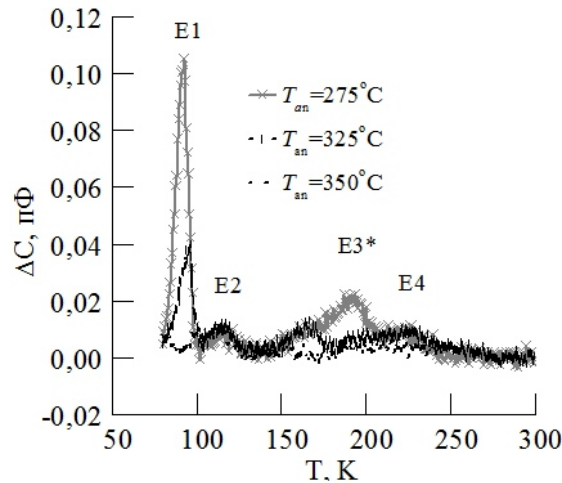


Рис. 3. Спектр DLTS диодов облученных флюенсом ионов золота 10^8 см^{-2} и отожженных при $T_{\text{ан}}=275 \text{ °C}$, 325 °C , 350 °C

Таким образом, в ходе отжига облученных диодов наблюдается перестройка радиационных центров, с образованием многовакансионных комплексов и комплексов V_2O .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Методом DLTS исследованы диоды, облученные ионами золота с энергией 1,7 ГэВ флюенсом 10^8 см^{-2} и изохронно отожженные в интервале температур 150–400 °C. Показано, что в процессе низкотемпературного (150–175 °C) отжига наблюдается увеличение концентрации А-центров. Установлено что при отжиге в интервале температур 250–325 °C наблюдается формирование центра, энергетическое положение уровня которого позволяет связать его с центрами V_3 либо V_3O .

Литература

1. Eremin V. Effect of radiation induced deep level traps on Si detector performance / V. Eremin, E Verbitskaya, Z. Li // Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A. 2002. V. 476, No 3. P. 537–549. (M. Moll, Radiation damage in silicon prtices detectors. Ph.D. Thesis University of Hamburg, 1999).
2. Markevich V. P. Trivacancy and trivacancy-oxygen complexes in silicon: Experiments and ab initio modeling/ V. P. Markevich, A. R. Peaker, S. B. Lastovskii, L. I. Murin, J. Coutinho, V. J. B. Torres, P. R. Briddon, L. Dobaczewski, E. V. Monakhov, and B. G. Svesson // Phys Rev A. 2009. B 80 (235207).
3. Вербицкая Е. М. Роль кислорода в нестабильности углеросодержащих радиационных дефектов в кремнии // ФиТП. 1993. Т. 27. В 11/12.
4. Антонова И. В. Трансформация при отжиге электрически активных дефектов в кремнии, имплантированном ионами высоких энергий // ФиТП. 2006. Т40. В .
5. Monakhov E. V. Formation of double acceptor center during divacancy annealing in low-doped high-purity oxygenated Si // Phys Rev B. 2002. V 65 (233207).

СТРУКТУРА, ЭЛЕМЕНТНЫЙ И ФАЗОВЫЙ СОСТАВ СИСТЕМЫ Ti-Zr-Al-N ПРИ ОТЖИГЕ В ВАКУУМЕ

А. Ю. Ровбуть

ВВЕДЕНИЕ

Синтез и изучение структурно-фазового состояния многокомпонентных нитридных покрытий, обусловлены необходимостью поиска покрытий, обладающих более широким спектром свойств, по сравнению с моноснитридными покрытиями. В ряде работ отмечено, что добавление Al в нитридные системы (TiN, ZrN, CrN) позволяет существенным образом повысить их термическую устойчивость. Однако системы типа Me-Al-N, как правило, образуют метастабильные фазы твердых растворов (с-(Ti,Al)N) и имеют тенденцию к фазовому превращению с образованием равновесных фаз из моноснитридов (с-TiN, h-AlN). Добавление Zr в систему Ti-Al-N позволяет формировать фазы твердого раствора, тем самым повысить механические свойства покрытий. Кроме этого, наличие Zr должно приводить к повышению термической стабильности фазового состава покрытий TiZrAlN.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Тонкопленочные покрытия TiZrAlN толщиной 300 нм были сформированы методом реактивного несбалансированного магнетронного распыления на подложке из монокристалла Si (200). Концентрация Al варьировалась от 2.6 до 36.4 ат. % изменением мощности тока на соответствующей мишени от 20 до 200 Вт. Образцы отжигались в условиях вакуума ($\sim 10^{-4}$ Па) в трубчатой кварцевой печи при 600 и 950 °С в течение 2 и 3 ч, соответственно. Элементный состав исходных и отожженных покрытий TiZrAlN устанавливался методом резерфордовского обратного рассеяния (РОР). Исследования фазового состава и структуры покрытий проводилось методом рентгеноструктурного анализа (РСА) с использованием дифрактометров ДРОН-4 и D8 Bruker AXS медного излучения ($\lambda=1.54179$ Å).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Согласно результатам исследований, приведенных в ранее опубликованной работе [1], было установлено, что изменение концентрации Al в покрытиях TiZrAlN оказывает влияние на структурно-фазовое состоя-

ние. Выявлено три диапазона концентраций алюминия, соответствующих различным структурно-фазовым состояниям (Таблица).

Таблица

Структурно-фазовые состояния покрытий TiZrAlN

№	Концентрация Al, ат.%	Фазовый состав	Тип микроструктуры	Преимущественная ориентация
I	≤ 7.1	c-(Ti,Zr,Al)N	нанокристаллическая	(111)
II	7.1-13.8	c-(Ti,Zr)N+h-(Al,Ti)N	нанокомпозит	(200)
III	25.1-36.4	a-TiZrAlN	аморфная	-

Покрытия TiZrAlN типа I, II, III (Таблица) были подвергнуты отжигу в вакууме для изучения влияния элементного и фазового состава на термическую устойчивость покрытий. Как показали результаты РСА покрытий TiZrAlN ($C_{Al} = 7.1$ ат.%) (Рис. 1 а), обладающих нанокристаллической структурой, после отжига при 600°C сохраняется однофазное состояние c-(TiZrAl)N. С повышением температуры отжига до 950°C выявлен частичный распад твердого раствора c-(Ti,Zr,Al)N и образование фаз TiN и ZrN с ГЦК решеткой. При этом фаза твердого раствора c-(Ti,Zr,Al)N остается преобладающей. После воздействия отжигом имеет место сдвиг пиков твердого раствора в область больших углов (что соответствует уменьшению параметра решетки). Это может быть связано как с возможной термической активацией процессов миграции, рекомбинации и аннигиляции точечных дефектов, так и изменением типа атомов входящих в элементарную кристаллическую решетку (выход атомов Zr, имеющих больший радиус, чем Ti и Al). Более существенное изменение структурно-фазового состояния после отжига наблюдается для покрытий TiZrAlN ($C_{Al}=13.8$ ат.%) со структурой нанокомпозита. Как видно на рис. 1 б, отжиг при температуре 600°C приводит к значительному увеличению интенсивности дифракционного пика (что говорит о росте зерен фазы с кубической структурой) и к сдвигу изначально широкого гало с низкой интенсивностью в сторону больших углов. Можно предположить, что отжиг при 600°C приводит к растворению вблизи границ зерен межзеренной аморфной фазы. Атомы алюминия, выходя из твердого раствора a-Al(Ti)N внедряются в кристаллическую решетку твердого раствора c-(Ti,Zr)N и происходит образование твердого раствора, обладающего меньшим параметром решетки, что и проявляется на рентгенограммах в виде смещения линий. Однако, такое структурно-фазовое состояние покрытий оказывается крайне не стабильным, что проявляется после отжига при 950°C . Для покрытий характерен распад, сформированного при 600°C метастабильного твердого раствора

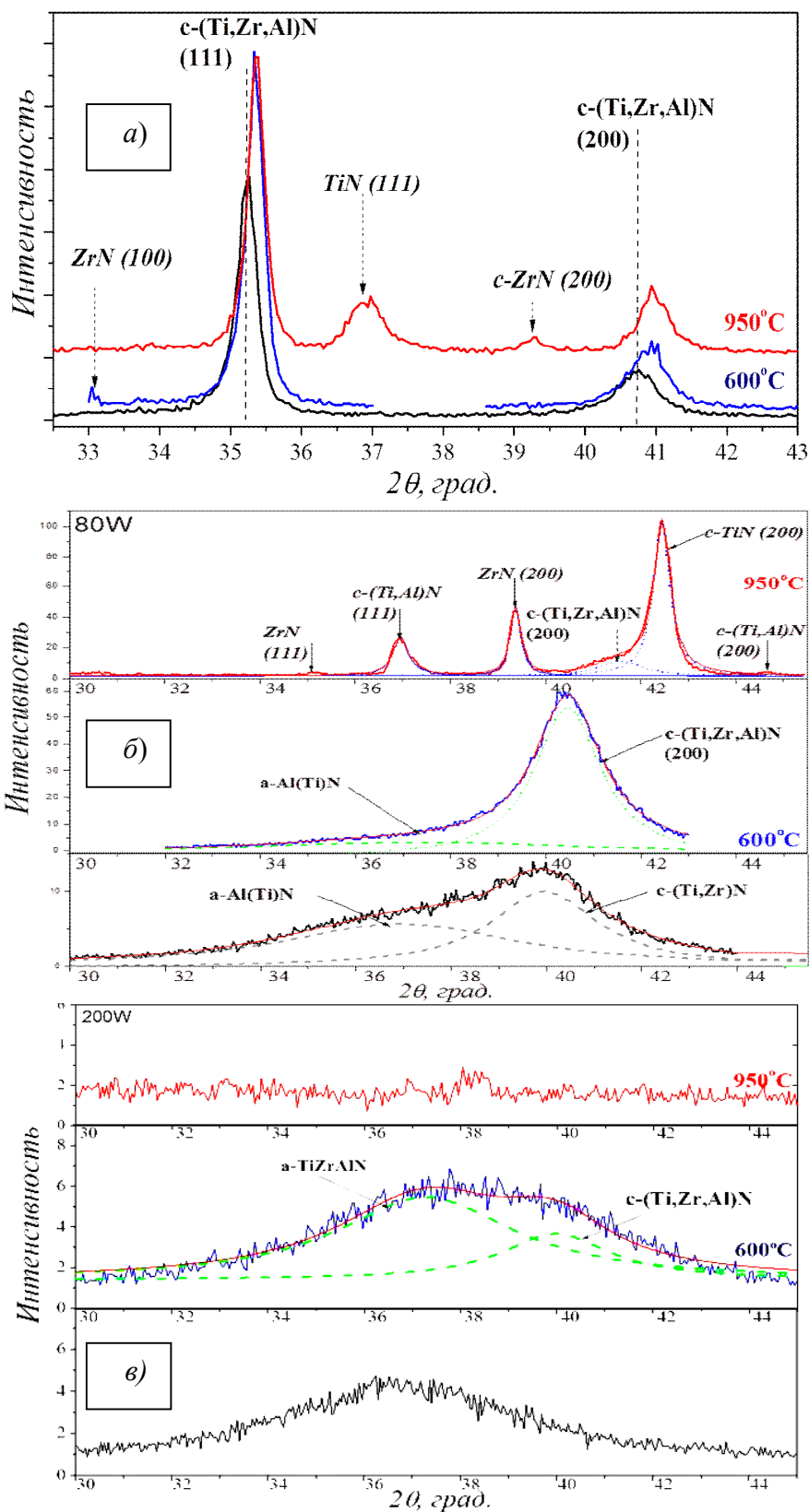


Рис. 1. Рентгенодифракционные спектры от отожженных в вакууме покрытий TiZrAlN с концентрациями Al %: а – 7.1, б – 13.8, в – 36.4 ат.%

c-(Ti,Zr,Al)N на компоненты из мононитридов TiN и ZrN, сохраняющих преимущественную ориентацию (200).

Некоторая асимметрия дифракционного пика TiN (200) в области $2\theta \approx 40,7$ град., соответствует твердому раствору c-(Ti,Zr,Al)N и указывает, что распад этой фазы не полный. Однако объемная доля фазы c-(Ti,Zr,Al)N существенно уменьшается. Кроме того, после отжига при 950°C исчезает рентгеноаморфное гало в области $2\theta \approx 33-38$ град. аморфной фазы Al(Ti)N, что подтверждает ее растворение. Положение дифракционного пика в области $2\theta \approx 36,9$ град., находящегося между реперными линиями c-TiN (111) и c-AlN (111), свидетельствует о формировании твердого раствора c-(Ti,Al)N с высокой концентрацией титана. Таким образом, в результате отжига при 950°C для покрытий происходит спиноидальный распад твердого раствора c-(Ti,Zr,Al)N с образованием фаз TiN, ZrN с ГЦК решеткой и кубического твердого раствора c-(Ti,Al)N.

Отжиг при 600°C покрытий TiZrAlN с высоким содержанием алюминия ($C_{\text{Al}}=36.4$ ат.%), находящихся в аморфном состоянии a-TiZrAlN, приводит к частичной кристаллизации с образованием зерен фазы твердого раствора того же химического состава, что и аморфная матрица, c-(Ti,Zr,Al)N (рис. 1 в). При повышении температуры отжига до 950°C происходит отслаивание покрытий от подложек, что может быть объяснено перераспределением напряжений и дефектов на границу раздела при отжиге.

Используя результаты РОР было отмечено перераспределение элементов покрытия по глубине при отжиге. После отжига нанокристаллических покрытий TiZrAlN ($C_{\text{Al}} = 7.1$ ат.%) при 600°C общий вид спектра РОР остается достаточно близким к профилю исходных, не подвергаемых отжигу систем (рис. 2 а). После отжига при температуре 950°C наблюдается искажение профиля распределения Ti и Zr в менее энергетической области, что может свидетельствовать о перераспределении атомов Ti и Zr с поверхности вглубь покрытия. Такой процесс диффузии компонент покрытия может быть вызван возникающим при отжиге градиентом температуры и процессами спиноидального распада. На рис. 2 б представлены спектры РОР от отожженных покрытий TiZrAlN ($C_{\text{Al}} = 13.8$ %) со структурой нанокompозита.

В случае нанокompозитных покрытий отжиг приводит к более выраженному, по сравнению с нанокристаллическим покрытием, перераспределению элементов (рис. 2 б). На спектрах РОР хорошо заметно «проседание» менее энергетической области профилей Ti и Zr и образование «ступеньки» (в области каналов 220–270), что соответствует взаимной диффузии элементов покрытия и атомов Si на границе покрытие-

подложка, что приводит к формированию тонкого слоя из сплава TiZrAlSi на поверхности подложки.

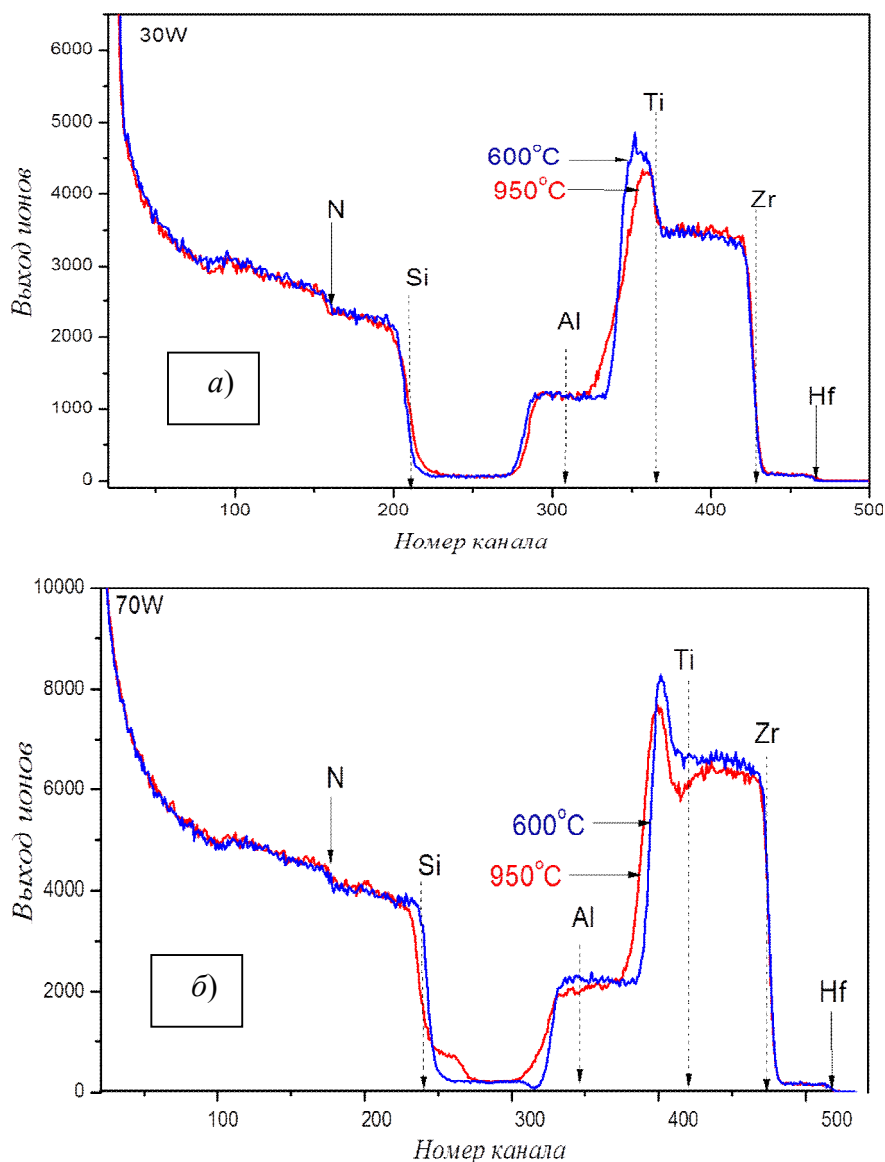


Рис. 2. Спектры POP от покрытий TiZrAlN, отожженных в вакууме при температурах 600 и 900 °С с концентрациями алюминия: а – 7.1 ат.%, б – 13.8 ат.%

ВЫВОДЫ

Отжиг покрытий в вакууме (600, 950°C) позволил выявить влияние содержания Al на характер структурно-фазовых изменений при термическом воздействии. Для покрытий TiZrAlN ($C_{Al} \leq 7.1$ ат.%) фаза с-(Ti,Zr,Al)N остается стабильной в условиях отжига до температуры 950°C. Для покрытий с $C_{Al} = 13.8$ ат.% при 950°C наблюдается спиоидальный распад твердого раствора с образованием фаз моонитридов TiN, ZrN и AlN-фазы.

Литература

1. Ровбутъ А. Ю. Стабильность фазового состава тонкопленочных систем Ti-Zr-Al-N под воздействием ионов ксенона // Сб. работ 69-ой научн. конф. студентов и аспирантов БГУ. Минск, 2012. С. 149–152.

ФОРМИРОВАНИЕ СЛУЧАЙНЫХ ЧИСЛОВЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ ГАРАНТИРОВАННОГО КАЧЕСТВА НА ФИЗИЧЕСКОМ ИСТОЧНИКЕ ШУМА

А. Д. Ширяева

В настоящее время ни одна криптографическая система не обходится без генераторов случайных числовых последовательностей. Получение СЧП гарантированного качества особенно важно для процедур генерации ключей, формирования параметров для криптографических алгоритмов и протоколов. СЧП также используется во многих цифровых схемах. Во всех этих приложениях, безопасность во многом зависит от качества источника СЧП.

Целью моей работы являются: изучение принципов получения СЧП гарантированного качества на физических источниках шума, а также изучение и реализация некоторых методов тестирования для контроля качества СЧП.

Для получения качественных СЧП используют источник шума, обычно реализованный на электронных схемах (например, с использованием шумовых диодов, свободно осциллирующих генераторов или построенных на иных физических явлениях – радиоактивный распад, квантовые эффекты полупроводников и т.п.) [1].

Принцип действия генераторов шума основан на свойствах лавинного пробоя перехода диода. В начальной стадии лавинного пробоя процесс ударной ионизации оказывается неустойчивым: ударная ионизация возникает, срывается, возникает вновь в тех местах перехода, где оказывается в данный момент достаточная напряженность электрического поля. Результатом случайной неравномерности генерации новых носителей заряда при ударной ионизации являются шумы, которые характерны для определенного диапазона токов. Таким образом, в качестве генераторов шума можно использовать обратносмещенные диоды в диапазоне обратных токов от минимального до максимального пробивного тока, где наблюдается наибольшая интенсивность электрических флуктуаций [1].

В данной работе для получения СЧП использовалось аппаратно-программное устройство «КЛЮЧ-ВС», разработанный НИИ Прикладных Физических Проблем им. А.Н. Севченко, в котором в качестве ис-

точника шума используется шумовой диод ND103L. Данный диод представляют собой кремниевые планарные диоды – генераторы шума.

Для криптографических задач необходимо, чтобы СЧП были непредсказуемыми. Однако некоторые физические источники весьма предсказуемы. Это может быть минимизировано использованием комбинаций СЧП, получаемых с различных типов источников. Однако результирующая СЧП может быть несовершенной, что выявляется при статистическом тестировании.

В данной работе рассмотрен пакет статистических тестов, разработанных Лабораторией информационных технологий (англ. Information Technology Laboratory), являющейся главной исследовательской организацией Национального института стандартов и технологий (NIST). В его состав входят 15 статистических тестов, целью которых является определение меры случайности двоичных последовательностей, порождённых либо аппаратными, либо программными генераторами случайных чисел. Эти тесты основаны на различных статистических свойствах, присущих только случайным последовательностям [2].

Отличие этих тестов от других современных – открытость алгоритмов. Также среди достоинств – однозначная интерпретация результатов тестирования.

В ходе работы была написана программа на языке C++ реализации основных тестов из пакета NIST Pub 800-22, а именно частотный побитовый тест, частотный блочный тест, тест на последовательность одинаковых битов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Для тестирования использовались СЧП, полученные с АПУ «Ключ-ВС». Тестировалось 1000 последовательностей, каждая по 10^3 бит.

Каждую последовательность подвергали тестированию с использованием пакета NIST Pub 800-22. В результате формируется статистический портрет генератора:

Таблица

Статистический портрет АПУ «Ключ-ВС»

S_i №	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	..
1	0.838	0.451	0.871	0.740	0.052	0.258	0.359	0.155	0.985	0.458	..
2	0.859	0.496	0.954	0.895	0.054	0.384	0.541	0.175	0.941	0.468	..
3	0.214	0.549	0.354	0.945	0.589	0.125	0.859	0.475	0.478	0.985	..

По полученному статистическому портрету определяем долю последовательностей прошедших каждый статистический тест. Для этого, при

заданном уровне значимости $\alpha=0,01$ и осуществляем подсчет значений вероятности P , превышающих заданный уровень α для каждого из q тестов, т.е. определяют коэффициент:

$$r_j = \frac{\#\{P_{ij} \geq \alpha | i = 1, 2, \dots, m\}}{m}, \quad (1)$$

где m – количество последовательностей.

В результате формируется вектор коэффициентов $R = \{r_1, r_2, \dots, r_q\}$, элементы которого характеризуют, в процентном соотношении, прохождение последовательности S_i всех статистических тестов.

Считается, что генератор G прошел тестирование по j -му тесту, если значение коэффициента r_j находится внутри доверительного интервала $[r_{max}, r_{min}]$. Границы доверительного интервала определяются согласно выражению [2]:

$$r_{\max(\min)} = p \pm t \sqrt{\frac{p(1-p)}{m}}, \quad (2)$$

$$p = 1 - \alpha$$

где t – нормированное отклонение: отношение ошибки конкретной выборки к средней квадратичной ошибке. В данном случае $t = 3$. При таком значении диапазона t вероятность приближается к единице.

Рассчитываем границы доверительного интервала:

$$0.981 < r_{ij} < 0.999$$

Коэффициенты r_{ij} рассчитывались программно.

1. Частотный побитовый тест

$$r_{ij} = \frac{997}{1000} = 0.997$$

2. Частотный блочный тест

$$r_{ij} = \frac{995}{1000} = 0.995$$

3. Тест на последовательность одинаковых битов

$$r_{ij} = \frac{989}{1000} = 0.989$$

Все эти коэффициенты входят в доверительный интервал. Поэтому можно сказать, что АПУ «Ключ-ВС» прошел тестирование по трем тестам из пакета NIST Pub 800-22, а именно частотный побитовый тест, частотный блочный тест и тест на последовательность одинаковых битов. Также в рамках настоящей работы планируется реализация набора всех 15 тестов, согласно NIST Pub 800-22. Результаты работы будут вне-

сены в существующий проект аппаратно-программного устройства «Ключ-ВС», что позволит пользователям осуществить контроль качества СЧП.

Литература

1. *Букингом М.* Шумы в электронных приборах. М.: Изд. ин. лит., 1986.
2. *Andrey Pykhin, Juan Soto, James Nechavatal.* A statistical test suite for random and pseudorandom number generators for cryptographic application // NIST Special Publication 800-22. 2010.

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕЖХРОМОФОРНЫХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ М-ТГФХ И М-ТГФБХ В МИЦЕЛЛЯРНЫХ СИСТЕМАХ

И. В. Яковец

ВВЕДЕНИЕ

Структурные и фотофизические характеристики комплексов фотосенсибилизаторов (ФС) с мицеллами представляют интерес для различных областей науки, включая медицину, наноэлектронику, фармакологию и др. Особый интерес к ним в последние годы связан с разработкой наноразмерных фармакологических форм ФС для фотодинамической терапии (ФДТ). В настоящее время в клинической практике используют несколько типов липосомальных форм порфириновых ФС (Fospeg, Foslip, Verteporfin, TUKAD и др.). Введение ФС в состав липосомальных форм позволяют значительно улучшить их фармакокинетические свойства. Одной из характерных особенностей липосомальных форм является высокая локальная концентрация ФС, что может обуславливать сильные межхромоморные взаимодействия их молекул.

В данной работе проведено исследование процессов переноса энергии возбуждения между двумя структурноподобными ФС (мезо-тетра(гидроксифенил)хлорином (м-ТГФХ) и мезо-тетра(гидроксифенил)бактериохлорином (м-ТГФБХ), находящимися в составе мицеллярных структур.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работе использовали м-ТГФХ) и (м-ТГФБХ) предоставленные Biolitec (Йена, Германия). Соединения растворяли в 99,6 %-ном этиловом спирте. Концентрация красителей в растворе оценивалась спектрофотометрически.

Малые моноламеллярные везикулы (ММВ) из димиристоилфосфатидилхолина готовили методом инъекции [1]. Красители включали в ММВ на стадии приготовления липосом. Согласно электронной микроскопии размеры ММВ составляли 20–30 нм. При исследовании м-ТГФХ и м-ТГФБХ в составе мицелл детергента Triton® X-100 стоковый раствор детергента (0.1%) добавляли в буфер до конечной концентрации (0.005–0.04%). Triton® X-100 производства Sigma Aldrich (Лион, Франция).

Спектры флуоресценции регистрировались с использованием спектрофлуориметра SOLAR SFL 1211A (Минск, Беларусь) с термостатируемым кюветным отделением с магнитным перемешиванием. Спектры поглощения регистрировались с использованием спектрофотометра SOLAR PV 1251A (Минск, Беларусь).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Спектральные характеристики м-ТГФХ и м-ТГФБХ определяются принадлежностью данных соединений классам хлоринов и бактериохлоринов. Для них характерна интенсивная полоса Core (420 нм для м-ТГФХ и 375 нм для м-ТГФБХ), а также интенсивная длинноволновая полоса поглощения (650 нм для м-ТГФХ и 735 нм м-ТГФБХ). Исследуемые соединения в этаноле интенсивно флуоресцируют. Максимум полосы флуоресценции м-ТГФХ 652 нм с небольшим плечом 730 нм. У м-ТГФБХ максимум полосы флуоресценции 741 нм (табл.).

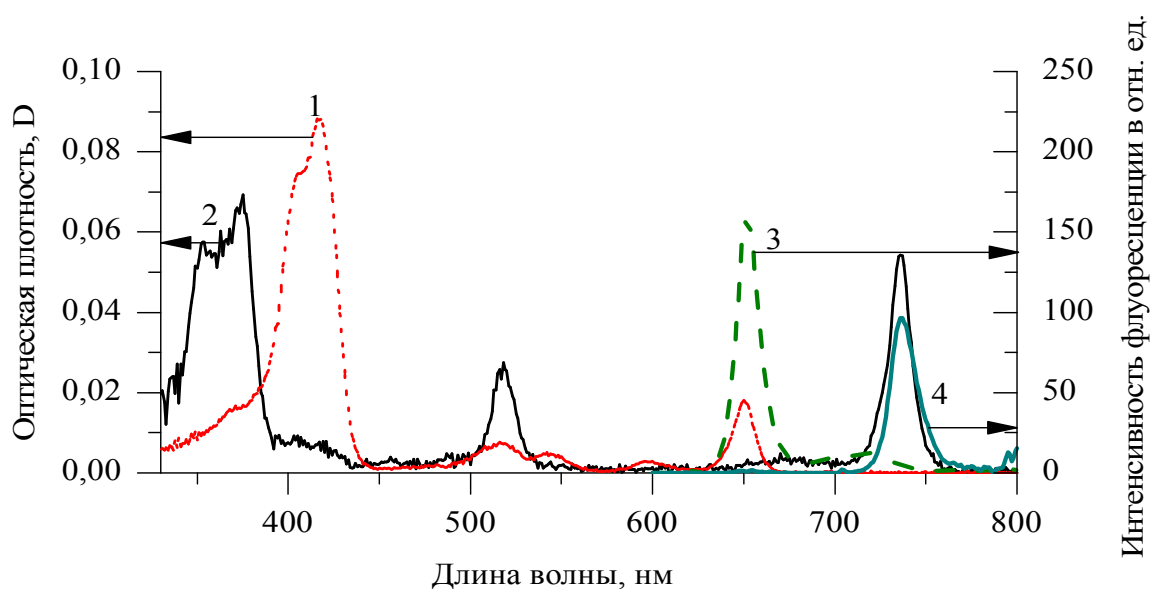


Рис. 1. Спектры поглощения и флуоресценции м-ТГФХ (1,3) и м-ТГФБХ (2,4) в этаноле $C_{\text{м-ТГФХ}}=3 \cdot 10^{-7}$ М, $C_{\text{м-ТГФБХ}}=3 \cdot 10^{-7}$ М

Спектральные характеристики м-ТГФХ и м-ТГФБХ

Спектральная характеристика	м-ТГФХ	м-ТГФБХ
Квантовый выход флуоресценции	0,089	0,11
λ максимума полосы Сорс, нм	420	375
Коэффициент экстинкции, л/(моль*см)	29600 (при $\lambda=650$ нм)	91000 (при $\lambda=735$ нм)
λ максимума флуоресценции, нм	652	741

Перевод в водную среду приводит к изменению спектральных свойств исследуемых соединений: наблюдается уширение полосы Сорс, снижение коэффициента экстинкции, флуоресценция практически исчезает. Подобные изменения характерны для неполярных тетрапирольных соединений, которые плохо растворимы в водной среде. Перевод в водные растворы сопровождается образованием агрегатов молекул, ведущих к изменению их спектральных характеристик. Зависимости степени агрегации от процентного содержания этанола для м-ТГФХ и м-ТГФБХ полностью совпадают (рис. 2 а). Это связано с тем, что взаимодействие молекул тетрапирольных пигментов с микроокружением практически полностью определяется периферийными группами.

Добиться нахождения неполярных порфиринов в мономерном состоянии в водной среде можно путём включения их в комплексы с мицеллярными структурами. Triton® X-100 образует в водных растворах мицеллы, в которые встраиваются ФС, переходя в мономерное состояние. При 0.1 % концентрации Triton® X-100 спектральные характеристики м-ТГФХ и м-ТГФБХ практически полностью совпадают с аналогичными параметрами их этанольных растворов (рис. 2 б). Аналогичные результаты наблюдаются при включении м-ТГФХ и м-ТГФБХ в состав ММВ.

Размеры ММВ и мицелл Triton® X-100 невелики. Поэтому даже при небольших концентрациях ФС в растворе, их локальная концентрация в мицеллах будет высока, что обуславливает возможность для интенсивных межхромовых взаимодействий. Согласно теоретическим расчётам ферстеровский радиус, для данной пары соединений, составляет 4–5 нм, и сопоставим с толщиной липидного бислоя (≈ 4.5 нм), средними расстояниями между молекулами хромофоров в ММВ [2], и размерами мицелл (2–3 нм) [3].

Мы провели исследование флуоресценции мицелл, окрашенных отдельно и совместно м-ТГФХ и м-ТГФБХ, при возбуждении в полосе Сорс хлорина - $\lambda=420$ нм. В этом случае флуоресценция мицелл, окрашенных только одним ФС (м-ТГФХ или м-ТГФБХ), в полосе 740 нм практически не наблюдается. Мицеллы, окрашенные двумя ФС, имеют четко

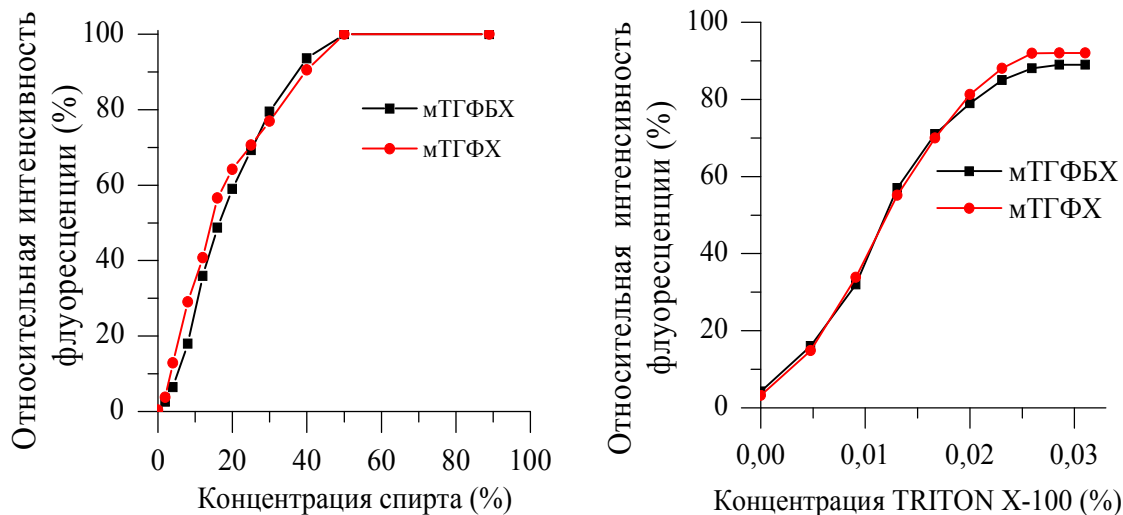


Рис. 2. Зависимость относительного квантового выхода флуоресценции м-ТГФХ и м-ТГФБХ от концентрации этанола (а) и Triton® X-100 (б):

$$\lambda_{\text{м-ТГФХ}}^{\text{возбуждения}} = 420 \text{ нм}, \lambda_{\text{м-ТГФХ}}^{\text{регистрации}} = 650 \text{ нм}, \lambda_{\text{м-ТГФБХ}}^{\text{возбуждения}} = 375 \text{ нм}, \lambda_{\text{м-ТГФБХ}}^{\text{регистрации}} = 740 \text{ нм}$$

выраженную полосу флуоресценции $\lambda=740 \text{ нм}$, характерную для м-ТГФБХ. Исходя из этого, можно сделать вывод, об эффективном переносе энергии возбуждения между м-ТГФХ (донором) и м-ТГФБХ (акцептором) в составе мицелл. Согласно полученным результатам эффективность переноса энергии возбуждения определяется типом мицелл, локальной концентрацией, соотношением донор:акцептор (рис. 3).

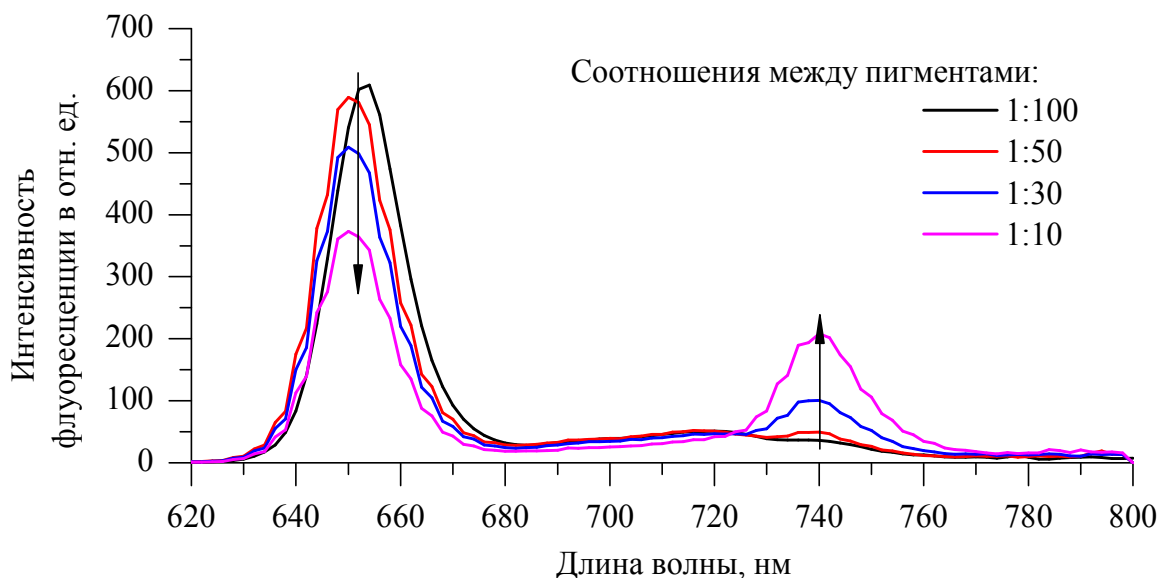


Рис. 3. Спектры флуоресценции ММВ при различных соотношениях м-ТГФХ и м-ТГФБХ

$$\lambda^{\text{возбуждения}} = 420 \text{ нм}, \text{отношение липид:м-ТГФХ} = 50:1, C_{\text{липид}} = 4.4 \cdot 10^{-4} \text{ М}$$

ВЫВОДЫ

Установлен эффективный перенос энергии возбуждения между м-ТГФХ (донором) и м-ТГФБХ (акцептором) в составе мицелл Triton® X-100 и ММВ. Эффективность переноса энергии возбуждения определяется типом мицелл, локальной концентрацией, соотношением донор:акцептор. В практических целях она может быть использована для слежения за процессами перераспределения молекул ФС в биологических системах.

Литература

1. *Batzri S. and Korn E. D.* Single bilayer liposomes prepared without sonication // *Biochim. Biophys. Acta* 298: 1973 P. 1015–1019.
2. *Zorin V., Zorina T., Mikhalovsky I.* Proc. // *SPIE*, 2625, 1996. P. 145–155.
3. *Hasko H.* Paradies Shape and Size of a Nonionic Surfactant Micelle. Triton X-100 in Aqueous Solution // *J. Phys. Chem*, 1980. P. 599–607.

ПРОВЕРКА СЛОЖНЫХ ГИПОТЕЗ ДЛЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ ПРИ НАЛИЧИИ КЛАССИФИКАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ

Е. С. Агеева

ВВЕДЕНИЕ

На практике достаточно часто вместо точного значения переменной мы наблюдаем только интервал, в который оно попадает. Такое искажение данных будем называть классификацией. Классификация является одним из случаев группированных данных [1]. Эта работа посвящена регрессионной модели при наличии классификации зависимой переменной. Состоятельность оценок максимального правдоподобия исследована в [4].

1. МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Рассмотрим модель нелинейной множественной регрессии [2]:

$$Y_t = F(X_t; \theta^0) + \xi_t, \quad t=1, \dots, n, \quad (1)$$

где n объём выборки; $F(\cdot): X \times \Theta \rightarrow R^1$ – известная с точностью до векторного параметра функция регрессии; $\theta^0 = (\theta_1^0, \dots, \theta_m^0)^T \in \Theta \subseteq R^m$ – неизвестный истинный вектор-столбец параметров функции регрессии; $X_t = (X_t^1, \dots, X_t^N)^T \in X \subseteq R^N$ – наблюдаемый неслучайный вектор-столбец регрессоров; $Y_t \in R^1$ – зависимая переменная; $\xi_t \in R^1$ – ненаблюдаемая случайная величина ошибок с нормальным распределением вероятностей $N(0, \sigma^2)$. Предполагается, что $\{\xi_t\}_{t=1}^n$ независимы в совокупности.

Пусть заданы K непересекающихся интервалов ($K \geq 2$):

$$A_k = (a_{k-1}, a_k], \quad k=1, \dots, K, \quad a_0 = -\infty, \quad a_K = +\infty. \quad (2)$$

Эта система борелевских множеств задаёт классификацию Y_t :

$$Y_t \text{ относится к классу } \Omega_{v_t}, \text{ если } Y_t \in A_{v_t}, \quad v_t \in \{1, \dots, K\}. \quad (3)$$

Вместо точных значений зависимой переменной Y_1, \dots, Y_n наблюдаются лишь соответствующие номера классов $v_1, \dots, v_n \in \{1, \dots, K\}$. Задача заключается в том, чтобы, зная разбиение на интервалы A_1, \dots, A_K , классифицированные наблюдения v_1, \dots, v_n и значения X_1, \dots, X_n , построить статистические тесты для проверки гипотез о значении неизвестного вектора параметров $\gamma^0 = (\gamma_1^0, \dots, \gamma_{m+1}^0)^T = ((\theta^0)^T, (\sigma^0)^2)^T$.

Дискретные случайные величины $\{v_t\}_{t=1}^n$ связаны с Y_t стохастической зависимостью, порождаемой (1)–(3):

$$P_{X_t, \gamma} \{v_t \in k\} = P_{X_t}(v_t; \gamma) = \Phi\left(\frac{a_k - F(X_t; \theta)}{\sigma}\right) - \Phi\left(\frac{a_{k-1} - F(X_t; \theta)}{\sigma}\right), \quad k=1, \dots, K,$$

где $\Phi(\cdot)$ – функция распределения вероятностей гауссовской стандартной случайной величины. Введем обозначение: $l(\gamma) = \sum_{t=1}^n \ln P_{X_t}(v_t; \gamma)$.

Информационная матрица Фишера для выборки $\{v_t\}_{t=1}^n$ примет вид:

$$\Gamma_n(\gamma) = \left(\sum_{t=1}^n \sum_{k=1}^K \frac{\partial \ln P_{X_t}(k; \gamma)}{\partial \gamma_i} \frac{\partial \ln P_{X_t}(k; \gamma)}{\partial \gamma_j} \right)_{i, j=1}^n.$$

Теорема 1. Пусть ОМП $\hat{\gamma}$ является состоятельной оценкой вектора параметров γ^0 ; для любого $\theta \in R^m$ функции $F(X; \theta)$, $\frac{\partial F(X; \theta)}{\partial \theta_i}$, $\frac{\partial^2 F(X; \theta)}{\partial \theta_i \partial \theta_j}$, $\frac{\partial^3 F(X; \theta)}{\partial \theta_i \partial \theta_j \partial \theta_s}$, $i, j, s=1, \dots, m$, ограничены на $X \subseteq R^N$; $\frac{1}{n} \Gamma_n(\gamma^0) \succ 0$, $\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \Gamma_n(\gamma^0) = b > 0$. Тогда ОМП $\hat{\gamma}$ асимптотически нормально распределена:

$$L \left\{ \left(\Gamma_n(\gamma^0) \right)^{-\frac{1}{2}} \right\}^T (\hat{\gamma} - \gamma^0) \xrightarrow{n \rightarrow \infty} N_{m+1}(0_{m+1}, I_{m+1}).$$

2. ПРОВЕРКА СЛОЖНЫХ ГИПОТЕЗ

Введем обозначения $\mathbf{X} = (X_1, \dots, X_n) \in R^{nN}$, $\mathbf{H} = (v_1, \dots, v_n) \in K^n$. Пусть Ω – множество всевозможных параметров. Определим две сложные гипотезы:

$$\begin{aligned} H_0 : \quad \gamma^0 &= \bar{\gamma}, \\ H_1 : \quad \gamma^0 &\neq \bar{\gamma}. \end{aligned}$$

Статистика отношения правдоподобия для проверки сложных гипотез H_0, H_1 примет вид $\Lambda = \Lambda_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}) = \frac{P_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}, \gamma^0)}{\sup_{\gamma \in \Omega} P_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}, \gamma)} \in [0, 1]$, где

$$P_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}, \gamma) = \prod_{t=1}^n P_{x_t}(v_t; \gamma) \quad [2].$$

Пусть $F_{\chi_m^2}$ – функция распределения вероятностей χ_m^2 с m степенями свободы. Обозначим $(A^{-1})_{i,j}$ – i, j элемент матрицы A^{-1} .

Теорема 2. Пусть выполнены условия теоремы 1. Тогда для любого наперед заданного $\varepsilon, \varepsilon \in [0, 1]$, существует $c^* = F_{\chi_m^2}^{-1}(1 - \varepsilon)$, такое, что предел при $n \rightarrow \infty$ размера решающего правила

$$d^* = d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}) = \begin{cases} 0, & -2 \ln \Lambda_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}) < c^* \\ 1, & -2 \ln \Lambda_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}) \geq c^* \end{cases}$$

не превосходит ε . Решающее правило $d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H})$ обладает максимальной мощностью среди всех решающих правил $\tilde{d} = \tilde{d}_{\mathbf{X}}(\mathbf{H})$, для которых $P_{\mathbf{X}, \bar{\gamma}}\{\tilde{d} = 1\} \leq P_{\mathbf{X}, \bar{\gamma}}\{d^* = 1\}$.

Теорема 3. Пусть выполнены условия теоремы 1. Тогда для любого наперед заданного $\varepsilon, \varepsilon \in [0, 1]$, существует $c^* = \max_{i=1, \dots, n} \sqrt{((\Gamma_n)^{-1})_{i,j}} \Phi^{-1}(1 - \frac{\varepsilon}{2})$, такое, что предел при $n \rightarrow \infty$ размера решающего правила

$$d^* = d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}) = \begin{cases} 0, & \max_{i=1, \dots, n} |\hat{\gamma}_i - \bar{\gamma}_i| < c^*; \\ 1, & \max_{i=1, \dots, n} |\hat{\gamma}_i - \bar{\gamma}_i| \geq c^* \end{cases}$$

не превосходит ε . Решающее правило $d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H})$ обладает максимальной мощностью среди всех решающих правил $\tilde{d} = \tilde{d}_{\mathbf{X}}(\mathbf{H})$, для которых $P_{\mathbf{X}, \bar{\gamma}}\{\tilde{d} = 1\} \leq P_{\mathbf{X}, \bar{\gamma}}\{d^* = 1\}$.

3. КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ

Для компьютерного моделирования в качестве функции нелинейной регрессии использовалась производственная функция Кобба-Дугласа [3]:

$$Y_t = \theta_1^0 (X_t^1)^{\theta_2^0} (X_t^2)^{\theta_3^0} + \xi_t, \quad t = 1, \dots, n,$$

Рассматривались гипотезы H_0, H_1 :

$$H_0: \gamma^0 = (1, 3, 4, 1)^T$$

$$H_1: \gamma^0 \neq (1, 3, 4, 1)^T.$$

При моделировании предполагались $A_1 = (-\infty, 10]$, $A_2 = (10, 40]$, $A_3 = (40, 60]$, $A_4 = (60, +\infty)$. Значения регрессоров $\{X_t^1, X_t^2\}_{t=1}^n$ представляют собой узлы равномерной сетки на $[0, 2] \times [0, 2]$. Проводились две серии экспериментов. В первом случае для моделирования использовался вектор параметров $\gamma^0 = (1, 3, 4, 1)^T$, во втором – $\gamma^0 = (1.1, 3.1, 3.9, 2)^T$. По методу Монте-Карло для каждого значения объема выборки n проводилось $Q=100$ экспериментов и строились статистические тесты $d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}_1^q)$ и $d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}_2^q)$ по первому и второму методам для проверки гипотез H_0, H_1 . Вычислялись статистики

$$\hat{\alpha} = \sum_{q=1}^n d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}_1^q), \quad \hat{w} = 1 - \sum_{q=1}^n d^*_{\mathbf{X}}(\mathbf{H}_2^q).$$

Статистика $\hat{\alpha}$ является оценкой ошибки первого рода построенного статистического теста, статистика \hat{w} является оценкой мощности построенного статистического теста. На рисунках 1 и 2 изображены графики зависимости $\hat{\alpha}$ и \hat{w} от объема выборки n соответственно.

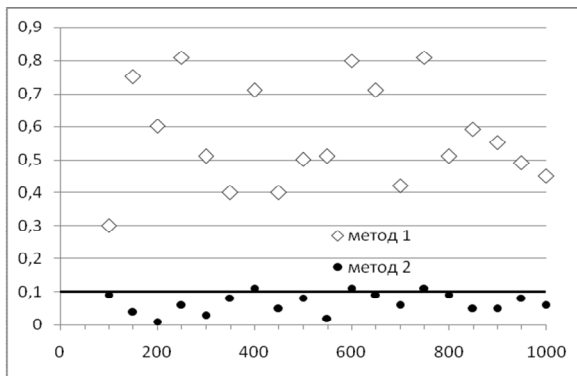


Рис. 1. График зависимости $\hat{\alpha}$ от n

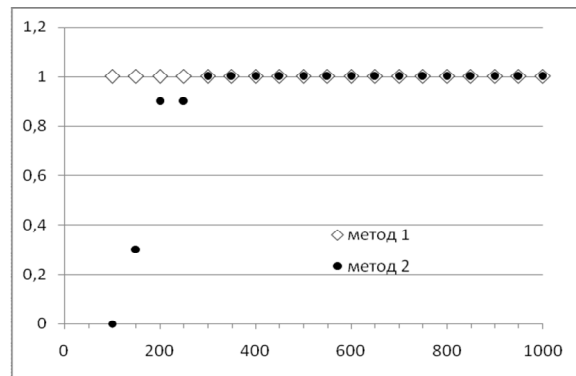


Рис. 2. График зависимости \hat{w} от n

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Рассмотрена регрессионная модель, в которой зависимые данные наблюдаются не полностью: вместо точных значений известны только номера классов, в которые они попадают. Построены статистические тесты для проверки сложных гипотез для множественной регрессии при наличии классификации наблюдений. Проведены численные эксперименты, иллюстрирующие теоретические результаты.

Литература

1. *Heitjan D. F.* (1989) Inference from Grouped Continuous Data: A Review // *Statistical Science*, Vol. 4, no. 2, С. 164–183.
2. *Боровков А. А.* Математическая статистика // М.: Наука, 1984.
3. *Калитин Н.Н.* Численные методы // М.: Наука, 1978.
4. *Агеева Е. С., Харин Ю. С.* (2012) Состоятельность оценки максимального правдоподобия параметров множественной регрессии по классифицированным наблюдениям // Доклады НАН Беларуси Том 56, No.5, С. 11–19.

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ В АНТИ-СПАМ ТЕХНОЛОГИЯХ

А. О. Варивончик

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в мире бурно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях. Актуальность исследований в этом направлении подтверждается массой различных применений нейронных сетей. Это автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем, организация ассоциативной памяти и многие другие приложения. С помощью нейронных сетей можно, например, предсказывать показатели биржевого рынка, выполнять распознавание оптических или звуковых сигналов, создавать самообучающиеся системы, способные управлять автомашиной при парковке или синтезировать речь по тексту.

В настоящее время компьютеры достигли необходимой вычислительной мощности для проведения серьезных исследований. Например, ученые из Google запустили нейронную сеть на 16 тысячах процессоров. В результате они смоделировали систему с примерно миллиардом взаимосвязей между отдельными процессами (нейронами). В качестве материала для работы полученная сеть использовала видеоролики с YouTube. Как следствие, спустя некоторое количество времени, система научилась отличать видео с котами от остальных.

Использование нейронных сетей для распознавания спама является логическим развитием поиска более продуктивных алгоритмов и начало развиваться сравнительно недавно. Как раз то, что на данном этапе компьютеры достигли достаточных вычислительных мощностей для реализации обучения сложных нейронных сетей на огромных базах данных, дало возможность реализации предлагаемых решений.

В статье рассматривается разработка приложения, которое распознает спам в обычных электронных письмах.

РЕАЛИЗОВАННОЕ ПРИЛОЖЕНИЕ

Демонстрационная программа представляет собой Windows-приложение, предназначенное для распознавания спама среди электронных писем.

Для реализации интерфейса пользователя использовалась графическая библиотека Java Swing. Нейронная сеть была реализована на языке Java. Также, после завершения разработки результаты работы программы были проверены с помощью открытой библиотеки Encog[1], позволяющей реализовывать нейронные сети различных видов.

Реализация предоставляет пользователю графический интерфейс:

- загрузка электронных писем в программу для проверки;
- загрузка параметров обучения нейронной сети;
- изучение препроцессинга обработки письма;
- получение вероятности, является ли данное письмо спамом.

Возможности разработчика шире, потому что часть функций не была включена в графический интерфейс. Он может:

- выбрать архитектуру нейронной сети;
- обучить нейронную сеть, на своей базе данных;
- остановить или продолжить обучение в нужный момент.

В приложении были реализованы следующие нейросетевые методы:

- однослойный персептрон;
- многослойный персептрон.

Даже однослойный персептрон даёт отличные показатели классификации спама. Многослойный персептрон улучшает показатели, но в то же время, продолжительность обучения существенно увеличивается.

Для обучения нейронных сетей был использован широко известный алгоритм обратного распространения ошибки.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Реализованные нейронные сети были протестированы на базе данных состоящих из 4000 писем, про каждое из которых было известно, является ли это письмо спамом или нет, также использовался словарь, состоящий из 1899 слов. Письма и словарь предоставлены курсом по машинному обучению Стэнфордского университета[2].

В качестве первого приближения использовался однослойный персептрон. Нейронная сеть обучалась на первых 3500 письмах. Для про-

верки результатов были использованы оставшиеся 500 писем. Программа показала достаточно высокий коэффициент распознавания. Порядка 96% писем было классифицировано верно. Дальнейшие исследования проводились с целью изучения качества работы программы на других начальных данных и с использованием других архитектур сетей.

На однослойном персептроне сеть обучается за 5 –7 итераций, и дальнейшего улучшения не происходит. Если увеличить число слоёв, сети потребуется большее число итераций для обучения и существенно возрастёт время обучения. Добавление нового слоя приводит к резкому возрастанию количества связей. Число нейронов возводится в квадрат. Соответственно, увеличивается время обучения сети.

Проанализировав время работы и качество обучения, был сделан вывод, что однослойный персептрон достаточно хорошо справляется с проблемой классификации спама на такой базе данных. Усложнение архитектуры сети незначительно улучшает коэффициент распознавания, но существенно увеличивается время обучения.

Из недостатков разработки хотелось бы отметить необходимость собирать достаточную базу данных, для обучения сети. Вряд ли у пользователя будет возможность сбора такой базы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе создано приложение для распознавания спама среди электронных писем. Для приложения реализованы базовые и наиболее используемые на сегодняшний день нейронные сети. Приложение предназначено для исследования, обучения и тестирования нейронных сетей.

Для максимальной эффективности необходимо, чтобы программа была предварительно обучена на базе данных используемых писем. Так как, для разных нужд будет необходимо использовать разные базы данных. Соответственно встаёт задача подбора этих баз данных.

Проведенные исследования, показывают универсальность нейронных сетей и их способность эффективно решать задачу распознавания спама.

Литература

1. Encog Artificial Intelligence Framework for Java // Java Library [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <https://code.google.com/p/encog-java/downloads/list>. Дата доступа: 23.04.2013.
2. Ng, A. Machine Learning / A. Ng // Artificial intelligence [Электронный ресурс]. 2013. Режим доступа: <https://www.coursera.org/course/ml>. Дата доступа: 13.09.2012.

ПРИМЕНЕНИЕ СПЛАЙН-СХЕМЫ ДЛЯ ЧИСЛЕННОГО РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ О КАПЛЕ, СВИСАЮЩЕЙ С КРОМКИ КАПИЛЛЯРА

Ю. Н. Горбачева

В работе рассмотрено использование схемы сплайн-аппроксимации для численного решения осесимметричной задачи о равновесных формах и устойчивости свисающей капли, контур которой совпадает с кромкой цилиндрического капилляра в поле силы тяжести [1]. Основная сложность при численном анализе данной задачи связана с моделированием равновесных капиллярных поверхностей, при которых свободная поверхность опирается на линию излома твердой стенки.

Рассмотрим каплю объемом V , свисающую с кромки капилляра радиуса R_0 . Примем радиус R_0 за единицу длины и сформулируем осесимметричную задачу о равновесной форме свободной поверхности жидкости, форма которой определяется равновесной линией меридиана, в безразмерных переменных. Для этого введем безразмерные цилиндрические координаты z и r так, чтобы ось z совпала с осью симметрии капилляра, и направим её противоположно вектору ускорения свободного падения \mathbf{g} . Выберем начало координат в центре основания капилляра. Обозначим через s безразмерную длину дуги искомой равновесной линии, изменяющуюся от $s = 0$ в точке контакта меридиана с плоскостью $r = 0$ до $s = L$ в точке контакта меридиана с кромкой капилляра в плоскости $z = 0$. Форму равновесной линии меридиана будем описывать параметрическими функциями $r(s)$, $z(s)$, удовлетворяющими нелинейным дифференциальным уравнениям Юнга-Лапласа [1]:

$$z'' = r'F, \quad r'' = -z'F, \quad F = f + C, \quad f = -\text{Bo} z - z'/r, \quad 0 \leq s \leq L, \quad (1)$$

где $' = d/ds$, $\text{Bo} = \rho g R_0^2 / \sigma$ – число Бонда, характеризующее отношение гравитационных сил к капиллярным, C – неопределенная константа, ρ – плотность жидкости, σ – коэффициент поверхностного натяжения.

Уравнения (1) дополняются краевыми условиями, образующимися из условий симметрии при $s = 0$ и условий контакта с твердой стенкой при $s = L$: $r(0) = 0$, $r'(0) = 1$, $z'(0) = 0$, $r(L) = 1$, $z(L) = 0$. Считая безразмерный объем капли U заданным, определяем его как объем тела вращения $U = -2\pi \int_0^L z r r' ds$ ($U = V/R_0^3$). Еще одним уравнением служит естественное условие $(r')^2 + (z')^2 = 1$. Чтобы оно не нарушалось, его следует удовлетворить, хотя бы при одном значении s .

Следуя стратегии [2], сделаем замену переменных: $\bar{s} = s/L$, $\bar{z} = z/L$, $\bar{r} = r/L$, которая позволяет получить явную формулу для безразмерной длины L и проводить вычисления на фиксированном промежутке $[0, 1]$.

Запишем задачу в новых переменных в матричной форме, опустив для удобства верхнюю черту в обозначениях переменных:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}'' &= F\mathbf{l}\mathbf{x}', \quad \mathbf{x}' \cdot \mathbf{x}' = 1, \quad F = f + C, \quad 0 \leq s \leq 1, \\ \mathbf{x} &= \begin{bmatrix} r(s) \\ z(s) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{l} = \begin{bmatrix} 0 & -1 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}'(0) = \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}(1) = \begin{bmatrix} 1/L \\ 0 \end{bmatrix}, \\ r(0) &= 0, \quad f = -BoL^2z - z'/r, \quad L = \left[-U / \left(2\pi \int_0^1 z r r' ds \right) \right]^{1/3}, \end{aligned} \quad (2)$$

где C – неопределенная константа. Определяющими параметрами задачи являются число Bo и безразмерный объем U .

Построение схемы сплайнового типа основано на аппроксимации функций $r(s)$, $z(s)$ параметрическими кубическими сплайнами, удовлетворяющими уравнениям дифференциальной задачи (2) в узлах сетки $\{s_i = ih \mid i = \overline{0, N}; h = 1/N\}$. Кубические сплайны, построенные по значениям функций $r(s)$, $z(s)$ в узлах сетки, можно записать в векторном виде [2]:

$$\begin{aligned} \mathbf{x}(s) \approx \mathbf{P}(s) &= \left\{ \mathbf{m}_{i-1} \frac{(s_i - s)^3}{6h} + \mathbf{m}_i \frac{(s - s_{i-1})^3}{6h} + \left(\mathbf{x}_{i-1} - \frac{h^2}{6} \mathbf{m}_{i-1} \right) \frac{s_i - s}{h} + \right. \\ &+ \left. \left(\mathbf{x}_i - \frac{h^2}{6} \mathbf{m}_i \right) \frac{s - s_{i-1}}{h} \mid s \in [s_{i-1}, s_i], \quad i = \overline{1, N} \right\}, \end{aligned}$$

где

$$\mathbf{P}(s) = \begin{bmatrix} P_1(s) \\ P_2(s) \end{bmatrix}, \quad \mathbf{x}_i = \begin{bmatrix} r_i \\ z_i \end{bmatrix} = \mathbf{x}(s_i), \quad \mathbf{m}_i = \begin{bmatrix} m_{1,i} \\ m_{2,i} \end{bmatrix} = \mathbf{P}''(s_i).$$

Считаем, что скалярные сплайны $P_1(s)$ и $P_2(s)$ удовлетворяют первому из уравнений (2) во всех узлах сетки, т.е. справедливо равенство $\mathbf{m}_i = F_i \mathbf{l} \mathbf{P}'(s_i)$ при всех $i = \overline{0, N}$. Записывая это уравнение с учетом непрерывности первой производной сплайна, в каждом внутреннем узле ($i = \overline{1, N-1}$) получаем систему линейных уравнений относительно векторов \mathbf{m}_{i-1} , \mathbf{m}_i . Решая ее, находим:

$$\mathbf{m}_i = \frac{F_i}{h(c_i^2 + d_i^2)} \mathbf{U}_i \mathbf{l} (\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_{i-1}) = \frac{F_i}{h(c_{i+1}^2 + d_{i+1}^2)} \mathbf{V}_{i+1} \mathbf{l} (\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i), \quad (3)$$

где $\mathbf{U}_i = u_{1,i}\mathbf{E} + u_{2,i}\mathbf{I}$, $\mathbf{V}_i = v_{1,i}\mathbf{E} + v_{2,i}\mathbf{I}$ – невырожденные матрицы размерности 2×2 , $c_i = 2/3(\rho_i - \rho_{i-1})$, $d_i = 1 + 1/3\rho_{i-1}\rho_i$, $\rho_i = 1/2hF_i$, $u_{1,i} = d_i - \rho_{i-1}c_i$, $u_{2,i} = c_i + \rho_{i-1}d_i$, $v_{1,i} = d_i + \rho_i c_i$, $v_{2,i} = c_i - \rho_i d_i$.

Ввиду (3) и граничных условий задачи (2), получаем систему

$$\begin{cases} (c_i^2 + d_i^2)\mathbf{V}_{i+1}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_i) - (c_{i+1}^2 + d_{i+1}^2)\mathbf{U}_i(\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_{i-1}) = 0, \\ i = \overline{1, N-1}, \quad r_0 = 0, \quad r_N = 1/L, \quad (z_1 - z_0)/h = \rho_0, \quad z_N = 0, \end{cases} \quad (4)$$

где \mathbf{x}_i – неизвестные векторы. Краевое условие $z'(0) = 0$ аппроксимировали со вторым порядком, раскрывая неопределенность z_0/r_0 по правилу Лопиталья.

Умножая i -е уравнение системы (4) ($i = \overline{1, N-1}$) на $(c_{i+1}^2 + d_{i+1}^2)\mathbf{U}_i^T + (c_i^2 + d_i^2)\mathbf{V}_{i+1}^T$, получаем эквивалентную систему с трехдиагональной матрицей. Для решения полученной задачи используем итерационный процесс:

$$\begin{cases} A_i^n r_{i-1}^{n+1} - (A_i^n + B_i^n) r_i^{n+1} + B_i^n r_{i+1}^{n+1} = \Phi_{1,i}^n, \\ i = \overline{1, N-1}, \quad r_0^{n+1} = 0, \quad r_N^{n+1} = 1/L^n, \end{cases} \quad (5)$$

$$\begin{cases} A_i^n z_{i-1}^{n+1} - (A_i^n + B_i^n) z_i^{n+1} + B_i^n z_{i+1}^{n+1} = \Phi_{2,i}^n, \\ i = \overline{1, N-1}, \quad (z_1^{n+1} - z_0^{n+1})/h = \rho_0^n, \quad z_N^{n+1} = 0, \end{cases} \quad (6)$$

где n – номер итерации. Значения коэффициентов A_i , B_i , Φ_i берутся с предыдущей итерации:

$$A_i = (1 + \rho_{i-1}^2)(c_{i+1}^2 + d_{i+1}^2) + \psi_i^+ > 0, \quad B_i = (1 + \rho_{i+1}^2)(c_i^2 + d_i^2) + \psi_i^+ > 0,$$

$$\Phi_i = \begin{bmatrix} \Phi_{1,i} \\ \Phi_{2,i} \end{bmatrix}, \quad \Phi_i = -\varphi_i \mathbf{I}(\mathbf{x}_{i+1} - \mathbf{x}_{i-1}) - \psi_i^- (\mathbf{x}_{i-1} - 2\mathbf{x}_i + \mathbf{x}_{i+1}),$$

$$\Phi_i = u_{1,i}v_{2,i+1} - u_{2,i}v_{1,i+1}, \quad \Psi_i = u_{1,i}v_{1,i+1} + u_{2,i}v_{2,i+1}, \quad \psi_i^\pm = 0.5(\Psi_i \pm |\Psi_i|).$$

Конструкция сплайн-схемы (5), (6) не обеспечивает выполнение естественного условия $\mathbf{x}' \cdot \mathbf{x}' = 1$. Удовлетворить этому условию можно через вычисление константы C . Проинтегрируем равенство $\mathbf{x}' \cdot \mathbf{x}' = 1$ на интервале $[0, 1]$ с учетом уравнения и граничных условий задачи (2). В результате приходим к следующей формуле для вычисления константы C :

$$C = \frac{P'_{1,N}/L - \int_0^1 f(P_2 P'_1 - P_1 P'_2) ds - 1}{\int_0^1 (P_2 P'_1 - P_1 P'_2) ds}.$$

Константу L и функцию f определяем с помощью сплайнов P_1 , P_2 , следуя (2):

$$L = \left[-U / \left(2\pi \int_0^1 P_2 P_1 P'_1 ds \right) \right]^{1/3}, \quad f = -\text{Bo} L^2 P_2 - P'_2 / P_1.$$

Реализация схемы на каждой итерации сводится к решению системы линейных алгебраических уравнений (5), (6) с трехдиагональной матрицей, при этом метод прогонки в этом случае абсолютно устойчив. Для стабилизации сходимости итераций итерационный метод (5), (6) может быть дополнен параметром релаксации. В результате вначале определяются новые итерационные приближения r_i^{n+1} , z_i^{n+1} , с помощью которых затем вычисляются L^{n+1} , f^{n+1} , C^{n+1} и $F^{n+1} = f^{n+1} + C^{n+1}$.

Расчеты осуществлялись на равномерной сетке с шагом 1/500 для различных чисел Бонда из диапазона $0 < \text{Bo} < 14.6819$, т.к. при больших числах Бонда поверхностное натяжение не удержит жидкость на кромке капилляра и она сразу же прольется [1]. Известно, что существование равновесных состояний ограничено безразмерными значениями объема капли $U \leq U_{cr}$, а при $U > U_{cr}$ наступает кризис равновесия – капля отрывается от кромки капилляра. Полагалось, что значение безразмерного объема превышает критическое, если при этом итерации расходились [2]. Критические значения U_{cr} уточнялись по методу дихотомии, пока их погрешность не становилась менее 10^{-4} . Сравнение с известными данными теории устойчивости равновесных капиллярных поверхностей [1] показало, что кризис вычислительного процесса происходит при тех же U_{cr} , что и разрушение равновесных форм. Таким образом, построенная схема сплайн-аппроксимации адекватно реагирует на кризис равновесного состояния и может использоваться не только для моделирования равновесных форм капиллярных поверхностей с нерегулярными условиями контакта, но и как метод исследования их устойчивости.

Литература

1. Мышкис А. Д., Бабский В. Г., Жуков М. Ю., Копачевский Н. Д., Слобожанин Л. А., Тюпцов А. Д. Методы решения задач гидромеханики для условий невесомости / Под ред. А. Д. Мышкиса. Киев «Наукова думка», 1992.
2. Polevikov V. K. Methods for numerical modeling of two-dimensional capillary surfaces // Computational Methods in Applied Mathematics. 2004. Vol. 4, № 1. P. 66–93.

АЦЭНКА ЭФЕКТЫЎНАСЦІ МАДЭЛІ БЛЭКА-ЛІТЭРМАНА ПРЫ НАЯЎНАСЦІ НЕАДНАСТАЙНЫХ ЧАКАННЯЎ ІНВЕСТАРАЎ

А. А. Губін

Ва ўмовах міжнароднага дыверсіфікавання асабліва актуальнай робіцца задача ўліку неаднастайнасці чаканняў інвестараў адносна прыбытковасці актываў [2]. Дадзеную праблему нельга вырашыць у межах класічных падыходаў, заснаваных на мадэлях Марковіца, Тобіна і *SARМ* [1], якія мяркуюць, што ўсе інвестары маюць аднолькавыя чаканні адносна прыбытковасці і рызыкі актываў. Гэтыя меркаванні абумоўліваюць ідэнтычнасць структуры рызыкавай часткі партфеляў для ўсіх інвестараў і для рынку ўвогуле пры зададзенай бязрызыкавай стаўцы [1, 2]. На практыцы розныя інвестары могуць мець індывідуальныя ўяўленні адносна чаканай прыбытковасці і рызыкі актываў. Дадзеныя ўяўленні могуць істотна ўплываць на структуру партфеляў, пабудаваных у межах мадэлі Блэка–Літэрмана.

Мэтай артыкула ставіцца агляд мадэлі Блэка–Літэрмана і параўнанне вынікаў выкарыстання розных мадэлей для пабудовы аптымальных партфеляў актываў пры наяўнасці неаднастайнасці чаканняў інвестараў.

Мадэльныя меркаванні. Няхай A – чаканая інвестарам прыбытковасць, B – мадэльная прыбытковасць. У адпаведнасці з формулай Байеса [4]:

$$P(A|B) = \frac{P(B|A)P(A)}{P(B)}, \quad (1)$$

такім чынам, правіла Байеса [4] дазваляе стварыць механізм для аб'яднання суб'ектыўных поглядаў інвестараў і рынкавых разлікаў. Няхай $r_t \in \mathcal{R}^n$ – вектар прыбытковасцей n актываў у перыядзе t ; $\Sigma \in \mathcal{R}^{n \times n}$ – каварыяцыйная матрыца прыбытковасцей актываў; $\Lambda = E\{r_{t+1} | I_t\} \in \mathcal{R}^n$ – умоўнае матэматычнае чаканне вектара прыбытковасцей, мяркуемых інвестарамі на аснове інфармацыі I_t , ў перыядзе t ; $\Pi \in \mathcal{R}^n$ – вектар чаканых ў адпаведнасці з мадэллю *SARМ* [1] прыбытковасцей, што значыць $\Pi = \beta w'_{m,t} r_t$, дзе $w_{m,t} \in \mathcal{R}^n$ апісвае структуру рынкавага партфеля ў перыядзе разгляду, а $\beta \in \mathcal{R}^n$ – вектар адпаведных бэта-каэфіцыентаў [1]. Меркаванне 1 мадэлі Блэка–Літэрмана прыведзена ніжэй.

Меркаванне 1. Для ўмоўнай шчыльнасці размеркавання вектара Λ чаканых інвестарам прыбытковасцей пры зададзеным вектары раўнаважкіх рынкавых прыбытковасцей Π справядліва формула Байеса, што значыць:

$$p(\Lambda | \Pi) = \frac{p(\Pi | \Lambda)p(\Lambda)}{p(\Pi)}. \quad (2)$$

Прымаецца, што апрыйёрныя меркаванні наконт функцыі шчыльнасці размеркавання $P(\Lambda)$ маюць форму k лінейных абмежаванняў (поглядаў) на вектар з n чаканых прыбытковасцей Λ , такім чынам, што яны апісваюцца матрыцай $P \in \mathcal{R}^{k \times n}$, якая задавальняе наступным суадносінам:

$$P\Lambda = Q + \varepsilon, \quad (3)$$

дзе $Q \in \mathcal{R}^k$ – зафіксаваны вектар меркаванняў інвестараў; $\varepsilon \in \mathcal{R}^k$ – вектар памылак меркаванняў інвестараў, размеркаваны шматмерна нармальна з матэматычным чаканнем у выглядзе нулявога вектара і дыяганальнай каварыяцыйнай матрыцай $\Omega \in \mathcal{R}^{k \times k}$, чыя дыяганальнасць азначае папарную незалежнасць памылак, уваходзячых у вектар ε . У сімвальнай форме вышэйапісанае фіксуецца наступным чынам: $\varepsilon \sim N_k(0, \Omega)$. Адносна размеркавання вектара $P\Lambda$ задаецца меркаванне 2 мадэлі Блэка–Літэрмана.

Меркаванне 2. Размеркаванне вектара поглядаў інвестараў $P\Lambda$ адносна прыбытковасцей актываў з'яўляецца шматмерным нармальным з параметрамі Q і Ω , што азначае:

$$P\Lambda \sim N_k(Q, \Omega). \quad (4)$$

Існаванне вектара памылак ε дэманструе наяўнасць няпэўных поглядаў, а тое, што яны размеркаваны шматмерна нармальна з дыяганальнай матрыцай каварыяцыі Ω , паказвае, што погляды інвестараў незалежныя адзін ад другога. Калі дыяганальныя элементы Ω імкнуцца да нуля, то адпаведна і няпэўнасць поглядаў адсутнічае, то бок $P\Lambda = Q$. Павінна быць заўважана тое, што параметры P , Ω і Q задаюцца экзагенна інвестарам.

Меркаванне 3. Умоўнае размеркаванне імавернасці вектара Π чаканых раўнаважкіх рынкавых прыбытковасцей пры зададзеных меркаваннях інвестара Λ з'яўляецца шматмерным нармальным з параметрамі Λ і $\tau\Sigma$, што азначае:

$$\Pi | \Lambda \sim N_n(\Lambda, \tau\Sigma), \quad (5)$$

дзе $\Sigma \in \mathcal{R}^{n \times n}$ – каварыяцыйная матрыца прыбытковасцей, а τ – скалярны множнік, які задаецца інвестарам і ўяўляе вагавы каэфіцыент матрыцы каварыяцыі. Той факт, што $\Lambda = E\{\Pi | \Lambda\} = E\{r_{t+1} | I_t\}$ адлюстроўвае тое, што ў свеце меркаванняў *SAPM* інвестары маюць гамагенныя адносна рынку погляды [1, 2].

Прывядзем цяпер фармуляванне задачы пабудовы аптымальнага партфеля структуры $x \in \mathcal{R}^n$ паводле мадэлі Блэка–Літэрмана:

$$M = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + P'\Omega^{-1}Q], \quad (6)$$

$$x = (\lambda\Sigma)^{-1}M, \quad (7)$$

дзе $\Pi \in \mathcal{R}^n$ – вектар чаканых раўнаважкіх прыбытковасцей, які базуецца на прагнозе паводле *SARPM* [1]; $M = E\{\Lambda | \Pi\} \in \mathcal{R}^n$ – матэматычнае чаканне апастэрыёрнага камбінаванага вектара прыбытковасцей; λ – каэфіцыент адваржэння рызыкі [2, 3]; $P \in \mathcal{R}^{k \times n}$ – матрыца суадносін актываў, уваходзячых у погляды; $\Omega \in \mathcal{R}^{k \times k}$ – дыяганальная каварыяцыйная матрыца памылак умоў, выказаных поглядаў; $Q \in \mathcal{R}^k$ – вектар поглядаў, які задаецца экзагенна інвестарам у залежнасці ад яго меркаванняў ці ў адпаведнасці з пэўнай матэматычнай мадэллю.

Прапанова 1. Аптымальнае значэнне вектара Λ мінімізуе дысперсію вакол раўнаважкіх прыбытковасцей Π і мае выгляд:

$$\Lambda = \Pi + \Sigma^{-1}P'(P\Sigma^{-1}P')^{-1}(Q - P\Pi). \quad (8)$$

Заўвага 1. Адсутнасць апрыёрных меркаванняў, эквівалентна таму што $P = 0$, вядзе да супадзення меркаваных прыбытковасцей з рынкавымі:

$$\Lambda = \Pi + \Sigma^{-1}P'(P\Sigma^{-1}P')^{-1}(Q - P\Pi) = \Pi. \quad (9)$$

Разгледзім цяпер больш агульны выпадак, калі апрыёрныя меркаванні на конт чаканых прыбытковасцей маюць вызначаную ступень няпэўнасці.

Прапанова 2. Апастэрыёрная функцыя шчыльнасці размеркавання імавернасці $p(\Lambda | \Pi)$ з'яўляецца функцыяй шчыльнасці шматмернага нармальнага закону $N_n(M, \Psi)$, дзе

$$M = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + P'\Omega^{-1}Q] \quad (10)$$

$$\Psi = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1} \quad (11)$$

Заўвага 2. Умоўнае матэматычнае чаканне вектара Λ чаканых інвестарам прыбытковасцей пры зададзеным вектары раўнаважкіх рынкавых прыбытковасцей Π можа быць прадстаўлена ў выглядзе:

$$M = [(\tau\Sigma)^{-1} + P'\Omega^{-1}P]^{-1}[(\tau\Sigma)^{-1}\Pi + (P'\Omega^{-1}P)\hat{E}_t\{r_{t+1}\}], \quad (12)$$

дзе $\hat{E}_t\{r_{t+1}\}$ ацэнка Λ па метадае найменшых квадратаў.

Разгледзім пабудову партфеляў паводле мадэляў Марковіца [1], Тобіна [1] і Блэка–Літэрмана на індэксах DAX, S&P, NIKKEI і HANG SENG у перыяд з 09.07.2012 па 09.05.2013 з тэрмінам назірання і інвеставання – адзін тыдзень. У табліцы ніжэй прывядзеныя вынікі эксперыменту, у якім было здзейснена параўнанне розных падыходаў да

дыверсіфікавання. Даследаванне было праведзена пры дапамозе распрацаванага аўтарам дастасавання, апісанага ў [5].

Табліца 1. Параўноўчая характарыстыка партфеляў, пабудаваных паводле разнастайных падыходаў дыверсіфікавання.

Індэкс	Блэк-Літэrm.	Блэк-Літэrm. 100% уп.	Марк.	Тобін	САPM прыб.	Бэта	Сапр. прыб.	JB р-знач.
HANG SENG	0.2459	-1.2970	0.2340	0.0990	0.0040	0.6550	0.0030	0.5830
Nikkei	0.4136	1.9565	0.2340	0.3600	0.0060	1.3950	0.0200	0.3810
S&P	0.3504	0.3504	0.3390	0.1340	0.0050	0.8720	0.0160	0.6290
DAX	0.3240	1.8596	0.1930	0.2710	0.0060	1.1660	0.0200	0.4350
Безрызык. актыў	-0.3338	-1.8695	0.0000	0.1360	-	-	0.0016	-
Прыб. партфеля	0.0271	0.0193	0.0050	0.0050				
Валац. партфеля	0.0329	0.0578	0.0116	0.0121				
Прэмія за рызыку	0.7747	0.3063	0.2903	0.2786				
Сапр. прыб. партфеля	0.0205	0.0750	0.0147	0.0153				

Выкарыстанне мадэлі Блэка–Літэрмана дазваляе значна павялічыць прэмію за рызыку: партфель, пабудаваны паводле мадэлі Блэка–Літэрмана з зададзенай упэўненасцю ў поглядах пры $\tau=10$, з’яўляецца самым прывабным для інвеставання паводле індэкса Шарпа. Адзначым, што сапраўдныя прыбытковасці партфеляў, пабудаваных намі пад час даследавання складаюць 2.05 %, 7.50 %, 1.47 % і 1.53 % за тыдзень для партфеляў паводле Блэка–Літэрмана з $\tau=10$, Блэка–Літэрмана са 100 % упэўненасцю, Марковіца і Тобіна адпаведна. Вынікі даследавання якасна падкрэсліваюць эфектыўнасць мадэлі Блэка–Літэрмана пры наяўнасці неаднастайных чаканняў інвестараў.

Літаратура

1. Малюгин В. И. Рынок ценных бумаг. Количественные методы анализа, М.: Дело, 2003.
2. Black F and R Litterman. Global Portfolio Optimization, FAJ (09), P. 28–43. 1992.
3. Walters J. The Black-Litterman Model: A Detailed Exploration, CFA, 2008.
4. Харин Ю.С. Теория вероятностей, математическая и прикладная статистика: учебник / Ю. С. Харин, Н. М. Зуев, Е. Е. Жук. Минск: БГУ. 2011.
5. Губін А. А. Распрацоўка шматфункцыянальнага праграмагнага прадукту для аптымальнага партфельнага інвеставання // Проблемы прогнозирования и государственного регулирования социально-экономического развития: Мат. XIII МНК, 25–26 окт. 2012 г., г. Минск. Мн.: НИЭИ, 2012 Т.2. С. 217–219.

АНАЛИЗ КРЕДИТОСПОСБНОСТИ КОМПАНИЙ НА ОСНОВЕ ЛОГИТ-МОДЕЛИ ПО ПАНЕЛЬНЫМ ДАННЫМ

О. В. Гугля, В. И. Малюгин

ВВЕДЕНИЕ

Основным условием эффективной деятельности коммерческих банков на рынке кредитных услуг является применение методов и моделей

объективной оценки кредитоспособности заемщиков, позволяющих банкам принимать экономически обоснованные решения и выбирать наиболее приемлемые альтернативы размещения кредитных ресурсов банка. В последние годы значительно возросло число публикаций по проблемам управления кредитным портфелем, принятию кредитных решений в условиях риска и неопределенности [3]. Теоретическое обоснование и практика разработки моделей оценки кредитоспособности предприятий-заемщиков еще недостаточны. Таким образом, существует объективная необходимость проведения комплексных исследований по обозначенной проблеме. Целью данной статьи является построение рейтинговой модели оценки кредитоспособности предприятий-заемщиков на основе их финансово-экономических показателей. Предполагается, что данная модель будет учитывать структуру данных и будет иметь практическое применение для анализа кредитоспособности, как на микроуровне (уровне предприятия), так и на макроуровне (уровне отрасли и экономики в целом).

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДАННЫХ

В работе используется классический подход анализа кредитоспособности заемщика [3]. Согласно этому подходу производится классификация (ранжирование) потенциальных заемщиков по степени кредитного риска с присвоением соответствующего кредитного рейтинга, что необходимо для принятия решений о предоставлении кредита. Количество групп риска полагается равным четырем. К первой группе относятся предприятия, демонстрирующие наилучшие финансово-экономические показатели и которые, вероятнее всего, смогут выполнить обязательства по кредиту, к четвертой – самые некредитоспособные предприятия.

В качестве математико-статистического инструментария для ранжирования компаний предлагается использовать логит-модель упорядоченного множественного выбора [1]. Реальные статистические данные имеют структуру панельных данных [1], в связи с чем возникает необходимость учета индивидуальных и временных эффектов. В качестве индивидуального эффекта в данном исследовании был выбран фиксированный эффект экономических единиц (предприятий) α_i , не зависящий от времени [2]. Эконометрическая логит-модель множественного выбора по панельным данным с фиксированным эффектом имеет вид:

$$y_{it}^* = x_{it}^T \beta + \alpha_i + \varepsilon_{it}, \quad (1)$$

$$y_{it} = 1, \text{ если } y_{it}^* \leq \gamma_1, y_{it} = 2, \text{ если } \gamma_1 < y_{it}^* \leq \gamma_2, \\ y_{it} = 3, \text{ если } \gamma_2 < y_{it}^* \leq \gamma_3, y_{it} = 4, \text{ если } y_{it}^* > \gamma_3,$$

где для момента времени t ($t=1, \dots, T$) и предприятия i ($i=1, \dots, n$): $x_{it} = (x_{ijt}) \in \mathfrak{R}^N$ – вектор финансово-экономических показателей; y_{it} – переменная принадлежности к классу (кредитный рейтинг); y_{it}^* – значение латентной переменной; ε_{it} – остатки модели, удовлетворяющие традиционным предположениям. Вектор параметров $\beta \in \mathfrak{R}^N$, фиксированные эффекты $\{\alpha_i\}$, а также пороговые значения $\{\gamma_j\}$ ($j=1, \dots, 3$) модели не известны. Таким образом, задача ранжирования компаний сводится к задаче оценивания параметров модели (1).

ОЦЕНКА КРЕДИТНЫХ РЕЙТИНГОВ ПРЕДПРИЯТИЙ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Объектами исследования являются 385 промышленных предприятий РБ. Панельная выборка была сформирована на основе данных бухгалтерской отчетности за 2008–2011 годы. При описании результатов моделирования используются следующие обозначения: $k1_n$ – коэффициент текущей ликвидности, $k2_n$ – коэффициент абсолютной ликвидности, $k4_n$ – коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами, $k6_n$ – коэффициент качества дебиторской задолженности, $k7_n$ – коэффициент кредиторской задолженности, $k9_n$ – коэффициент финансирования, $k10_n$ – коэффициент мобильности средств, $k19_n$ – коэффициент рентабельности активов.

Оцененная по имеющимся данным эконометрическая модель (1) описывается следующими соотношениями:

$$y_{it}^* = -12.01 * k1_n_{it} - 7.22 * k2_n_{it} + 7.51 * k4_n_{it} - 1.22 * k6_n_{it} - 2.79 * k7_n_{it} - 10.95 * k9_n_{it} + 3.33 * k10_n_{it} - 1.83 * k19_n_{it} + 6.71 * \alpha_i, \quad (2) \\ y_{it} = 1, \text{ если } y_{it}^* \leq -18.08, y_{it} = 2, \text{ если } -18.08 < y_{it}^* \leq -11.24, \\ y_{it} = 3, \text{ если } -11.24 < y_{it}^* \leq -5.82, y_{it} = 4, \text{ если } y_{it}^* > -5.82.$$

Оценка вектора фиксированных эффектов α_i ($i = \overline{1, 385}$) была получена автономно с помощью построения модели линейной регрессии по панельным данным. Все параметры модели (2) являются статистически значимыми на уровне 0.05. Для анализа статистической адекватности модели (2) использовался стандартный набор тестов и тестовых стати-

стик. На основании проведенного анализа можно сделать следующие выводы. Гипотеза об адекватности модели в целом не отклоняется на основании критерия отношения правдоподобия (P -значение для LR -статистики менее 0.05). Значение статистического критерия «псевдо- R^2 статистика», характеризующего качество подобранной модели равно 0.713. Информационные статистики Акаике и Шварца (качество подобранных коэффициентов) равны: $AIC=0.804$, $SC=0.856$. Остатки построенной модели являются некоррелированными между собой и по тесту остатков Жака – Бера (JB -тест) на уровне значимости 0.05 имеют нормальный закон распределения. Знаки коэффициентов в построенной модели согласуются с априорными представлениями. В соответствии с проводимой нормировкой коэффициентов $x_{ii} \in [0,1]$ ($i = 1, \dots, N$), преобразованные коэффициенты имеют удобную интерпретацию: чем больше значение коэффициента, тем лучше финансовое состояние предприятия. В то же время наиболее благоприятным является минимальное значение рейтинга $y_{ii} \in \{1, 2, 3, 4\}$. Поэтому в модели (2) отрицательные знаки при статистически значимых оценках коэффициентов модели (обратная зависимость между номером рейтинга и финансовыми показателями после нормировки) говорят об экономической адекватности модели. Таким образом, построенная модель (2) может быть в целом признана статистически адекватной и имеет содержательную экономическую интерпретацию.

В качестве показателя кредитоспособности компаний, то есть его рейтинга \tilde{R} , используется нормированное к шкале $[0,1]$ значение латентной переменной (более высокие значения рейтинга соответствовали компаниям с более высокой степенью кредитоспособности). Такой показатель позволяет сравнивать между собой предприятия, принадлежащие к одному классу кредитоспособности. Были получены следующие границы рейтингов для классов:

$$\begin{aligned} y_{ii} = 1, \text{ если } \tilde{R} > 0.583368, y_{ii} = 2, \text{ если } 0.476775 < \tilde{R} \leq 0.583368, \\ y_{ii} = 3, \text{ если } 0.392091 < \tilde{R} \leq 0.476775, y_{ii} = 4, \text{ если } \tilde{R} \leq 0.392091. \end{aligned} \quad (3)$$

ОЦЕНКА ПРОГНОСТИЧЕСКОЙ СПОСОБНОСТИ МОДЕЛИ

Проиллюстрируем возможность прогнозирования отраслевых кредитных рейтингов на основе модели (2, 3), оцененной по данным до 2010 года включительно. Результаты классификации белорусских промышленных предприятий за 2011 год показали, что доля точных прогнозов находится на уровне 66.5%, доля прогнозов с отклонением не более чем на один рейтинговый класс от истинного рейтинга равна 97.14%.

Общий вывод, который можно сделать на основе полученных результатов прогнозирования состоит в следующем: в прогнозном периоде, несмотря на общий кризис, в соответствии с моделью ожидается стабилизация и некоторое улучшение кредитоспособности для промышленной отрасли в целом (рис. 1) за счет улучшения финансового состояния предприятий из 3 и 4 классов кредитоспособности.

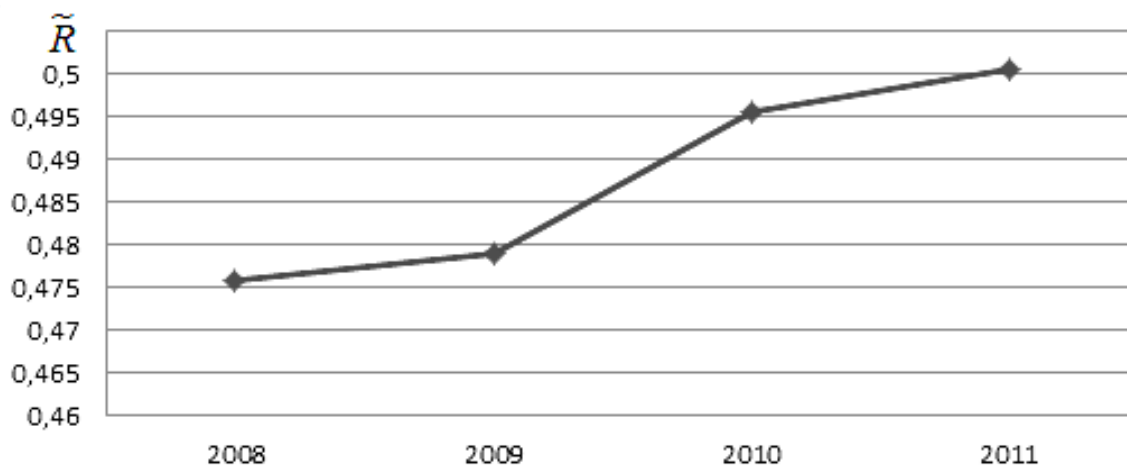


Рис. 1. Динамика среднего годового показателя кредитоспособности

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В рамках проведенного исследования по панельным данным бухгалтерской отчетности предприятий построена логит-модель с фиксированными эффектами для оценки кредитоспособности промышленных предприятий РБ. Модель позволяет также осуществлять анализ кредитоспособности промышленных предприятий на макроуровне.

Литература

1. *Вербик М.* Путеводитель по современной эконометрике. М.: Научная книга, 2008.
2. *Магнус Я.Р., Катышев П.К., Пересецкий А.А.* Эконометрика. Начальный курс: Учеб. 6-е изд., перераб. и доп. М.: Дело, 2004. (Гл. 13).
3. *Малюгин В. И.* Исследование эффективности алгоритмов классификации заемщиков банков на основе балансовых коэффициентов / *В.И. Малюгин, О.И. Корчагин, Н.В. Гринь* // *Банковский Вестник*. 2009. №7. С. 26–33.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НА ОСНОВЕ ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННЫХ ДАННЫХ

М. К. Журак

1. ПУАССОНОВСКАЯ УСЛОВНО АВТОРЕГРЕССИОННАЯ МОДЕЛЬ

Модели пространственно-временных статистических данных находят широкое применение при решении актуальных прикладных задач. В данной статье предлагается Пуассоновская условно авторегрессионная модель пространственно-временных наблюдений и решается задача статистического оценивания параметров модели.

Введем следующие обозначения: (Ω, F, P) – вероятностное пространство; $s \in S = \{1, 2, \dots, n\}$ – индексная переменная, кодирующая пространственные координаты географического объекта, n – число географических объектов; $t \in \mathfrak{T} = \{1, 2, \dots, T\}$ – дискретное время, T – длительность временного промежутка наблюдений; $x_{s,t} \in N_0 = N \cup \{0\}$ – дискретная случайная величина в момент t в точке s ; $F_{\bar{s}, < t} = \sigma\{x_{u,\tau} : u \neq s, \tau < t\} \subset F$ – σ -алгебра, порожденная указанными в скобках случайными величинами; $z_{s,t} \geq 0$ – наблюдаемый (известный) уровень фактора в точке s в момент t , влияющий на $x_{s,t}$; $\{\varphi_k(t) : 1 \leq k \leq K\}$ – заданный набор базисных функций, определяющих тренд ($\varphi_1(t) \equiv 1$); $\{\xi_{s,t}\}$ – независимые гауссовские случайные величины, $L\{\xi_{s,t}\} = N_1(0, \sigma_s^2)$.

Аналогично [1] построим Пуассоновскую условно авторегрессионную модель пространственно-временных наблюдений $\{x_{s,t}\}$:

$$L\{x_{s,t} | F_{\bar{s}, < t}\} = \Pi(\lambda_{s,t}), \quad \lambda_{s,t} = \Lambda_{s,t} e^{\xi_{s,t}}, \quad s \in S, t \in \mathfrak{T},$$

$$\Lambda_{s,t} = \exp\left\{\sum_{\tau=1}^n \sum_{i=1}^p \alpha_{s\tau i} x_{\tau, t-i} + \sum_{j=1}^q \beta_{sj} z_{s, t-j-1} + \sum_{k=1}^K \gamma_{sk} \varphi_k(t)\right\}, \quad (1)$$

где $\{\alpha_{s\tau i}, \beta_{sj}, \gamma_{sk}, \sigma_s^2\}$ – параметры модели, $p, q, K \in N_0$ – заданные числа.

Задача состоит в статистическом оценивании указанных выше параметров модели (1) по наблюдениям $\{x_{s,t} : s \in S, t \in \mathfrak{T}\}$.

2. ВЫЧИСЛЕНИЕ ОЦЕНОК МАКСИМАЛЬНОГО ПРАВДОПОДОБИЯ

Учитывая, что оптимальные статистические выводы [2] основаны на функции правдоподобия, рассмотрим задачу построения функции правдоподобия.

Примем матричные обозначения:

$$D_s = (\alpha_{s11}, \dots, \alpha_{s1p}, \dots, \alpha_{sn1}, \dots, \alpha_{snp}, \beta_{s1}, \dots, \beta_{sq}, \gamma_{s1}, \dots, \gamma_{sK})' \in R^{pn+q+K},$$

$$\theta_s = (D_s', \sigma_s^2)' \in R^{pn+q+K+1}, \quad \theta = (\theta_1', \dots, \theta_n')' \in R^{n(pn+q+K+1)},$$

$$\xi_s = (\xi_{s,1}, \dots, \xi_{s,T})' \in R^T, \quad \xi = (\xi_1', \dots, \xi_n')' \in R^{nT},$$

$$X_{(t)} = (x_{1,t}, x_{2,t}, \dots, x_{n,t})' \in R^n, \quad s \in S, t \in \mathfrak{T},$$

где штрих обозначает транспонирование матрицы, θ – составной вектор параметров модели, подлежащих оцениванию.

Построим вначале условную функцию правдоподобия $L(\theta \mid \xi)$ при фиксированном случайном векторе ξ .

Теорема 1. Для определенной выше модели (1) пространственно-временных данных $\{x_{s,t} : s \in S, t = 1, 2, \dots, T\}$ условная функция правдоподобия при условии, что фиксирован случайный вектор ξ , имеет вид:

$$L(\theta \mid \xi) = P\{X_{(1)}, \dots, X_{(p)} \mid \xi\} \prod_{s=1}^n \prod_{t=p+1}^T \frac{\Lambda_{s,t}^{x_{s,t}}}{x_{s,t}!} \cdot e^{x_{s,t} \xi_{s,t} - \Lambda_{s,t}} e^{\xi_{s,t}}. \quad (2)$$

Введем в рассмотрение специальную функцию $f(k, a, b, \sigma^2) = E\{\eta^{2k} e^{a\eta - b e^\eta}\}$, где $a \geq 0, b \geq 0, k \geq 0, \sigma^2 > 0, L\{\eta\} = N_1(0, \sigma^2)$:

$$f(k, a, b, \sigma^2) = \frac{1}{\sqrt{2\pi\sigma^2}} \int_{-\infty}^{\infty} y^{2k} e^{ay - be^y} e^{-\frac{y^2}{2\sigma^2}} dy. \quad (3)$$

Теорема 2. В условиях теоремы 1 логарифмическая функция правдоподобия для совокупности всех наблюдений $\{x_{s,t} : s \in S, t = 1, 2, \dots, T\}$ имеет следующий вид:

$$l(\theta) = \sum_{s=1}^n \sum_{t=p+1}^T \left(x_{s,t} \ln \Lambda_{s,t} - \ln x_{s,t}! + \ln f(0, x_{s,t}, \Lambda_{s,t}, \sigma_s^2) \right).$$

Из модели (1) и теоремы 2 следует, что задача нахождения ОМП параметров модели распадается на n задач:

$$l_s(\theta_s) \rightarrow \max_{\theta_s}, s \in S. \quad (4)$$

Необходимое условие для локального максимума в (4) имеет вид:

$$\nabla_{\theta_s} l_s(\theta_s) = 0. \quad (5)$$

Задачу (5) будем решать численно, применяя итерационный метод Ньютона [3], который обладает квадратичной сходимостью. Для этого метода $(k + 1)$ -ая итерация имеет вид $(k = 0, 1, 2, \dots)$:

$$\theta_s^{(k+1)} = \theta_s^{(k)} - (H^{(k)})^{-1} \cdot (\nabla l_s)^{(k)}, \quad (6)$$

где $(\nabla l_s)^{(k)}$ – вектор первых производных в точке $\theta_s^{(k)}$, $H^{(k)}$ – матрица вторых производных в точке $\theta_s^{(k)}$, $\theta_s^{(0)}$ – начальное приближение. Итерационные вычисления заканчиваем, если $\|\nabla l_s(\theta_s^{(k+1)})\| < \varepsilon$, где $\varepsilon \geq 0$ – наперед заданная достаточно малая величина, определяющая точность вычисления ОМП; при этом в качестве решения принимаем $\theta_s^{(k+1)}$.

Для задания вектора начального приближения $\theta_s^{(0)}$ для итерационного алгоритма (6) вместо модели (1) построим аппроксимационную модель, учитывая, что $L\{x_{s,t} | F_{s,t}^-\} = \Pi(\lambda_{s,t})$, то $E\{x_{s,t} | F_{s,t}^-\} = \lambda_{s,t}$:

$$\ln x_{s,t} = \sum_{\tau=1}^n \sum_{i=1}^p \tilde{\alpha}_{sti} x_{\tau,t-i} + \sum_{j=1}^q \tilde{\beta}_{sj} z_{s,t-j-1} + \sum_{k=1}^K \tilde{\gamma}_{sk} \Phi_k(t) + \tilde{\xi}_{s,t}, \quad s \in S, t \in \mathfrak{T}, \quad (7)$$

где $\{\tilde{\xi}_{s,t}\}$ – независимые гауссовские случайные величины, $L\{\tilde{\xi}_{s,t}\} = N_1(0, \tilde{\sigma}_s^2)$. Оценки параметров модели (7) можно вычислить по методу наименьших квадратов.

При реализации выше представленного алгоритма вычисления ОМП возникает задача вычисления функции $f(\cdot)$, определенной в (3).

Лемма. Функция $f(k, a, b, \sigma^2)$, $a \geq 0$, $b \geq 0$, $k \geq 0$, $\sigma^2 > 0$, входящая в выражение функции правдоподобия и ее производных и определяемая формулой (3), ограничена и может быть вычислена приближенно при

помощи квадратурной формулы $f(k, a, b, \sigma^2) = \sum_{j=0}^n A_j g(y_j) + R_n(g)$, где

$$g(y) = \frac{(\sqrt{2\sigma^2})^{2k}}{\sqrt{\pi}} y^{2k} e^{a\sqrt{2\sigma^2}y - be^{\sqrt{2\sigma^2}y}}, \quad \{y_j\} - \text{корни многочлена Эрмита,}$$

$\{A_j\}$ – коэффициенты квадратурной формулы, которые могут быть

вычислены по формуле $A_j = \frac{2^n(n+1)!\sqrt{\pi}}{(n+1)^2(H_n(y_j))^2}$, $j=0,1,\dots,n$. Остаток

имеет вид $R_n(g) = \frac{(n+1)!\sqrt{\pi}}{2^{n+1}(2n+2)!} \max_{\eta \in (-\infty, \infty)} g^{(2n+2)}(\eta)$.

3. РЕЗУЛЬТАТЫ КОМПЬЮТЕРНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Компьютерные эксперименты проводились на модельных данных. Для модели (1) при $n=3$, $p=1$, $q=0$, $K=2$, $S=\{1, 2, 3\}$, $\varphi_1(t)=1$, $\varphi_2(t)=t$, $\theta_1=(-0.1, -0.01, -0.01, 2.2, -0.01, 0.4)'$, $\theta_2=(-0.1, -0.014, -0.01, 2.5, -0.01, 0.5)'$, $\theta_3=(-0.1, -0.01, -0.015, 2.1, -0.01, 0.3)'$.

Оценим среднеквадратическую погрешность оценивания параметров методом статистического моделирования:

$$r_T(\theta) = \frac{1}{F} \sum_{k=1}^F \|\hat{\theta}^{(k)} - \theta\|^2,$$

где $\hat{\theta}^{(k)} \in R^{18}$ – оценка параметров по k -ой реализации пространственно-временных данных, $\theta \in R^{18}$ – истинное значение параметров, F – количество реализаций. На рисунке 1 изображены графики зависимостей $r_T(\theta)$ от T для ОМП модели (1) и для МНК-оценок аппроксимационной модели (7) (T изменяется от 20 до 240, итерационный алгоритм (6) применялся для 10 начальных значений, $F=500$).

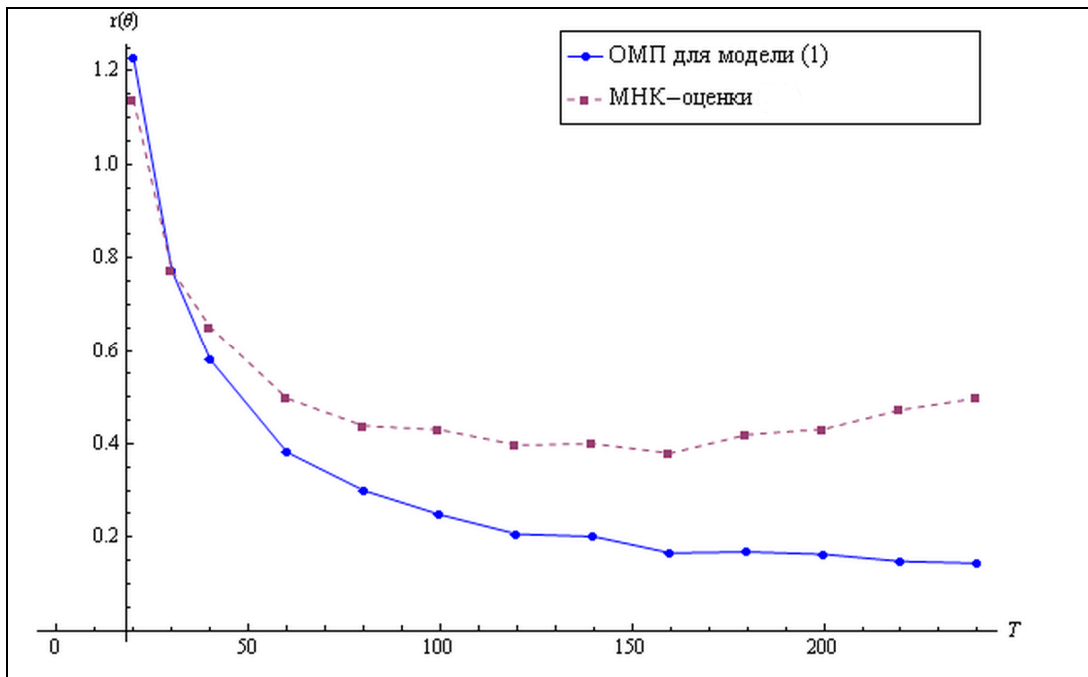


Рис. 1. Среднеквадратическая погрешность ОМП модели (1) и МНК-оценок модели (7)

Рисунок 1 иллюстрирует свойство состоятельности ОМП для модели (1). Видно также, что при $T > 30$ среднеквадратическая погрешность оценивания параметров для модели (1) меньше, чем для МНК-оценок аппроксимационной модели (7).

Литература

1. *Mariella L., Tarantino M.* Spatial temporal conditional Auto-Regressive Model: A New Autoregressive Matrix // Austrian journal of Statistic. 2010. Vol. 3. P. 223–244.
2. *Боровков А. А.* Математическая статистика. М., 1984.
3. *Альсевич В. В., Крахотко В. В.* Методы оптимизации: упражнения и задания: учебное пособие. Минск, 2005.

КОНВЕЙЕРНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ С ОБРАТНЫМИ СВЯЗЯМИ

И. В. Жураховский

Конвейер – один из способов обработки данных, заключающийся в том, что программа разбивается на последовательность независимых стадий, каждая из которых обрабатывается на своем узле конвейера. Мы рассмотрим модель конвейера, узлами которого служат процессы, поддерживающую сложную структуру программы.

Использование конвейера на процессах имеет свои преимущества. Если есть в наличии несколько ядер процессора, то можно распределить узлы-процессы между ними, повысив скорость обработки. Отдельные узлы могут содержать законченные подпрограммы, что позволяет проверять работоспособность каждого узла по отдельности, а также позволяет представить главную программу как конструкцию из готовых модулей.

В качестве узлов модели для простоты мы возьмем консольные приложения Windows, а качестве связей между ними – анонимные каналы. Сам конвейер предполагается работающим на единственном компьютере.

Анонимные каналы обеспечивают межпроцессное взаимодействие на локальном компьютере [1]. Каждый канал характеризуется дескрипторами входа и выхода. Данные, попадающие на вход канала из одного процесса, можно получить в порядке FIFO на выходе другого процесса.

Консольное приложение по умолчанию имеет три стандартных дескриптора – ввода, вывода и ошибок [2]. Для обеспечения связи мы будем заменять стандартные дескрипторы дескрипторами каналов.

Прежде всего, мы построим классический линейный конвейер. Запуск процессов-узлов и установление связей между ними мы организуем в главном процессе. Для переопределения стандартных дескрипторов можно поступить, например, следующим образом: сделать требуемые дескрипторы каналов наследуемыми, установить их вместо стандарт-

ных, а после создать дочерний процесс и закрыть их в главном. Это позволит в дочерних процессах работать с новыми дескрипторами так же, как и со стандартными [3].

РАЗВЕТВЛЕНИЕ КОНВЕЙЕРА

Если программа содержит смежные независимые участки, то можно выполнять их параллельно. Классический конвейер не позволяет ветвить программу из-за того, что у каждого узла ровно один выход. Однако, этой функциональности можно добиться, введя служебные участки конвейера – для *ветвления* и *слияния* ветвей.

Задача участка ветвления – продублировать данные для обработки каждой из ветвей. Можно выделить два основных подхода для его построения.

Первый подход заключается в том, что мы будем использовать множество простых узлов. Как упоминалось выше, каждый узел имеет два стандартных выхода – вывода и ошибок. Тогда для узла мы можем поставить следующую задачу: получить порцию данных и продублировать ее на оба выхода. Каждый такой узел увеличит число ветвей на одну; применив композицию, мы можем получить необходимое число узлов.

Второй подход состоит в том, что мы будем использовать только один узел ветвления. Однако он должен взять на себя ответственность за переключение входов каналов. Чтобы это было возможно, главный процесс должен передать узлу требуемые наследуемые дескрипторы. Например, это можно осуществить, используя аргументы командной строки.

Оба подхода имеют свои преимущества и недостатки. Первый подход будет работать при большом количестве ядер процессора, однако он требует дополнительные системные ресурсы на поддержку каждого из узлов и служебных каналов между ними. Второй подход требует всего лишь одного ядра для участка ветвления, но возникают дополнительные задержки за счет переключения каналов. Следует отметить, что в реальных задачах размерность ветвления обычно небольшая, потому оба подхода работают приблизительно равное время.

Задача участка слияния – упорядочить данные, полученные с различных ветвей, и отправить их в виде кортежа на дальнейшую обработку. Получить данные с нескольких ветвей в одном узле возможно, используя для ветвей общий выходной канал. Однако, этого недостаточно: из-за различного времени работы ветвей данные будут поступать асинхронно. Выходом из этой ситуации может послужить добавление к данным *тега* – служебной информации, позволяющей определить, с какой из ветвей пришли данные. Следует отметить, что введение тегов потре-

бует в участке слияния также наличия узлов-*врапперов* на окончании каждой из ветвей, которые и будут добавлять служебную информацию.

Сам узел слияния может действовать следующим образом. При поступлении очередного сообщения просматривается тег и определяется номер ветви. Полученные данные добавляются в очередь, соответствующую данной ветви. Если каждая из очередей не пуста, то берутся их головные элементы, из них формируется кортеж и отправляется следующему процессу.

ОБРАТНЫЕ СВЯЗИ В КОНВЕЙЕРЕ

Дальнейшим расширением структуры конвейера может служить организация *обратных связей* между узлами. В классической схеме конвейера, если узел L отправил свои данные узлу R , то узел R не может вернуть свои данные узлу L . Однако для построенной нами модели легко обеспечить поддержку конвейерных *петель*.

Перед узлом, в котором требуется получение обратных данных, поставим узел слияния. В узле, из которого данные будут поступать, задействуем в качестве входа для канала стандартный поток ошибок. Выход канала направим в узел слияния. Отметим, что, как и прежде, для определения, откуда пришла информация, требуется использовать теги и, соответственно, использовать узлы-*врапперы*.

Кроме прямой связи узлов возможны варианты организации и косвенной. Один из вариантов – использовать для передачи центральный узел, выполняющий роль маршрутизатора. При приеме сообщения он смотрит на тег и ищет адресата. Другой вариант – передавать сообщения лишь соседним узлам; они же реагируют в зависимости от тега и тоже могут передать сообщение дальше.

Для сложных конвейерных систем может быть эффективным использовать гибридную модель обратных связей.

Вообще говоря, поддержка в конвейере обратных связей позволяет обмениваться узлам не только данными, но и служебной информацией. Это можно использовать для оповещения узлов о состоянии конвейера или для его динамической настройки.

Например, если в одном из узлов произошла критическая ошибка, единственное, что можно сделать – это прекратить его работу. Однако все предыдущие узлы, не зная об ошибке, будут продолжать безрезультативную работу. Отправка сообщения об ошибке другим узлам может решить эту проблему, позволив им корректно завершить свою работу.

Один из основных факторов, снижающих эффективность конвейера – разное время обработки в узлах на линейных участках и на ветвях. В

общем случае задача нормализации времени работы узлов является трудно разрешимой. Но разницу во времени работы можно сгладить, задав различные приоритеты для узлов. Во время работы конвейера с помощью служебных сообщений замеряется время, затрачиваемое на обработку узлами и ветвями. Эта информация далее передается управляющему узлу; он анализирует ее и определяет оптимальные приоритеты для узлов. Результаты такой подстройки могут использоваться и в дальнейшем: зная оптимальные приоритеты, их можно задавать для узлов сразу же при создании. Таким образом, может быть получена оптимальная конфигурация для определенного конвейера.

Сделаем замечание о построенной модели конвейера. Прежде всего, упор в ней сделан на повторное использование узлов-модулей, частично принося в жертву общую эффективность. Если требуется снизить издержки на служебную передачу данных, имеет смысл объединять в одном узле не только обрабатывающие, но и служебные функции.

Построенная модель может использоваться для применения в численных задачах. Имея несколько готовых модулей, можно построить вычислительную схему, удовлетворяющую данной задаче.

Подведем итоги. Предложенная модель конвейера позволяет организовывать программы со сложными структурными элементами, такими как ветвления и петли. Обратные связи дают возможность реагировать на различные события. Наличие служебных узлов обеспечивает отделение кода обработки данных и кода связи между узлами.

Литература

1. Интернет-адрес: [http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365782\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/aa365782(v=vs.85).aspx).
2. Интернет-адрес: <http://msdn.microsoft.com/en-us/library/3x292kth.aspx>.
3. *Рихтер Дж.* Windows для профессионалов: создание эффективных Win32-приложений с учетом специфики 64-разрядной версии Windows / Дж. Рихтер. СПб.: Питер, 2004. 749 с.

ГАМИЛЬТОНОВОСТЬ ЛОКАЛЬНО СВЯЗНЫХ ГРАФОВ

П. А. Иржавский

1. ВВЕДЕНИЕ

Граф называется *гамильтоновым*, если в нем имеется *гамильтонов цикл*, т. е. простой цикл, содержащий все вершины этого графа. К проблеме гамильтоновости графов, а также к ее взвешенному аналогу – задаче о коммивояжере, проявляется устойчивый интерес в течение мно-

гих лет, а исследование этих задач представляет собой одно из магистральных направлений теории графов и комбинаторной оптимизации. Задача о гамильтоновом цикле NP-полна в общем случае [2] и остается NP-полной во многих узких классах графов. С другой стороны, известен ряд достаточных условий, когда эта задача разрешима за полиномиальное время. Исследование «областей эффективности» задачи о гамильтоновом цикле – классов графов, для которых эта задача может быть решена за полиномиальное время, – имеет не только теоретический, но и практический интерес.

Далее под *графом* понимается конечный неориентированный граф без петель и кратных ребер. Стандартные понятия теории графов, не определяемые в работе, можно найти в [3]. Пусть G – граф с множеством вершин $V(G)$. Число $|V(G)|$ вершин графа G называется *порядком* графа G и обозначается $|G|$. *Степень* вершины – число смежных с ней вершин. Наибольшая и наименьшая среди степеней вершин графа G обозначаются $\Delta(G)$ и $\delta(G)$ соответственно.

Как обычно, через K_n , $K_{n,m}$ и $K_{n,m,\ell}$ обозначаются полный граф порядка n , полный двудольный граф с долями размера n и m и полный трехдольный граф с долями размера n , m и ℓ соответственно, а через C_n – простой цикл порядка n .

Простой цикл C графа G называется *расширяемым*, если в графе G существует цикл C^* , для которого $V(C) \subset V(C^*)$ и $|V(C^*)| = |V(C)| + 1$. Граф G называется *вполне циклически расширяемым*, если каждый простой негамильтонов цикл в G расширяемый и каждая вершина графа G принадлежит треугольнику. Несложно заметить, что всякий вполне циклически расширяемый граф является гамильтоновым, но обратное, вообще говоря, неверно.

Окружением вершины v в графе G называется множество $N(v)$ всех вершин, смежных с v в графе G . N_2 -*окружением* вершины v в графе G называется множество $N_2(v)$ всех ребер, каждое из которых инцидентно хотя бы одной вершине из $N(v)$, но не инцидентно v . Вершина v графа G называется *локально связной*, если подграф, порожденный ее окружением, связан. Граф G называется *локально связным*, если каждая его вершина локально связна. Вершина v графа G называется N_2 -*локально связной*, если подграф, образованный ребрами из $N_2(v)$ и инцидентными им вершинами, является связным. Граф G называется N_2 -*локально связным*, если каждая его вершина N_2 -локально связна. Несложно заме-

титель, что локально связный граф является N_2 -локально связным, но обратное, вообще говоря, неверно.

$K_{1,p}$ -свободный граф – граф не содержащий порожденного подграфа, изоморфного звезде $K_{1,p}$. Граф G называется $K_{1,p}$ -ограниченным ($p \geq 3$), если для любого (не порожденного) подграфа H , изоморфного $K_{1,p}$, граф G содержит не менее $p + p - 2$ ребер, оба конца которых принадлежат $V(H)$. Граф G называется почти $K_{1,3}$ -свободным, если в нем центры порожденных звезд $K_{1,3}$ попарно не смежны и для каждого такого центра v верно $\gamma(G(N(v))) \leq 2$, где $\gamma(H)$ – число доминирования графа H .

2. ЛОКАЛЬНО СВЯЗНЫЕ ГРАФЫ С ОГРАНИЧЕННЫМИ СТЕПЕНЯМИ ВЕРШИН

Наблюдение 1. Пусть G – связный граф с $\Delta(G) \leq 2$. Граф G гамильтонов тогда и только тогда, когда G изоморфен $C_{|G|}$.

Теорема 1 (Garey, Johnson, Tarjan, 1976, [4]). Задача о гамильтоновом цикле NP-полна для произвольного планарного 3-регулярного 3-связного графа.

Из наблюдения 1 и теоремы 1 получаем, что задача о гамильтоновом цикле полиномиально разрешима, если степени всех вершин графа не превосходят 2, и NP-полна, если степени всех его вершин не превосходят 3. Исследуем аналогичный вопрос для локально связных графов. Обозначим Δ^* число, при котором задача о гамильтоновом цикле NP-полна для произвольного локально связного графа G с $\Delta(G) \leq \Delta^*$ и полиномиально разрешима для произвольного локально связного графа G с $\Delta(G) < \Delta^*$.

Гипотеза 1 (Gordon, Orlovich, Potts, Strusevich, 2011, [1]). $\Delta^* = 7$.

Также установлена верхняя граница для числа Δ^* .

Теорема 2 (Gordon, Orlovich, Potts, Strusevich, 2011, [1]). Задача о гамильтоновом цикле NP-полна для произвольного связного локально связного графа G с $\Delta(G) \leq 7$.

Проследим, какова нижняя граница для числа Δ^* .

Наблюдение 2. Пусть G – связный локально связный граф с $\Delta(G) \leq 3$. Тогда G изоморфен K_3 , K_4 или $K_{1,1,2}$ и, следовательно, G гамильтонов.

Значит, $\Delta^* \geq 4$. Следующая теорема усиливает эту оценку до 5.

Теорема 3 (Chartrand, Pippert, 1974, [5]). Пусть G – связный локально связный граф с $\Delta(G) \leq 4$. Тогда либо G гамильтонов, либо G изоморфен $K_{1,1,3}$.

В ходе дальнейших исследований появились ограничения на $\delta(G)$.

Теорема 4 (Hendry, 1990, [6]). Пусть G – связный локально связный граф с $\Delta(G) \leq 5$ и $\Delta(G) - \delta(G) \leq 1$. Тогда G – вполне циклически расширяемый граф.

Теорема 5 (Gordon, Orlovich, Potts, Strusevich, 2011, [1]). Пусть G – связный локально связный граф с $\Delta(G) = 5$ и $\delta(G) \geq 3$. Тогда G – вполне циклически расширяемый граф.

Тем не менее, убрать ограничение снизу на степени вершин графа невозможно, поскольку задача о гамильтоновом цикле, как показывает следующий результат, становится NP-полной.

Теорема 6. Задача о гамильтоновом цикле NP-полна для произвольного связного локально связного планарного графа G с $\Delta(G) \leq 5$.

Таким образом, $\Delta^* = 5$, что опровергает гипотезу 1.

3. ГРАФЫ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМИ ЛОКАЛЬНЫМИ ОГРАНИЧЕНИЯМИ

В [7] получено следующее достаточное условие полной циклической расширяемости графа.

Теорема 7 (Иржавский, Орлович, 2012, [7]). Пусть G – связный локально связный $K_{1,4}$ -ограниченный граф порядка не меньше 3. Тогда либо G – вполне циклически расширяемый граф, либо G изоморфен одному из пяти негамильтоновых графов.

С одной стороны, эта теорема обобщает ряд полученных ранее результатов. С другой стороны, можно показать, что ее условия являются «хрупкими», т. е. рассматриваемый в этой теореме класс графов не может быть естественным образом расширен без потери свойства полиномиальной разрешимости задачи о гамильтоновом цикле.

Наблюдение 3. При любом $p \geq 3$ всякий $K_{1,p}$ -ограниченный граф является $K_{1,p+1}$ -ограниченным и $K_{1,p}$ -свободным. $K_{1,3}$ -свободный граф является $K_{1,3}$ -ограниченным.

Естественным обобщением теоремы 7 представляется расширение класса $K_{1,4}$ -ограниченных графов до $K_{1,5}$ -ограниченных и/или $K_{1,4}$ -свободных графов. С другой стороны, можно заметить следующее:

Наблюдение 4. Пусть G – связный локально связный граф с $\Delta(G) \leq 5$. Тогда G – $K_{1,5}$ -ограниченный граф и либо G – $K_{1,4}$ -свободный граф, либо G изоморфен $K_{1,1,4}$.

Таким образом, из теоремы 6 заключаем:

Следствие 1. *Задача о гамильтоновом цикле остается NP-полной в классе локально связных $K_{1,4}$ -свободных $K_{1,5}$ -ограниченных графов.*

Значит, описанное выше расширение класса невозможно без потери свойства полиномиальной разрешимости задачи о гамильтоновом цикле. Следующий результат с учетом наблюдения 3 демонстрирует невозможность ослабления другого условия теоремы 7, локальной связности, до N_2 -локальной связности.

Теорема 8. *Задача о гамильтоновом цикле остается NP-полной в классе N_2 -локально связных $K_{1,3}$ -свободных графов.*

В заключение рассмотрим еще одно достаточное условие полной циклической расширяемости.

Теорема 9 (Ryjáček, 1994, [8]). *Пусть G – связный локально связный $K_{1,4}$ -свободный, почти $K_{1,3}$ -свободный граф порядка не меньше 3. Тогда G – вполне циклически расширяемый граф.*

Следующая теорема показывает, что условие принадлежности графа к классу $K_{1,4}$ -свободных не может быть опущено.

Теорема 10. *Задача о гамильтоновом цикле остается NP-полной в классе локально связных почти $K_{1,3}$ -свободных графов.*

Литература

1. Gordon V. S. [et al.] Hamiltonian properties of locally connected graphs with bounded vertex degree // Discrete Appl. Math. 2011. V. 159. P. 1759–1774.
2. Garey M. R. , Johnson D. S. Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness // W. H. Freeman and Co., San Francisco, 1979.
3. Лекции по теории графов / В. А. Емеличев [и др.]. // М.: Наука, 1990.
4. Garey M. R. , Johnson D. S. , Tarjan R. E. The planar Hamiltonian circuit problem is NP-complete // SIAM J. Comput. 1976. V. 5. P. 704–714.
5. Chartrand G. , Pippert R. Locally connected graphs // Čas. Pěst. Mat. 1974. V. 99. P. 158–163.
6. Hendry G. R. T. A strengthening of Kikust's theorem // J. Graph Theory. 1989. V. 13. P. 257–260.
7. Иржавский П. А. , Орлович Ю. Л. Полная циклическая расширяемость локально связных $K_{1,4}$ -ограниченных графов // Тр. Ин-та математики НАН Беларуси, 2012. Т. 20, № 2. С. 36–50.
8. Ryjáček Z. Almost claw-free graphs // J. Graph Theory. 1994. V. 18. P. 469–477.

ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ УДАЛЕННОГО ДОСТУПА К ДАННЫМ

И. А. Калашников

ВВЕДЕНИЕ

В наше время количество данных, создаваемых человечеством, растет экспоненциально, причем большая часть этой информации (более 90%) хранится в электронном виде. Среди создаваемых данных большую часть составляет медиа-контент – видеофайлы, звуковые записи. Если в период с 1999 год 2002 год человечество удвоило количество хранимых данных, причем в 2000 году было произведено 2 экзабайта данных, то уже в 2011 году 6.7 экзабайт производились каждый день [1].

Все большее число сфер человеческой жизни переходит в глобальную сеть, включая финансовые отношения, делопроизводство и другие значимые области, что влечет неизбежные опасности получения информации третьими лицами. Рост вычислительной мощности (удвоение каждые 9 месяцев) влечет упрощение взломов систем защиты данных и возросшее число киберпреступлений. Так, по данным Open Security Foundation [2], в 2012 году удвоилось количество утечек важной информации, причем в большей части (76.8 %) случаев утечки происходили не по вине сотрудников предприятий или иного человеческого фактора, а из-за технических особенностей реализации систем, использованных взломщиками. Более чем в половине случаев злоумышленниками были получены такие важные данные, как деловая переписка и пароли пользователей.

Предприниматели и потребители все лучше понимают необходимость в наличии безопасного хранилища информации, некоего «архива». В сфере предпринимательства часто необходимость защищенного хранилища обусловлено законом (например, в медицинской и страховой сферах). Исследование скопившейся информации в экономике позволяет делать выводы о будущем. Для обычных пользователей многие личные данные, как фотографии, видеозаписи, письма и документы, тоже нуждаются в хранении с соблюдением конфиденциальности.

При этом для сохранения огромного количества данных необходимы огромные объемы хранилища, что делает архивирование достаточно дорогим. Поэтому уменьшение объема хранимых данных влечет повышение экономической целесообразности хранения всей накопленной информации с возможностью будущей обработки.

В данное время появилось достаточно много облачных сервисов, призванных обеспечить решение проблемы хранения данных. Но ни один из них не удовлетворяет всем современным требованиям:

- Гарантия доступа к пользовательской информации исключительно пользователя.
- Эффективное использование дискового пространства.
- Проверка подлинности полученной пользователем информации.
- Невозможность установить соответствие между пользователем и информацией на отключенном сервере.

Разрабатываемый сервис предназначен для решения этой проблемы и удовлетворяет указанным требованиям.

ТЕХНОЛОГИИ

Для реализации подобного сервиса необходимо решение следующих задач:

1. Шифрование пользовательских данных.
2. Возможность распознавать одинаковые данные у разных пользователей.

Эти задачи решаются технологиям конвергентного шифрования. Основная идея состоит в том, что каждый файл, загружаемый на сервер, шифруется с помощью своего хеша, соответственно одинаковые файлы имеют одинаковый код. Это позволяет в случае наличия файла у нескольких пользователей хранить лишь один экземпляр и ссылки на него. Это не уменьшает безопасность хранения данных, так как для расшифровки код необходимо знать ключ, являющийся хешем файла, а для этого нужно иметь экземпляр файла [3].

АРХИТЕКТУРА СЕРВИСА

Сервис представляет собой совокупность клиентского приложения, устанавливаемого на машине пользователя, и серверного удаленного приложения.

Клиент

Клиентское приложение осуществляет шифрование и расшифрование файлов, коммуникацию с сервером. Опишем основные алгоритмы работы этого приложения.

Рассмотрим загрузку файла на сервер.

1. Пусть пользователь, авторизованный в системе, хочет загрузить на сервер файл F. Для этого он дает соответствующую команду клиенту.

2. Клиент разбивает файл F на n частей. Для каждой части файла:
 - Вычисляется хеш. В качестве функции хеширования может быть использована любая стойкая функция, например, SHA-256.
 - Эта часть шифруется с помощью алгоритма симметричного шифрования своим хешем. В качестве алгоритма симметричного шифрования может быть использован любой стойкий алгоритм, например, AES-256.

3. Составляется метаданная, включающая все необходимые для восстановления файлов данные.

4. Метаданная шифруется ключом пользователя.

На сервер посылаются эти данные, подписанные ключом пользователя.

Для выгрузки файла с сервера производится следующая процедура.

1. Клиент запрашивает с сервера список L – метаданную пользователя, содержащую необходимые данные о файлах, загруженных на сервер.

2. Сервер проверяет принадлежность списка данному пользователю и в случае успешной аутентификации посылает этот список клиенту.

3. Клиент запрашивает у пользователя пароль, на основе которого генерирует ключ K .

4. С помощью ключа K клиент расшифровывает список с метаданной и отображает для пользователя список загруженных на сервер файлов.

5. Пользователь выбирает файл для выгрузки с сервера.

6. Клиент вычитывает из метаданной список блоков данного файла и запрашивает эти блоки у сервера.

7. Сервер посылает запрашиваемые блоки на клиент.

8. Клиент получает необходимые блоки файла и создает из них сам файл, доступ к которому получает пользователь.

Сервер

Архитектурно сервер представляет собой совокупность двух хранилищ данных и модуля обработки запросов. Хранилище блоков содержит пользовательские файлы, хранилище метаданных – информацию о них и связь их с пользователем.

Рассмотрим устройство хранилища блоков. Эта часть сервера представляет собой некоторую базу данных вида ключ-значение, в которой в качестве значения выступает блок файла, загруженного пользователем, а в качестве ключа (уникального идентификатора) – его хеш. Хранилище блоков будем проектировать проверяемым для предотвращения атак подмены значения по ключу.

При запросе на запись пары ключ-значение в хранилище блоков система проверяет, соответствует ли ключ хешу значения, и если не соответствует, отклоняет запрос. Заметим, что в данной архитектуре идентификатор блока должен генерироваться клиентом, так как он сохраняется в метаданных пользователя. Хранилище метаданных в данной архитектуре непроверяемо, то есть на стороне сервера невозможно определить, не подменена ли метайнформация данного пользователя. Это сделано для того, чтобы пользователь имел возможность получить доступ к информации с различных машин с установленным клиентом без необходимости переноса данных.

ВЫВОДЫ

В данной работе исследована возможность обеспечения безопасности удаленного хранения данных, а также разработано приложение, решающее следующие проблемы:

- сохранение конфиденциальности удаленно хранимых данных;
- эффективное относительно дискового пространства хранение пользовательских данных.

Литература

1. Интернет-адрес: http://hmi.ucsd.edu/pdf/HMI_2010_EnterpriseReport_Jan_2011.pdf.
2. Интернет-адрес: <http://www.riskbasedsecurity.com/reports/2012-DataBreachQuickView.pdf>.
3. Douceur J. R., Adya A., Bolosky W. J., Simon D., and M. Theimer. Reclaiming space from duplicate files in a serverless distributed file system // In Proceedings of the 22nd International Conference on Distributed Computing Systems. Vienna, Austria, July 2002. P. 617–624.

МЕТОДЫ ИЗВЛЕЧЕНИЯ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ЗНАНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ МЕДИЦИНСКИХ СНИМКОВ

Н. Ю. Клименкова

Развитие медицины привело к созданию и внедрению в практику различных методов получения изображений, используемых для диагностики патологий. В настоящий момент рентгенография является одним из основных способов диагностирования в силу простоты и низкой стоимости. Хорошо известно, что рентгеновские и флюорографические снимки играют большую роль при первичной диагностике таких заболеваний как многочисленные переломы и начальные стадии злокачественных опухолей.

Самый главный недостаток рентгенографии – это ионизирующее излучение, способное оказать вредное воздействие на исследуемый организм. Также из-за сложного строения окружающих (или сверхлежащих) тканей изображение может содержать большое количество шумов, что для врача затрудняет выявления малых отклонений от нормы.

Современные информационные технологии позволяют при компьютерной обработке изображений не только улучшить их качество, но и перейти от качественного или интуитивно-эмпирического способа их оценки к объективному – количественному. Например, цифровая рентгенография не только существенно снижает получаемую дозу облучения, но и позволяет врачу-рентгенологу регулировать контраст картины. При цифровой обработке возможно устранение большей части паразитной фоновой структуры (затенений выше и ниже лежащими тканями). Это увеличивает вероятность выявления важных деталей на рентгенограмме. Немаловажна открывающаяся возможность передачи изображения на любые расстояния при помощи средств компьютерных коммуникаций. Новые количественные формы обработки информации открывают широкие возможности стандартизации получения изображений, приведения их к стандарту качества в момент получения и при отсроченных повторных исследованиях [1].

КЛАССИЧЕСКИЕ ЭТАПЫ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ

Традиционно процесс анализа изображения состоит из следующих этапов:

1. Предварительная обработка.
2. Сегментация.
3. Представление описания.
4. Распознавание образов.

На этапе предобработки улучшаются визуальные качества изображения. Следует отметить, что критерии улучшения изображения для каждой конкретной задачи свои. Чаще всего для медицинских изображений применяется пространственно инвариантные операции, сдвиг, изменение яркости, изменение контраста, квантование и геометрические преобразования (изменение масштаба, поворот оси).

Суть сегментация – это разделение изображения на составные части или объекты. В целом автоматическая сегментация принадлежит к числу самых трудных задач цифровой обработки изображения [2].

На выходе сегментации обычно имеются лишь необработанные данные о пикселях, которые либо образуют границу области, либо представляют все точки самих областей. В обоих случаях необходимо преоб-

разовать данные в форму, пригодную для компьютерной обработки. *Построение описания*, иначе называемое *выбором признаков*, связано с выделением атрибутов, которые бы выражали интересующую количественную информацию или могли бы служить основой для различия классов объектов [2].

Под задачей распознавания образов в общем смысле понимают классификацию, т.е. отнесение входного образа (объекта) к некоторому классу на основе выделенных признаков.

ЗАДАЧА МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ

В самом общем понимании медицинская диагностика строится на двух уровнях. Первый уровень представляют инструментальные методы исследования состояния живого организма. Перечень методов этого направления достаточно большой. На практике хорошо известны кардиографический, энцефалографический, рентгеновский, изотопный, ультразвуковой и другие методы исследования. Отдельную позицию в этом списке занимают методы клинического лабораторного анализа.

На основе инструментальных методов исследования получают специальные пакеты данных, анализируя которые формируется диагностическое заключение. Форма представления данных в таких методах различна и определяется техническими параметрами медицинской аппаратуры. Однако на современном этапе все большее количество методов исследования ориентировано на использование компьютерной техники в целях проведения математического анализа получаемых данных.

Другой уровень формирования медицинского заключения строится на возможности врача сформировать некоторое словесное описание состояния организма. Это так называемая вербальная форма, характеризующая состояние биологической системы.

С точки зрения системного подхода, в медицинской практике два уровня представления медицинского решения о состоянии организма чрезвычайно важны. Именно объединение этих диагностических уровней после соответствующего анализа данных позволяет построить адекватное представление о текущем состоянии живого организма.

Медицинская диагностика – это своего рода классификационная задача, т.е. может быть сведена к задаче распознавания образов. В простейшем случае рассматривается вопрос о нормальном состоянии организма или об имеющемся отклонении от нормы. По современным меди-

цинским представлениям понятие «нормы» или «не нормы» формируются на основе большого количества реальных фактов. Это так называемый статистический показатель, который в отдельных случаях может значительно изменяться. В связи с этим возникает проблема описания промежуточных состояний организма между этими крайними категориями, которые с учетом индивидуальных особенностей организма могут быть использованы при формировании диагностического заключения.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МЕДИЦИНСКОЙ ДИАГНОСТИКИ НА ОСНОВЕ РЕНТГЕНОВСКИХ СНИМКОВ

Рассмотрим задачу медицинской диагностики на примере. В качестве исходных изображений возьмем детские снимки с болезнью остеомиелит – гнойное образование на костной ткани. Из-за шумов и наложения тканей ранняя стадия этой болезни плохо диагностируется на рентгеновских изображениях. В качестве дополнительного обследования требуется томография, что является достаточно дорогостоящей и не всегда доступной процедурой. На рисунке 1 приведен снимок пораженной остеомиелитом кости.

Была предложена следующая общая схема решения, которая отражает двухуровневую модель задач медицинской диагностики:

1. Предобработка (фильтрация шумов, увеличение контраста и т.д.).
2. Сегментация (выделение области внутри кости).
3. Распознавание пораженных участков.
4. Постановка диагноза пациенту.

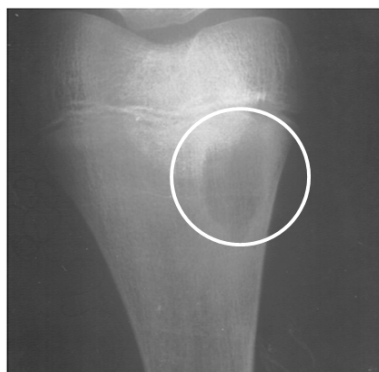


Рис. 1. Область поражения остеомиелитом

Первые три этапа являются классическими при анализе изображений. Для реализации последнего этапа использован метод сравнения с эталонными векторами. Суть этого метода состоит в следующем. Пусть зафиксирован некоторый набор параметров (p_1, p_2, \dots, p_m) , значение кото-

рых характеризует состояние объекта: $x^0 = (x_1^0, x_2^0, \dots, x_m^0)$, $x_i^0 \in [0,1]$, $i = \overline{1, m}$. Пусть задано некоторое разбиение множества X на классы $\{X_1, X_2, \dots, X_n\}$, где $X_i \cap X_j = \emptyset$ при $i \neq j$ и $X = \bigcup_{i=1}^n X_i$. Каждому классу X_j , $j \in \{1, \dots, n\}$ соответствует эталонный вектор $(x_1^j, x_2^j, \dots, x_m^j)$, $x_i^j \in [0,1]$, $i = \overline{1, m}$ и управляющее воздействие y_j .

Пусть на вход поступает объекта $z = (z_1, \dots, z_m)$. Далее отображаем значение каждого параметра на отрезок $[0,1]$, тем самым получаем вектор x^0 , затем находим эталонный вектора x^j , ближайший к x^0 . Полученный результат интерпретируется в терминах принадлежности объекта z к классу X_j , $j \in \{1, \dots, n\}$. Далее к объекту z применяем управляющее воздействие y_j (например, сделать операцию или направить на томографию).

Данный метод можно улучшить, если введем понятие *бифуркации* – некоторое пороговое значения параметра, которое однозначно определяет класс, которым описывается текущее состояние объекта. Например, температура тела человека выше 37°C однозначно может определять наличие инфекции в организме.

Литература

1. Интернет-адрес:
<http://elib.bsu.by/bitstream/123456789/7664/1/Методы%20пол%20и%20обработ%20изображений%20в%20мед%20сист.pdf>.
2. Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М., 2005.

ВОПРОСЫ РЕАЛИЗАЦИИ ОПОРНЫХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ

С. Н. Костюкович

ВВЕДЕНИЕ

Транспортные задачи линейного программирования представляют собой математические модели различных важных практических задач. Актуальным является умение решать задачи в сетевой постановке, так как именно транспортные сети наиболее приближены к реальным коммуникационным процессам.

В реальной жизни часто возникают динамические транспортные сетевые задачи больших размеров. По этой причине для их решения необходимо разрабатывать эффективные программные реализации, использующие последние достижения в области программирования и вычислительной техники.

В данной работе разработана программная реализация решения динамической транспортной сетевой задачи адаптивным методом на объектно-ориентированном языке Java.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Рассмотрим постановку динамической транспортной сетевой задачи [1].

На нестационарной сети $S(t) = \{I, U(t)\}$, изменяющей свои параметры в дискретные моменты времени $t \in T = \{0, 1, 2, \dots, t_1 - 1\}$, рассмотрим следующую динамическую транспортную задачу:

$$\sum_{t \in T} \left(\sum_{(i,j) \in U(t)} c_{ij}(t) x_{ij}(t) + \sum_{i \in I} c_i(t+1) x_i(t+1) \right) \rightarrow \min,$$

$$x_i(t+1) = x_i(t) - \sum_{j \in I_i^+(U(t))} x_{ij}(t) + \sum_{j \in I_i^-(U(t))} x_{ij}(t) + a_i(t)$$

$$0 \leq x_i(t+1) \leq d_i(t+1), x_i(0) = 0, i \in I;$$

$$0 \leq x_{ij}(t) \leq d_{ij}(t), (i,j) \in U(t), t \in T.$$

Здесь $x_i(t)$ – запас некоторого продукта в узле i в момент t ; $a_i(t)$ – интенсивность узла i в момент t ($a_i(t)$ – объем производства, если $a_i(t) > 0$, $a_i(t)$ – объем потребления, если $a_i(t) < 0$). $x_{ij}(t)$ – объем перевозки из узла i в узел j ; $c_{ij}(t)$ – стоимость перевозки единицы продукта из узла i в узел j ; $c_i(t)$ – стоимость хранения единицы продукта в узле i ; $d_{ij}(t)$ – пропускная способность коммуникации $i \rightarrow j$; $d_i(t)$ – объем склада в узле i ; $I_i^+(U) = \{j \in I : (i,j) \in U\}$, $I_i^-(U) = \{j \in I : (j,i) \in U\}$.

Динамическую транспортную сетевую задачу представим в виде задачи оптимального управления [2]:

$$J(u) = \sum_{t \in T} (c'_u(t) u(t) + c'_x(t+1) x(t+1)) \rightarrow \min,$$

$$x(t+1) = x(t) - B(t)u(t) + a(t),$$

$$x(0) = 0, u(t) \in V(x) = \{u : 0 \leq u \leq d_u(t)\},$$

$$0 \leq x(t+1) \leq d_x(t+1), t \in T,$$

где $B(t) = \{b^{ij}(t), (i, j) \in U(t)\}$ есть $|I| \times |U(t)|$ -матрица, задаваемая сетью $S(t)$, $b^{ij}(t)$ – $|I|$ -вектор с компонентами $b^{ij}(t) = 0$, если $k \neq i, k \neq j, b^{ij}(t) = 1, b^{ij}(t) = -1$; $x(t) = \{x_i(t), i \in I\}$ – вектор состояния системы, $u(t) = \{u_{ij}(t), (i, j) \in U(t)\}$ – вектор управления; $d_x(t) = \{d_i(t), i \in I\}, c_u(t) = \{c_{ij}(t), (i, j) \in U(t)\}, c_x(t) = \{c_i(t), i \in I\}, d_u(t) = \{d_{ij}(t), (i, j) \in U(t)\}$

ВОПРОСЫ ПРОГРАММНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ АДАПТИВНОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ СЕТЕВЫХ ЗАДАЧ

Описание динамической транспортной сетевой задачи в терминах объектной модели

Объектная модель описывает структуру объектов, составляющих систему, их атрибуты, операции, взаимосвязи с другими объектами [3].

Будем называть объектом понятие, абстракцию или любую вещь с четко очерченными границами, имеющую смысл в контексте рассматриваемой прикладной проблемы.

Цель разработки объектной модели – описать объекты, составляющие в совокупности проектируемую систему, а также выявить и указать различные зависимости между объектами [3].

Для транспортной сетевой задачи в качестве основных объектов рассмотрим:

- Вершина
- Дуга
- Дерево
- Поток
- Сеть

Для программной реализации воспользуемся языком Java. Таким образом, основные объекты будут реализованы в специальных пользовательских типах данных – классах. В классе дается обобщенное описание некоторого набора родственных, реально существующих объектов. Объект – конкретный экземпляр класса [4].

Иерархия классов

Рассмотрим иерархию классов программной реализации адаптивного метода решения динамических транспортных сетевых задач.

Программа состоит из следующих блоков:

- InputOutput
- Main
 - Model
 - Net
 - Util
 - NetworkFlowProblem
- Exception
- Test

InputOutput – модули ввода данных и вывода полученного решения. Они представляют интерфейсы, которые реализованы в классах, предназначенных для конкретных форматов входной и выходной информации (txt, csv и т.п.).

Main – модуль, реализующий логику приложения, то есть модуль, в котором происходит непосредственно решение задачи.

Exception – модуль обработки исключительных ситуаций завершения работы программы (некорректно заданные начальные условия и т.п.).

Test – модуль тестирования (запуска) приложения. Он может быть заменен, к примеру, на вызов с сайта или из другой программы.

Численные эксперименты

Для проведения численных экспериментов в первую очередь необходимо решить вопрос генерации динамических сетей.

Генерация входных данных для сетевых транспортных задач представляет собой более сложную задачу в сравнении с генерацией входных данных для обычной задачи линейного программирования.

В данной работе для генерации входных данных была использована реализация программы NETGEN, разработанной и описанной D.Klingman, A. Napier, J. Stutz в 1973 году [5].

Приведем таблицу результатов проведенных численных экспериментов:

Результаты численных экспериментов

Эксперимент	Количество периодов времени	Количество узлов	Количество дуг	Параметры расширенной сети $ I \times U $	Количество итераций
1	3	5	8	15x34	11
2	3	8	10	24x46	6
3	3	10	30	39x110	53

Полученные результаты

Таким образом, динамическая транспортная сетевая задача может быть сведена к динамической задаче оптимального управления и решена адаптивным методом [1]. Достоинством данного подхода является то, что для каждого момента времени мы имеем отдельный опорный поток, а значит, при программной реализации метода, можем уменьшить количество обращений к внешней памяти и хранить все необходимые данные в оперативной памяти, в силу того, что решаем задачу меньшей размерности. Такой подход должен быть особенно эффективен для задач с большим числом периодов времени. Недостаток этого метода состоит в значительном увеличении количества накладных расходов.

В данной работе разработана программная реализация решения динамических транспортных сетевых задач на языке Java. Проведено описание исходной задачи в терминах объектной модели, проектирование программы, построение программного кода и тестирование разработанного приложения.

Литература

3. *Габасов Р.Ф.* Методы линейного программирования. Часть 2. Транспортные задачи / *Р.Ф. Габасов, Ф.М. Кириллова*. Минск: изд-во БГУ им.Ленина, 1984. 214 с.
4. *Габасов Р.* Конструктивные методы оптимизации / *Р. Габасов, Ф.М. Кириллова, А.И. Тятюшкин*. Минск: изд-во «Университетское», 1978.
5. Миста // Объектная модель системы [Электронный ресурс] / Режим доступа: http://www.mista.ru/oop_book/glava2_1.htm. Дата доступа: 22.05.2013.
6. *Блинов И. Н.* Java2. Практическое руководство / *И.Н. Блинов, В.С. Романчик*. Минск: «УниверсалПресс», 2005.
7. *Klingman D.* NETGEN: A Program for Generating Large Scale (UN) Capacitated Assignment, Transportation, and Minimum Cost Flow Network Problems / *D. Klingman, A. Napier, J. Stutz*. // *Management Science*. 1974, №20. С. 814–822.

СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ СЕТЕВОГО ТРАФИКА

И. А. Лобан

В последние годы исследования, связанные с анализом сетевого трафика показывают, что он обладает свойством масштабной инвариантности, то есть обладают свойством самоподобия [1–3].

В работе рассматриваются задачи исследования структуры сетевого трафика, направленные на изучение его характерных особенностей.

Одним из основных методов формирования самоподобного потока является метод, первоначально предложенный Мандельбротом. В данном методе предусматривается наличие нескольких независимых ON/OFF источников. Для каждого источника эти периоды строго чередуются. Длительности ON (как и OFF) периодов также независимы и одинаково распределены, причем распределение длительностей ON периодов может отличаться от распределения для OFF периодов. Каждый источник генерирует пакеты только в состоянии ON. Результирующим значением в каждый период времени является сумма величин генерируемых всеми источниками.

Появление самоподобия объясняется наличием эффекта Ноа (Noah effect) в распределении длительностей ON/OFF периодов. Для достижения этого эффекта можно использовать распределение Парето, имеющего функцию распределения,

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha$$

либо логарифмически-нормальное распределение (heavy-tailed distributions). Более популярно распределение Парето. Параметр α – параметр формы, определяющий, конечность или бесконечность среднего значения и дисперсии для распределения, а параметр β задает минимальное значение величины x . Параметр α задает среднее значение и дисперсию следующим образом:

1. для $0 < \alpha \leq 1$ распределение имеет бесконечное математическое ожидание (МО) и дисперсию;
2. для $1 < \alpha \leq 2$ распределение имеет конечное МО и бесконечную дисперсию;
3. для $\alpha > 2$ распределение имеет конечное МО и дисперсию.

Существует связь между показателем Херста (Hurst exponential) и параметром α :

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}$$

Параметр α называется фрактальным показателем временного ряда.

Благодаря простоте задания параметра Херста метод Мандельброта получил наибольшее распространение при моделировании самоподобные случайных процессов. Указанный метод позволяет получить реализации самоподобного процесса с любой фиксированной степенью самоподобия.

Для изучения фрактальных свойств сетевого трафика используются его реализации, полученные в университете города Наполи. Замеры проводились каждые 10 мс, их общее число составляет более 10000. Изменялись такие характеристики сетевого трафика как уровень временной задержки (delay) и джиттера (jitter) – это нежелательные фазовые или частотные случайные отклонения передаваемого сигнала. Пакеты различной длины (по 64, 128, 256, 512, 1024 байт) передавались по протоколам UDP и TCP в сетях на основе технологий ADSL и Wireless.

Автокорреляционная функция (АКФ) – это характеристика сигнала, которая помогает находить повторяющиеся участки сигнала или определять несущую частоту сигнала, скрытую из-за наложений шума и колебаний на других частотах.

Случайный процесс обладает медленно убывающей зависимостью (МУЗ) [1], если для АКФ выполняется условие:

$$r(k) \sim k^{-\beta} L(k) + C, k \rightarrow +\infty$$

где $C = const$, $0 < \beta < 1$, $L(x)$ – медленно меняющаяся на бесконечности функция. Процессы с МУЗ характеризуются АКФ, которая убывает по степенному закону при увеличении временной задержки. Для процессов с быстро убывающей зависимостью (БУЗ) значения АКФ убывают по экспоненциальному закону.

Известно, что самоподобные процессы обладают медленно убывающей зависимостью, но в тоже время не каждый случайный процесс с МУЗ является самоподобным.

Для определения, какие ряды являются фрактальными, а какие случайными, проведем вычисление показателя Херста (Hurst exponent). Этот показатель является мерой МУЗ [3]: если показатель Херста близок к 0,5, то это говорит о том, что временной ряд является случайным, а не фрактальным; чем ближе H к единице, тем сильнее в ряду проявляются фрактальные свойства; такой ряд является трендоустойчивым и тенден-

ция его изменения может быть спрогнозирована; приближение показателя Херста к нулю говорит о том, что временной ряд состоит из частых спадов и подъемов, такие ряды называют антиперсистентными.

Для вычисления показателя Херста используем метод R/S анализа временных рядов [3].

1. В исходном ряду выделяем 20 отрезков (от 1 до $\tau = \frac{iN}{20}$, $i = \overline{1,20}$).

2. В каждом из них вычисляем среднее значение, накопленные отклонения для отрезков длины t по формуле: $X_{\tau,t} = \sum_{i=1}^t (X_i - \bar{X}_\tau)$, $t = \overline{1,\tau}$. Затем вычисляем размах R между максимальным и минимальным накопленными отклонениями.

3. Также для каждого отрезка вычисляем стандартное отклонение S (квадратный корень из выборочной дисперсии).

4. Показатель Херста H вычисляется из эмпирической формулы $\frac{R}{S} = \left(\frac{\tau}{2}\right)^H$, путем логарифмирования обеих частей. По 20 точкам с координатами $(\lg \frac{\tau}{2}, \lg \frac{R}{S})$ методом наименьших квадратов строим тренд с линейной зависимостью. Таким образом, определяем значение H для временного ряда.

В результате работы было разработано приложение, которое позволяет: строить графики реализаций сетевого трафика с поддержкой масштабируемости и возможностью сохранения в формате PNG. Для этого используется сторонняя свободная библиотека JFreeChart (см. рис. 1); строить графики автокорреляционной функции для временных рядов; вычислять показатель Херста и другие связанные с ним фрактальные параметры временных рядов, такие как фрактальная размерность $D = 2 - H$, корреляционный параметр $\beta = 2(1 - H)$, спектральный показатель $b = 2H + 1$, фрактальный показатель $\alpha = 3 - 2H$ (см. рис. 2).

Приложение имеет модульную структуру. Каждый модуль выполняет отведенную ему функцию в отдельном окне.

Исходный код проекта Net Traffic Discovery доступен на одном из крупнейших веб-сервисов для хостинга проектов – GitHub (<https://github.com/igor-loban/net-traffic-discovery>).

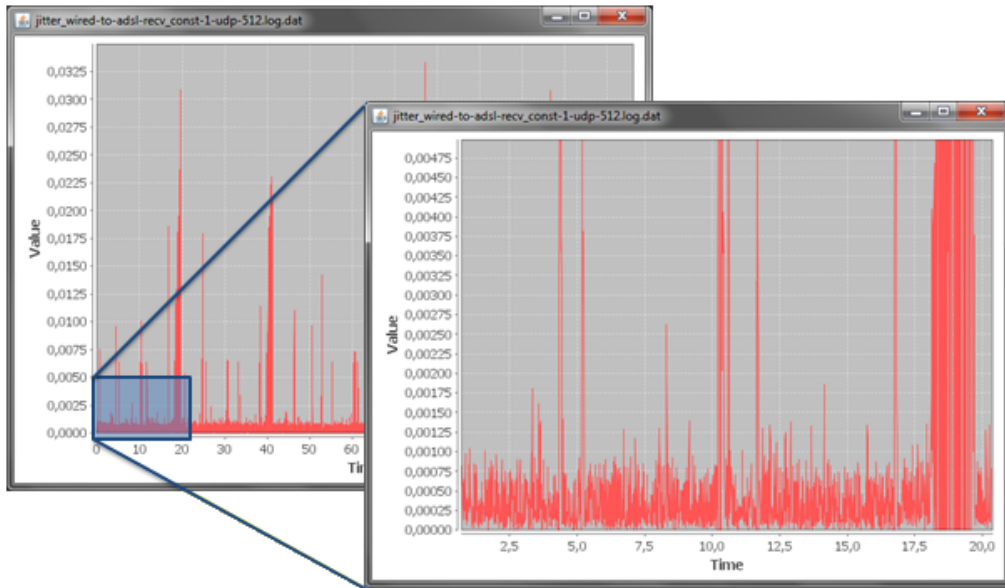


Рис. 1. Масштабируемые графики

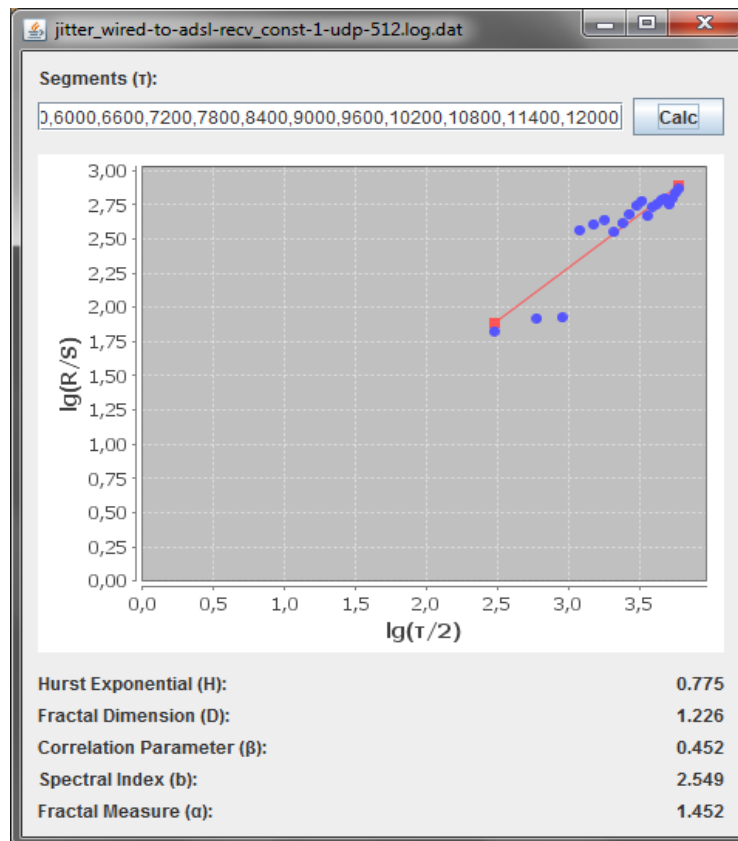


Рис. 2. Вычисление показателя Херста и других фрактальных показателей

Литература

1. Бельков Д. В. Статистический анализ сетевого трафика / Д. В. Бельков, Е. Н. Едемская, Л. В. Незамова // Науч. тр. ДонНТУ / ДонНТУ. Донецк, 2011. Вып. 13: Информатика, кибернетика и вычислительная техника. С. 66–75.

2. Гребенников А. В. Моделирование сетевого трафика и прогнозирование с помощью модели ARIMA / А.В. Гребенников, Ю.А. Крюков, Д. В. Чернягин // Электронный журнал «Системный анализ в науке и образовании» 2011. № 1. С. 1–11.
3. Numerical Method [Electronic resource] Mode of access: <http://numericalmethod.com/blog/>. Date of access: 13.04.2013.

СИСТЕМА ПОИСКА ПЛАГИАТА

А. И. Логинов

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время большинство служб поиска плагиата ищут его исключительно в обычном художественном тексте. В то же время исходные тексты программ во многом остаются без внимания. Конечно, существуют и такие сервисы. Вот только практически все они являются либо платными, либо уже давно не поддерживаются, либо никогда не выкладывались в общий доступ.

Именно поэтому целью данной работы стало создание такой системы поиска плагиата, которая бы никогда не потеряла своей актуальности, системы, которую можно было бы использовать даже в случае прекращения поддержки. Эта универсальная программа должна искать плагиат в исходных кодах на разных языках программирования с возможностью расширения их количества.

1 ЯП. РАСШИРЯЕМОСТЬ

1.1 Универсальная система

Одной из ключевых особенностей данной системы является токенизация исходного текста программ. Тем самым, задача расширяемости свелась к динамическому способу добавления токенизаторов для различных языков программирования.

1.2 Генерация парсеров

Генераторы парсеров позволяют программисту работать на более высоком уровне абстракции. Создание анализатора языка в этом случае включает в себя написание грамматики. Очевидно, что поддерживать несколько сотен строк грамматики намного проще, чем несколько тысяч строк парсера, написанного вручную.

1.3 ANTLR

Генератор парсеров ANTLR на сегодняшний день является наиболее популярным СС фреймворком. Для каждого полученного токена токенизированной программы можно получить также и расположение этого токена в исходном тексте (номер строки, позицию в строке и т.п.).

Для того, чтобы этот фреймворк смог сгенерировать классы парсера и лексера, необходимо предоставить ему описание LL(*)-грамматики, описанной в расширенной БНФ.

1.4 Реализованные идеи

Добавление поддержки нового языка осуществляется с применением библиотеки ANTLR. Сразу на вход программе подается грамматика в РБНФ. Затем с помощью этой библиотеки генерируются файлы лексера и парсера для этой грамматики на языке Java.

При выборе файлов для анализа, разработанная система рассматривает папки верхнего уровня как группы. Если, например, сразу выбирается несколько групп (т.е. несколько папок), то плагиат будет искаться лишь между этими группами. Если же выбрана всего одна группа, то сравниваться будут все файлы доступные в ней рекурсивно.

2 АЛГОРИТМЫ. РАСШИРЯЕМОСТЬ

В настоящее время существует несколько алгоритмов поиска плагиата в исходных текстах программ. Проанализировав ранее эти методы, выбор пал на метод отпечатков и метод смещения, ввиду их эффективности [1].

2.1 Метод отпечатков

Идея метода отпечатков заключается в выборе k -грамм с дальнейшим их хэшированием и пересечением. В данной работе использовался метод отпечатков вместе с алгоритмом просеивания [2].

Метод отпечатков изначально разрабатывался для обычных текстов, написанных на естественных языках. Ввиду того, что мы рассматриваем код программы в виде токенизированного представления, изменения затронули процесс хэширования. Если раньше в качестве k -грамма выступала последовательность из k символов, то теперь k -грамм – это последовательность из k токенов. Таким образом, по последовательности хэшей после просеивания можно восстановить исходный код с точностью до токена, а не символа, как раньше.

2.2 Метод смещений

Метод смещения представляет собой анализ размещения токенов в теле программы [3]. По сути, идет своеобразное наложение одной программы на другую на каждом смещении. Причем все совпавшие токены, а также их количество выписываются, чтобы затем можно было отобразить совпавшую часть кода.

2.3 Возможности расширения. Специальное API

Методы и алгоритмы могут устареть, на их место могут придти новые. Чтобы данная система могла использоваться и дальше, появилась необходимость внедрить возможность динамического добавления методов поиска плагиата.

Примерно оценив, что у каждого алгоритма может быть общее, было написано специальное API для этой системы, которое может быть использовано в дальнейшем.

3 ПРЕДСТАВЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

3.1 Таблица сравнения парами

Поскольку в реализованной системе сравнение происходит по принципу каждый-с-каждым (учитывая разбиение по группам), то первоначальные результаты сравнения удобнее всего отобразить в виде таблицы. Такая таблица результатов отображает пары файлов, отсортированных по убыванию схожести исходных текстов. Причем она не зависит от алгоритма и языка программирования.

3.2 Визуализация

После отработки любого используемого в системе алгоритма (даже еще не реализованного), каждому исходному тексту можно поставить в соответствие набор токенов, которые совпадают с каким-то другим набором токенов другого файла. С помощью библиотеки ANTLR каждому токenu ставится в соответствие номер его строки в файле, а также позиция его начала и конца в строки. Таким образом, визуализация найденного плагиата стала возможной. В каждой визуализации любого метода представлено число, которое обозначает процент совпадения рассматриваемых файлов.

4 ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ

4.1 Список неудачных попыток сокрытия плагиата от системы

Разработанная система поиска плагиата способна учитывать практически все изменения, которые могли бы внести те же студенты в свой код: всевозможные переименования, изменение констант, перемещения (классов, методов, полей), вставка неиспользуемого кода, изменение порядка условных операторов (if-else, switch-case).

4.2 Сравнение с существующими аналогами

К сожалению, сейчас осталось не так много поддерживаемых проектов, позволяющих искать плагиат в исходном коде. Из работающих и доступных систем были рассмотрены SIM и Plaggie.

Проект SIM. Эта система уже не поддерживается и не развивается, но ее исходный код можно найти в Интернете. SIM предлагает единственный способ управления им через консоль. В качестве результата работы генерируется один большой файл, по которому очень трудно понять, присутствует ли плагиат. Проведя несколько экспериментов, стало ясно, что используемый этой системой алгоритм является неэффективным, поскольку упускал очевидные заимствования.

Проект Plaggie является консольным Java приложением, с управлением через командную строку с тривиальными вариантами использования. В качестве результатов генерируется множество html страниц с результатами работы. К сожалению, у этой системы слишком много ложных срабатываний: она дает очень высокий процент похожести исходным текстам, которые таковыми точно не являются.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Можно однозначно сделать выводы, что реализованная система поиска плагиата обладает множеством плюсов. Тем не менее, система не может однозначно *доказать* факт наличия или отсутствия плагиата. Она может лишь указать степень схожести каждой пары исходных текстов.

С моей точки зрения, реализованная система является лучшей среди доступных аналогов. Используемые алгоритмы являются эффективными, а сама система спроектирована так, чтобы с течением времени она продолжала справляться со своей основной задачей – обеспечением возможности выявления плагиата.

Литература

1. *Логинов А. И.* Алгоритмы поиска плагиата в исходных текстах программ // Всероссийский конкурс НИРСА в области информатики и информационных технологий: сб. науч. работ: в 3 т. Белгород, 2012. Т. 3. С. 302–305.
2. Интернет-адрес: <http://theory.stanford.edu/~aiken/publications/papers/sigmod03.pdf>
3. Интернет-адрес: <http://www.kv.by/index2000491105.htm>.

СОЗДАНИЕ ПОЛНОФУНКЦИОНАЛЬНОГО ПРИЛОЖЕНИЯ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ СТРЕЛЬБЫ ИЗ МИНОМЕТА

А. С. Новиков

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Разработка электронного тренажера «Выполнения огневой задачи № 1 М Курса подготовки артиллерии (КПА-2000)» для обучения студентов управлению огнем артиллерии. В программе должна быть реализована возможность осуществления просмотра местности, добавления на эту местность ориентиров, целей и выполнения стрельбы полупрямой и раздельной наводкой по этим целям.

ВВЕДЕНИЕ

Артиллерийские соединения являются одним из наиболее массовых родов войск СВ. Они предназначены для ведения боевых действий совместно с другими родами войск и специальными войсками. Оснащение механизированных частей и подразделений минометными комплексами, сочетающими в себе мощное вооружение, высокую скорость движения, проходимость и маневренность, повышает боевые возможности войск на поле боя. Исходя из принципов ведения современного общевойскового боя и изменений в тактике ведения боевых действий, с каждым годом повышаются требования к качеству подготовки расчетов минометов, поддержанию техники в боеготовом состоянии. Наряду с этим остро стоит вопрос об экономии моторесурсов и материальных средств. Создание программы позволило выполнить вышеуказанные требования, повысить практические навыки расчетов минометов.

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Для описания полета снаряда использовалась упрощенная физическая модель с некоторыми допущениями.

Рассмотрим, что происходит со снарядом после того, как он покинет канал ствола.

На снаряд, вылетевший из канала ствола, действуют две силы:

- сила земного притяжения, которая зависит от величины массы снаряда – сила тяжести снаряда;
- сила сопротивления воздуха.

Сила тяжести направлена вертикально вниз и постепенно снижает траекторию снаряда. Воздушная среда оказывает сопротивление движению снаряда, отражающееся на его скорости.

При визуализации процесса стрельбы, мы идеализируем модель, с которой работаем:

- Не учитываем искривление поверхности Земли.
- Не учитываем возможное влияние ветра.
- Не учитываем плотность воздуха.
- Не учитываем температуру окружающей среды.
- Считаем значение ускорения свободного падения не зависящим от высоты.
- Не учитываем вращение снаряда в полете, а, следовательно, и деривацию.
- Не учитываем массу снаряда.

Для получения дальности, на которую полетит наш снаряд при выстреле, используем формулу:

$$x = \frac{v_0^2 \sin 2a}{g}, \quad (1)$$

где v_0 – начальная скорость снаряда, a – угол возвышения орудия, g – ускорение свободного падения.

ОПИСАНИЕ ПРИЛОЖЕНИЯ И ЕГО ВОЗМОЖНОСТИ

В качестве средств реализации поставленной задачи были выбраны программные средства языка программирования Java на платформе интегрированной среды разработки приложений NetBeans 7.1.

Программа позволяет осуществить просмотр местности, добавление на эту местность ориентиров, целей и выполнение стрельбы полупрямой наводкой по этим целям. Для определения дальности от огневой позиции до целей и ориентиров на изображении задавались псевдо границы области стрельбы (на глаз определялась дальность до этих границ и эти данные использовались в программе как постоянные). Осуществление выстрела происходит в несколько этапов:

1. Выбор миномета, с которым будем работать.
2. Работа с картой: выбор местности, добавление целей и ориентиров.
3. Начало выполнения задачи.
4. Определение дальности до цели (относительно ориентиров, дальность, до которых известна и выводится справа).
5. Выбор прицела прямой или раздельной наводки в зависимости от предполагаемой дальности до выбранной цели.
6. Просмотр таблиц стрельбы и выбор в них значения прицела (и заряда, если стреляем из 2Б11), соответствующего предполагаемой дальности до выбранной цели.
7. Введение в соответствующие поля значений прицела (и заряда, если стреляем из 2Б11).
8. Наводка прицела в цель и нажатие кнопки «огонь».

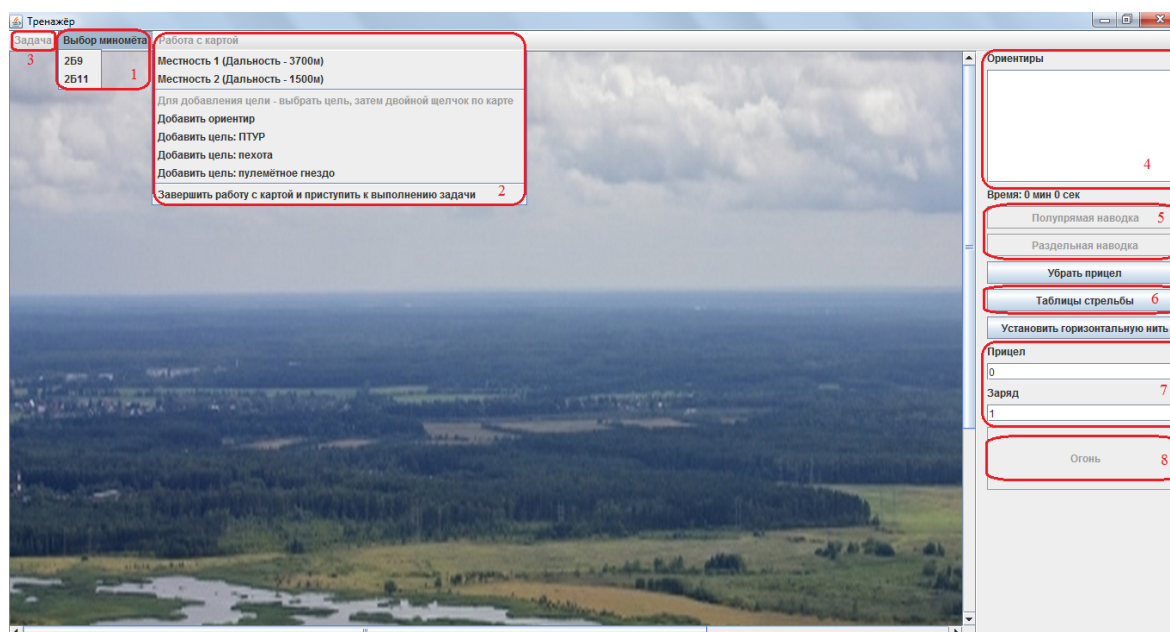


Рис. 1. Скриншот интерфейса приложения

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты работы приложения представлены на рисунках 2,3. В частности, можно увидеть выдаваемые результаты при недолете, перелете снаряда и при поражении всех целей за отведенное время (3 минуты). Во всех случаях выводится оконное сообщение с информацией о полученном результате выполнения выстрела. В случае успешного поражения всех целей за отведенное время, выводится сообщение с затраченным временем на выполнение задачи, а при превышении лимита времени выводится сообщение о невыполнении задачи.

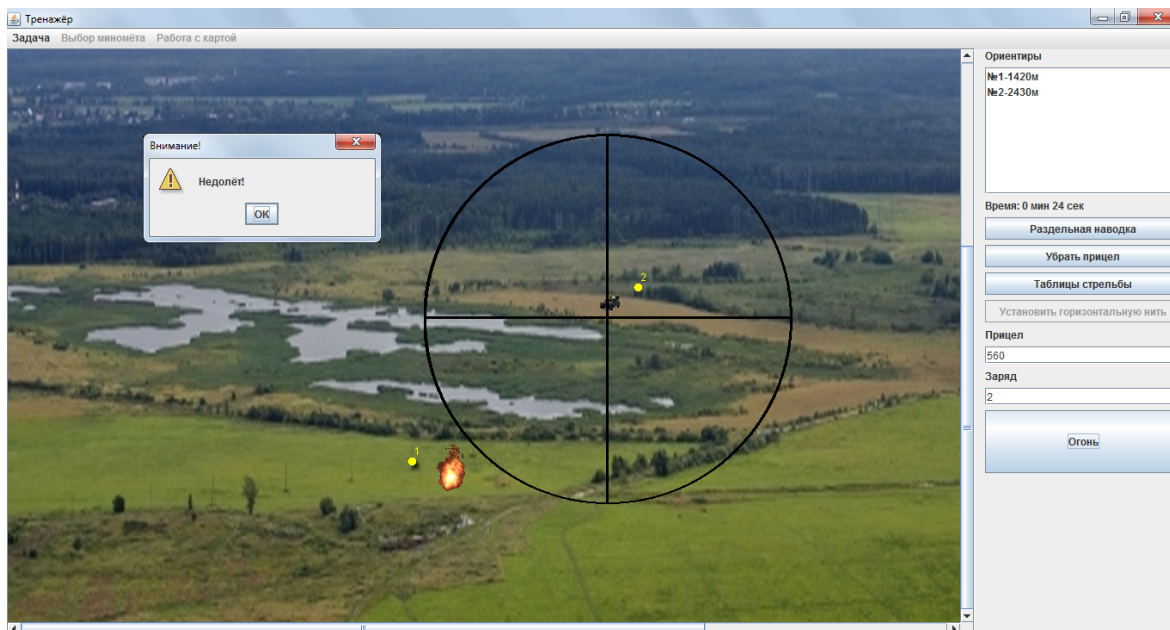


Рис. 2. Результат при непопадании в цель

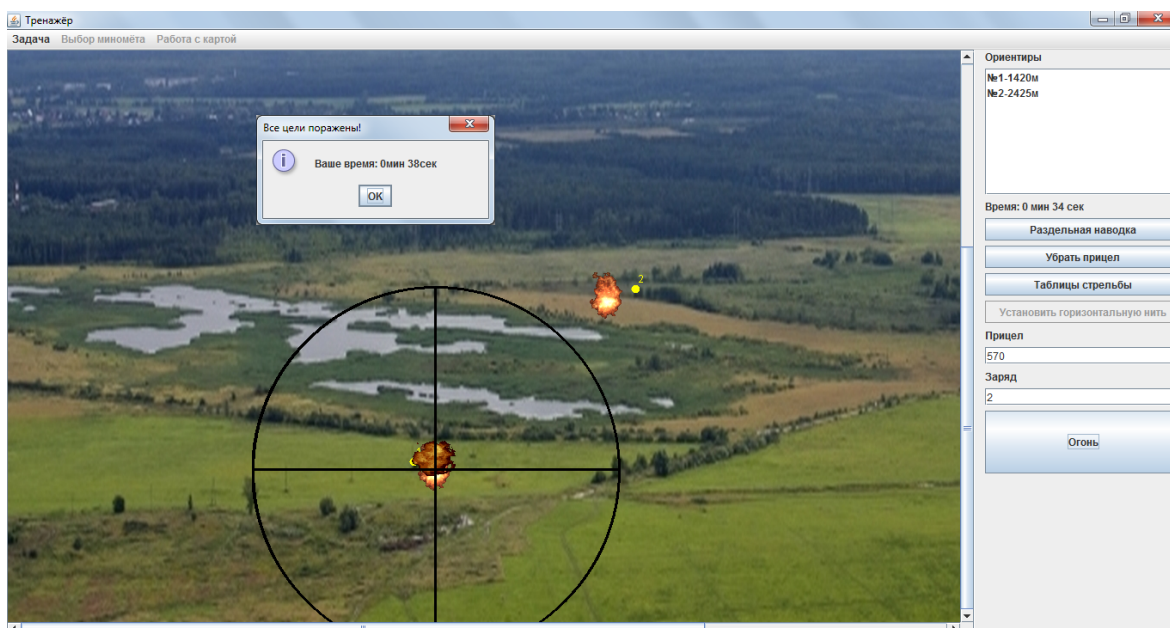


Рис. 3. Результат при успешном выполнении задачи

Литература

1. Матузов А. А. Комплекс 2К21. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / М. БГУ. 2010.
2. 120-мм миномет. Техническое описание и инструкция по эксплуатации / ВИ. М. 1969.
3. Курс подготовки артиллерии / ВИ. М. 2001.

АНАЛИЗ И МОДЕЛИРОВАНИЕ КРЕДИТОСПОСОБНОСТИ КОМПАНИЙ В УСЛОВИЯХ МАРКОВСКОЙ МОДЕЛИ ЗАВИСИМОСТИ РЕЙТИНГОВ

А. Ю. Новопольцев

1. МОДЕЛЬ ДАННЫХ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Пусть в периоды времени $t = 1, \dots, T$ наблюдается n предприятий одного вида экономической деятельности (отрасли), где T – длина периода наблюдения, выраженная числом кварталов (лет). Каждое предприятие $i = 1, \dots, n$ на конец отчетного периода t характеризуется вектором безразмерных финансовых коэффициентов $x_{i,t} \in \mathfrak{R}^N$ [1]. Предполагается также, что каждое предприятие i в любой период t может быть отнесено к одному из L классов кредитоспособности. Номер класса при этом описывается скрытой дискретной случайной величиной $v_{i,t} \in S(L) = \{1, \dots, L\}$, причем временной ряд $\{v_{i,t}\} (t = 1, \dots, T)$ описывается однородной цепью Маркова (ОЦМ) с параметрами:

$$\pi_0 = (\pi_{01}, \dots, \pi_{0L})'; \quad P = (p_{rs}), \quad r, s \in S(L), \quad (1)$$

где $\pi_{0l} = P\{v_{i,1} = l\}$ – вектор вероятностей начального состояния, $p_{rs} = P\{v_{i,t+1} = s | v_{i,t} = r\} \geq 0$ – вероятности миграции рейтингов в течение одного периода, P – матрица миграции рейтингов. Величина $v_{i,t}$ называется рейтингом кредитоспособности, а распределение случайного вектора $x_{i,t}$ зависит от данного рейтинга и для фиксированных l, t описывается плотностью $f^{(t)}(u, \theta_l)$ из параметрического семейства:

$$\{f^{(t)}(u, \theta_l)\} (u \in \mathfrak{R}^N, \theta_l \in \Theta \in \mathfrak{R}^m, t = 1, \dots, T, l \in S(L)). \quad (2)$$

Задача. Параметры модели $\pi_0, P, \{\theta_l\}$ а также рейтинги $\{v_{i,t}\}$ не известны. Задача заключается в их совместном оценивании по наблюдаемым значениям (панельным данным) $\{x_{i,t}\} (i = 1, \dots, n, t = 1, \dots, T)$. Рассматриваются два следующих алгоритма решения поставленной задачи.

Алгоритм 1 классификации по исходной выборке панельных данных вида (учитывающий марковскую зависимость классов):

$$X = \{x_{i,t}, t = 1, \dots, T, i = 1, \dots, n\}, \quad x_{i,t} \in \mathfrak{R}^N. \quad (3)$$

Алгоритм 2 классификации по выборке пространственных (одномоментных) данных (не учитывающий марковскую зависимость классов):

$$Y = \{y_j, j = 1, \dots, m\}, y_j \in \mathfrak{R}^N, m = nT, \quad (4)$$

полученной из (3) с помощью перенумерации наблюдений:

$$y_j \equiv x_{i,t}, \quad j = (i-1)T + t, t = 1, \dots, T, i = 1, \dots, n. \quad (5)$$

Алгоритм 2 позволяет использовать выборку в T раз большего объема, чем Алгоритм 1. Это может повысить точность оценивания параметров распределений $\{\theta_l\}$. Однако, при этом не учитывается марковская зависимость рейтингов, что может повлиять, как на точность оценивания параметров π_0, P , так и на точность оценок $\{\hat{v}_{i,t}\}$. Целью исследований является сравнительный анализ указанных алгоритмов по точности оценивания параметров $\pi_0, P, \{\theta_l\}$ и рейтингов $\{v_{i,t}\}$.

2. АЛГОРИТМ В СЛУЧАЕ МАРКОВСКОЙ ЗАВИСИМОСТИ КЛАССОВ

Используемый Алгоритм 1 относится к классу алгоритмов расщепления смеси распределений, или *EM-алгоритмов* (*Expectation-Maximization*), учитывает *скрытую марковскую зависимость* (*Hidden Markov Model – НММ*) номеров классов и позволяет одновременно вычислять все параметры модели, $\pi_0, P, \{\theta_l\}$, а также рейтинги $\{v_{i,t}\}$.

Предполагается, что $f^{(l)}(u, \theta_l)$ – плотность N -мерного нормального распределения для фиксированных l, t , где $\theta_l \in \mathfrak{R}^m$ – составной вектор параметров, образованный из параметров μ_l, Σ_l при условии, что $v_{i,t} \equiv l$. Это означает, что распределения (2) однородны по времени.

Введем обозначения: k – номер итерации; $\lambda^{[k]}, D^{[k]}, LL^{[k]}, b_l^{[k]}(u)$ – составной вектор оценок всех параметров модели, оценка матрицы классификации, оценки логарифмической функции правдоподобия и плотности распределения вероятностей для класса l на k -ой итерации соответственно.

ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ АЛГОРИТМА

Э.1. Инициализация

$k = 0, LL^{[0]} = 0$; $\lambda^{[0]}$ или $D^{[0]}$, в последнем случае $\lambda^{[0]}$ вычисляется по начальной классификации $D^{[0]}$, которая может быть случайной.

Э.2. Оценивание (Expectation step)

Используется алгоритм Баума–Велша (*Baum–Welch algorithm*) [2] для оценивания параметров $\alpha_l^{[k]}(i,t), \beta_l^{[k]}(i,t), \gamma_l^{[k]}(i,t)$ для всех $l \in S(L)$, $t=1, \dots, T$, $i=1, \dots, n$ и параметров $\xi_{rs}^{[k]}(i,t)$ для всех $r, s \in S(L)$, $t=1, \dots, T-1, i=1, \dots, n$, где $\gamma_l(i,t) = P\{v_{i,t} = l \mid X, \lambda\}$ – вероятность обладания для предприятия i в момент t рейтингом l , а $\xi_{rs}(i,t) = P\{v_{i,t} = r, v_{i,t+1} = s \mid X, \lambda\}$ – вероятность смены рейтинга с r на s .

Э.3.Максимизация (Maximization step)

Вычисление оценок максимального правдоподобия для набора параметров $\lambda^{[k+1]}$ [2]:

$$\pi_{0l}^{[k+1]} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \gamma_l^{[k]}(i,1), \quad l \in S(L); \quad p_{rs}^{[k+1]} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} \xi_{rs}^{[k]}(i,t)}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^{T-1} \gamma_r^{[k]}(i,t)}, \quad r, s \in S(L) -$$

параметры ОЦМ:

$$\mu_l^{[k+1]} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \gamma_l^{[k]}(i,t) x_{i,t}}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \gamma_l^{[k]}(i,t)}, \quad \Sigma_l^{[k+1]} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \gamma_l^{[k]}(i,t) (x_{i,t} - \mu_l^{[k+1]})(x_{i,t} - \mu_l^{[k+1]})'}{\sum_{i=1}^n \sum_{t=1}^T \gamma_l^{[k]}(i,t)},$$

$l \in S(L)$ – параметры распределения векторов.

Э.4. Проверка сходимости

Используется критерий $LL^{[k]} = \ln(\sum_{i=1}^n \sum_{l=1}^L \alpha_l^{[k]}(i,T))$. Если справедливо:

$$LL^{[k]} \geq LL^{[k-1]} \wedge (LL^{[k]} - LL^{[2]}) < (1 + \varepsilon)(LL^{[k-1]} - LL^{[2]}), \quad (6)$$

где $0 < \varepsilon < 1$, то переходим к Э.5, иначе – к Э.2.

Э.5. Оценивание классификации

С помощью алгоритма динамического программирования Витерби (*Viterbi algorithm*) [2] оценивается наиболее вероятная классификация $D^{[k]}$ на основе оценок параметров на последней итерации $\lambda^{[k]}$ и выборки X .

3. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ

В условиях модельных предположений Алгоритма 1 моделировались три выборки для случая $L = 2, N = 2, T = 24, n = 1000$ с параметрами

ОЦМ и ковариационной матрицей (7), которые различались только векторами средних (см. в первом столбце таблицы), что позволило задать различную степень близости классов в соответствии с расстоянием Махаланобиса Δ и теоретической вероятностью ошибки классификации БРП r_0 [3]. Проводился сравнительный анализ предложенного Алгоритма 1 с алгоритмом линейного дискриминантного (ЛДА – Алгоритм 2) [3] по величинам вероятности ошибки классификации r и отклонению оценок параметров ОЦМ δ_v от истинных, которое выражалось евклидовой нормой разности составных векторов параметров. Результаты анализа представлены в таблице.

$$P = \begin{pmatrix} 0.8 & 0.2 \\ 0.1 & 0.9 \end{pmatrix}, \pi_0 = \begin{pmatrix} 0.4 \\ 0.6 \end{pmatrix}, \Sigma = \begin{pmatrix} 3.24 & 0.45 \\ 0.45 & 0.16 \end{pmatrix}, \varepsilon = 0.0001. \quad (7)$$

Таблица

Сравнительный анализ алгоритмов

(μ_1, μ_2)	Δ	$r_0, \%$	Алгоритм	$r, \%$	δ_v
$\begin{pmatrix} 7 & 1 \\ 1 & 0.1 \end{pmatrix}$	3.3402	4.72	1	2.18	0.0295
			2	4.87	0.1506
$\begin{pmatrix} 5.5 & 1 \\ 0.8 & 0.1 \end{pmatrix}$	2.5115	10.39	1	5.02	0.0128
			2	10.49	0.2825
$\begin{pmatrix} 4.5 & 1.5 \\ 0.5 & 0.2 \end{pmatrix}$	1.7080	19.49	1	10.97	0.0297
			2	19.89	0.4723

Согласно таблице, Алгоритм 1 показал существенно лучшую точность классификации и оценок параметров ОЦМ. Это подтверждает важность учета временной зависимости рейтингов при классификации, которая в рассматриваемом случае является марковской.

Литература

1. Малюгин В. И., Корчагин О. И., Гринь Н. В. Исследование эффективности алгоритмов классификации заемщиков банков на основе балансовых коэффициентов // Банковский Вестник. 2009. № 7. С. 26–33.
2. *Bilmes Jeff A.* A Gentle Tutorial of the EM Algorithm and its Application to Parameter Estimation for Gaussian Mixture and Hidden Markov Models // International Computer Science Institute. Berkley. 1998.
3. Харин Ю. С., Малюгин В. И., Абрамович М. С. Математические и компьютерные основы статистического анализа данных и моделирования: учеб. пособие. Мн. БГУ. 2008.

РАСПОЗНАВАНИЕ КРИПТОГРАФИЧЕСКИХ ГЕНЕРАТОРОВ ПО ВЫХОДНЫМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЯМ

В. Ю. Палуха

ВВЕДЕНИЕ

Современная криптография невозможна без случайных и псевдослучайных последовательностей [1]. Актуальной является задача статистического распознавания генераторов случайных и псевдослучайных последовательностей, т.е. отнесения наблюдаемой выходной последовательности генератора $x_1, x_2, \dots, x_T \in V = \{0, 1\}$ некоторой конечной длительности T к одному из L ($2 \leq L < +\infty$) классов $\Omega_1, \dots, \Omega_L$. Темой доклада является построение информативных признаков, описание их вероятностных свойств и применение этих признаков для распознавания криптографических генераторов по их выходным последовательностям.

1. ОБЩИЙ ПОДХОД К ПОСТРОЕНИЮ ИНФОРМАТИВНЫХ ПРИЗНАКОВ

Будем предполагать, что выходная последовательность генератора $x_t \in V$ является случайной последовательностью на некотором вероятностном пространстве (Ω, \mathcal{C}, P) . Гипотезу о том, что $\{x_t\}$ является равномерно распределенной случайной последовательностью (РРСП), будем обозначать $H_* = \{\{x_t\} \text{ есть РРСП}\}$. Разобьем последовательность x_1, x_2, \dots, x_T на $l = [T/n]$ фрагментов (n -грамм) длины n $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots, X^{(l)}$, $X^{(k)} = (x_{(k-1)n+1}, \dots, x_{kn}) \in V^n$ (если $nl < T$, x_{nl+1}, \dots, x_T не рассматриваем). Пусть наблюдается некоторая статистика $a_k(n) = f(X^{(k)})$, $k = 1, 2, \dots, l$, при различных длинах фрагмента $n \in [n_-, n_+]$, $1 \leq n_- < n_+$; $a_*(n) = E_{H_*} \{a_k(n)\}$ – математическое ожидание этой статистики при истинной гипотезе H_* ; $a(n)$ – наблюдаемое выборочное среднее значение статистики: $a(n) = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l a_k(n)$. В качестве признака предлагается использовать отклонение $a(n)$ от математического ожидания в l_p – метрике ($p \in \mathbb{N}$):

$$\rho^{(p)} = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sqrt[p]{\sum_{n=n_-}^{n_+} |a(n) - a_*(n)|^p}. \quad (1)$$

2. ПРИЗНАКИ НА ОСНОВЕ ЭНТРОПИИ

Пусть $p_{i_1, \dots, i_n} = P\{x_{t+1} = i_1, \dots, x_{t+n} = i_n\}$ – распределение вероятностей n -граммы $(x_{t+1}, \dots, x_{t+n}) \in V_n$. Многомерная (n -мерная) энтропия Шеннона для фрагмента длины n равна [1]:

$$h(n) = - \sum_{i_1, \dots, i_n} p_{i_1, \dots, i_n} \ln p_{i_1, \dots, i_n}. \quad (2)$$

Теорема 1. Если справедлива гипотеза H_* , то

$$h_*(n) = h(n)|_{H_*} = n \ln 2 = nh_*(1). \quad (3)$$

Обозначим: $i = \sum_{j=1}^n 2^{j-1} i_j$ – представление числа $i \in \{0, 1, \dots, 2^n - 1\}$ в

двоичной системе счисления, $p_i(n) = P\{\sum_{j=1}^n 2^{j-1} x_j = i\} = p_{i_1, \dots, i_n}$. Пусть наблюдается l фрагментов $X^{(1)}, \dots, X^{(l)}$. Построим статистические оценки распределения вероятностей $\{p_i(n)\}$, $i = 0, \dots, 2^n - 1$:

$$\hat{p}_i(n) = \frac{1}{l} \sum_{k=1}^l \delta_{\bar{X}^{(k)}, i}, \quad \bar{X}^{(k)} = \sum_{j=1}^n 2^{j-1} x_j^{(k)}, \quad \delta_{\bar{X}^{(k)}, i} = \begin{cases} 1, & \bar{X}^{(k)} = i; \\ 0, & \bar{X}^{(k)} \neq i. \end{cases}$$

Используя подстановочный принцип, построим статистическую оценку энтропии (2):

$$\hat{h}(n) = - \sum_{i=0}^{2^n-1} \hat{p}_i(n) \ln \hat{p}_i(n). \quad (4)$$

На основании статистик (4) для значений $n_- \leq n \leq n_+$, имеющих при истинной гипотезе H_* математическое ожидание (3), построим информативные признаки согласно (1):

$$\rho^{(p)} = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} \sqrt[p]{\sum_{n=n_-}^{n_+} |\hat{h}(n) - h_*(n)|^p}. \quad (5)$$

Кратко опишем проведенный эксперимент. Классы Ω_1 и Ω_2 – самосжимающие генераторы [2] с различными характеристическими многочленами порождающего регистра сдвига. В качестве признака использовалось значение статистики (5). Были заданы параметры $n_- = 1$, $n_+ = 20$, $p = 1$. В результате применения байесовского решающего правила [3] была получена оценка безусловной вероятности ошибки 0,22.

3. ПРИЗНАКИ НА ОСНОВЕ РАНГОВ МАТРИЦ

Разбиваем наблюдаемый ряд x_1, x_2, \dots на фрагменты $X^{(1)}, X^{(2)}, \dots \in V^{n^2}$ длины n^2 . Используя k -й фрагмент $X^{(k)} = (x_1^{(k)}, \dots, x_{n^2}^{(k)}) \in V^{n^2}$ выходной последовательности, построим $(n \times n)$ -матрицу

$$A^{(k)} = (a_{ij}^{(k)}) = \begin{pmatrix} x_1^{(k)} & \dots & x_n^{(k)} \\ \dots & \dots & \dots \\ x_{(n-1)n+1}^{(k)} & \dots & x_{n^2}^{(k)} \end{pmatrix} \in V^{n \times n}, \quad (6)$$

или поэлементно: $a_{ij}^{(k)} = x_{(i-1)n+j}^{(k)}$, $i, j \in \{1, 2, \dots, N\}$.

Ранг матрицы (6) отражает наличие функциональной зависимости в последовательности. Пусть $r^{(k)} = \text{rank}(A^{(k)}) \in \{0, 1, \dots, n\}$ и наблюдается l фрагментов, т.е. $T = l \cdot N^2$. Определим статистику [4]

$$v(n) = \frac{1}{nl} \sum_{k=1}^l r^{(k)}, \quad (7)$$

имеющую смысл среднего относительного ранга.

Теорема 2. При верной гипотезе H_* математическое ожидание статистики (7) имеет вид:

$$E_{H_*} \{v(n)\} = v_*(n) = \frac{1}{n} \sum_{j=0}^n q_{nj} j, \quad (8)$$

где $q_{nj} = P_{H_0} \{r^{(k)} = j\} = 2^{j(2n-j)-n^2} \prod_{i=0}^{j-1} \frac{(1-2^{i-n})^2}{1-2^{i-j}}$, $j \in \{0, 1, \dots, n\}$.

На основании статистик (7) для значений $n_- \leq n \leq n_+$, имеющих при истинной гипотезе H_* математическое ожидание (8), построим информативные признаки согласно (1):

$$\rho^{(p)} = \frac{1}{n_+ - n_- + 1} p \sqrt{\sum_{n=n_-}^{n_+} |v(n) - v_*(n)|^p}. \quad (9)$$

Кратко опишем проведенный эксперимент. Пусть Ω_1 – прореживающий генератор [5], Ω_2 – самосжимающий генератор. В качестве признака использовалось значение статистики (9). Были заданы параметры $n_- = 1$, $n_+ = 2236$, $p = 1$. В результате применения линейного решающего правила была получена оценка безусловной вероятности ошибки, равная 0.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения актуальной задачи распознавания криптографических генераторов сформулирован общий подход к построению информативных признаков. Этот подход учитывает динамику изменения вероятностных характеристик генераторов при изменении длины используемого фрагмента. Построенные согласно этому подходу признаки универсальны, т.к. не используют специфических свойств генераторов, и поэтому их можно применять для распознавания различных типов генераторов.

В соответствии с предложенным подходом построены и применены для распознавания информативные признаки. Получены явные формулы для вычисления моментов 1-го порядка построенных информативных признаков, а также проведены компьютерные эксперименты, в которых были применены построенные признаки. Проиллюстрировано применение одного из признаков для распознавания прореживающего и самосжимающего генераторов, и другого – для распознавания самосжимающих генераторов с различными параметрами.

Литература

1. Харин Ю. С., Берник В. И., Матвеев Г. В., Агиевич С. В. Математические и компьютерные основы криптологии / Минск: Новое Знание. 2003.
2. Meier W., Staffelbach O. Analysis of pseudo random sequences generated by cellular automata // Advances in Cryptology: Eurocrypt '91. Brighton. 1991. P. 186–199.
3. Харин Ю. С., Жук Е. Е. Математическая и прикладная статистика / Минск: БГУ. 2004.
4. Палуха В. Ю. Информативные признаки для распознавания криптографических генераторов // Сб. работ 69-й науч. конф. студентов и аспирантов Бел. гос. ун-та. Минск. 2012. С. 209–213.
5. Coppersmith D., Krawchuk Y., Mansour Y. The shrinking generator // Advances in Cryptology: Proc. of Crypto 93. Santa Barbara. 1993. P. 22–39.

НЕОРИЕНТИРОВАННЫЕ ГРАФЫ И КОНЪЮНКТИВНЫЕ НОРМАЛЬНЫЕ ФОРМЫ, ИХ ЗАДАЮЩИЕ

И. А. Парака

ВВЕДЕНИЕ

В дискретной математике весьма важен алгоритм построения по конъюнктивной нормальной форме (КНФ) неориентированного графа (с обозначением его вершин 2-наборами). Его важность в том, что этот алгоритм доказывает полиномиальную сводимость проблемы ВВП к проблеме m -клик. Естественно возникает вопрос о том, каждый ли неориентированный граф (неорграф), если его вершины обозначить аналогич-

но, может быть построен по соответствующей КНФ. В данной статье показывается, что этот подход осуществить в общем случае невозможно, то есть описывается серия неориентированных графов, которые не могут быть заданы ни одной КНФ.

1. ПОСТРОЕНИЕ НЕОРГРАФА ПО КНФ

Обозначим через x^a формулу логики высказываний $x \cdot a \vee \bar{x} \cdot \bar{a}$. Тогда формула логики высказываний

$$x_1^{a_1} \vee x_2^{a_2} \vee \dots \vee x_n^{a_n}, \quad (1)$$

где $x_i \neq x_j$ при $i \neq j$ и каждое $a_i \in \{0,1\}$ ($1 \leq i \leq n$), называется элементарной дизъюнкцией (ЭД). ЭД (1) имеет значение 0 тогда и только тогда, когда для всех i ($1 \leq i \leq n$) $x_i \neq a_i$. КНФ называется формула логики высказываний, которая является конъюнкцией нескольких ЭД.

Возьмем некоторую КНФ F и пусть m есть число ее ЭД. Построим по F неорграф $G = G(F)$ следующим образом. Каждому вхождению литерала x_j^a в F поставим в соответствие вершину графа, которую обозначим через (x_j^a, i) , где i – номер ЭД, которая содержит x_j^a , $1 \leq i \leq m$. В этом графе вершины (x_j^a, i) и (x_s^b, r) будут соседними тогда и только тогда, когда $i \neq r$ и литерал x_j^a не является отрицанием x_s^b [1]. Таким образом, если КНФ F из m ЭД выполнима, тогда граф $G(F)$ содержит полный подграф с m вершинами; если же КНФ не выполнима, то такого подграфа нет.

2. РЕЗУЛЬТАТЫ

Нетрудно убедиться, что пустые, полные, полные r -дольные неорграфы с n вершинами задаются КНФ вида (2), (3), (4) соответственно.

$$F_{0_n} = x_1^{a_1} \vee x_2^{a_2} \vee \dots \vee x_n^{a_n}. \quad (2)$$

$$F_{K_n} = x_1^{a_1} \cdot x_2^{a_2} \cdot \dots \cdot x_n^{a_n}. \quad (3)$$

$$F = \left(\bigvee_{i_1=1}^{n_1} x_{i_1} \right) \cdot \left(\bigvee_{i_2=n_1+1}^{n_1+n_2} x_{i_2} \right) \cdot \dots \cdot \left(\bigvee_{i_r=n_1+n_2+\dots+n_{r-1}+1}^{n_1+n_2+\dots+n_r} x_{i_r} \right), \quad (4)$$

где n_j – число вершин в j -й доле полного r -дольного графа, $1 \leq j \leq n$.

Докажем, что простая цепь с шестью вершинами (рис. 1 а) и дерево специального вида (рис. 1 б), не задаются ни одной КНФ.

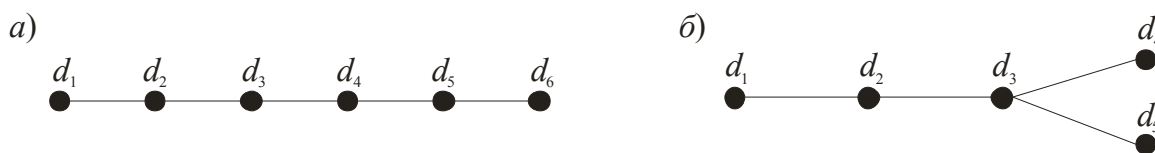


Рис. 1. Графы, не задающиеся КНФ:

а – простая цепь с шестью вершинами; б – дерево специального вида

Графы, представленные на рис. 1 являются деревьями, а следовательно, и двудольными графами. Это значит, что если для них существуют соответствующие КНФ, то они состоят из двух ЭД. Простая цепь, представленная на рис. 1 а, однозначно разбивается на две доли. К одной доле графа относятся вершины d_1, d_3, d_5 , а к другой – d_2, d_4, d_6 . Без ограничения общности, пусть вершине d_1 соответствует литерал x_1 , вершине d_3 – x_2 , вершине d_5 – x_3 . Теперь попытаемся расставить соответствующие литералы в качестве первых компонент для вершин из второй доли таким образом, чтобы полученная по построению КНФ задавала простую цепь с шестью вершинами. Поскольку вершина d_2 соседствует с вершинами d_1 и d_3 и не соседствует с d_5 , то вершине d_2 необходимо поставить в соответствие литерал \bar{x}_3 . Поскольку вершина d_4 соседствует с вершинами d_3 и d_5 и не соседствует с d_1 , то вершине d_4 необходимо поставить в соответствие литерал \bar{x}_1 . Вершина d_6 соседствует только с d_5 и не соседствует с вершинами d_1 и d_3 . Тогда вершине d_6 в качестве первой компоненты должны одновременно соответствовать литералы \bar{x}_2 и \bar{x}_1 , но это невозможно. Значит, простая цепь с шестью вершинами не задается ни одной КНФ. Доказательство того, что дерево, представленное на рис. 1 б, не задается ни одной КНФ, проводится аналогично.

Лемма 1. Если неорграф H задается КНФ K и содержит висячее ребро, то после удаления такого ребра получаем граф H' , также задающийся соответствующей КНФ.

Доказательство. Пусть выполняются условия этой леммы. Вместе с удалением висячего ребра удаляется только висячая вершина, а вершина, соседняя с ней, принадлежит графу H' . Поэтому удаление такого ребра не нарушает соседства других вершин из графа H . Следовательно, если висячей вершине сопоставлена пара (x_j^a, i) , то удалением из КНФ K литерала x_j^a из i -й элементарной дизъюнкции (который в ней только раз встречается) получим КНФ K' , задающую неорграф H' . Лемма доказана.

Замечание 1. Если неорграф задается КНФ, то таких КНФ бесконечно много, поскольку литералы из соответствующих вершинам неорграфа пар можно выбирать произвольно, лишь бы выполнялось следующее условие: в неорграфе вершины (x_j^a, i) и (x_s^b, r) являются соседними тогда и только тогда, когда $i \neq r$ и литерал x_j^a не является отрицанием x_s^b .

Лемма 2. Для каждого неорграфа H найдется неорграф G , который задается некоторой конъюнктивной нормальной формой и содержит H в качестве подграфа.

Доказательство. Действительно, любой неорграф H с n вершинами является подграфом полного неорграфа с этим же числом вершин, а такие графы задаются КНФ (см. (3)). Лемма доказана.

Лемма 3. Пусть граф $H = (V, R)$ не задается ни одной КНФ. Тогда как бы ни определять произвольную КНФ путем сопоставления вершинам графа H пар вида (x_j^a, i) (при соблюдении указанных выше условий на соседство вершин), полученная КНФ K будет задавать граф $G = (V, R_1)$, где $R \subset R_1$.

Доказательство. Пусть выполняется условие этой леммы. Поскольку только вершинам графа H сопоставляются указанные пары, то новых вершин не получится. По сопоставленным парам выписываем полученную КНФ K , образуя ее j -ю элементарную дизъюнкцию из всех литералов, равных первым компонентам пар, вторая компонента которых есть j . По КНФ K строим граф G , множество вершин которого согласно сказанному выше будет совпадать с V . Но так как граф H не задается ни одной КНФ, то единственная возможность следующая: в графе G по крайней мере некоторые две вершины, не соседние в H , будут соседними, т.е. $G = (V, R_1)$, где $R \subset R_1$. Лемма доказана.

Введем следующее определение. Граф H является чистым подграфом графа G , если H является подграфом графа G и никакие две вершины из H не образуют в G новых ребер (по сравнению с имеющимися в H).

Свойство 1°. Пусть граф $G = (V, R)$ является собственным подграфом графа $F = (W, E)$, причем любое ребро из $E \setminus R$ инцидентно хотя бы одной вершине из $W \setminus V$. Тогда G является чистым подграфом графа F .

Теорема 1. Если неорграф H не задается ни одной КНФ, то неорграф G , для которого неорграф H является чистым подграфом, также не задается ни одной КНФ.

Доказательство. Пусть выполняются условия этой теоремы. Если бы граф G задавался некоторой КНФ, то согласно определению задания G данной КНФ всем вершинам графа G были бы приспаны соответствующие

пары (x_j^a, i) , обеспечивающие все соседства вершин графа G и никакие другие соседства вершин G , которые соседними в G не являются. Следовательно, будут соблюдаться и соседства вершин подграфа H , что по условию невозможно. Следовательно, граф G не может быть задан никакой КНФ. Теорема доказана.

Из теоремы 1 следует, что все неорграфы, содержащие простую цепь с шестью вершинами либо дерево специального вида (рис. 1) в качестве чистого подграфа, не задаются ни одной КНФ.

Как было показано выше, полный двудольный граф задается КНФ. Деревья также являются двудольными графами, но не все деревья задаются КНФ (например, простая цепь с шестью вершинами и дерево специального вида, изображенные на рис. 1 *а, б*). Рассмотрим произвольное дерево на n вершинах. Оно либо изоморфно простой цепи на n вершинах, либо изоморфно звезде на n вершинах, либо содержит в качестве чистого подграфа дерево специального вида (рис. 1 *б*). Простая цепь с шестью и более вершинами не задается КНФ согласно теореме 1, поскольку она содержит в качестве чистого подграфа цепь с шестью вершинами, которая не задается КНФ. Дерево, содержащее в качестве чистого подграфа дерево специального вида (рис. 1 *б*), также не задается ни одной КНФ на основании теоремы 1. Звезда с n вершинами задается КНФ, поскольку является полным двудольным графом. Итак, получаем, что из всех деревьев с шестью и более вершинами КНФ задается лишь звезда $K_{1,n}$. А это означает, что почти все деревья не задаются КНФ.

Работа выполнена под руководством В. А. Мощенского.

Литература

1. *Мощенский А. В., Мощенский В. А.* Математические основы информатики / 2-е изд., перераб. и доп. Минск: БГУ, 2008.

ОЦЕНКА ОБЪЕМА ПАМЯТИ, ТРЕБУЕМОЙ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ МАКРООПЕРАЦИИ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО АЛГОРИТМА

М. А. Полещук

Введение. Современные параллельные вычислительные архитектуры для повышения производительности имеют быструю локальную (разделяемую между ядрами одного процессора) память, управление которой осуществляется программно. В качестве целевого компьютера будем рассматривать графические процессоры с двухуровневой параллельной архитектурой.

Операции вычислительного алгоритма должны быть разбиты на множества, называемые зернами вычислений или тайлами. Операции одного тайла выполняются атомарно, как одна единица вычислений. По причине небольшого размера разделяемой памяти необходимо для каждого массива оценить количество его элементов, к которым осуществляется доступ при выполнении операций зерна вычислений [1, 2]. Данная оценка естественным образом влияет на размер тайлов вычислительного алгоритма. Если часто используемые элементы массивов не помещаются в разделяемой памяти, необходимо уменьшить размер зерна вычислений.

В данной работе разрабатывается математический аппарат для оценки объема памяти, требуемой для выполнения макроопераций вычислительного алгоритма: получена оценка, которая выполняется для любых тайлов алгоритма.

Предварительные сведения. Пусть алгоритм задан многомерным циклом произвольной структуры вложенности, операторы которого линейно упорядочены расположением их в записи алгоритма. Обозначим: S_β – некоторый оператор с порядковым номером β , V_β – область изменения параметров циклов для оператора S_β , n_β – число циклов, окружающих оператор S_β , $W_l \subset \mathbb{Z}^{v_l}$ – область изменения индексов l -го массива, где v_l – размерность l -го массива. Вхождением (l, β, q) будем называть q -е вхождение массива a_l в оператор S_β . Пусть индексы элементов массива a_l , связанных с вхождением (l, β, q) выражаются функцией $\bar{F}_{l,\beta,q} : V_\beta \rightarrow W_l$ вида

$$\bar{F}_{l,\beta,q}(J) = F_{l,\beta,q}J + f^{l,\beta,q}, \quad J \in V_\beta, \quad F_{l,\beta,q} \in \mathbb{Z}^{v_l \times n_\beta}, \quad f^{l,\beta,q} \in \mathbb{Z}^{v_l}. \quad (1)$$

Рассмотрим произвольный тайл, заданный вектором J^{gl} для набора операторов \mathcal{G} . Под набором операторов будем понимать один или несколько операторов, окруженных одним и тем же множеством циклов. $n^{\mathcal{G}}$ – число циклов, окружающих \mathcal{G} -й набор операторов. Определим полный тайл – это тайл, число итераций которого равно произведению компонент вектора $r^{\mathcal{G}}$, где $r_\zeta^{\mathcal{G}}$ обозначает число значений параметра $j_\zeta^{\mathcal{G}}$, приходящихся на один тайл \mathcal{G} -го набора операторов. $r_\zeta^{\mathcal{G}}$ может принимать фиксированное значение в пределах от 1 до $M_\zeta^{\mathcal{G}} - m_\zeta^{\mathcal{G}} + 1$, где $m_\zeta^{\mathcal{G}} = \min j_\zeta^{\mathcal{G}}$, $M_\zeta^{\mathcal{G}} = \max j_\zeta^{\mathcal{G}}$ – предельные значения изменения параметра цикла уровня вложенности ζ . Пусть $s^{\mathcal{G}} \in \mathbb{Z}^{n^{\mathcal{G}}}$ – вектор, компоненты ко-

того равны единице или нулю; $s_\zeta^g = 1$ означает, что цикл с параметром j_ζ^g набора операторов \mathcal{G} является разбиваемым или глобальным не разбиваемым, а $s_\zeta^g = 0$ – цикл является локальным не разбиваемым. Также определим вектор $d^g = (M_1^g - m_1^g + 1, \dots, M_{n^g}^g - m_{n^g}^g + 1)$.

Оценка объема памяти, требуемой для выполнения полного тайла. Для набора операторов \mathcal{G} сгруппируем функции доступа к памяти массива a_l с одинаковой матрицей доступа $F_{l,\beta,q}$. В такой группе при заданных значениях параметров циклов индексы элементов массива a_l будут отличаться не более чем на константный вектор, который будет выражаться через векторы $f^{l,\beta,q}$ функций доступа. Пусть F^g – множество всех вхождений (l, β, q) всех наборов операторов тайла. Определим семейство $F_l^g = \{F_{l,1}^g, \dots, F_{l,k}^g\}$ как разбиение множества F^g наименьшей мощности, в котором все вхождения (l, β, q) как элементы множества $F_{l,i}^g$ имеют одинаковую матрицу доступа $F_{l,\beta,q}$. Определим $F_l = \bigcup_g F_l^g$.

Оценку используемой памяти тайла дает

Теорема. Пусть задано объединение F_l семейств F_l^g множеств вхождений (l, β, q) с одинаковыми матрицами доступа $F_{l,\beta,q}$, вектор r^g размеров тайла и вектор s^g разбиваемых циклов. Тогда число используемых элементов массива a_l размерности v_l в тайле ограничено сверху величиной \tilde{U}_l , определяемой равенством

$$\begin{aligned} \tilde{U}_l = \sum_{F_{l,i}^g \in F_l} V((F_{l,\beta,q,+} - F_{l,\beta,q,-})(S^g r^g + (E^g - S^g)d^g - \bar{1}) + \\ + \max_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} f^{l,\beta,q} - \min_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} f^{l,\beta,q} + \bar{1}), \end{aligned} \quad (2)$$

где (l, β, q) – произвольный элемент множества $F_{l,i}^g$, $V(x)$ – произведение компонент вектора x , $F_{l,\beta,q,-}$ и $F_{l,\beta,q,+}$ – матрицы, полученные из матрицы $F_{l,\beta,q}$ обнулением положительных и отрицательных элементов соответственно, $S^g = \text{diag } s^g$, E^g – единичная матрица порядка n^g , $\bar{1} = (1, \dots, 1)$.

Доказательство. Определим величины $b_\zeta^{l,\beta,q}(J^{gl}, s^g)$ и $u_\zeta^{l,\beta,q}(J^{gl}, s^g)$ – наименьшее и наибольшее соответственно значения координаты ζ ин-

дексов элементов массива, к которым получают доступ на вхождении (l, β, q) операции тайла J^{gl} . Будем рассматривать полные тайлы, область итераций которых является многомерным параллелепипедом с длинами сторон $S^g r^g + (E^g - S^g) d^g$ (величины $b_\zeta^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g)$ и $u_\zeta^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g)$ для неполного тайла не меньше и не больше соответственно, чем для полного тайла).

Покажем, что для любого вхождения (l, β, q) и некоторого фиксированного J^{gl} выполняются соотношения

$$b^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g) = F_{l, \beta, q}(m^g + R^g S^g J^{gl}) + F_{l, \beta, q, -}(S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}) + f^{l, \beta, q}. \quad (3)$$

$$u^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g) = F_{l, \beta, q}(m^g + R^g S^g J^{gl}) + F_{l, \beta, q, +}(S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}) + f^{l, \beta, q}. \quad (4)$$

Найдем $b^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g) = (b_1^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g), \dots, b_{v_l}^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g))$ по координатно.

Для компонентов вектора параметров J выполнено:

$$m_\zeta^g + r_\zeta^g j_\zeta^{gl} \leq j_\zeta^g \leq m_\zeta^g + r_\zeta^g (j_\zeta^{gl} + 1) - 1. \quad (5)$$

Тогда

$$b_\zeta^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g) = \min_J (\bar{F}_{l, \beta, q}(J))_\zeta = \min_J (F_{l, \beta, q})_\zeta J + f_\zeta^{l, \beta, q} = (F_{l, \beta, q})_\zeta (m^g + R^g S^g J^{gl}) + f_\zeta^{l, \beta, q} + \min_{J^{loc}} (F_{l, \beta, q})_\zeta J^{loc}, \quad (6)$$

где $0 \leq J_\zeta^{loc} \leq (S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1})_\zeta$. Найдем такое значение J^{loc} , когда $(F_{l, \beta, q})_\zeta J^{loc}$ принимает наименьшее значение. $J_\zeta^{loc} = 0$, если $(F_{l, \beta, q})_{\zeta \xi} \geq 0$, и $J_\zeta^{loc} = (S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1})_\xi$ в противном случае. Тогда

$$\min_{J^{loc}} (F_{l, \beta, q})_\zeta J^{loc} = F_{l, \beta, q, -}(S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}). \quad (7)$$

Для вектора $u^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g)$ рассуждение проводится по аналогичной схеме.

Теперь рассмотрим все вхождения (l, β, q) из множества $F_{l, i}^g$ для некоторого набора операторов \mathcal{G} . Обозначим

$$B_\zeta^{g, l, i}(J^{gl}, s^g) = \min_{(l, \beta, q) \in F_{l, i}^g} b_\zeta^{l, \beta, q}(J^{gl}, s^g), \quad (8)$$

$$B^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) = (B_{\zeta}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g), \dots, B_{v_l}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g)), \quad (9)$$

$$U_{\zeta}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) = \max_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} u_{\zeta}^{l,\beta,q}(J^{gl}, s^g), \quad (10)$$

$$U^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) = (U_{\zeta}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g), \dots, U_{v_l}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g)). \quad (11)$$

Индексы элементов массива a_l , к которым производится доступ на итерациях тайла J^{gl} по функциям доступа, определяемых вхождениями (l, β, q) из множества $F_{l,i}^g$, принадлежат многомерному параллелепипеду, ограниченному векторами $B^{g,l,i}(J^{gl}, s^g)$ и $U^{g,l,i}(J^{gl}, s^g)$. Тогда число используемых элементов массива a_l ограничено сверху $V(U^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) - B^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) + \bar{1})$. Найдем $U^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) - B^{g,l,i}(J^{gl}, s^g)$.

$$\begin{aligned} U_{\zeta}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) - B_{\zeta}^{g,l,i}(J^{gl}, s^g) &= \max_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} u_{\zeta}^{l,\beta,q}(J^{gl}, s^g) - \min_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} b_{\zeta}^{l,\beta,q}(J^{gl}, s^g) = \\ &= \max_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} \left\{ F_{l,\beta,q} (m^g + R^g S^g J^{gl}) + F_{l,\beta,q,+} (S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}) + f^{l,\beta,q} \right\} - \\ &- \min_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} \left\{ F_{l,\beta,q} (m^g + R^g S^g J^{gl}) + F_{l,\beta,q,-} (S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}) + f^{l,\beta,q} \right\}. \quad (12) \end{aligned}$$

Заметим, что $F_{l,\beta,q}$ одинаковы для всех $(l, \beta, q) \in F_{l,i}^g$. Тогда последнее выражение равно

$$(F_{l,\beta,q,+} - F_{l,\beta,q,-}) (S^g r^g + (E^g - S^g) d^g - \bar{1}) + \max_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} f^{l,\beta,q} - \min_{(l,\beta,q) \in F_{l,i}^g} f^{l,\beta,q}. \quad (13)$$

Суммирование по всем множествам $F_{l,i}^g$ учитывает все использования массива a_l .

Литература

1. *Kandemir M., Ramanujam J., Irwin M., Narayanan V., Kadayi I. f, and Parikh A.* A compiler based approach for dynamically managing scratch-pad memories in embedded systems // IEEE Transactions on Computer-Aided Design, 23(2), 2004. P. 243–260.
2. *Baskaran M., Bondhugula U., Krishnamoorthy S., Ramanujam J., Rountev A., Sadayappan P.* Automatic Data Movement and Computation Mapping for Multi-level Parallel Architectures with Explicitly Managed Memories // ACM SIGPLAN PPoPP, 2008.

АВТОРЕГРЕССИОННЫЕ ВРЕМЕННЫЕ РЯДЫ ПРИ НАЛИЧИИ КЛАССИФИКАЦИИ НАБЛЮДЕНИЙ

А. В. Рудаковская

ВВЕДЕНИЕ

Модель авторегрессионных временных рядов часто встречается в статистике. При помощи модели авторегрессионного временного ряда описываются процессы и явления в различных сферах: в экономике и в промышленности [1], в медицине [2] и др.

Одним из типов искажений авторегрессионных временных рядов является классификация наблюдений – регистрация вместо истинного значения временного ряда лишь номера класса, в который попало исходное наблюдение. Искажения такого типа описаны в [3, 4].

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Пусть на (Ω, F, P) определен авторегрессионный временной ряд

$$x_t = \theta_1 x_{t-1} + \theta_2 x_{t-2} + \dots + \theta_p x_{t-p} + \xi_t, t \in \mathbb{Z}, \quad (1)$$

где $p \in \mathbb{N}$ – порядок авторегрессии, $\theta = (\theta_i) \in \mathbb{R}^p$ – вектор коэффициентов авторегрессии, $\theta_p \neq 0$, $\{\xi_t\}$ – дискретный «белый шум», $\mathcal{L}\{\xi_t\} = N_1(0, \sigma^2)$. Временной ряд вида (1) называют временным рядом авторегрессии порядка p (краткое обозначение $AR(p)$).

Пусть задано борелевское разбиение числовой прямой на $2 \leq L < +\infty$ числовых промежутков:

$$\mathbb{R} = \bigcup_{i=0}^{L-1} A_{i+1}, \quad (2)$$

$$A_{i+1} = (a_i; a_{i+1}], -\infty = a_0 < a_1 < \dots < a_{L-1} < a_L = +\infty.$$

Вместо исходного временного ряда x_t наблюдаем классифицированный временной ряд y_t ,

$$y_t = \sum_{i=1}^L i I_{A_i}(x_t), \quad (3)$$

где y_t – номер класса, в который попало значение x_t ($I_A(x)$ – индикаторная функция множества A).

Полагаем известными порядок авторегрессии p , значения классифицированного временного ряда y_t , $t = \overline{0, T}$, а также интервалы $(a_i; a_{i+1}]$, $i = \overline{0, L-1}$, по которым проводилась классификация.

Ставится задача оценивания неизвестных параметров $\theta_1, \theta_2, \dots, \theta_p$.

СТАТИСТИЧЕСКОЕ ОЦЕНИВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ

Теорема 1. В данных условиях эксперимента классифицированный временной ряд y_t имеет дискретное распределение. Количество значений равно количеству интервалов классификации, при этом $p_i = P\left(y_t = i - \left[\frac{L+1}{2}\right]\right) = P(x_t \in [a_{i-1}; a_i]) = \Phi\left(\frac{a_i}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^p \theta_i^2}}}\right) - \Phi\left(\frac{a_{i-1}}{\sqrt{\frac{\sigma^2}{\sum_{i=1}^p \theta_i^2}}}\right)$,

где Φ – функция распределения стандартного нормального закона.

Исследуем оценку, полученную по методу наименьших квадратов (4):

$$\begin{cases} (y_{-1}^2 + \dots + y_{T-1}^2)\theta_1 + (y_{-2}y_{-1} + \dots + y_{T-2}y_{T-1})\theta_2 + \dots + \\ + (y_{-p}y_{-1} + \dots + y_{T-p}y_{T-1})\theta_p = y_0y_{-1} + \dots + y_Ty_{T-1}; \\ (y_{-1}y_{-2} + \dots + y_{T-1}y_{T-2})\theta_1 + (y_{-2}^2 + \dots + y_{T-2}^2)\theta_2 + \dots + \\ + (y_{-p}y_{-2} + \dots + y_{T-p}y_{T-2})\theta_p = y_0y_{-2} + \dots + y_Ty_{T-2}; \\ \vdots \\ (y_{-1}y_{-p} + \dots + y_{T-1}y_{T-p})\theta_1 + (y_{-2}y_{-p} + \dots + y_{T-2}y_{T-p})\theta_2 + \dots + \\ + (y_{-p}^2 + \dots + y_{T-p}^2)\theta_p = y_0y_{-p} + \dots + y_Ty_{T-p}. \end{cases} \quad (4)$$

Замечание.

В дальнейшем будем исследовать авторегрессию первого порядка ($p = 1$). В этом случае получаем следующий процесс:

$$x_t = \theta x_{t-1} + \xi_t; \quad \mathcal{L}\{\xi_t\} = N_1(0, \sigma^2); \quad -1 < \theta < 1; \quad (5)$$

$$y_t = \text{sign}(x_t) = \begin{cases} 1, & x > 0; \\ -1, & x \leq 0. \end{cases} \quad (6)$$

СМЕЩЕНИЕ И ВАРИАЦИЯ ОЦЕНКИ. ЧИСЛЕННЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

На рис. 1 приведены примеры графиков для значения смещения и вариации оценки в зависимости от длины реализации T при $\theta = 0.5$:

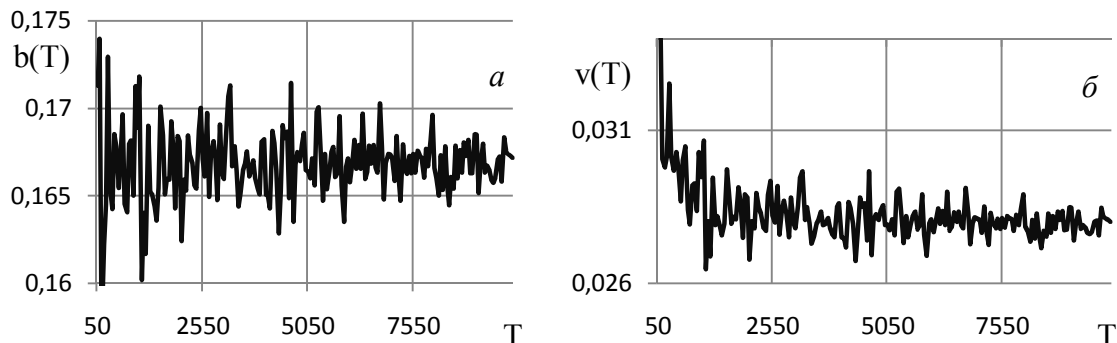


Рис. 1. Смещение оценки и вариация оценки

Здесь численные эксперименты проводились для различных длин реализаций временного ряда (от 50 до 10000), для каждого значения длины реализации проводилось 100 повторений экспериментов.

По этим результатам можно предположить, что оценка $\hat{\theta}$ является смещенной и величина смещения зависит от θ . Кроме того, с увеличением T видна сходимость вариации к некоторому константному значению.

СМЕЩЕНИЕ И ВАРИАЦИЯ ОЦЕНКИ. ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

Были доказаны следующие утверждения:

Лемма 1. Значения $p_{++} = P\{x_t > 0, x_{t+1} > 0\}$, $p_{+-} = P\{x_t > 0, x_{t+1} \leq 0\}$, $p_{-+} = P\{x_t \leq 0, x_{t+1} > 0\}$, $p_{--} = P\{x_t \leq 0, x_{t+1} \leq 0\}$ могут быть найдены при помощи формул (7) – (10).

$$p_{++}(\theta) = \sqrt{1 - \theta^2} \int_0^{+\infty} \varphi(\sqrt{1 - \theta^2}x) \Phi(\theta x) dx, \quad (7)$$

$$p_{+-}(\theta) = \sqrt{1 - \theta^2} \int_0^{+\infty} \varphi(\sqrt{1 - \theta^2}x) \Phi(-\theta x) dx; \quad (8)$$

$$p_{-+}(\theta) = \sqrt{1 - \theta^2} \int_0^{+\infty} \varphi(\sqrt{1 - \theta^2}x) \Phi(-\theta x) dx; \quad (9)$$

$$p_{--}(\theta) = \sqrt{1 - \theta^2} \int_{-\infty}^0 \varphi(\sqrt{1 - \theta^2}x) \Phi(-\theta x) dx; \quad (10)$$

где $\varphi(x)$, $\Phi(x)$ – плотность вероятности и функция распределения стандартного нормального закона соответственно.

Теорема 2. Оценка $\hat{\theta}$, построенная по методу наименьших квадратов для модели (5), (6) является асимптотически смещенной, причем смещение является функцией параметра θ и верно предельное соотношение

$$\lim_{T \rightarrow \infty} b(\hat{\theta}) = p_{++}(\theta) + p_{+-}(\theta) - p_{-+}(\theta) - p_{--}(\theta) - \theta, \quad (11)$$

где $p_{++}, p_{+-}, p_{-+}, p_{--}$ – выражения, задаваемые (7) – (10).

Для нахождения значений вариации оценки имеет место теорема

Теорема 3. МНК-оценка параметра θ модели (5), (6) имеет вариацию, асимптотически близкую к квадрату смещения оценки:

$$\lim_{T \rightarrow \infty} v(\hat{\theta}) = (b(\hat{\theta}))^2. \quad (12)$$

На рис. 2 представлены значения смещения и вариации, полученные численно и аналитически, в зависимости от значения параметра θ :

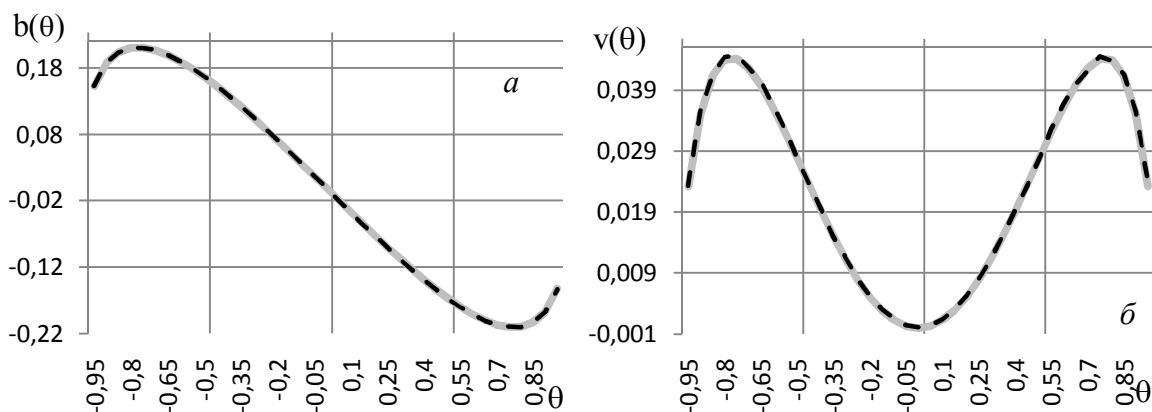


Рис. 2. Смещение и вариация оценки в зависимости от значения θ .

График серого цвета – теоретически полученная кривая,
черный пунктир – практически полученные значения

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе рассмотрена модель авторегрессионных временных рядов при наличии искажений – классификации наблюдений. Установлена связь между распределениями исходного и классифицированного рядов. Для неизвестных параметров θ построены оценки по методу наименьших квадратов. В случае авторегрессии первого порядка ($p = 1$) с классификацией значений на положительные-отрицательные изучены свойства этой оценки. В асимптотике оценка оказалась смещенной относительно истинного значения параметра θ на некоторую величину, зависящую от θ , причем зависимость не является линейной. Вариация оценки близка к квадрату смещения.

Литература

1. Бокс ДЖ., Дженкинс Г. Анализ временных рядов, прогноз и управление / М.: Мир. 1974.
2. Weber R. 8 lectures to Cambridge M.Phil in Statistics students, Complete Notes / Cambridge, 1999.
3. Агеева Е. С. Статистическое оценивание параметров множественной регрессии при наличии классификации наблюдений // Сборник материалов республиканской научной конференции НИРС-2011, Минск, 2011, с. 72.
4. Харин Ю. С. Оптимальность и робастность в статистическом прогнозировании. Мн., БГУ.

ЛОКАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА ОРИЕНТИРОВАННЫХ ГРАФОВ

А. И. Рыжиков

1. ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы является дальнейшее развитие методов исследования зависимости между локальными и глобальными свойствами ориентированных графов, начатого в [2, 3].

В работе рассмотрены два обобщения понятия локально связного графа на случай ориентированных графов: локально сильные орграфы и (L, R) -сильные орграфы. Установлены достаточные условия того, чтобы орграф был локально сильным или (L, R) -сильным. Исследовано влияние локальной структуры орграфа на такую его глобальную характеристику, как связность. Показано, что множество сильных локально сильных асимметрических орграфов, максимальная степень вершин которых не превосходит 4, конечно, и все такие орграфы содержат гамильтонов контур. Следует отметить, что в общем случае задача о гамильтоновом контуре в сильном орграфе, степени вершин которого не превышают 4, является NP-полной [5].

2. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

Стандартные понятия теории графов, не определяемые в работе, можно найти в [1]. Пусть G – конечный ориентированный граф (орграф) без петель и кратных дуг с множеством вершин $V(G)$ и множеством дуг $A(G)$. *Порядком* орграфа G называется число его вершин, т. е. $|V(G)|$. Орграф называется *тривиальным*, если его порядок равен 1.

Орграф G называется *сильным*, если для любых двух его вершин u и v в G существует как путь из u в v , так и путь из v в u . Пусть $n \geq 1$ – натуральное число. Орграф называется *n -сильным*, если удаление из него менее, чем n вершин приводит к сильному нетривиальному орграфу. *Основанием* орграфа G называется граф, полученный заменой каждой дуги $(u, v) \in A(G)$ на ребро uv и удалением из полученного мультиграфа кратных ребер. Орграф называется *слабым*, если его основание – связный граф. Орграф называется *асимметрическим*, если из того, что он содержит дугу (u, v) следует, что он не содержит дуги (v, u) .

Окружением вершины v в орграфе G называется множество всех вершин, смежных с v , т. е. таких вершин u , что $(u, v) \in A(G)$ или $(v, u) \in A(G)$. Орграф называется *локально сильным* (соответственно, *ло-*

кально n -сильным), если окружение каждой его вершины порождает сильный (соответственно, n -сильный) подграф.

Исходящим (соответственно, *входящим*) *окружением* вершины v в орграфе G называется множество $N^+(v)$ (соответственно, $N^-(v)$) всех таких вершин u , что $(v, u) \in A(G)$ (соответственно, $(u, v) \in A(G)$). *Полустепенью исхода* (соответственно, *захода*) вершины v называется число $|N^+(v)|$ (соответственно, $|N^-(v)|$). Полустепень исхода вершины v обозначается $\text{od}(v)$, полустепень захода – $\text{id}(v)$. Орграф называется (L, R) -сильным (соответственно, (L, R) - n -сильным), если входящее и исходящее окружения каждой его вершины порождают сильные (соответственно, n -сильные) подграфы.

3. ЛОКАЛЬНО СИЛЬНЫЕ ОРГРАФЫ

В [2] анонсировано достаточное условие того, чтобы орграф был локально n -сильным. Приведем здесь его доказательство.

Теорема 1. Пусть G – орграф порядка $p \geq 3$, для любых двух различных вершин x и y которого верно неравенство

$$\text{od}(x) + \text{id}(y) > \frac{4}{3} \left(p + \frac{n-3}{2} \right),$$

где $1 \leq n \leq p-2$. Тогда G – локально n -сильный.

Доказательство. Допустим, что G удовлетворяет условию теоремы, но существует вершина $v \in V(G)$, окружение которой порождает подграф, не являющийся n -сильным. Обозначим через N подграф, порожденный окружением вершины v . Возможны два случая: либо N – полный подграф на $j \leq n$ вершинах (т. е. такой, что из любой его вершины есть дуга в любую другую), либо в N найдется разделяющее множество T из менее, чем n вершин.

Рассмотрим первый случай. Пусть u – произвольная вершина, не смежная с v . Вершина u существует, поскольку $j \leq n \leq p-2$. Тогда $\text{od}(v) + \text{id}(v) \leq 2j \leq 2n$ и $\text{od}(u) + \text{id}(u) \leq 2(p-2)$. Отсюда и из условия теоремы $\frac{8}{3} \left(p + \frac{n-3}{2} \right) < (\text{od}(v) + \text{id}(u)) + (\text{id}(v) + \text{od}(u)) \leq 2p + 2n - 4$. Следовательно, $n > p$. Получили противоречие.

Теперь рассмотрим второй случай. В этом случае орграф $N - T$ не является сильным. Обозначим через M_1 сильную компоненту, из которой не выходит дуг в $N - T - M_1$ (в качестве такой компоненты можно взять, на-

пример, компоненту, соответствующую концу самой длинной цепи в конденсации $N - T$), а через M_2 – множество $N - T - M_1$. Пусть $u \in M_1$, $w \in M_2$ – некоторые вершины. Обозначим через t , m_1 и m_2 мощности множеств T , M_1 и M_2 соответственно. Тогда $\text{od}(u) \leq m_1 + t + k$, $\text{od}(v) + \text{id}(v) \leq 2(m_1 + m_2 + t)$ и $\text{id}(w) \leq m_2 + t + k$, где $k = p - 1 - m_1 - m_2 - t$. Отсюда находим

$$\text{od}(v) + \text{id}(v) + 2\text{od}(u) + 2\text{id}(w) \leq 4m_1 + 4m_2 + 4k + 6t \leq 4p + 2n - 6.$$

С другой стороны, по условию теоремы заключаем, что $(\text{id}(v) + \text{od}(u)) + (\text{od}(v) + \text{id}(w)) + (\text{od}(u) + \text{id}(w)) > 4p + 2n - 6$. Снова получили противоречие.

4. (L, R) -СИЛЬНЫЕ ОРГРАФЫ

В [2] показано, что всякий сильный локально n -сильный орграф является $(n + 1)$ -сильным. Аналогичное утверждение верно и для (L, R) - n -сильных орграфов. При этом всякий сильный асимметрический цикл является сильным и (L, R) -сильным, но не 2-сильным. Как следует из приведенных ниже леммы и теоремы 2, все другие сильные (L, R) -сильные орграфы являются 2-сильными.

Лемма. Если слабый (L, R) -сильный орграф G порядка $p \geq 3$ содержит такую вершину v , что $\text{id}(v) = 1$ или $\text{od}(v) = 1$, то G – ориентированный сильный асимметрический цикл.

Теорема 2. Пусть G – сильный (L, R) - n -сильный орграф, и пусть $\text{od}(v) \geq 2$ и $\text{id}(v) \geq 2$ для любой вершины $v \in V(G)$. Тогда G является $(n + 1)$ -сильным.

Приведем теперь две теоремы, которые показывают, что свойства (L, R) -сильных орграфов во многом совпадают со свойствами локально сильных орграфов.

Теорема 3. Пусть G – (L, R) -сильный орграф и пусть $\text{od}(v) \geq 2$, $\text{id}(v) \geq 2$ для любой вершины $v \in V(G)$. Тогда основание орграфа G является локально связным графом.

Теорема 4. Пусть G – ориентированный граф порядка $p \geq 3$, для любой вершины v которого верны неравенства

$$\text{od}(v) > \frac{2}{3} \left(p + \frac{n-3}{2} \right) \text{ и } \text{id}(v) > \frac{2}{3} \left(p + \frac{n-3}{2} \right),$$

где $1 \leq n \leq p - 2$. Тогда G – (L, R) - n -сильный орграф.

Отметим, что на данный момент, кроме асимметрических сильных циклов, нам не известно никаких других (L, R) -сильных орграфов, которые бы не были локально сильными. В связи с этим сформулируем следующую гипотезу:

Гипотеза. Всякий (L, R) -сильный орграф, полустепени исхода и захода каждой вершины которого не меньше двух, является локально сильным.

5. ЦИКЛИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

В [4] доказано, что связный локально связный граф H порядка $p \geq 3$ с $\Delta(H) \leq 4$ либо гамильтонов, либо изоморфен $K_{1,1,3}$. Пусть G – асимметрический орграф. Степенью вершины v в таком орграфе называется число $\deg v = \text{od}(v) + \text{id}(v)$. Обозначим через $\Delta(G)$ наибольшую степень вершины в асимметрическом орграфе G .

Теорема 5. Пусть G – сильный локально связный асимметрический орграф порядка $p \geq 3$ и $\Delta(G) \leq 4$. Тогда G есть единственная асимметрическая ориентация либо графа C_5^2 , либо графа C_6^2 .

Литература

1. Лекции по теории графов / В. А. Емеличев [и др.]. // М.: Наука, 1990. 384 с.
2. Chen Z. On locally n -(arc)-strong digraphs // Ars Comb. 1994. V. 38. P. 27–31.
3. Chen Z. Local connectedness of digraphs // Graph theory, combinatorics, algorithms and applications. Vol. 1. Proc. of the seventh quadrennial international conference on the theory and applications of graphs, Kalamazoo, MI, USA, June 1–5, 1992. New York, NY: Wiley. P. 195–200. 1995.
4. Chartrand G. Pippert R. Locally connected graphs // Čas. Pěst. Mat. 1974. V. 99. P. 158–163.
5. Plesnik J. The NP-completeness of the Hamiltonian cycle problem in planar digraphs with degree bound two // Inf. Process. Lett. 1979. V. 8. P. 199–201.

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ МОДЕЛЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ, ОСНОВАННЫХ НА ПРИНЦИПЕ ПОДОБИЯ, И ИХ ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ

С. В. Силаев

В большинстве прикладных задач многие характеристики объектов реального мира достаточно просто описываются количественными характеристиками. Измерять степень сходства таких объектов по их исходным численным характеристикам существенно проще, чем формировать признаковые описания. Например, такие сложные объекты как гра-

фические изображения, временные ряды или первичные структуры белков естественнее сравнивать непосредственно друг с другом путем некоторого «наложения с выравниванием» [1, 2].

Исторически сложилось, что для формализации понятия «сходства» вводится функция расстояния в пространстве объектов X . Целью данной работы является формализация понятия «сходства» путем введения функции подобия, оценка возможности ее практического применения для алгоритмов распознавания образов и сравнение характеристик полученных алгоритмов с существующими метрическими аналогами [3].

Пусть X – некоторое n -мерное пространство векторов $x = (x_1, x_1, \dots, x_n)$. При этом каждая i -я координата $x_i \in X_i$, где X_i – некоторое n_i -мерное пространство (в тривиальном случае $\forall i = 1..n : X_i = R^1$).

Функцией подобия, заданной на множестве X , назовем отображение $\mu : X \times X \rightarrow R$, сопоставляющее каждой паре $(a, b) \in X \times X$ вещественное число $\mu(a, b)$, удовлетворяющее следующим аксиомам:

- 1) $\mu(a, b) = 1$ тогда и только тогда, когда $a \equiv b$;
- 2) $\mu(a, b) = 1 / \mu(b, a)$;
- 3) $\mu(a, b) \geq \mu(a, c) * \mu(c, b)$.

Симметричной функцией подобия, заданной на множестве X , назовем отображение $\mu : X \times X \rightarrow (0, 1]$, сопоставляющее каждой паре $(a, b) \in X \times X$ вещественное число $\mu(a, b)$, удовлетворяющее следующим аксиомам:

- 1) $\mu(a, b) = 1$ тогда и только тогда, когда $a \equiv b$, $\mu(a, b) \in (0, 1]$;
- 2) $\mu(a, b) = \mu(b, a)$;
- 3) $\mu(a, b) \geq \mu(a, c) * \mu(c, b)$.

Теорема 1. Пусть X – некоторое n -мерное пространство векторов $x = (x_1, x_1, \dots, x_n)$. При этом каждая i -я координата $x_i \in X_i$, где X_i – некоторое n_i -мерное пространство. Тогда симметричную функцию псевдоподобия можно задать следующим образом:

$$\mu(a, b) = g(h(f_1(a_1), f_1(b_1)), h(f_2(a_2), f_2(b_2)), \dots, h(f_n(a_n), f_n(b_n))), \quad (1)$$

где $f_i : X_i \rightarrow R^+ / \{0\}$, $h(a, b) = \min(a / b, b / a)$, $g(c_1, c_2, \dots, c_n) = \prod_{i=1}^n c_i$.

Пример 1:

$$X = (R^+ / \{0\})^n, \quad \mu(a, b) = \prod_{i=1}^n \min(a_i / b_i, b_i / a_i). \quad (2)$$

Пример 2:

$$X = R^n,$$

$$\mu(a, b) = \prod_{i=1}^n \min(e^{a_i} / e^{b_i}, e^{b_i} / e^{a_i}) = e^{\sum_{i=1}^n \min(a_i - b_i, b_i - a_i)}. \quad (3)$$

Теорема 2. Пусть $\mu_1(a, b)$ и $\mu_2(a, b)$ – две симметричные функции подобия, заданные на множестве X . Тогда $\mu_3(a, b) = \mu_1(a, b) * \mu_2(a, b)$ и $\mu_4(a, b) = \mu_1(a, b) * \mu_2(a, b)$ так же будут являться симметричными функциями подобия.

НЕКОТОРЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ СИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ ПОДОБИЯ

Сравним значения Евклидовой метрики [1, 2] и симметричной функции подобия (2):

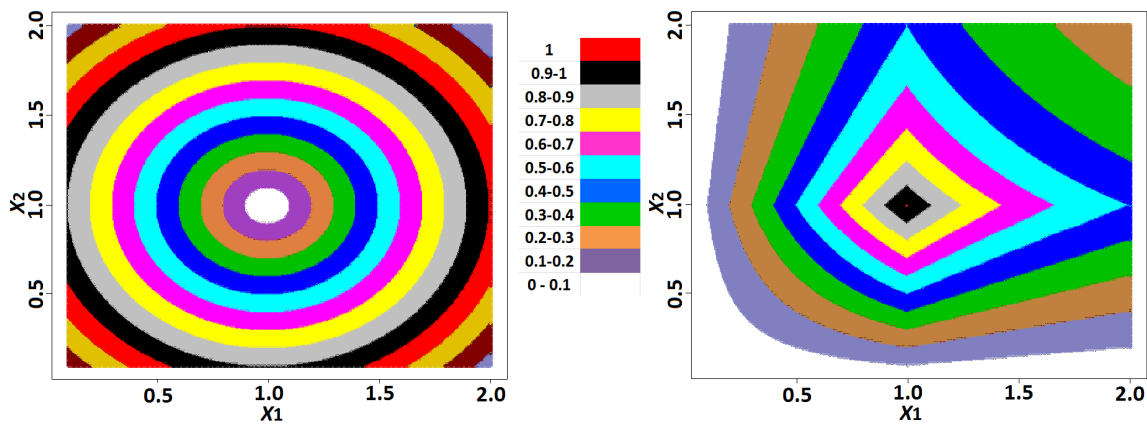


Рис. 1. Карты значений двух метрик

$X = (0,2] \times (0,2]$, $z = (1,1)$. На рис. 1 левый график отражает величину значения Евклидовой метрики $\rho(x, z)$, а правый величину значения симметричной функции подобия (2).

ОБ ОДНОМ АЛГОРИТМЕ КЛАССИФИКАЦИИ, ОСНОВАННОМ НА СИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ ПОДОБИЯ

Алгоритм классификации, основанный на симметричной функции подобия: пусть на множестве объектов X задана симметричная функция подобия $\mu : X \times X \rightarrow (0,1]$. Существует целевая зависимость $y^* : X \rightarrow Y$, значения которой известны только на некотором конечном множестве

объектов $X^l = (x_i, y_i)_{i=1}^l, y_i = y^*(x_i)$, именуем обучаемой выборкой. Множество Y конечно. Требуется построить алгоритм классификации $A: X \rightarrow Y$, наиболее точно аппроксимирующий целевую зависимость $y^*(x)$ на всем множестве X .

Шаг 1: для объекта $z \in X$ расположим объекты обучающей выборки x_1, \dots, x_l в порядке убывания величины их степени подобия к объекту z :

$$1 \geq \mu(x_z^{(1)}, z) \geq \mu(x_z^{(2)}, z) \geq \dots \geq \mu(x_z^{(l)}, z) > 0, \quad (4)$$

где $x_z^{(i)}$ – i -й по величине степени подобия объект по отношению к объекту z . Таким образом, любой объект $z \in X$ порождает свою перенумерацию обучающей выборки.

Шаг 2: алгоритм относит объект z к тому классу $y \in Y$, для которого суммарное подобие k наиболее подобных обучающих объектов $S_y(z, X^l, k)$ максимально:

$$a(z, X^l, k) = \arg \max_{y \in Y} S_y(z, X^l, k), \quad (5)$$

$$S_y(z, X^l, k) = \sum_{i=1}^k [y_z^{(i)} = y] w(i, x_z^{(i)}, z), \quad (6)$$

где функция $w(i, x_z^{(i)}, z)$ задает степень важности $x_z^{(i)}$ при классификации объекта z .

$$\text{Функция [логическое выражение]} = \begin{cases} 1, & \text{если выражение истинно} \\ 0, & \text{иначе} \end{cases}. \quad (7)$$

СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АЛГОРИТМА, ОСНОВАННОГО НА СИММЕТРИЧНОЙ ФУНКЦИИ ПОДОБИЯ И АЛГОРИТМА К БЛИЖАЙШИХ СОСЕДЕЙ

В качестве примера сравним эффективность применения метода k ближайших соседей и описанного ранее алгоритма на базе данных MAGIC Gamma Telescope Data Set. Под эффективностью будем понимать среднюю величину ошибки при кросс-валидации с разделением на 5 частей.

Как видно на графике, в данном эксперименте метод ближайшего соседа (линия а) показал себя значительно хуже, чем алгоритм, основанный на симметричной функции подобия (линия б).

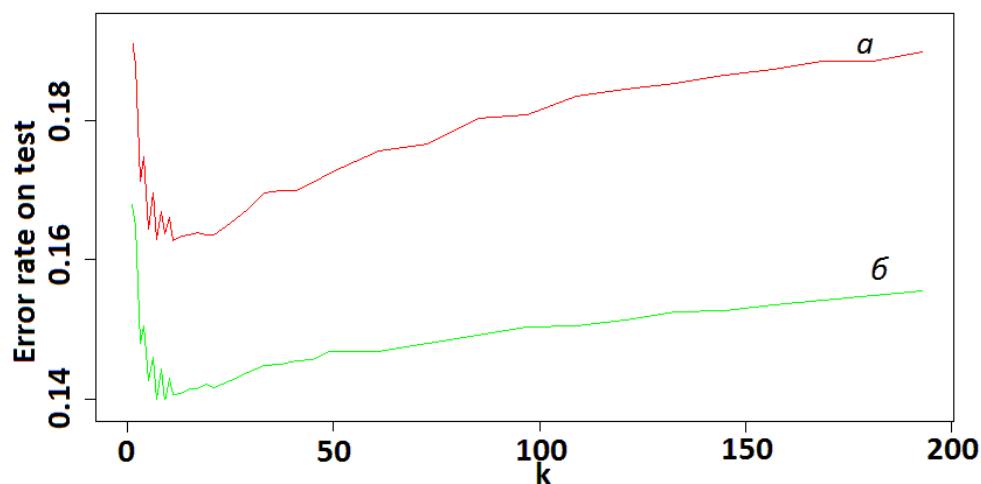


Рис. 2. Величина ошибки при различных значениях параметра k

Отметим, что эффективность применения описанного алгоритма напрямую зависит от того, по какому принципу данные были изначально разделены на классы относительно значений их характеристик. В частности, описанный алгоритм может уступать метрическому, если при разделении на классы неявно использовался метрический алгоритм кластеризации. При этом алгоритм имеет только один настраиваемый параметр k , который настраивается методом скользящего контроля.

Литература

1. *Stuart Russell, Peter Norvig. Artificial Intelligence: A Modern Approach. -3rd ed. Pearson education, 2010.*
2. *Ian H. Witten. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques. -3rd ed. Elsevier, 2010.*
3. *Гренандер У. Лекции по теории образов: Регулярные структуры. Пер. с англ. М.: Мир, 1983.*

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ХЕДЖИРОВАНИЯ РИСКА НА ОСНОВЕ ПРОЦЕНТНЫХ СВОП-КОНТРАКТОВ

А. С. Стречко

ВВЕДЕНИЕ

Одним из основных производных финансовых инструментов хеджирования финансовых рисков является своп-контракт (своп). Различают такие виды свопов, как процентный своп, валютный своп, кредитный дефолтный своп.

Процентные свопы используются для решения следующих задач:

1. Хеджирование процентного риска: эмитенту облигаций, необходимо хеджировать процентный риск, преобразовав обязательство с фик-

сированной процентной ставкой в обязательство с плавающей процентной ставкой. Для того чтобы осуществить хеджирование, необходимо определить номинал своп контракта [2].

2. Оценка возможных потерь банка при дефолте одного из участников свопа, когда он выступает посредником свопа [3].

Валютные свопы применяются для хеджирования долгосрочного валютного риска. В связи с этим возникает задача оценки пунктов валютного свопа. Кредитный дефолтный своп позволяет отделить кредитный риск от остальных рисков, а также управлять им. При заключении кредитного дефолтного своп-контракта встает задача определения величины ежегодных выплат покупателя свопа.

В связи с заимствованиями на внешних рынках посредством выпуска государственных и корпоративных еврооблигаций задачи хеджирования рисков становятся актуальными для белорусских эмитентов. Целью данной статьи является исследование на реальных данных используемых для этих целей алгоритмов хеджирования с помощью своп-контрактов.

ХЕДЖИРОВАНИЕ НА ОСНОВЕ ПРОЦЕНТНЫХ СВОПОВ

Текущая стоимость выплат по фиксированной ставке свопа определяется по формуле:

$$PV_{fixed} = C * \sum_{i=1}^M (P * \frac{t_i}{T_i} * df_i), \quad (1)$$

где C – ставка свопа, M – количество периодов фиксированных процентных платежей, P – номинальная сумма сделки, t_i – количество дней в процентном периоде i , T_i – финансовая база валюты в соответствии с конвенцией, df_i – фактор дисконтирования.

Текущая стоимость выплат по плавающей ставке свопа рассчитывается следующим образом:

$$PV_{float} = \sum_{i=1}^N (P * \frac{t_i}{T_i} * f_i * df_i), \quad (2)$$

где N – количество периодов плавающих процентных платежей, P – номинальная сумма сделки, f_i – форвардная процентная ставка, t_i – количество дней в процентном периоде i , T_i – финансовая база валюты в соответствии с конвенцией, df_i – фактор дисконтирования.

Фактор дисконтирования рассчитывается следующим образом:

$$df_i = \frac{df_{j-1}}{1 + c_{j-1} * t_j / T_j}. \quad (3)$$

В момент заключения сделки, ни одна из сторон договора не имеет преимуществ по выплатам, то есть $PV_{float} = PV_{fixed}$ [2], откуда следует:

$$C = \frac{PV_{float}}{\sum_{i=1}^M (P * \frac{t_i}{T_i} * df_i)}. \quad (4)$$

Для того чтобы захеджировать риск по облигации необходимо выполнение следующего соотношения:

$$SN = - \frac{BN * MD}{SD}. \quad (5)$$

SN – номинал свопа, SD – дюрация свопа, BN – номинал облигации, MD – модифицированная дюрация облигации [1].

ОЦЕНКА ВОЗМОЖНЫХ ПОТЕРЬ ПОСРЕДНИКА СВОПА

Для того чтобы оценить возможные потери банка-посредника процентного свопа, необходимо оценить форвардные процентные ставки с помощью моделирования процесса случайного блуждания, использующего логнормальное распределение с необходимыми в будущем характеристиками изменения процентных ставок [3]. Таким образом, форвардные процентные ставки будут изменяться согласно следующему соотношению:

$$r_t = c + r_{t-1} * e^x, \quad (6)$$

где r_t – процентная ставка в момент времени t , r_{t-1} – процентная ставка в момент времени $t-1$, x – вектор нормального распределения с нулевым математическим ожиданием и дисперсией, равной волатильности, рассчитанной по историческим данным изменения процентных ставок.

Предположим теперь что в некоторый момент в будущем процентная ставка примет значение r_t . Тогда поток платежей при процентной ставке r_t в будущем составит:

$$P = (r_t - r_0) * N / T, \quad (7)$$

где r_0 – процентная ставка в момент заключения свопа, N – номинал свопа, T – количество выплат по свопу в год.

Если дисконтировать все будущие платежи на момент времени t по следующей формуле:

$$PV_t = \sum_{i=t}^T \frac{P}{(1+r_t)^i}, \quad (8)$$

где P – поток платежей, r_t – процентная ставка для данного потока платежей, то можно получить потери, которые может понести посредник при дефолте одного из участников контракта.

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМА ХЕДЖИРОВАНИЯ

Применим описанный алгоритм для хеджирования кредитного риска эмитента государственных еврооблигаций Республике Беларусь [<http://www.minfin.gov.by/news/information/>]. На основе котировок фьючерса по Евродоллару (март 2013–декабрь 2023) [<http://www.cmegroup.com/trading/interest-rates/stir/eurodollar.html>] рассчитана номинальная фиксированная ставка процентного свопа с продолжительностью в 1, 3, 5, 7 лет. Также определен номинал процентного свопа, необходимого для хеджирования данной облигации.

Таблица

Результаты вычислений по процентному свопу

Кол-во лет	Котировка Свопа	Дюрация Свопа	Номинал свопа, USD	Номинал облигации, USD	Дюрация облигации
1	0.0031	-0.7446	5412.30	800	5.0377
3	0.0032	-2.6965	1494.60	800	5.0377
5	0.0036	-4.3863	879.1177	800	5.0377
7	0.0063	-6.2204	647.8970	800	5.0377

Исходя их полученных результатов, можно сделать вывод о том, что с уменьшением продолжительности свопа его номинал растет. При одинаковой продолжительности номинал свопа меньше номинала хеджируемого актива. Таким образом, чтобы захеджировать риск по еврооблигации, необходимо заключить контракт своп продолжительностью 7 лет с номиналом 647.8970 USD.

На основе котировок свопов продолжительностью 1, 2, 3, 5, 7, 10 лет на дату 26 апреля 2013 года были получены будущие процентные ставки по свопу с помощью метода Монте-Карло. Были рассчитаны возможные будущие потоки платежей для каждого периода и дисконтированы на начальный момент изменения процентной ставки. На основе них были вычислены возможные потери посредника свопа, выраженные в процентах от номинала свопа.

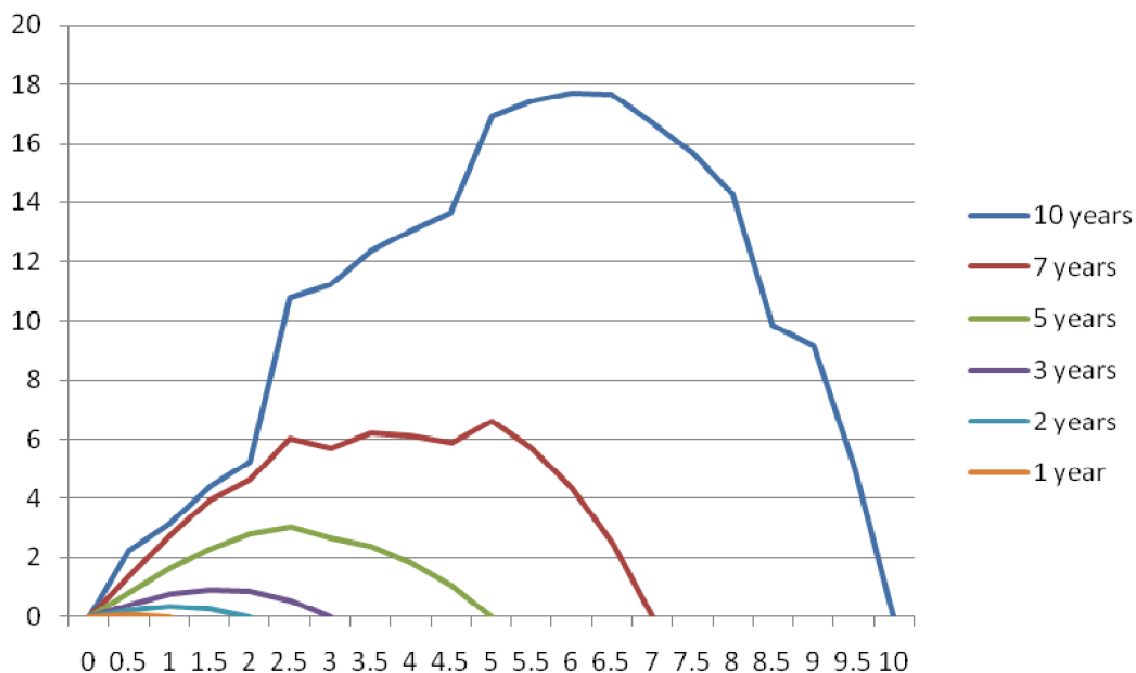


Рис. 1. Потери, которые может понести посредник свопа при дефолте одного из участников свопа, выраженные в процентах от номинальной стоимости свопа

Анализ графиков убытков показал, что возможные потери в начале и в конце действия своп-контракта равны нулю. Далее, так как фиксированная ставка может измениться от первоначальной ставки, возможные потери постепенно увеличиваются. При приближении даты завершения свопа возможные убытки уменьшаются, так как остается меньше периодов, в которые разность между начальным и текущим процентными ставками может накапливаться в виде возможных потерь. Кроме того, чем дольше срок операций своп, тем выше кредитный риск, потому что существует больше времени для изменения процентных ставок.

Литература

1. *Малюгин В. В.* Рынок ценных бумаг. Количественные методы анализа. Минск: БГУ. 2001.
2. *Hull J.* Options, futures, and other derivatives (5ed., PH, 2003).
3. *Simons K.* Measuring Credit Risk in Interest Rate Swaps. New England Economic Review, P. 29–38.

**COMPUTATIONALLY-EFFECTIVE WORST-CASE MODEL
OF THIN-WIRE RADIATION SOURCE FOR ANALYSIS
OF ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY
IN FREQUENCY RANGE 1 HZ - 40 GHZ**

Y. Arlou, S. Maly, E. Sinkevich

INTRODUCTION

Spurious coupling is one of key terms in electromagnetic compatibility (EMC). This term denotes a coupling between two objects, which concerned with a view to a possibility of creating electromagnetic interference by one object to another.

In most cases, exact models of spurious couplings are complicated for use, because they may require detailed definition of many parameters and they may be computationally inefficient. Therefore, the analysis of EMC in complexes of radio and electronic equipment (REE) is usually performed in two stages: the worst-case models of spurious couplings are applied first (this makes it possible to estimate quickly the danger of spurious couplings and to separate indisputably safe ones), then more complicated and exact models (or measurements) are used for dangerous spurious couplings only [1].

The worst-case models of spurious couplings must satisfy the following specific requirements:

- They must take into account the errors in parameters in such a way to produce the estimated interference level not lower than the measured level.
- Such models must have a high computational efficiency.

In on-board complexes of REE, wires are playing an important role in creation of spurious couplings. Known models of wire radiation have limitations that restrict their use in problems of EMC analysis. For example, models of computational electrodynamics have slow speed of calculation; Hertzian dipole and the models based on it can be used only for analysis of electrically-short wires [2]; models of Slepian [1] and Chaaban [3] have a furrowed amplitude-frequency characteristic (AFC) at high frequencies due to resonances, which made them susceptible to errors in initial data.

The aim of this work is to design a computationally-effective worst-case model of radiation from the wire located within a metallic chassis of on-board system (aircraft, ship, van, etc.) for frequency range 1 Hz – 40 GHz.

EXACT MODEL

After analysis of possible simplifications, we extract the following physical model (Fig. 1): a segment of wire (later we call it a wire for short) is placed above and in parallel to the ideal infinite ground plane (which models the chassis); a current wave is propagated along the wire.

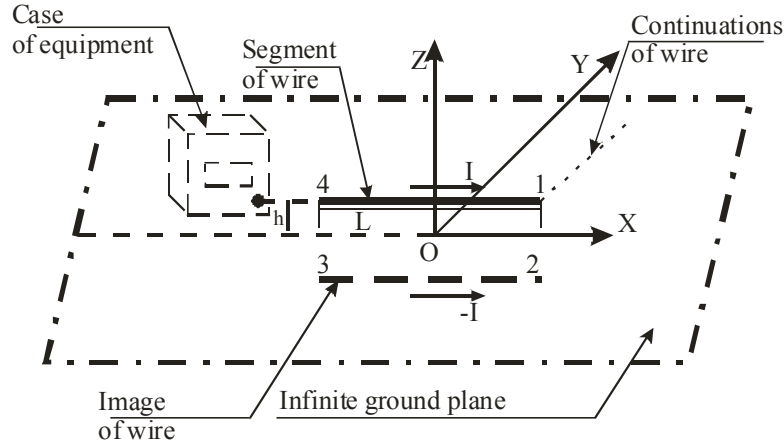


Fig. 1. The physical model

Known exact solutions (formulas of Slepyan [1] and Chaaban [3]) do not account for existence of currents in continuations of the radiating wire. In the model of Slepyan, the current has discontinuities at the ends of the wire, which does not correspond to the physics of the problem and which implies the presence of charges at the wire ends. Therefore, the field components that reflect the influence of the charges (and cause the field spikes in the vicinity of the wire ends) are excluded from the model of Slepyan in this work.

We shown that the field calculated by the model of Slepyan can be presented as a sum of fields from equivalent point sources placed at the ends of the wire and its image. So, the field of the wire without the charges is given as

$$Ex_i = (-1)^{i+1} I \frac{e^{-jk(r_i-r_{xi})}}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{r_{xi} + r_i}{r_i^2}, \quad (1)$$

$$Ey_i = (-1)^{i+1} I \frac{e^{-jk(r_i-r_{xi})}}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{-r_{xi} r_{yi}}{r_i^2 (r_i - r_{xi})}, \quad (2)$$

$$Ez_i = (-1)^{i+1} I \frac{e^{-jk(r_i-r_{xi})}}{4\pi\epsilon_0 c} \frac{-r_{xi} r_{zi}}{r_i^2 (r_i - r_{xi})}, \quad i=1..4, \quad (3)$$

where k is the wave vector; r_i is the distance from i -th end of the wire to the observation point (x_0, y_0, z_0) ; r_{xi} , r_{yi} , and r_{zi} are projections of this distance on x , y , and z axes, correspondingly: $r_i = |\vec{r}_i|$, $\vec{r}_i \equiv (r_{xi}, r_{yi}, r_{zi})$; I is the amplitude of the current wave.

WORST-CASE MODEL

Small errors in parameters of the wire radiation model may cause a gross underestimation of the interference field amplitude. E.g., in a given observation point and at a given frequency belonging to the area of resonances, the AFC of the exact model may have minimum while the measured AFC has maximum. Therefore, we developed a worst-case model for the wire radiation, which smoothes the exact model's AFC to the maximums (i.e., it retrieves an envelope of the AFC in the resonances' area in a given observation point).

In a given observation point, the field amplitude from every equivalent source (Eqs. (1)-(3)) is independent from frequency. So, the AFC of the field formed by two equivalent sources can be smoothed by modulo addition of the field amplitudes from these sources, but such smoothing overestimates the field at low non-resonant frequencies. It is reasonable to smooth the AFC only at frequencies above the frequency of its first maximum. At this frequency, the modulo sum of the fields coming from the two sources is equal to their vector sum (because the fields are cophasal), which means the absence of discontinuity between smoothed and nonsmoothed parts of the AFC.

The bipartition of the AFC makes it possible to introduce a binary criterion «furrowed – not furrowed» for the two-source case. If there are four sources then six different pairs of the sources can be selected, i.e., a six-bit criterion of AFC irregularity can be introduced. It is practical to represent such criterion by a graph, in which vertexes correspond to the equivalent sources and the absence of edge between two vertexes is interpreted as value «furrowed» of corresponding bit in the criterion. Let us define a zone of AFC as the frequency interval in which the shape of the graph is unchanged (without accounting for numbers of the equivalent sources). Each zone needs its own way for smoothing of the AFC.

Analytical smoothing formulas are found for 5 zones from 11 possible zones by the use of the following principle: if the sources are presented by adjacent vertexes of the graph then their fields must be summed vectorially, otherwise modulo sum must be used. E.g., if only the field from source pair “1-and-2” is not furrowed, then the smoothing formula is

$$E = |E_1 + E_2| + |E_3| + |E_4|. \quad (4)$$

For the other 6 zones, a numeric algorithm of smoothing is developed, which allows one to calculate a nondecreasing AFC between two analytically-smoothed zones with gradual transition between their analytical smoothing formulas. This algorithm uses linearly-spaced nodes in logarithmic frequency scale and linear interpolation between the values of nodes in that scale.

For calculation of the whole AFC, an optimized algorithm is developed. It is based on precomputation of the following: 1) equivalent source amplitudes by (1)-(3); 2) sequence and frequency boundaries of the AFC zones; 3) values of nodes for the numeric algorithm. Testing showed the twenty times (average) increase in the AFC calculation speed due to the precomputation.

The developed model is implemented in Mathcad software and validated by visual control of smoothing quality for more than 400 test cases (one of the cases is presented in Fig. 2). The test cases were chosen with a glance at the following restrictions: the frequency range is [1 Hz; 40 GHz], the wire length is [10 cm; 10 m], the wire height above the ground plane is [0.1 mm; 5 m], the size of the field calculation space is up to 10 m.

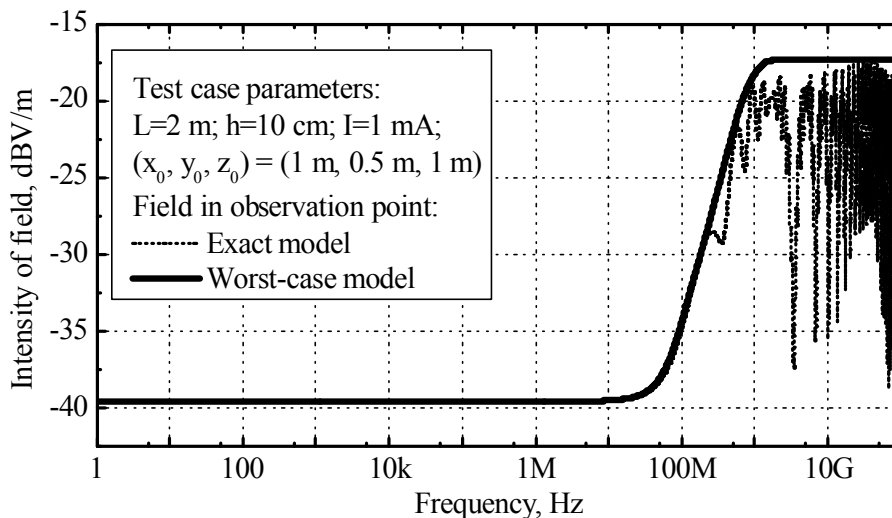


Fig. 2. The AFC of the wire radiation field in the observation point

CONCLUSION

The worst-case model of the wire radiation field, which is applicable for analysis of EMC in frequency range 1 Hz – 40 GHz, is developed. It is planned to use the developed model in the export software for EMC analysis.

References

1. To develop a special software for analysis of electromagnetic compatibility of radio- and electronic equipment located in mobile objects (Contract No. 10-1155 dated 31 Dec. 2010): Technical project / Belarusian state university of informatics and radioelectronics; Mordachev V.I. (project manager). Minsk, 2012. (in Russian)
2. Paul C. R. Introduction to Electromagnetic Compatibility. – 2nd ed. – Wiley, Hoboken, NJ, 2006.
3. Chaaban M., Drissi K. El K., Poljak D. Analytical model for electromagnetic radiation by bare-wire structures // Progress in Electromagnetics Research B, 2012. Vol. 45, pp. 395–413.

РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ АНАЛИЗА ДАННЫХ С УЧЕТОМ ОСОБЕННОСТЕЙ МЕТОДА ВОССТАНОВЛЕНИЯ ФЛУОРЕСЦЕНЦИИ ПОСЛЕ ФОТООБЕСЦВЕЧИВАНИЯ

М. В. Антоненко

ВВЕДЕНИЕ

Одним из методов, которые позволяют проводить анализ внутриклеточных процессов, является метод восстановления флуоресценции после фотообесцвечивания (Fluorescence Recovery After Photobleaching, FRAP). Данный метод нашел широкое применение в исследованиях диффузии белков, скорости потока транспортных процессов, подвижности молекулярных соединений в мембранах [1].

На практике, как правило, проводят эксперименты с набором клеток с биологическим шумом (характеризует различные состояния жизненного цикла, наличие каких-либо молекулярных соединений и т.д.). Представляет практический интерес исследование подходов, основанных на усреднении данных, как с точки зрения оценки среднего значения параметра, так и построения доверительного интервала для этой оценки.

Целью данной работы является разработка моделей и методов анализа данных с учетом влияния экспериментальных особенностей метода FRAP (таких, как шум фотоэлектронного умножителя (ФЭУ), неполнота засветки и эффект темных состояний флуоресценции) и исследование подходов к анализу данных с усреднением и без усреднения кривых восстановления флуоресценции.

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ С УЧЕТОМ НЕПОЛНОТЫ ЗАСВЕТКИ

Воздействие света лазера высокой интенсивности при фотообесцвечивании может привести к необратимым последствиям в клетке, выжиганию не только флуоресцирующего красителя, но и частиц самого образца, воздействуя на исследуемые процессы. Поэтому на практике происходит неполное выжигание исследуемой области клетки.

Для учета этого эффекта удобно ввести в теоретическую модель параметр φ – обесцвеченную часть интенсивности флуоресценции.

$$\varphi = \frac{I_{frap-bleach}}{I_{frap-pre}}, \quad (1)$$

где $I_{frap-bleach}$ – ординаты первой экспериментальной точки после фотообесцвечивания; $I_{frap-pre}$ – средняя интенсивность в исследуемой области клетки до фотообесцвечивания.

Тогда теоретические модели симулятора FRAP эксперимента в случае круговой области засветки имеют вид:

1. Модель диффузии G-актина:

$$\begin{cases} frap(t) = 1 - \varphi + \varphi * e^{-2\frac{\tau_D}{t}} * \left[I_0\left(2\frac{\tau_D}{t}\right) + I_1\left(2\frac{\tau_D}{t}\right) \right] \\ \tau_D = \frac{w^2}{4D_f} \end{cases}, \quad (2)$$

где t – время восстановления флуоресценции; I_0, I_1 – модифицированные функции Бесселя первого рода.

2. Модель химического взаимодействия («ловушек» G-актина):

$$frap(t) = 1 - \varphi_{набл} * e^{-k_{off}t}, \quad (3)$$

где k_{off} – константа скорости и освобождения (диссоциации) актина; $\varphi_{набл}$ – наблюдаемая обесцвеченная часть, которая не является реальной из-за быстропроходящего процесса диффузии, не учитываемого данной моделью, по сравнению с процессом химических взаимодействий.

3. Общая модель диффузии и неподвижных ловушек G-актина:

$$frap(t) = 1 - \varphi + \varphi * [L^{-1}(frap(p))], \quad (4)$$

где L^{-1} – оператор обратного преобразования Лапласа; $frap(p)$ – выражение для восстановления флуоресценции [2].

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРА FRAP-КРИВЫХ С УЧЕТОМ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ

Симулятор FRAP-эксперимента с учетом экспериментальных особенностей разработан для набора кривых, получаемых в ходе эксперимента: $frap$ – средняя интенсивность флуоресценции в исследуемой фотообесцвеченной области; $whole$ – во всей клетке; $base$ – вне клетки, фон; $reference$ – часть клетки вне исследуемой области.

При уменьшении интенсивности флуоресценции, то есть уменьшении числа фотонов, поступающих на катод ФЭУ, необходимо увеличивать напряжение на нем. При этом на ФЭУ уровень шумов экспоненциально возрастает [3], поэтому при моделировании FRAP-эксперимента при зашумлении данных кроме Гауссова шума, добавлялось слагаемое:

$$N_{PMT} = C_d * \xi * e^{C_{d2}/I_{max}}, \quad (5)$$

где ξ – реализация стандартной нормальной случайной; C_d, C_{d2} – калибровочные коэффициенты, позволяющие откалибровать конкретную экспериментальную установку; I_{max} – максимальный уровень интенсивно-

сти, определяющий «растяжение» кривой вдоль оси ординат, построенной по теоретическим значениям (в диапазоне от 0 до 1).

В частности, общее выражение для моделирования кривой *frap*:

$$I_{frap}(t) = I_{max}(I_{theory}(t) + C_{disp}\xi\sqrt{I_{theory}(t)}) + C_d\xi e^{C_{dz}/I_{max}}, \quad (6)$$

где I_{theory} - значения в соответствие с теоретической моделью.

Моделирование других рассматриваемых кривых флуоресценции осуществляется схожим образом (зашумление стандартным Гауссовым шумом теоретической модели, шкалирование по уровню интенсивности, учет шума ФЭУ в виде слагаемого N_{PMT} соответствие с этим уровнем).

Эффект повторного фотообесцвечивания, когда при снятии изображения часть флуорофоров повторно обесцвечивается, учитывается экспоненциальной зависимостью *reference(whole)*.

Таким образом, выражение для моделирования кривых *reference(whole)* имеет вид:

$$\begin{cases} I_{ref_th}(t) = e^{-\tau_{decay}t} + y_0; \\ I_{ref}(t) = I_{max}(I_{ref_th}(t) + C_{disp}\xi\sqrt{I_{ref_th}(t)}) + C_d\xi e^{C_{dz}/I_{max}}, \end{cases} \quad (7)$$

где y_0 – значение интенсивности флуоресценции при $t \rightarrow \infty$; τ_{decay} – параметр, учитывающий повторное уменьшение флуоресценции.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОДХОДОВ С УСРЕДНЕНИЕМ ДО ПРОЦЕССА ПОДГОНКИ ПАРАМЕТРОВ И ПОСЛЕ ПРИ БИОЛОГИЧЕСКОМ ШУМЕ

Разработанная методика исследования на первом этапе включает моделирование с использованием разработанного симулятора (набор из $N=30$ кривых), описывающих процесс диффузии в клетке с вариацией биологического параметра (в частности, вариация задавалась нормальным распределением коэффициента диффузии со средним значением $4 \text{ мкм}^2/\text{с}$ и стандартным отклонением $2 \text{ мкм}^2/\text{с}$).

Процесс анализа включает в себя предобработку данных. Для учета эффекта темных состояний (dark states) [4] отбрасывается 10 первых точек кривой флуоресценции в части до фотообесцвечивания. Выполнена нормировка данных [5]. На следующем этапе в первом подходе проводилось усреднение N кривых в каждой точке с последующим анализом для усредненной кривой. Затем по алгоритму оптимизации Левенберга-Марквардта [6] производился процесс подгонки параметров моделей для кривых восстановления флуоресценции, на основе которого строились доверительные интервалы для оценок параметра. Для оценки качества аппроксимации данных использовался параметр *RMSE* [6]. На последнем этапе во втором подходе необходимо усреднить N оценок средних значений биологического параметра и построить доверительный интер-

вал для этой оценки. Ввиду того, что N оценок среднего значения коэффициента диффузии могли быть получены с разной точностью, их усреднение проводилось как по формуле без учета весов для каждого значения [6], так и с учетом весовых факторов, относящихся как квадраты точности. В качестве оценки такой точности использовалось относительное значение ширины доверительного интервала:

$$RE_{\beta} = \frac{\beta}{x}, \quad (8)$$

где β – ширина доверительного интервала; x – оценка среднего значения.

Описанная методика повторялась 5 раз. Сравнение полученных в разных подходах оценок средних значений параметров моделей и ширины доверительного интервала проводилось на основе относительной ошибки (RE) [6] и параметра RE_{β} .

В результате для **оценки среднего** значения в подходе с усреднением *после подгонки* параметров RE в пределах 7–8.3 % в случае расчета среднего без учета весов и 0.2–4.5 % в случае расчета среднего с учетом весов. Для оценки среднего с усреднением *до подгонки* RE в пределах 9.7–12.9 %. Для **ширины доверительного интервала** с усреднением *после подгонки* параметров RE_{β} в пределах 4.8–7.6 % в случае расчета без учета весов и 4.9–6,6 % в случае расчета с учетом весов. Для оценки среднего с усреднением *до подгонки* $RE_{\beta} < 0.8$ %.

Полученные результаты позволяют сделать следующие выводы: учет экспериментальных особенностей метода FRAP существенно влияет на качество анализа данных и оценку биологических параметров; в случае подхода с усреднением кривых, оценка среднего значения для биологического параметра получается ближе к теоретическому среднему, в то время как относительная ширина доверительного интервала данного получается большей, чем в подходе без усреднения. Расчет среднего значения по параметрам предпочтительнее производить с учетом весовых факторов.

Литература

1. *Mueller F., James G McNally.* FRAP and kinetic modeling in the analysis of nuclear protein dynamics: what do we really know? // *Biol. Curr Opin Cell*, 2010, 22:403-411.
2. *Muller F.* Numerical Simulations of FRAP. Graz, Mai 2005.
3. *Murray J. M.* Practical aspects of quantitative confocal microscopy.// *Methods in cell biology*, vol. 81, no. 06, pp. 467–78, Jan. 2007.
4. *Bancaud G. Rabut, Jan Ellenberg.* Fluorescence-Perturbation Techniques to Study Mobility and Molecular Dynamics of Proteins in Live Cells // *LiveCell*, Ch.5, 8/11/09.
5. *Miura K.*, Analysis of FRAP curves, Heidelberg, 2005.
6. *Bevington Philip R.* Data Reduction and Error Analyses. 3-d edition. McGrawHill 2003.

ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ ИСТОЧНИКОВ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ И ИХ КОМПЬЮТЕРНАЯ ОБРАБОТКА

И. Ю. Звягин

Источниками рентгеновских лучей являются вакуумные приборы – рентгеновские трубки [1], а в последнее время – синхротронные источники. Все эти источники характеризуются целым рядом параметров, один из которых - размер. Для рентгеновских трубок размер фокусного пятна анода, области, с которой происходит излучение, является важной характеристикой. Несмотря на то, что размер пятна нормируется производителем, его точное значение для данного экземпляра трубки может отличаться. Во время их производства и эксплуатации необходимо иметь возможность оценивать свойства фокусного пятна, так как дефект рентгеновской трубки обесценит все данные, полученные с её помощью. Поэтому определение размеров источника излучения является важной задачей.

Получить изображение источника излучения можно с использованием многоэлементной преломляющей рентгеновской линзы, как это описано в [2, 3]. Однако такие линзы являются дорогостоящими и обладают хроматическими аберрациями.

Данная работа посвящена получению изображения фокального пятна рентгеновской трубки и оценки его размера иным методом. Для формирования изображения фокального пятна рентгеновской трубки использована «пинхол» камера (камера-обскура). Изображение визуализировалось с использованием цифровой рентгеновской камеры.

Для эксперимента используется специальная установка, которая представлена на рис 1.

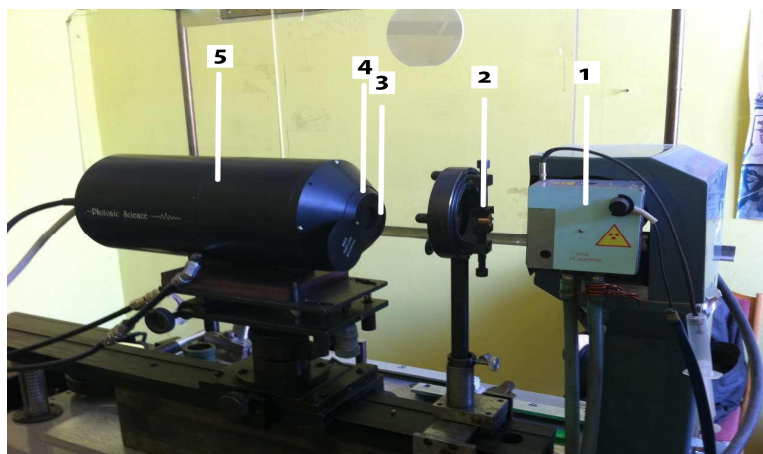


Рис. 1. Общий вид установки:

1 - Источники рентгеновского излучения; 2 – Камера-обскура;
3,4,5 – Цифровая рентгеновская камера

В качестве источника излучения использовалась рентгеновская трубка БСВ-19 с медным анодом и фокусным пятном размером 0,2 x 2 мм. Угол между зеркалом анода и рабочим пучком составлял 6°. Рентгеновская трубка охлаждалась водой. Рабочее напряжение на аноде трубки составля-

ло 25 кВ, анодный ток – 14 мА. Энергия фотонов характеристического излучения меди составляла 8 кэВ.

Для изготовления камеры-обскуры использовалась свинцовая пластина с отверстием диаметром 100 мкм. Для изготовления отверстия использовалось специальное устройство. На микроскопе МИР-12 был проведен замер диаметра отверстия, которое представлено на рис. 2.



Рис. 2. Изображение отверстия диаметром 100 мкм через микроскоп МИР - 12

В качестве рентгеновской камеры для регистрации изображения объекта использовалась ПЗС камера фирмы Photonic Science (модель FDI VHR). Камера содержит ПЗС-матрицу, к которой присоединена волоконно-оптическая шайба с нанесенным сцинтиллятором. Размер рабочей области рентгеновской камеры составляет 18 x 12 мм, число пикселей равно 4008 x 2670. Толщина сцинтиллятора оптимизирована для фотонов с энергией в диапазоне от 5 до 35 кэВ.

После изготовления и сборки компонентов установки, был произведен ряд экспериментов, результаты которых представлены ниже.

Измерения параметров фокусного пятна проводились при измене-

нии трех параметров:

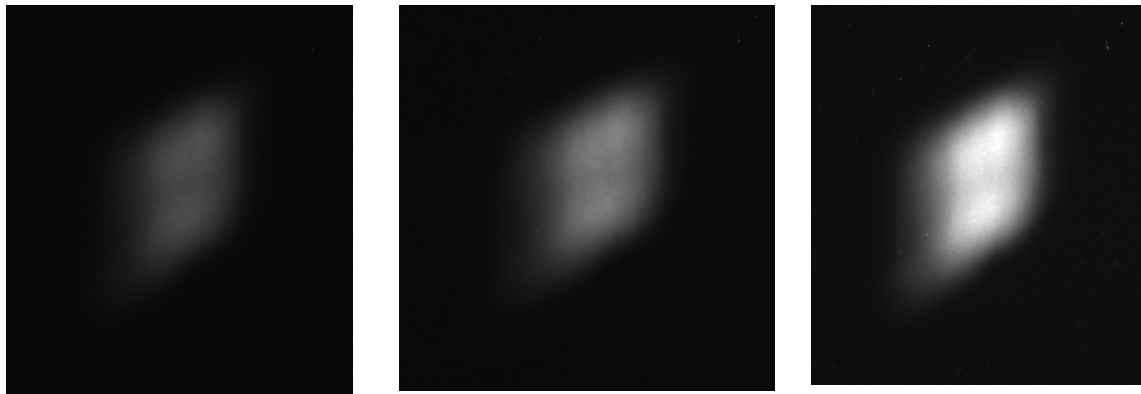
- расстояние от источника до камеры-обскуры – A , мм
- расстояние от камеры-обскуры до экрана – B , мм
- экспозиция – t , с

На выходе были получены изображения, которые обрабатывались в программе Image Pro Express. После обработки, получены следующие изображения, для следующих комбинаций параметров, которые представлены на рис. 3:

- а) $A = 75\text{мм}$, $B = 300\text{мм}$, $t = 3\text{с}$;
- б) $A = 75\text{мм}$, $B = 300\text{мм}$, $t = 5\text{с}$;
- в) $A = 75\text{мм}$, $B = 300\text{мм}$, $t = 10\text{с}$;

Далее был проведен расчет экспериментального размера источника на основании полученных данных.

Для того чтобы получить размер пятна, использовалась функция Measure distance, которая попиксельно вычисляет размеры изображения.



а) б) в)

Рис. 3. Изображение пятна при экспозиции: а) $t = 3c$, б) $t = 5c$, в) $t = 10c$

Результаты работы функции представлены ниже. Полученные размеры пятна в пикселях составили: $a = 170$, $b = 114$.

Число пикселей в ПЗС камере Photonic Science равно 4008×2670 , а размер рабочей области составляет 18×12 мм. С помощью простых вычислений можно получить $1 \text{ pix} = 4.5 \text{ мкм}$.

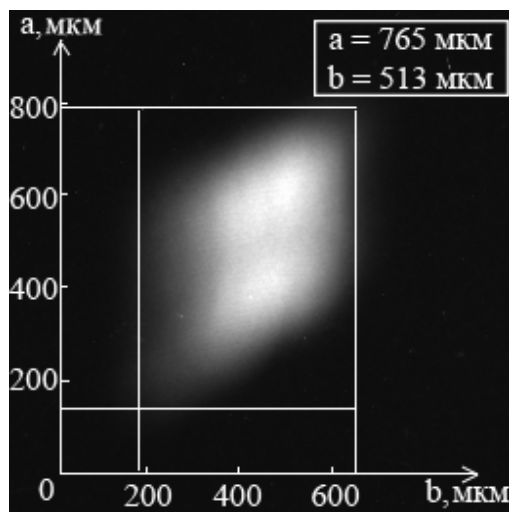


Рис. 4. Размеры пятна:
а (мкм) x b (мкм)

Результаты перерасчета размера пятна в мкм представлены ниже в виде $a \times b$ и составили 765×513 мкм (рис. 4)

Для сравнения экспериментально полученного размера пятна с теоретическим значением нужно вычислить:

- средний размер пятна a , мкм;
- размер пятна (ширина или высота) на источнике по формуле (1)

$$\frac{A}{B} = \frac{x}{a}, \quad (1)$$

где $A = 75 \text{ мм}$, $B = 300 \text{ мм}$, $a = 655 \text{ мкм}$, x – размер пятна на источнике.

В результате расчетов значение размера пятна на источнике составило 171 мкм . Заявленный изготовителем размер пятна указанный в паспорте рентгеновской трубки (ширина или высота) равен 210 мкм , что достаточно хорошо согласуется с полученным значением.

Литература

1. Иванов С.А. Рентгеновские трубки технического назначения. Л.: Энергоатомиздат, 1989.

2. Дудчик Ю. И. Рентгеновский микроскоп на основе короткофокусной многоэлементной преломляющей линзы // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер. 1, Физика. Математика. Информатика. 2009. №2. С. 38–43.
3. Дудчик Ю. И., Хуанг Ч., Му Б., Ванг Т., Пан Г. Рентгеновская микроскопия с использованием синхротронного излучения и элементов преломляющей рентгеновской оптики // Вест. Белорус. гос. ун-та. Сер.1, Физика. Математика. Информатика.-2010. №2. С. 24–28.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ VBA В КОМПЬЮТЕРНОЙ ГРАФИКЕ

Д. Ф. Карим

Visual Basic for Applications (VBA) является базовым языком в приложениях Microsoft Office (Word, Excel, Access, PowerPoint, и др.). С помощью Visual Basic for Applications (VBA) можно создавать макросы, позволяющие автоматизировать рутинную, повторяющуюся работу с документами, электронными таблицами, презентациями и т.д., а также разрабатывать сложные приложения обработки баз данных с использованием диалоговых окон. С помощью VBA можно создавать пользовательские меню, диалоговые окна и панели инструментов, радикально изменяющие интерфейс используемых приложений в целях комфортной работы пользователя.

Язык программирования VBA ориентирован на пользователей с базовым уровнем подготовки, а не на профессиональных программистов и является доступным для освоения и практического применения приложением. Вышеперечисленные достоинства стали основой широкого распространения и популярности VBA не только для приложений Microsoft Office, но и для векторных графических пакетов, таких как популярный у дизайнеров CorelDRAW и система автоматизированного проектирования AutoCAD [1].

Редактор векторной графики CorelDRAW позволяет обрабатывать растровые и векторные изображения, включая разнообразные варианты трансформации плоской и объемной графики. Возможности популярного продукта обеспечивают пользователя набором опций, необходимым для создания эффектных графических макетов для полиграфии, логотипов. Кроме того, данный программный продукт предоставляет мощный инструментарий для использования в работе над интернет-проектами.

Можно выделить дополнительно преимущества использования VBA [2] в качестве средства автоматизации графических работ в среде AutoCAD, как то:

- VBA, в отличие от встроенного языка программирования AutoLISP, требующего знаний и навыка программирования, имеет интуитивно понятный интерфейс;

- обладает доступными и простыми средствами для конструирования диалоговых окон и интегрированной средой, облегчающей программирование и последующую отладку;
- VBA интегрирован с Windows;
- позволяет загружать DLL-библиотеки и выполнять определенные в них функции;
- в справочной системе AutoCAD примеры по использованию ActiveX написаны на VBA и начинающий программист сразу может их использовать.

При необходимости, к примеру, при постоянном использовании записанного макроса, дабы не подгружать самостоятельно каждый раз проект, можно настроить его автоматическую загрузку при открытии паке-та, можно разместить кнопку запуска макроса на панели инструментов.

Помимо вышеизложенного, VBA дает возможность устанавливать и передавать данные между приложениями, что позволяет для различных нужд использовать наиболее подходящие приложения, создавая единый цикл автоматизации, в том числе и графических работ. Целью данного исследования является автоматизация создания типового элемента оформления, состоящего из подобных геометрических элементов, расположенных вдоль заданной кривой.

По итогам предварительного анализа дизайнерских решений (баннеры, плакаты), содержащих геометрические элементы (в частности те, которые можно подвергнуть автоматизации), было выявлено, что в оформлении часто используются геометрические элементы, расположенные в соответствии с математической закономерностью.

Создание подобных элементов в CorelDRAW вызывает затруднение, ввиду слабо развитого инструментария точных построений, соответственно, для построения точного геометрического образа, целесообразнее использовать AutoCAD, либо Excel и его возможности построения графиков с последующей передачей результата построения в CorelDRAW и автоматизацией заливки полученного элемента так же средствами VBA. В статье представлена часть работы, посвященная созданию геометрического образа, состоящего из окружностей с равномерно возрастающим диаметром и центром, принадлежащим гиперболе. В перспективе планируется рассмотреть и другие стандартные геометрические фигуры (треугольники, прямоугольники и т. д), расположенные заданным образом вдоль кривых, характер которых будет определен пользователем, с последующей передачей изображения в CorelDRAW и автоматической заливкой изображения выбранным пользователем цветом.

В заключение следует отметить, что использование обмена данными между приложением [3] значительно упрощает систему построения объектов, для которых требуется вычисление каких-либо зависимостей. Не

нужно каждый раз все пересчитывать, достаточно единожды написать программу. Если требуется задавать параметры, то можно создать форму для их ввода.

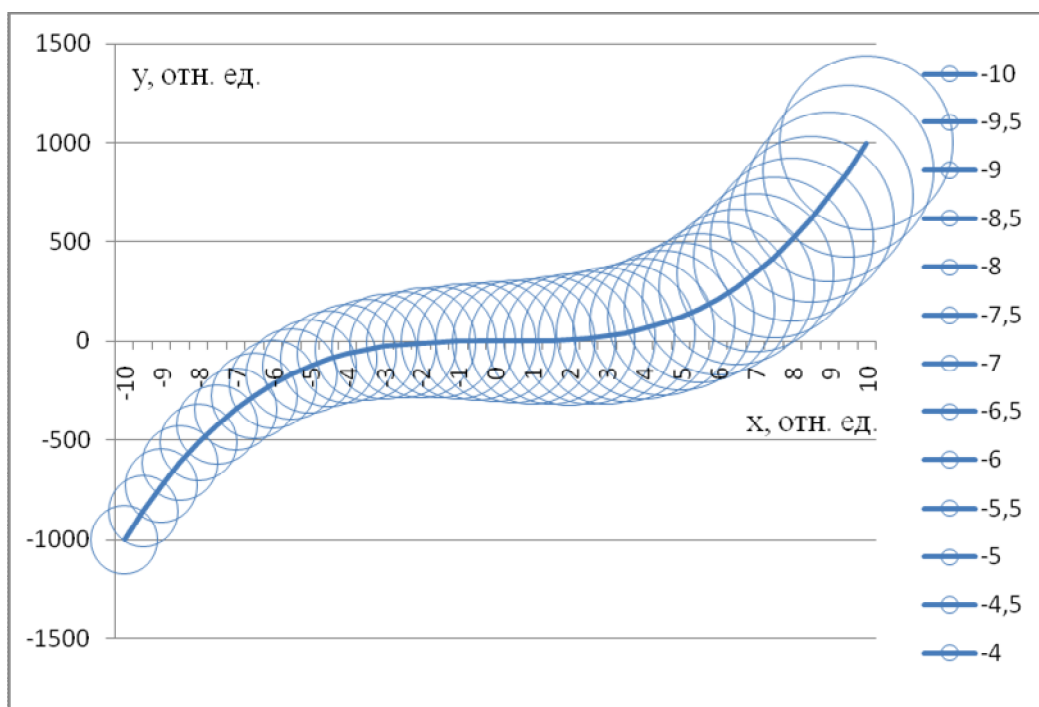


Рис. 1. Геометрические элементы, расположенные в математической последовательности

Литература

1. Берндт Г., Каинка Б. Измерение, управление и регулирование с помощью макросов VBA в Word и Excel // МК-Пресс, 2008.
2. Кузьменко В. Г. Программирование на VBA 2002. // Москва. ЗАО "Издательство БИНОМ", 2003.
3. Назаров С. В., Мельников П. П., Смольников Л. П. Программирование в пакетах MS Office: учебное пособие и др.; // М.: Финансы и статистика, 2007.

АНАЛИЗ ПРИМЕНЕНИЯ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ ДЛЯ «ОБЛАЧНЫХ» ИНФРАСТРУКТУР

В. Ю. Корзун, К. С. Мулярчик

Определена модель «облачной» инфраструктуры. В рамках данной модели рассмотрено использование host-based и network-based систем обнаружения вторжений для защиты «облачных» инфраструктур, выделены основные проблемы. Предложена распределённая система обнаружения вторжений, в основе которой лежит использование множества различных сенсоров, центра анализа и реагирования, а также IDMEF-протокола для их взаимодействия.

ВВЕДЕНИЕ

Сетевые устройства и традиционные технологии периметрической защиты, такие как межсетевые экраны и системы обнаружения вторжений (IDS), являются одними из основных составляющих стратегии безопасности в целом и обеспечения комплексной защиты от DDoS-атак.

Активное использование облачных технологий создаёт новые проблемы защиты от DDoS-атак. Большой трафик, полный контроль провайдера облачных вычислений над данными и приложениями, множество потенциально уязвимых мест – всё это требует эффективной, надёжной и универсальной технологии защиты.

HIDS И NIDS В ОБЛАЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ

При рассмотрении особенностей использования IDS в распределённых системах нами была выбрана следующая модель «облачной» инфраструктуры.

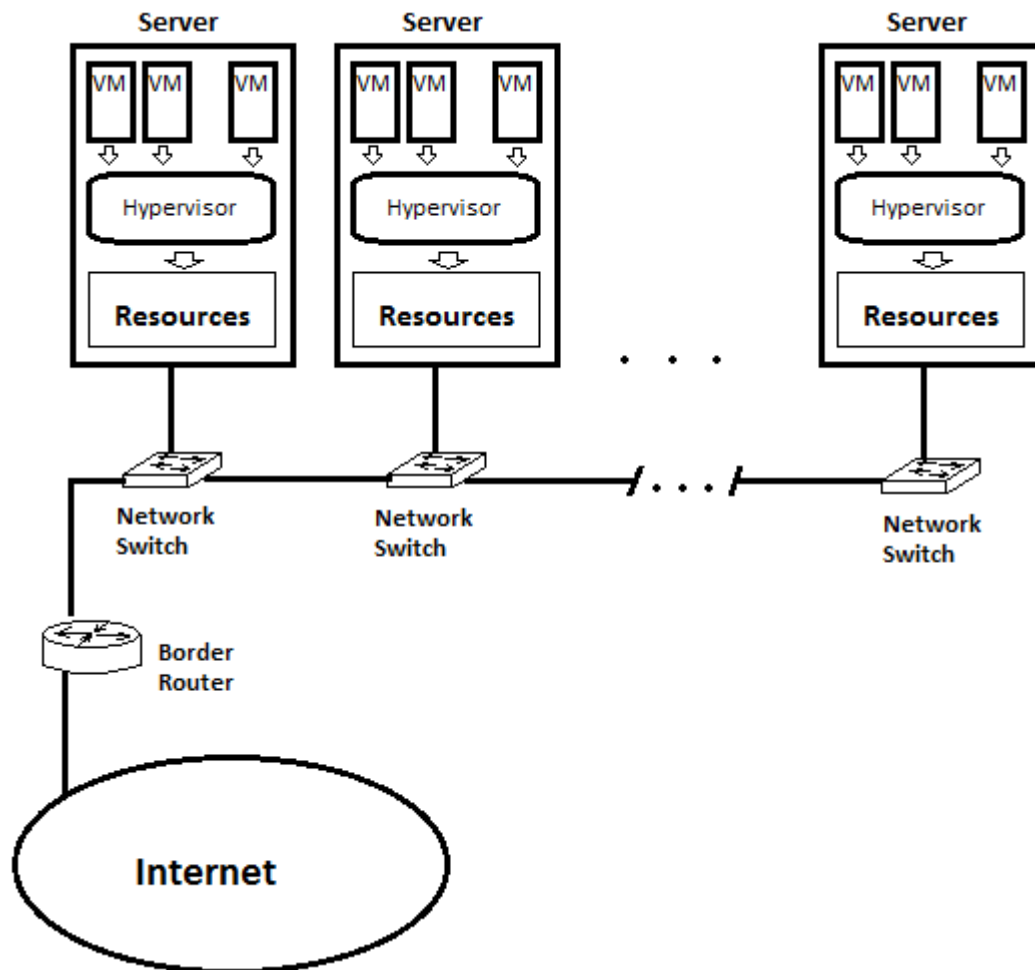


Рис. 1. Рассматриваемая модель облака

Так, «облачная» инфраструктура представляет собой множество серверов, объединённых внутренней сетью. Для обеспечения согласованной работы узлов вычислительной сети используется специализированное промежуточное программное обеспечение, обеспечивающее мониторинг состояния оборудования и программ, балансировку нагрузки, обеспечение ресурсов для решения задачи (гипервизор). Доступ в глобальную сеть осуществляется через ограниченное число узлов. Особенности «облачных» инфраструктур, такие как огромная сетевая нагрузка и распределённость ресурсов, не позволяют эффективно использовать host-based и network-based системы для защиты от DDoS-атак [2].

Основными недостатками host-based и network-based систем являются:

- однопоточность – большинство IDS однопоточны, поэтому любая повышенная нагрузка приводит к уменьшению эффективности их работы. Огромный трафик в «облачных» инфраструктурах – не подходящий объект для анализа однопоточными системами;
- для обеспечения комплексной безопасности «облачных» инфраструктур необходимо комбинировать системы защиты, которые, в большинстве своём, не предназначены для совместного использования [3]; стоит проблема организации их взаимодействия, оценки точности обнаружения атак;
- существенные различия в самих «облачных» инфраструктурах, приводят к тому, что каждое решение по обеспечению защиты облачных инфраструктур от DDoS-атак будет уникально и неприменимо для другой инфраструктуры [1]; следовательно, каждый раз требуется выполнять действия по проектированию и тестированию новой системы защиты;
- необходимость более точного определения угроз в условиях большого количества разнообразных данных, поскольку надёжность системы защиты определяется, в том числе, точностью определения угроз [2]; так, из-за большого количества трафика увеличивается вероятность ложного срабатывания системы обнаружения вторжений.

МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЁННОЙ СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ ВТОРЖЕНИЙ (DISTRIBUTED IDS)

Для одновременно использования большого количества различных IDS, реализуя их сильные стороны, а также применения статистических методов обнаружения атак, необходима универсальная и расширяемая система. Примером такой системы является распределённая система обнаружения вторжений с расположенными по всей инфраструктуре сенсорами и единым центром для агрегации и анализа сигналов сенсоров.

В distributed IDS сенсор – это программная или аппаратная IDS, дополненная возможностью взаимодействовать с конкретным командным центром по определённому протоколу. В качестве сенсоров могут использоваться такие программные IDS, как Snort, Bro, Samhain, OSSEC и др.

С целью синхронизации, хранения и анализа сообщений от сенсоров в архитектуре распределённой системы обнаружения вторжений присутствует центр управления. На основании агрегации и исследования сигналов центр управляет механизмами защиты для противодействия DDOS-атаке.

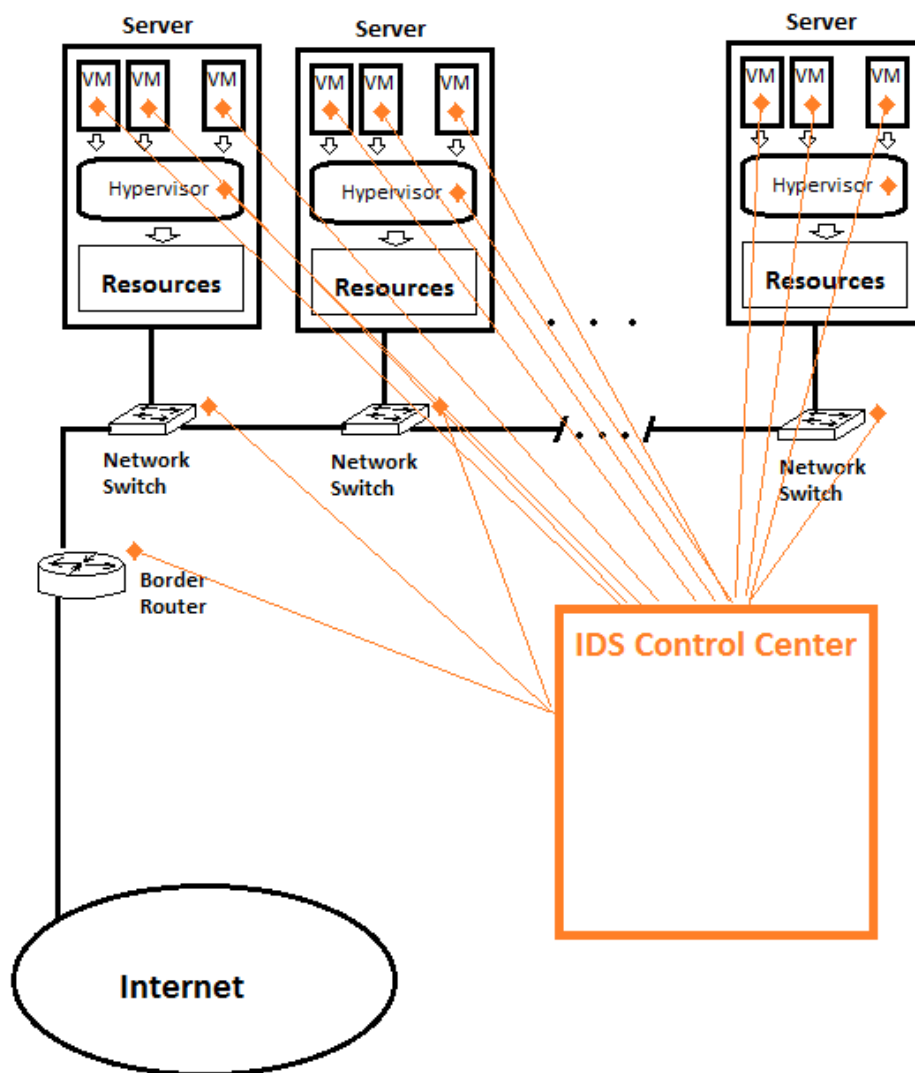


Рис 2. Модель распределённой IDS

Для взаимодействия сенсоров с центром анализа и реагирования используется Intrusion Detection Message Exchange Format – экспериментальный протокол, который определяет формат и процедуры обмена сообщениями между сенсорами, сервисами обработки и механизмами противодействия.

Этот протокол опубликован на сайте The Internet Engineering Task Force как Request For Comments: 4765 в категории «Experimental».

Достоинства DIDS заключаются в одновременном использовании различных типов IDS, высокой точности и надежности определения угроз, централизованном противодействии атакам и масштабируемости.

Недостатки DIDS заключаются в уязвимости командного центра, сложности сбора и анализа сообщений от различных сенсоров из-за недостатков существующего протокола.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Совместное использование многих IDS, объединённых в единую сигнальную сеть – одно из возможных решений проблемы защиты «облачных» инфраструктур, которое, в сравнении с host-based и network-based системами обнаружения вторжений обладает всеми их достоинствами и практически избавлено от недостатков.

Использование универсальной распределённой системы обнаружения вторжений – очередной шаг к обеспечению наиболее полной безопасности в «облачных» технологиях. Дальнейшее развитие сенсоров и протокола их взаимодействия (в том числе интернет-сообществом), методов агрегации и анализа сигналов сенсоров, а также самой модели распределённой IDS позволит поддерживать актуальность данной системы для защиты «облачных» технологий.

Литература

1. *Sebastian Roschke, Feng Cheng, Christoph Meinel.* An Advanced IDS Management Architecture Distributed Cloud Intrusion Detection Model // International Journal of Scientific & Technology Research. Volume 1. Issue 4. 2012. С. 67–71.
2. *Ms. Parag K. Shelke, Ms. Sneha Sontakke, Dr. A. D. Gawande.* Intrusion Detection System for Cloud Computing // Journal of Information Assurance and Security № 5. 2010. С. 246–255.
3. *Aboosaleh Mohammad Sharifi, Saeed K. Amirgholipour, Mehdi Alirezanejad.* Availability challenge of cloud system under DDOS attack // Indian Journal of Science and Technology Vol. 5. № 6. 2012. С. 2933–2937.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОКИНЕТИЧЕСКОГО ПЕРЕНОСА В МИКРОЧИПОВЫХ УСТРОЙСТВАХ

Г. В. Лесневский, С. В. Петруша

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире всё большую популярность приобретают жидкостные микроустройства (так называемые Lab-on-a-Chip – лаборатории-чипы), позволяющие быстро и эффективно осуществлять одновременно управление и анализ потоков жидких сред величиной в несколько пиколитров (10^{-12} л) в секунду [1]. Чрезвычайно важным их достоинством является возможность функционирования при очень малом объеме жидкости (несколько нанолитров). Однако малые размеры устройств и малые количества реагентов приводят к уменьшению числа молекул, доступных для анализа и детектирования. Помимо увеличения чувствительности детекторов альтернативой является использование различных методов повышения концентраций (обогащения) целевых компонент раствора.

Для жидкостного микрочипа, представляющего собой микроканал, соединяющий резервуары с раствором, было замечено, что наличие неоднородностей в канале (например, избирательной наномембраны или гальванически изолированной проводящей пластинки, так называемого биполярного электрода), к концам которого приложена разность потенциала, позволяет осуществить обогащение и разделение целевых компонент раствора, что облегчает их детекцию и дальнейшие манипуляции с ними [1]. Однако стоит отметить, что, во-первых, результирующие параметры микрочипа неочевидным образом зависят от параметров как неоднородностей, так и канала, а во-вторых, создание различных единичных микрочипов с варьируемыми параметрами электрода и канала является дорогим. Поэтому проблема моделирования процессов, происходящих внутри жидкостных микрочипов, является актуальной, так как она позволяет не только снизить экономические затраты при параметрическом изучении свойств прибора, но и получить информацию о процессах, происходящих внутри микрочипа.

В данной статье предлагается и исследуется модель физико-химических явлений, происходящих внутри микроканала, к которому приложено внешнее электрическое поле, при наличии в нем неоднородностей в виде биполярного электрода и наномембраны.

ОСНОВНЫЕ ФИЗИЧЕСКИЕ ЯВЛЕНИЯ

1. Электрокинетический перенос

Типичным элементом жидкостного микроципа является микроканал, соединяющий резервуары с раствором электролита. Поперечные размеры микроканала обычно варьируются от сотен нанометров до десятков микрометров, в то время как его длина может достигать нескольких сантиметров.

При приложении внешнего электрического поля, в растворе возникнет упорядоченное движение ионизированных частиц – перенос носителей электрического заряда или электрический ток. На данный перенос будут также накладываться диффузионное перемещение частиц за счёт различия концентраций и перенос из-за макроскопического течения жидкости. Данный тип движения заряженных частиц и сопряжённый с ним перенос заряда называется электрокинетическим переносом (ЭОП).

Изменения концентрации ионов i -го типа описываются уравнением Нернста-Планка:

$$\frac{\partial n_i}{\partial t} = \nabla \left[D_i \nabla n_i - \mathbf{v} n_i + \frac{D z_i e}{kT} n_i \left(\nabla \varphi + \frac{\partial \mathbf{A}}{\partial t} \right) \right], \quad (1)$$

где D_i – коэффициент диффузии, \mathbf{v} – макроскопическая скорость жидкости, z_i – зарядовое число, k – постоянная Больцмана, T – температура, φ – электрический потенциал, \mathbf{A} – векторный потенциал.

В правой части уравнения (1) можно выделить три слагаемых, каждое из которых описывает одну из компонент переноса: электрический поток, диффузионный поток и ЭОП.

Для описания электрического поля в данной системе применяется уравнение Пуассона:

$$\Delta \varphi = -\frac{\rho}{\varepsilon \varepsilon_0}, \quad (2)$$

где ρ – суммарная плотность зарядов в данной точке, ε_0 – электрическая постоянная, ε – диэлектрическая проницаемость жидкости.

Полученная система из уравнений (1) и (2) называется системой уравнений Пуассона-Нернста-Планка и полностью описывает явления электрокинетического переноса при заданном распределении макроскопической скорости, определяемым уравнением Навье-Стокса, с учётом сил электростатического взаимодействия [2]. Однако стоит отметить, что геометрия прямого микроканала и явления, происходящие вблизи стенки микроканала, позволяют получить решение для макроскопического потока жидкости, не решая непосредственно уравнения Навье-Стокса.

2. Двойной электрический слой и электроосмотический поток

Неодинаковое взаимодействие вещества стенок микроканала с разными ионами раствора приводит к появлению электрического заряда стенки, что в свою очередь приводит к перераспределению зарядов раствора так, чтобы экранировать заряд стенки от остального раствора, то есть к появлению так называемого двойного электрического слоя (ДЭС) [3].

При наличии внешнего электрического поля вдоль стенки канала подвижный слой ионов ДЭС придёт в движение из-за взаимодействия своего заряда с электростатическим полем. При этом он будет увлекать за собой жидкость, находящуюся внутри канала, и приводить к генерации ЭОП. Характерная особенность ЭОП – практически постоянный профиль скорости вдоль ширины канала.

Таким образом, наличие ДЭС можно заменить граничными условиями отсутствия потока внутрь стенки канала, касательности напряженности электрического поля, а также постоянным профилем макроскопической скорости жидкости.

3. Наномембрана

Наномембрана расположена поперёк канала и ввиду своих свойств обладает как зарядовой избирательностью, так и избирательностью по размеру частиц. В простейшем случае можно ограничиться заданием мембраны наличием постоянного потока частиц одного сорта и полным отсутствием потока частиц другого.

4. Биполярный электрод

При приложении внешнего поля к микроканалу-часть электрического тока будет проходить через биполярный электрод за счёт явлений электролиза вблизи торцов, причем один из них играет роль анода, другой – катода. Таким образом, для упрощения описания реакции на торцах электрода можно заменить условием постоянства потока частиц через поверхность.

Как можно видеть, с данного момента постановка задач с полупроницаемой наномембраной и биполярным электродом становится идентичной и отличается только граничными условиями.

ЧИСЛЕННАЯ СХЕМА

Будем искать стационарное решение системы уравнений. Для этого воспользуемся методом релаксации, суть которого заключается в добавлении в уравнения равное при точном решении нулю слагаемое и последующей заменой дифференциальных операторов разностными [4–5]. Для того чтобы проверить точность решения системы уравнений Нернста-Планка и Пуассона была выбрана тестовая задача, имеющая аналитическое решение – уравнение Пуассона-Больцмана. Постановка задачи

следующая: найти значения концентраций ионов, и потенциал в области между двумя параллельными плоскостями, на которых значения концентраций и потенциал фиксированы.

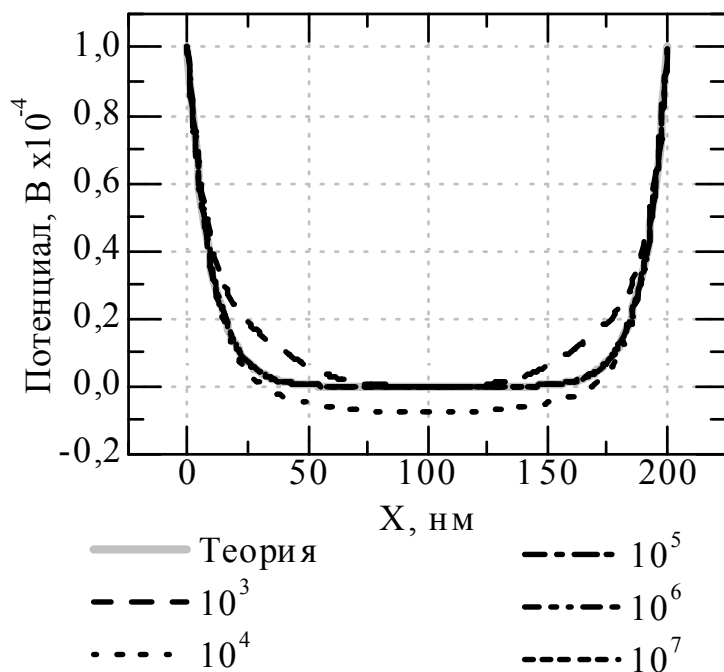


Рис. 1. График распределения потенциала от координаты

Для такой задачи можно получить аналитическое решение в предположении, что концентрации ионов не сильно отличаются от равновесных. На графике на рис. 1 представлены теоретические значения потенциала и концентраций ионов и значения, полученные используя разностную схему при разном числе итераций. Как можно видеть, уже при числе итераций равном 10^5 численное решение практически совпадает с аналитическим. Таким образом, можно сделать вывод, что реализованная численная схема достаточно точно решает тестовую задачу и стоит надеяться, что она не потеряет своей точности и при решении других задач.

Литература

1. Hlushkou D., Perdue R., Dhopeswarkar R, et al. Electric field gradient focusing in microchannels with embedded bipolar electrode // Lab on a Chip, 2009, 9, 1903–1913
2. Ландау Л. Д., Лифшиц Е. М., Теоретическая физика: Т. 6. Гидродинамика / М.: Наука, 1986.
3. Савицкая Т. А. Коллоидная химия: строение двойного электрического слоя / БГУ, 2011.
4. Самарский А. А. Введение в численные методы. СПб.: Лань, 2005.
5. Турчак Л. И., Плотников П. В. Основы численных методов. М.: Физматлит, 2003.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ СПЕКТРАЛЬНЫХ ДАННЫХ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

А. О. Мартинов

ВВЕДЕНИЕ

Развитие систем дистанционного зондирования Земли напрямую связано с разработкой алгоритмов классификации полученных спектральных данных.

В дистанционном зондировании Земли самый полный объем информации получается в наиболее освоенной видимой и ближней инфракрасной областях. Характерные черты анализируемого объекта полностью описываются его спектральной кривой. График спектральной кривой представляет из себя графическое отображение связи между длиной волны и значениями коэффициентов отражения у анализируемого объекта. По оси X – значения длин волн, в которых проводились измерения коэффициентов отражения, как правило, указываются в микрометрах или нанометрах. По оси Y – значения коэффициентов отражения в рассматриваемых зонах спектра, измеряемых, как правило, в долях единицы.

ВЫБОР КРИТЕРИЯ СРАВНЕНИЯ СПЕКТРОВ

Доступная для исследования спектральная кривая – дискретная, т.к. получается посредством приемника, имеющего конечную разрядность. Приемник имеет различную чувствительность в разных диапазонах (т.е. цена делений в разных диапазонах длин волн различная), поэтому необходимо перейти к постоянной и одинаковой у всех спектров цене деления посредством интерполяции. В итоге спектры можно представить последовательностью отсчетов. Рассчитывается коэффициент корреляции двух таких последовательностей по формуле:

$$r_{XY} = \frac{\text{cov } XY}{\sigma_X \sigma_Y} = \frac{\sum (X - \bar{X})(Y - \bar{Y})}{\sqrt{\sum (X - \bar{X})^2 \sum (Y - \bar{Y})^2}}, \quad \bar{X} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n X_t, \quad \bar{Y} = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n Y_t, \quad (1)$$

где n – количество отсчетов спектральной кривой; X и Y – последовательности отсчетов двух спектральных кривых.

Существуют разные критерии сравнения дискретных последовательностей [1]. Т.к. у спектральных кривых основную роль играет форма кривой, то в качестве такого критерия была выбрана корреляция. Получаемый коэффициент корреляции определяет сходство формы спектров.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА КЛАССИФИКАЦИИ

Рассмотрим разработанный алгоритм, используя в качестве примера данные спектральных библиотек [2], [3] и результаты спектрометрических измерений из НИИ ПФП им. А. Н. Севченко. Спектральные библиотеки представляют собой наборы графиков-кривых спектральной отражательной способности объектов, полученные многоканальными спектрометрами в полевых или лабораторных условиях.

На вход алгоритма подаются отсчеты исследуемых спектральных кривых.

Первый шаг. Выделяется интересующий спектральный диапазон исследуемых спектров.

Второй шаг. Для сравнения спектров строится матрица взаимных корреляций

$$R = \begin{bmatrix} 1 & r_{12} & \dots & r_{1N} \\ r_{21} & 1 & \dots & r_{2N} \\ \dots & \dots & 1 & \dots \\ r_{N1} & r_{N2} & \dots & 1 \end{bmatrix}, \quad (2)$$

где N – количество спектров, поданных на вход алгоритма.

Третий шаг. По коэффициентам корреляции (2) определяются три наиболее различных спектра следующим способом: в (2) находится минимальный элемент матрицы r_{st} . s - и t -ый спектр являются двумя из трех искомого спектров. Третий спектр определяется из выражения:

$$A = R(k, s) + R(k, t), \quad k = \overline{1, N}, \quad (3)$$

Тогда k , при котором A минимально – номер третьего искомого спектра.

Четвертый шаг. Полученные спектры используются для формирования трех осей прямоугольной системы координат, где вдоль каждой из них откладывается значение коэффициента корреляции с соответствующим спектром (вычисленном на предыдущем шаге).

Пятый шаг. По вычисленной матрице взаимных корреляций рассчитываются координаты спектров в полученных осях. Т.е. на расположение объекта влияет его степень сходства с тремя спектрами, выбранными для формирования осей.

Шестой шаг. По расположению спектров делается вывод о принадлежности неизвестного спектра к определенной группе природных объектов (или проводится классификация спектров, в зависимости от выбранной задачи), (см. рис. 1). Объекты со схожими спектральными кривыми, а, значит, и физическими свойствами, кластеризуются. Что позво-

ляет провести классификацию и использовать полученные результаты для распознавания неизвестных объектов.

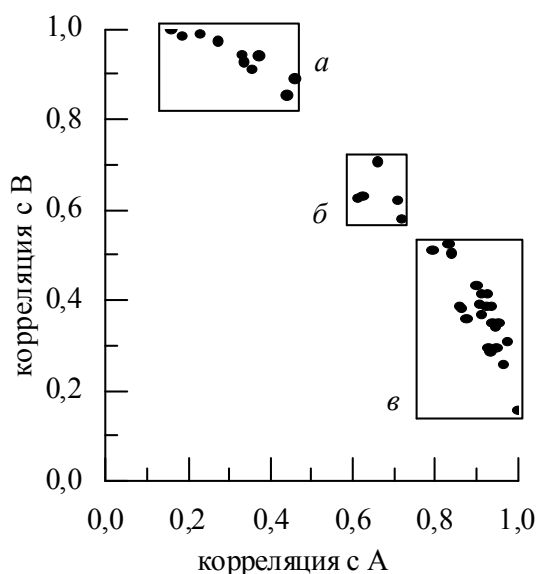


Рис. 1. Диаграмма классификации природных объектов : А - серый гранит; В - ель, молодые охвоенные побеги; а – растения; б – торф; в – горные породы и пески

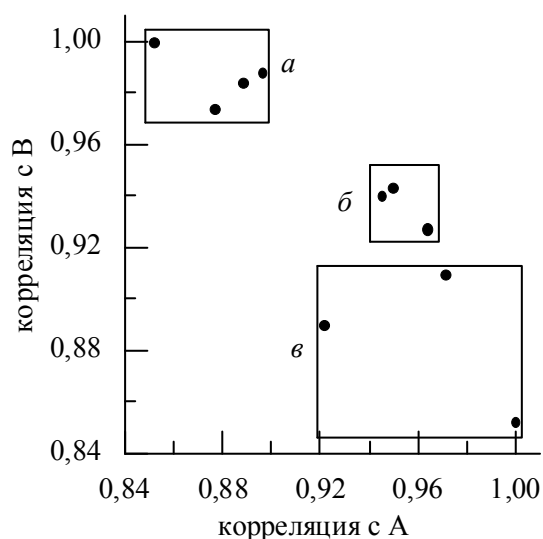


Рис. 2. Диаграмма классификации растений: А - Поле, занятое ячменем; В - ель, молодые охвоенные побеги; а – ель; б – береза; в – ячмень

Если результаты, полученные на шестом шаге, не позволяют полностью решить поставленную задачу, или требуются дополнительные исследования, то необходимо выбрать спектры, которые нужно исследовать повторно. Для них все предыдущие шаги повторяются. Подадим на вход алгоритма только спектры растений представленные на (рис. 1). На выходе алгоритма будет получена диаграмма (рис. 2), по которой уже можно провести классификацию растительности.

Спектральные кривые растений похожи, поэтому рассмотрим такой интервал длин волн (0.405–0.6 мкм), в котором их форма будет иметь большие различия. Коэффициент корреляции спектра елей с остальными растениями значительно уменьшился (рис. 3), что позволяет с большей точностью различить одну группу растений от всех остальных.

Особенности разработанного алгоритма:

- простота интерпретации результатов;
- возможность повышения качества классификации, основываясь на знании физических особенностей природных объектов;
- независимость от выбора критерия сравнения спектров;

- возможность распространения на другие задачи, не связанные со спектрами.

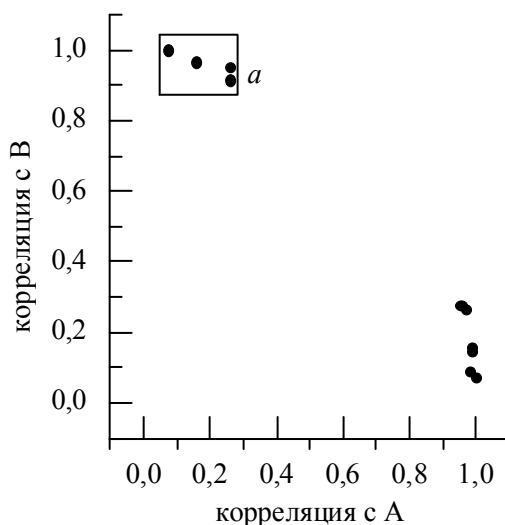


Рис. 3. Диаграмма классификации:
 А - Поле, занятое ячменем;
 В - ель, молодые охвоенные побеги; *a* – ель

Области применения разработанного алгоритма:

- сельское и лесное хозяйство (дистанционный мониторинг свойств растительности, заболеваемость, прогноз урожайности и т.д.);
- мониторинг ЧС, загрязнения окружающей среды;
- наблюдения за водными ресурсами.

С помощью алгоритма можно решать следующие задачи: распознавание состояний или типа объектов; классификация и группирование объектов; исследование временных изменений спектральных свойств объектов.

Литература

1. Фор А. Восприятие и распознавание образов / Пер. с франц. А. В. Серединского; Под ред. Г. П. Катыса. М.: Машиностроение, 1989.
2. Интернет-адрес: <http://gis-lab.info/projects/spectra/>.
3. Интернет-адрес: <http://speclib.jpl.nasa.gov/>.

РАСПОЗНАВАНИЕ МЕЛОДИЙ НА БАЗЕ СКРЫТЫХ МАРКОВСКИХ МОДЕЛЕЙ

И. И. Минкевич

ВВЕДЕНИЕ

В данной статье предоставлены результаты распознавания мелодий с использованием СММ (Скрытых Марковских моделей). Теория распо-

знавания мелодии – раздел информатики, развивающий теоретические основы и методы классификации и идентификации сигналов, которые характеризуются конечным набором некоторых признаков. Такие задачи решают для определения плагиата. Обязательным признаком плагиата является присвоение авторства. Неправомерное использование, опубликование, копирование и т. п. произведения, охраняемого авторским правом, само по себе плагиатом не является, если при таком использовании, несмотря на его неправомерность, указывается действительный автор произведения.

Создание искусственных систем распознавания мелодий остается сложной теоретической и технической проблемой. Необходимость в таком распознавании возникает в самых разных областях. В литературе описано множество примеров успешного распознавания конкретных мелодий, которые объединяют техники вычисления специальных музыкальных аспектов мелодий и алгоритмы вычисления СММ [1].

В этой работе описаны результаты сравнительных исследований по распознаванию различных мелодий в пакете «НТК» – инструментарий для построения Скрытых Марковских Моделей (английская аббревиатура «НТК», означает HiddenMarkovModelToolkit, т.е. «инструментарий на базе скрытых Марковских моделей») [2].

1. ОБЩАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ РАСПОЗНАВАНИЯ

Обработка сигнала включает следующие основные этапы.

1. Анализ признаков. Спектральный и/или временной анализ музыкального сигнала выполняется для получения векторов наблюдения, которые в дальнейшем используются для обучения СММ, характеризующих различные музыкальные ноты.

2. Система согласования единиц. Изначально необходимо выбрать единицу распознавания мелодии. Для этой цели используем музыкальные такты, в которых содержится несколько нот. Независимость единиц, выбранных для распознавания, и каталог таких единиц должны быть получены через обучение. Система согласования единиц обеспечивает получение оценок правдоподобия всех последовательностей единиц распознавания для неизвестной входной мелодии. Методы наилучшего согласования включают в себя процедуру стекового декодирования, различные формы синхронизации декодирования сегментов мелодии и процедуру маркировки.

3. Декодирование интервалов.

4. Синтаксический анализ. Налагает на систему согласование единиц дополнительные ограничения, для исследования именно тех путей, ко-

торые соответствуют музыкальным единицам, образующим такты (интервалы).

5. Семантический анализ. Проблема выделения из входной мелодии фоновой паузы.

1.1 Распознавание музыкальных тактов

В качестве примера использования скрытых Марковских моделей рассмотрим задачу построения распознавателя музыкальных тактов. Предположим, что имеется список из V музыкальных фраз, который нужно распознать, и что каждый музыкальный такт нужно моделировать отдельной СММ. Предположим также, что для каждого музыкального такта из нашего списка имеется некоторое обучающее множество, состоящее из K релаксаций каждого музыкального такта. Каждая релаксация музыкального такта представляет собой последовательность наблюдений, а сами эти наблюдения являются некоторым подходящим представлением характеристик данной музыкального такта. Для того, чтобы осуществить распознавание музыкальных тактов, необходимо выполнить следующие шаги:

1. Для каждого музыкального такта v списка необходимо построить СММ λ , т.е. требуется определить значение параметров модели, которые оптимизируют правдоподобие вектора наблюдения обучающей последовательности для v -ого музыкального такта.

2. Для каждого неизвестного музыкального такта, подлежащей распознаванию, выполняется обработка, схематически показанная на рисунке 1, а именно: изменение последовательности наблюдений $O = \{O_1 O_2 \dots O_T\}$ посредством анализа признаков музыкального интервала, соответствующей музыкальному такту; вычисление вероятностей правдоподобия всех возможных моделей $P(O | \lambda^v)$, $1 \leq v \leq V$; и выбор музыкального такта, вероятность правдоподобия модели которой наибольшая, т.е.

$$v^* = \operatorname{argmax} [P(O | \lambda^v)], \quad (1)$$

Эти вероятности обычно вычисляются с помощью алгоритмов Витерби, что требует выполнения порядка $V * N^2 * T$ вычислений. Для списка умеренного объема, например с $V=100$ числом состояний у моделей $N=5$ и числом наблюдений для данного неизвестного музыкальной такта $T=40$, для выполнения распознавания потребуется 10^5 вычислений, где каждое вычисление подразумевает выполнение операции умножения, операции сложения и операции вычисления плотности наблюдений $b(O)$. Ясно, что такое количество вычислений далеко от тех возможно-

стей, которыми располагают современные процессы, предназначенные для обработки сигналов.

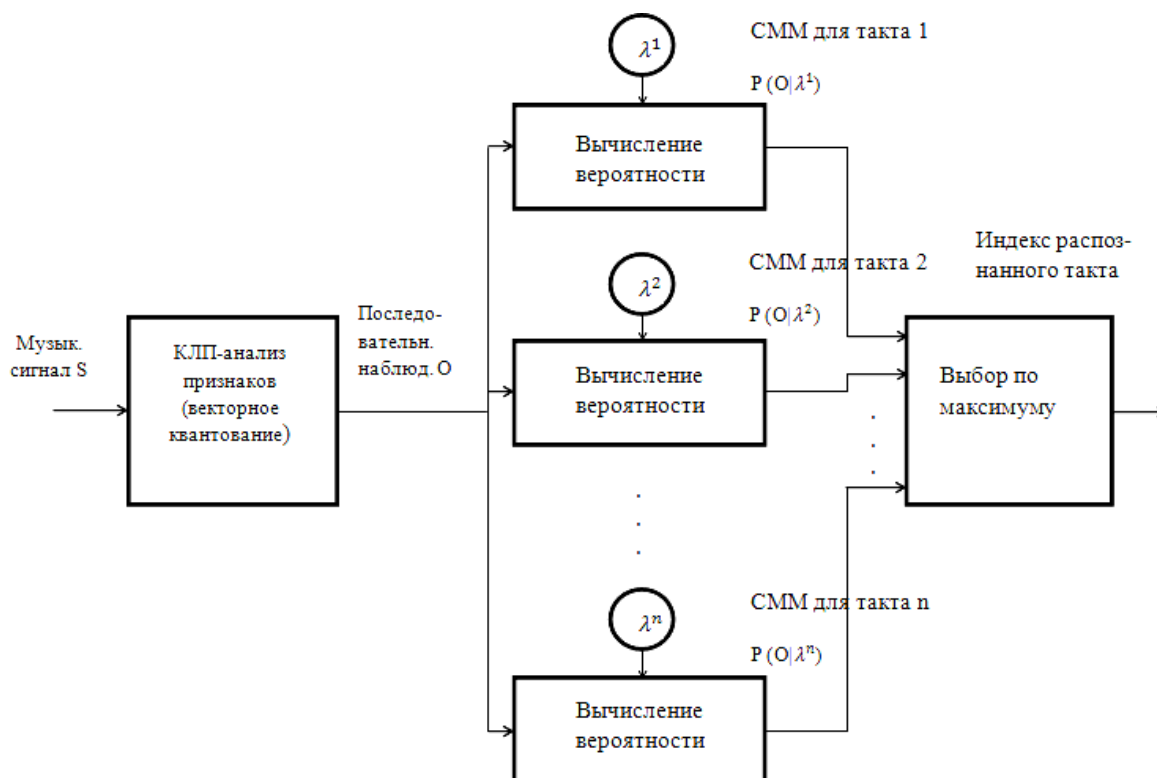


Рис. 1. Блок-схема распознавателя музыкальных тактов на основе СММ

Для проведения экспериментальных исследований использована реализация СММ на базе пакета НТК. На синтезаторе было наиграно 20 мелодий. На первом этапе получили словарь. Чтобы обучить СММ, каждый файл обучающих данных должен иметь соответствующую транскрипцию на такты. В результате всей поэтапно проведенной работы была получена обученная СММ, пригодная для систем распознавая тактов, из которых состоят мелодии. После обучения программы, была проведена серия экспериментов по распознаванию мелодий. Результаты показали, что в пакете НТК распознанные мелодии составляют 64–67% от всех проигранных мелодий.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработан и реализован модуль преобразования музыкального сигнала в текстовую строку, в основу работы которого положена технология распознавания мелодии на основе СММ.

Кроме того, следует отметить, что разработанная система, во-первых, предоставляет возможность для расширения набора тактов управления на основе разработанной грамматики и расширение словаря мелодий,

распознаваемых модулем распознавания мелодии. Во-вторых, система может с небольшими преобразованиями быть использованной для определения музыкального плагиата.

Ранее пакет НТК использовался для распознавания речи [2]. Релевантность распознавания слов достигала 80%. В нашем случае, этот процент более низкий.

Такой процент распознавания обусловлен посторонними шумами и характеристиками звукозаписывающей аппаратуры.

Литература

1. A Tutorial on Hidden Markov Models and Selected Applications in Speech Recognition. *Rabiner, L.* б.м.: IEEE Press, 1988.
2. The HTK Book (for HTK Version 3.4). *Young, S., Evermann, G., Gales, M., Hain, T., Kershaw, D., Liu, X., Moore, G., Odell, J. Ollason, D., Valtchev, V., Woodland, P.* 2006.
3. *Baldrige Jason.* Lexically Specified Derivational Control in Combinatory Categorical Grammar. Edinburgh: б.н., 2002.
4. *Baum L.*: An inequality with applications to statistical estimation for probabilistic functions of a Markov process and to a model for ecology/ pp.360-363. Bull Amer. Meteorol Sac. 1969.
5. *Baum L.* Statistical inference for probabilistic functions of nite state Markov chains / Baum L. E., Petrie T., Ann. Math. Stat. Vol. 37. P. 1554–1563. 1960.
6. *Viterbi A.* Error bounds for convolutional codes and an asymptotically optimal decoding algorithm / IEEE Trans. Informat. Theory. P. 260–269. 1967.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ШИФРАЦИИ НА БАЗЕ RISC МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ NEC V850

А. В. Пильгун, П. П. Коржуков

ВВЕДЕНИЕ

Для предотвращения несанкционированного доступа уже давно используются криптографически защищенные каналы связи. С этой целью был разработан ряд практических систем шифрации. Эти системы тщательно протестированы и гарантируют потребителю заданную криптостойкость. Системы открытые, опубликованы, имеют своих последователей и доступные программные и аппаратные реализации.

Однако эти системы являются универсальными и в каждом конкретном случае их необходимо адаптировать для уменьшения стоимости и повышения эффективности.

Вычислительные ресурсы даже простого человека достигли значительных высот, что делает возможным совершать все более крупные атаки. Это подталкивает совершенствовать и технические методы защи-

ты, что говорит об актуальности данного исследования. Часто выделенные аппаратные устройства шифрования становятся непреодолимым барьером для злоумышленника, т.к. к ним нет доступа извне.

Современные 32-разрядные микроконтроллеры являются достаточно мощными вычислителями и используются повсеместно. Устройства шифрования, построенные на них, востребованы как в коммерческой сфере, так и среди обыкновенных пользователей, например, в рамках концепции «Умный дом». Проект «Умный дом» предполагает обмен данными внутри себя и с внешними устройствами. Передаваемые данные могут иметь не конфиденциальный характер, но при попадании в руки злоумышленника нанести пользователю вред. Поэтому следует использовать шифрование данных при передаче по незащищенным каналам.

ОПТИМИЗАЦИЯ АЛГОРИТМОВ ШИФРАЦИИ ПОД КОНКРЕТНЫЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬ

Алгоритмы могут быть оптимизированы по размеру и по коду. Эти стратегии находятся между собой в отношении антагонизма. Часто необходимо получить максимально быстрое устройство шифрования, так как криптографические преобразования занимают время и могут наложить ограничение на скорость передачи данных. Однако рассматриваемая платформа имеет скромные ресурсы, как по скорости работы, так и по размеру памяти. Это делает необходимым рассмотреть обе стратегии.

Оптимизация проводилась на примере системы шифрации DES, реализация которой предложена в [1]. Данная реализация является универсальной и написана на языке C. Для получения эффективной реализации необходимо оптимизировать этот алгоритм в соответствии с архитектурой аппаратной платформы. На примере систем шифрации ГОСТ 28147-89, AES 128, DES исследовались возможности компилятора IAR System оптимизировать код.

При исследовании системы шифрации DES был произведен подсчет количество тактов функции генерации подключей «deskey» и функций зашифровывания и расшифровывания. В результате оказалось, что функция генерации подключей занимает больше всего тактов микроконтроллера. На ней и осуществляется оптимизация.

В процессе оптимизации функции «deskey» было обнаружено, что при обращении к массивам типа long, занимающих в данной системе 4 байта, индексным способом компилятор генерирует лишние команды для интерпретации указателя на память с помощью индекса. Переход к

указателям избавляет от использования переменной инкрементирования в цикле for при обращении по индексу массива (табл. 1).

Таблица 1

Генерирование ассемблерного кода компилятором

Индексная запись		Запись через указатели	
if(pcr[pc2[j]]) kn[m] = bigbyte[j];		if(pcr[pc2[j]]) *pknm = *pbigbyte	
LD.BU	pc2[r26],r1	LD.BU	pc2[r26],r1
ZXB	r1	ZXB	r1
ADD	sp,r1	ADD	sp,r1
LD.BU	0[r1],r1	LD.BU	0[r1],r1
ZXB	r1	ZXB	r1
CMP	0,r1	CMP	0,r1
BE	??deskey_18	BE	??deskey_18
MOV	r23,r5	LD.W	0[r22],r1
SHL	2,r5	LD.W	0[r20],r5
ADD	sp,r5	OR	r1,r5
MOV	r23,r1	ST.W	r5,0[r22]
SHL	2,r1		
ADD	sp,r1		
LD.W	56[r1],r1		
MOV	r26,r6		
SHL	2,r6		
LD.W	bigbyte[r6],r6		
OR	r1,r6		
ST.W	r6,56[r5]		

При использовании циклов с указателями отпадает необходимость в использовании инкрементируемой в цикле переменной. Это дает возможность использовать цикл while и, тем самым сократить каждую итерацию ещё на одну операцию: использование цикла вида while (pc1j <= pc1je) вместо цикла for (j = 0; j < 56; j++), где pc1j и pc1je – указатели на начало и конец массива соответственно.

В исходной реализации в цикле использовались временные переменные. Отказываясь от временных переменных, путем вычисления значений по мере необходимости можно дополнительно уменьшить количество команд.

При выполнении работы были выявлены следующие моменты, которые необходимо использовать для оптимизации при реализации алгоритмов на маломощных вычислителях:

- объявлять небольшие глобальные константы с типом char. Таким образом, константы занимают меньший объем памяти;
- объявлять локальные переменные с типом int;
- использование указателей при обращении к массивам;

- использование при работе с указателями операций характерных для них (например, использование цикла while вместо for);
- избавление от временных переменных внутри цикла.

СРАВНЕНИЕ РЕАЛИЗАЦИЙ

Исходя из двух конкурирующих стратегий – по коду и по скорости, критериями оптимальности служат количество тактов и количество сгенерированного кода и данных. Количество тактов было посчитано при помощи регистра CYCLECOUNTER в режиме отладки в среде разработки IAR Systems. Данные о количестве сгенерированного кода брались из map-файла сгенерированного при линковке программы.

По результатам исследования были получены характеристики систем шифрации при реализации на конкретной архитектуре ядра V850ES, что позволяет сравнить их для данной платформы.

Таблица 2

Количество тактов

Алгоритмы	Инициализация и генерация ключевой информации	Зашифровывание	Расшифровывание	Длина ключа
DES	52 773	1149	1149	56
AES 128	116210	1965	1947	128
ГОСТ 28147-89	12187+99	1265	1266	256

Алгоритмы DES и ГОСТ часто сравниваются из-за своей схожести [2]. По результатам табл. 2 и 3 действительно можно сказать, что их реализации конкурируют. Количество тактов, выполняемых в процессе шифрования сравнимы, как и объем занимаемой памяти. Если DES имеет небольшой выигрыш в скорости, то ГОСТ имеет так же небольшой выигрыш в размере.

Таблица 3

Размер сегментов, байт

Оптимизация	CODE	DATA	CONST
DES	3 354	4 224	2 368
AES	3 822	5 164	84
ГОСТ 28147-89	2 500	4 096	188

Исходя из табл. 2 реализация алгоритма шифрации DES является самой быстрой. Данная система является одной из самых известной, однако имеет уже значительный возраст и короткую длину ключа для достаточной защиты, что практически исключает возможность ее использования. Реализация алгоритма ГОСТ 28147-89 имеет характеристики близкие к DES, при этом имея длину ключа 256 битов. Кроме того, эта сис-

тема хорошо известна и распространена в странах СНГ, что еще больше упрощает ее использование на данной территории. Алгоритм AES имеет достойные характеристики, не исключено, что при грамотной реализации он может по скорости сравняться с DES и ГОСТ 28147-89.

Литература

1. Шнайер Б. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы и исходные тексты на языке C / Шнайер Б. – 2-е издание.
2. Винокуров А. Сайт Андрея Винокурова <http://www.enlight.ru/crypto/frame.htm>.

АНАЛИЗ РЕЖИМА АВТОПУЛЬСАЦИЙ ИЗЛУЧЕНИЯ В ПОЛУПРОВОДНИКОВОМ ИНЖЕКЦИОННОМ ЛАЗЕРЕ ПРИ ВНЕШНЕЙ ОПТИЧЕСКОЙ СИНХРОНИЗАЦИИ

С. Г. Савицкий

Внешняя оптическая синхронизация – это явление, при котором лазер генерирует на частоте вводимого в него излучения. Для достижения в данный лазер, называемый ведомым, инжектируется излучение другого лазера, называемого ведущим. При определенных значениях параметров вводимого излучения ведомый лазер синхронизируется и используется при этом как усилитель. Явление позволяет значительно улучшить динамические характеристики ведомого лазера, в частности, увеличить полосу модуляции, уменьшить относительную интенсивность шума. Учитывая, что стоимость полупроводниковых лазеров относительно невысокая, синхронизация внешним излучением становится весьма привлекательной для применений.

Данные системы также могут быть использованы при значениях параметров внешнего излучения, не приводящих к синхронизации ведомого лазера. Например, возможно получение режима с колебаниями выходной мощности. Это позволяет использовать данные системы в качестве генератора колебаний. В данной работе мы подробно рассмотрим, какие значения параметров приводят к подобным режимам.

Анализ медленных изменений амплитуды электромагнитного поля будем проводить на основе приближенных скоростных уравнений вместо использования точного волнового уравнения. Система уравнений для плотности носителей заряда n , плотности фотонов S и фазы излучения φ имеет вид [1; 2]:

$$\frac{dn}{dt} = \frac{j}{ed} - \frac{n}{\tau} - v_g GS, \quad (1)$$

$$\frac{dS}{dt} = v_g(G - k_l)S + 2v_g \alpha B \sqrt{S} \cos \varphi + \beta \frac{n}{\tau}, \quad (2)$$

$$\frac{d\varphi}{dt} = v_g \alpha \frac{(G - k_l)}{2} - \Delta\omega - v_g \alpha \frac{B}{\sqrt{S}} \sin \varphi, \quad (3)$$

где $\alpha = 1/(2L\sqrt{r})$ – параметр, характеризующий степень связи между внутренней лазерной модой и внешним излучением, j – плотность тока накачки, e – элементарный заряд, d – толщина активного слоя, τ – время жизни неравновесных носителей заряда, v_g – групповая скорость света в волноводной части лазерной структуры, α – параметр увеличения ширины линии генерации, k_l – коэффициент распределенных потерь, $G = g(n - n_0)/(1 + \varepsilon S)$ – коэффициент модового усиления, ε – фактор нелинейного усиления, $\Delta\omega$ – частота отстройки, B – амплитуда инжектируемого излучения внутри резонатора.

Необходимо отметить, что данное приближение справедливо при не слишком больших мощностях входного излучения и описывает поведение системы при частотах отстройки меньших межмодового интервала.

Численное решение данной системы позволяет получить временные зависимости плотности фотонов для различных значений B и $\Delta\omega$. Вид возможных зависимостей представлен на рис. 1. После прохождения переходных процессов может устанавливаться режим стационарной генерации, колебаний с определенной частотой, хаоса или сложных колебаний с периодом, в два или три раза большим временного интервала между соседними пиками.

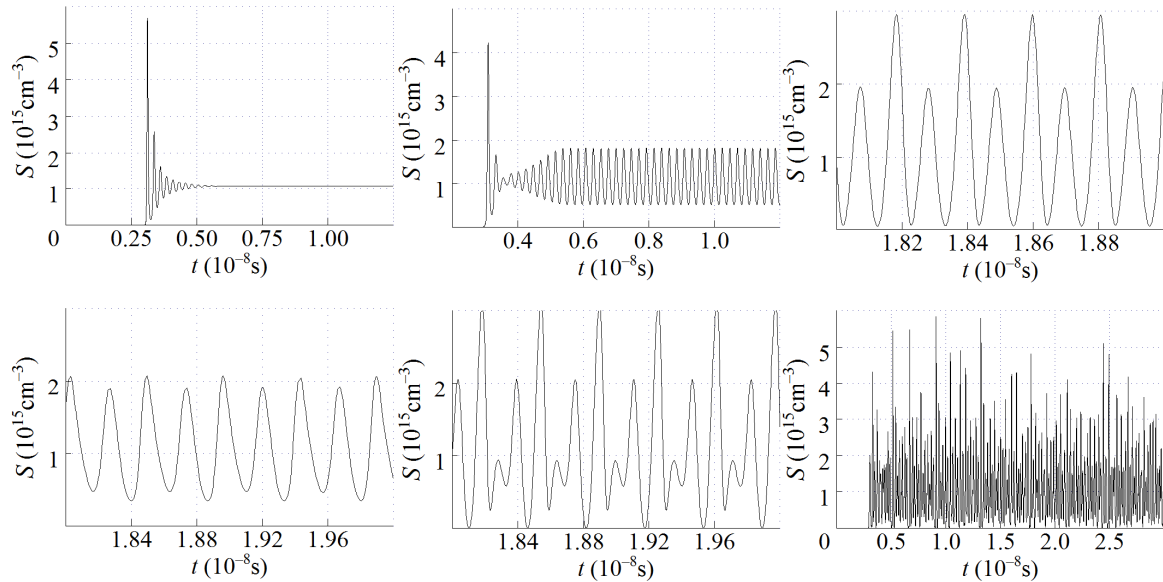


Рис. 1. Различные виды временных зависимостей плотности фотонов, $j=2400$ А/см²

Область стационарной генерации можно найти, решая систему при $\frac{dn}{dt} = \frac{dS}{dt} = \frac{d\varphi}{dt} = 0$. Для того, чтобы не выполнялось условие возникновения генерации на собственной моде, необходимо $G - k < 0$. Из (2) полу-

чаем $\cos \varphi > -\frac{\beta n}{2v_g \alpha B \sqrt{S\tau}}$. Если φ брать в пределах $[-\pi; \pi)$, то $\varphi \in (-\arccos(-\frac{\beta n}{2v_g \alpha B \sqrt{S\tau}}); \arccos(-\frac{\beta n}{2v_g \alpha B \sqrt{S\tau}}))$. Кроме этого, для возникновения стационарной генерации решение должно быть устойчиво. Проверим на устойчивость по Ляпунову. Линеаризованная вблизи стационарной точки система уравнений представляется как

$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} n_m \\ S_m \\ \varphi_m \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} n_m \\ S_m \\ \varphi_m \end{bmatrix}, \quad (4)$$

где

$$A = \begin{bmatrix} -\frac{1}{\tau} - \frac{v_g g S_{st}}{1 + \varepsilon S_{st}} & -\frac{v_g g (n_{th} - n_0)}{(1 + \varepsilon S_{st})^2} & 0 \\ \frac{v_g g S_{st}}{1 + \varepsilon S_{st}} + \frac{\beta}{\tau} & \frac{v_g g (n_{th} - n_0)}{(1 + \varepsilon S_{st})^2} - v_g k + \frac{v_g \alpha B \cos \varphi_0}{\sqrt{S_{st}}} & -2v_g \alpha \sqrt{S_{st}} B \sin \varphi_0 \\ \frac{v_g \alpha g}{2(1 + \varepsilon S_{st})} & -\frac{\varepsilon v_g \alpha g (n_{th} - n_0)}{2(1 + \varepsilon S_{st})^2} + \frac{v_g \alpha B \sin \varphi_0}{2S_{st} \sqrt{S_{st}}} & -\frac{v_g \alpha B \cos \varphi_0}{\sqrt{S_{st}}} \end{bmatrix}, \quad (5)$$

Все корни характеристического уравнения $a_0 \lambda^3 + a_1 \lambda^2 + a_2 \lambda + a_3 = 0$ матрицы A должны иметь отрицательную вещественную часть.

Воспользуемся критерием Рауса-Гурвица. Главные миноры соответствующего определителя должны быть положительными. Условия принимают вид:

$$\begin{aligned} a_0 &> 0, \\ a_1 &> 0, \\ a_1 a_2 - a_0 a_3 &> 0 \end{aligned} \quad (6)$$

Результаты численного решения представлены на рис. 2. Диапазон частот, в пределах которого заключена область синхронизации, увеличивается при увеличении B^2/S . Область неустойчивой синхронизации возникает при B^2/S от 2×10^{-5} до 1.

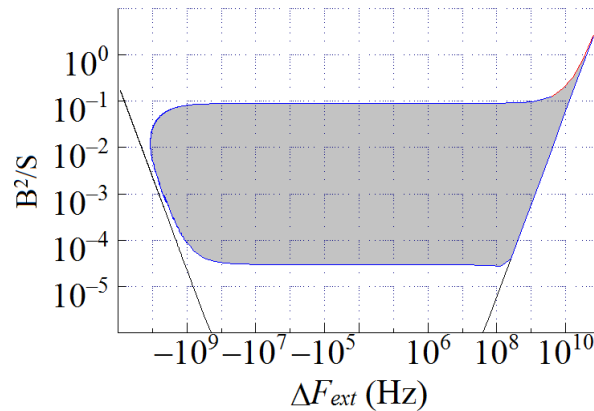


Рис. 2. Границы области синхронизации при $j=2400 \text{ A/cm}^2$ (Область неустойчивого режима синхронизации затושевана)

Теперь перейдем к вопросу возможности возникновения колебаний и зависимости их частоты от параметров инжектируемого излучения. На рис. 3 представлены зависимости частоты колебаний от плотности инжектируемых фотонов и частоты отстройки.

Вне области синхронизации частота не зависит от плотности фотонов и равна частоте отстройки. Эти колебания возникают из-за биений собственного излучения двух лазеров. Правда, могут возникать сложные колебания или хаос.

В области неустойчивой синхронизации можно выделить несколько диапазонов значений плотности инжектируемых фотонов, при которых возникают колебания. Они разделены диапазонами с хаосом и сложными колебаниями. Частота возрастает при увеличении B^2 , а также немного возрастает при увеличении ΔF_{ext} для верхнего диапазона значений B^2 . Возникновение колебаний в этой области может быть вызвано нелинейным воздействием поступающего излучения на релаксационные процессы в лазере.

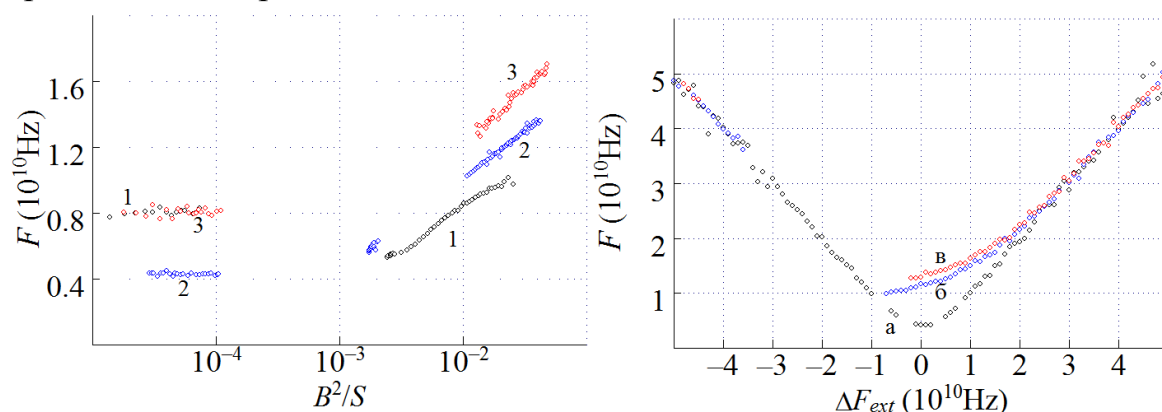


Рис. 3. Зависимость частоты колебаний от плотности инжектируемых фотонов для $\Delta F_{ext} = -8$ ГГц (1), 0 ГГц (2), 8 ГГц (3) и от частоты отстройки для $B^2/S = 1.9 \times 10^{-4}$ (а), 3.8×10^{-2} (б), 6.6×10^{-2} (в) при $j = 2400$ А/см²

Литература

1. Афоненко А. А. Электромагнитная теория полупроводниковых лазеров : учеб. пособие / А.А. Афоненко, И.С. Манак. Мн.: Белгосуниверситет, 1997.
2. Афоненко А. А. Кинетическая теория полупроводниковых инжекционных лазеров : учеб. пособие / А.А. Афоненко, И.С. Манак. Мн.: Белгосуниверситет, 1998.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗОВОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ ПРИЗНАКОВОГО ОПИСАНИЯ РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ

А. М. Сорока, П. Е. Ковалец

Одной из актуальных задач обработки речевых сигналов является их классификация, и, в частности, классификация фонем русского языка.

Методы решения данной задачи, в основном, состоят из двух этапов – первичной обработки сигнала с целью построения его признакового описания, и непосредственной классификации акустических сигналов [1]. В первом случае используются традиционные методы спектрального анализа на основе преобразования Фурье, например мелчастотный кепстральный анализ, во втором – нелинейные классификаторы. Одним из главных недостатков такого подхода является тот факт, что для анализа неоднородных акустических сигналов применяется одинаковый метод первичного анализа, в то время как акустический сигнал может состоять из множества участков, которые отличаются внутренней структурой в силу различных механизмов образования, задействованных для их получения.

В то же время, вейвлет преобразование хорошо подходит для анализа нестационарных сигналов, так как позволяет достичь оптимального частотно-временного разрешения [2]. Однако при анализе и классификации негармонических сигналов, к которым можно отнести большинство согласных фонем русского языка, возникают определенные трудности, связанные с тем, что признаковые описания фонем со схожими механизмами образования зачастую находятся в перекрывающихся областях пространства признаков, что значительно затрудняет последующую классификацию.

Непрерывное вейвлет преобразование задается базовой функцией $\psi(t)$. Путем применения операторов масштабирования и сдвига к базовой вейвлет-функции получается набор функций $\psi_{a,b} = \psi\left(\frac{t-b}{a}\right)$; $a, b \in R$, который и используется для получения вейвлет коэффициентов. Было замечено (см. Таблицу), что при фиксировании базовой вейвлет-функции точность классификации одних фонем выше, чем других. Однако при смене базовой вейвлет-функции фонемы, которые ранее имели высокую точность классификации, могли классифицироваться с меньшей точностью. Таким образом, было сделано предположение, что возможно построение базовых вейвлет-функций, позволяющих достичь высокой точности классификации определенных фонем за счет построения оптимального признакового описания.

ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ БАЗОВОЙ ВЕЙВЛЕТ-ФУНКЦИИ

Искомую базовую вейвлет-функцию будем описывать с помощью набора параметров $\vec{x} = (x_1, \dots, x_n)$, на которые накладываются ограничения вида $X = \{\vec{x} \mid 1 \geq x_i \geq 0, i = 1..n\} \subset R^n$. Тогда временное представление искомой функций будет вычисляться при помощи сплайна

Акимы [3] на основе данного набора параметров, который представляет собой ординаты базовых точек вейвлет-функции.

Для устойчивой классификации фонем искомая базовая функция должна локализовать значимые коэффициенты для фонем со схожим механизмом образования в схожей полосе масштабов. Сделаем априорное предположение о том, что в данном случае для момента времени t значения вейвлет коэффициентов в полосе масштабов

$$S = [s_c - \delta, s_c + \delta],$$

где s_c – центральное значение масштабов данной полосы, можно аппроксимировать при помощи функции Гаусса

$$G_t(s) = \frac{1}{\sigma_t \sqrt{2\pi}} \exp\left(-\frac{(s - s_c)^2}{2\sigma_t^2}\right)$$

где σ_t – дисперсия вейвлет коэффициентов в момент времени t , при этом ширина полосы $2\delta < 3\sigma$. Тогда целевую функцию оптимизации зададим как величину, обратную суммарной ошибке аппроксимации

$$F(\vec{x}) = \left(\sum_{t=0}^N \sum_{s=s_l}^{s_h} |G_t(s) - W_{\vec{x}}(s, t)| \right)^{-1}$$

и будем искать ее максимум. Здесь $W_{\vec{x}}(s, t)$ – коэффициенты вейвлет преобразования, задаваемого при помощи базовой функции, полученной из набора параметров \vec{x} .

В качестве метода оптимизации будем использовать генетический алгоритм (ГА) [4], так как он позволил найти лучшее по сравнению с другими методами значение целевой функции в схожей задаче оптимизации параметров машины на опорных векторах для классификации патологий речевого тракта [5].

ПАРАЛЛЕЛЬНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ГЕНЕТИЧЕСКОГО АЛГОРИТМА

Один из основных недостатков ГА заключается в очень большом количестве вычислений значений целевой функции, что в случае нетривиальных функций (вычисление значений которых требует значительного времени) ведет к неприемлемо большому времени нахождения оптимального значения [5]. Однако использование современных технологий параллельных вычислений позволяет устранить данный недостаток т.к. ГА довольно легко поддается распараллеливанию. Существуют три подхода к реализации параллельного ГА [6]:

- «главный-подчиненный» – параллельность на уровне вычисления целевой функции;

- модель подпопуляций с миграциями между ними;
- модель ячеек с селекцией из смежных областей.

Так как основное время в рассматриваемой задаче занимает вычисление целевой функции, был выбран первый подход. Была реализована библиотека на языке программирования с++, поддерживающая такие параллельные технологии, как потоки и интерфейс передачи сообщений (англ. Message Passing Interface, MPI). MPI, в частности, позволяет использовать реализованную библиотеку для вычислений на большинстве суперкомпьютерных кластеров (в том числе и СКИФ-БГУ), при этом изменений уже написанного и отлаженного кода от пользователя библиотеки не требуется. График зависимости времени расчета двух популяций ГА от количества задействованных в расчете процессоров для 13 параметров и количества индивидов в популяции 100 и 300 представлен на рисунке 1.

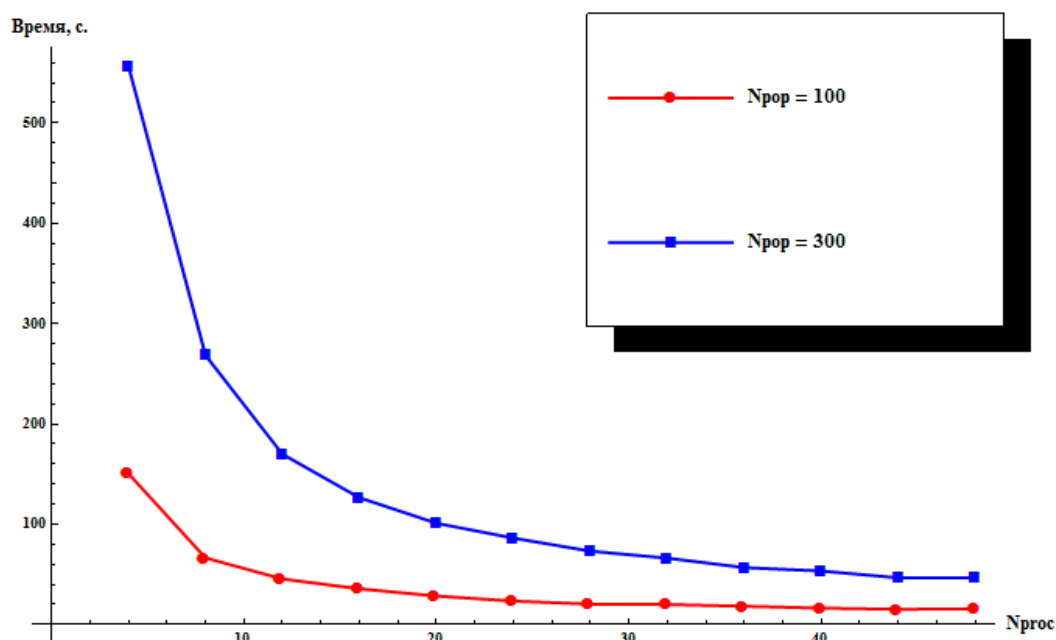


Рис. 1. Зависимость времени вычислений от количества процессоров

РЕЗУЛЬТАТЫ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

Результаты вычислительного эксперимента по оптимизации параметров базовых вейвлет-функций представлены в таблице.

Здесь сравнивается точность классификации фонем бинарным классификатором на основе метода опорных векторов с гауссовым ядром. Вектора признаков фонем получены как при помощи классических базовых вейвлет-функций, так и построенных в результате оптимизации.

Точность классификации фонем

Фонема	Морле	Хаара	«Мексиканская шляпа»	Построенная вейвлет функция
[a]	93,5	89,4	90,1	89,3
[o]	94,1	89,7	92,4	89,6
[e]	93,0	89,1	90,4	89,0
[n]	85,9	83,9	85,7	86,3
[m]	84,6	80,6	84,0	86,2
[d]	82,0	79,7	81,2	84,2
[z]	79,0	75,1	80,2	83,0
[s]	82,4	79,4	81,33	84,5
[sh]	83,7	78,1	82,9	85,3

Исходя из представленных результатов, можно сделать вывод, что полученные в результате оптимизации вейвлет-функции позволяют построить более достоверное признаковое описание для фонем, не имеющих гармонической структуры. В то же время базовая функция Морле позволяет получить более высокую точность классификации для гласных фонем, имеющих гармоническую структуру.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье предложен метод построения базовой функции вейвлет преобразования, позволяющей улучшить признаковое описание различных фонем за счет локализации значимых коэффициентов вейвлет преобразования в пределах некоторой полосы масштабов. Показано, что использование предлагаемого метода позволяет получить устойчивое увеличение точности классификации (от 1% до 4% для различных согласных).

Литература

1. *Saon G.* Large-Vocabulary Continuous Speech Recognition System / G. Saon, J. Chien // *IEEE Signal Processing*, 2012, vol. 29, №6 P. 18–34.
2. *Сорока А. М.* Обнаружение патологий голосового тракта на основе вейвлет анализа и метода опорных векторов / А.М. Сорока, И.Э. Хейдоров // *Международный конгресс по информатике: информационные системы и технологии: материалы международного научного конгресса 31 окт. – 3 нояб. 2011 г.:* в 2 ч. Ч. 2. Минск: БГУ, 2011. С. 375–378.
3. *Akima H.* A new method of interpolation and smooth curve fitting based on local procedures / H. Akima // *J.ACM*, 1970, vol.17, №4, P. 589–602.
4. *Back T.* Evolutionary Algorithms in Theory and Practice / T. Back – Oxford: Oxford University Press, 1996.

5. Ковалец П. Е. Оптимизация параметров машины на опорных векторах для обработки звуковых сигналов // Сборник работ 69-й научной конференции студентов и аспирантов БГУ (14–17 мая 2012 г., Минск). Минск: БГУ. С. 228.
6. Haupt R. Practical genetic algorithms / Randy L. Haupt, Sue Ellen Haupt – John Wiley & Sons, Inc., 2004.

ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКАЯ ДИНАМИЧЕСКАЯ ПАМЯТЬ РЕГЕНЕРАТИВНОГО ТИПА ДЛЯ НАЗЕМНОГО СЕГМЕНТА СПУТНИКОВЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Н. Р. Хлебородов

1. ВВЕДЕНИЕ

При высокоскоростной передаче информации для космического, а особенно для наземного сегмента спутниковых систем связи, необходимо использовать специализированные быстродействующие буферные запоминающие устройства, позволяющие избежать потерь оптической информации при ее доставке конечному потребителю. Одним из перспективных направлений решения подобных задач является использование волоконно-оптических динамических запоминающих устройств (ВОДЗУ). Достоинством ВОДЗУ является то, что запись информационного потока в них осуществляется в реальном масштабе времени, а хранение данных в цифровой и аналоговой форме возможно в течение времени, необходимого для их последующей обработки. Кроме того, в таких оптоволоконных системах существует возможность организации по одному световоду одновременно нескольких информационных каналов, используя *DWDM*-технология.

2. СТРУКТУРА ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ДИНАМИЧЕСКОЙ ПАМЯТИ С ПЕРИОДИЧЕСКОЙ РЕГЕНЕРАЦИЕЙ ИНФОРМАЦИИ

Существующие в настоящее время архитектуры ВОДЗУ [1–3] ориентированы только на восстановление амплитудных характеристик циркулирующих сигналов, что ограничивает время хранения информации за счет дисперсионных эффектов в волоконном световоде. Нами разработана архитектура цифровой волоконно-оптической динамической памяти со спектральным уплотнением информационных каналов (рис. 1), позволяющая уменьшить влияние указанных недостатков на информационные характеристики таких устройств. В системе реализуется восстановление циркулирующих сигналов как по амплитуде, так и по форме и длительности (2R-регенерация), что позволяет увеличить время хране-

ния информации в таком запоминающем устройстве. Для работы с субнаносекундными скоростями информационных потоков необходимо применять оптические регенераторы. Одним из способов такой оптической регенерации является использование нелинейного оптического кольцевого зеркала (НОКЗ) на основе оптического волокна, являющегося оптоволоконным аналогом интерферометра Саньяка.

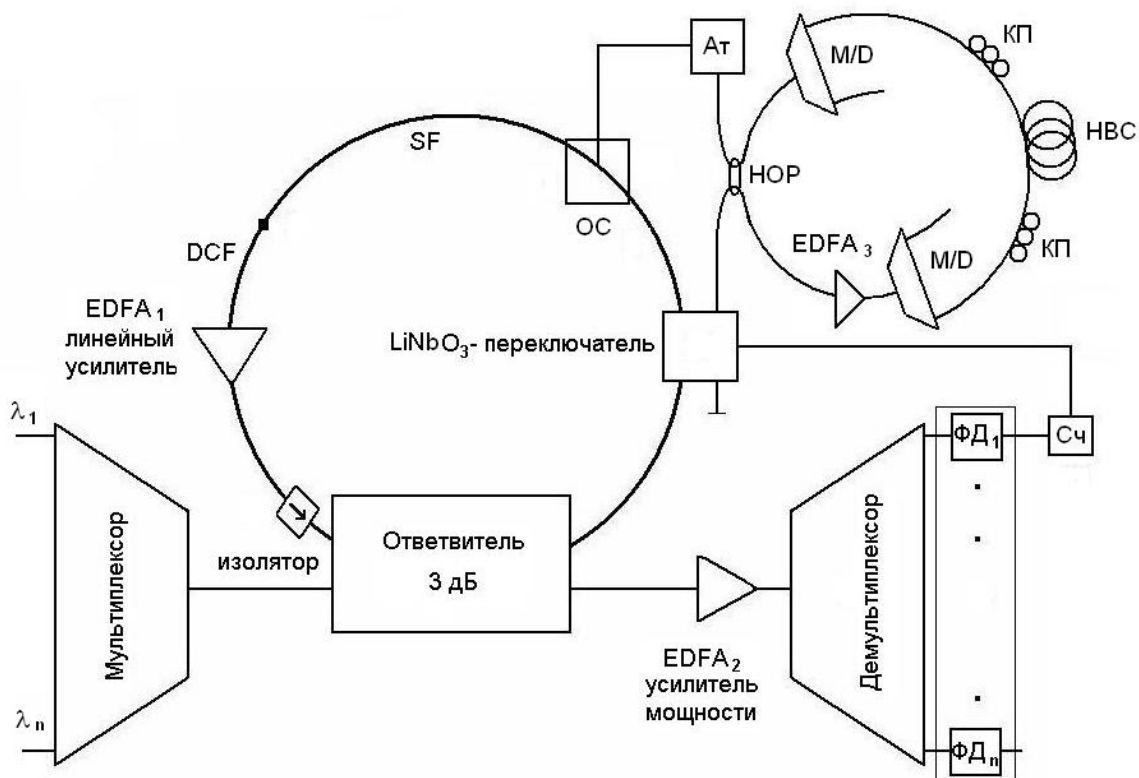


Рис. 1. Структурная схема волоконно-оптической динамической памяти с периодической регенерацией информации:

EDFA₁ и EDFA₂ – усилители на основе легированных эрбием волокон, SF – ступенчатое одномодовое волокно, DCF – волокно с отрицательной компенсирующей дисперсией, ФД₁...ФД_n – фотодиоды, Сч – счетчик, EDFA₃ – двунаправленный усилитель, HOP – несимметричный оптический разветвитель, M/D – мультиплексор/демультиплексор, КП – контроллер поляризации, НВС – нелинейный волоконный световод, Ат – аттенюатор, ОС – оптический соединитель

3. ПРИНЦИП ДЕЙСТВИЯ УСТРОЙСТВА

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Информационная последовательность оптических импульсов на различных длинах волн через оптический мультиплексор и первый вход оптического разветвителя поступает в волоконно-оптическую линию задержки. Далее оптические импульсы усиливаются волоконно-оптическим эрбиевым усилителем и через второй вход оптического разветвителя поступают на следующий цикл циркуляции. Со второго выхода разветвителя оптиче-

ские сигналы поступают на выходной волоконно-оптический эрбиевый усилитель мощности, демультиплексор и преобразуются набором фотоприемников в сигналы для считывания. Один из сигналов считывания поступает на счетчик импульсов.

В [4] показано, что при использовании технологии плотного спектрального мультиплексирования под влиянием фазовой автомодуляции длительность циркулирующих импульсов вначале сильно уменьшается, а затем резко увеличивается. Существенное уширение импульсов наблюдается только после 150–1100 циклов рециркуляции в зависимости от скорости информационного потока и числа спектральных информационных каналов. Следовательно, нет необходимости восстанавливать длительность импульсов на каждом цикле рециркуляции. Счетчик импульсов программируется на соответствующее число циркуляций, после окончания которых он формирует электрический импульс, поступающий на управляющий вход направленного переключателя. При наличии управляющего импульса информационный поток перенаправляется на выход переключателя, соединенный с нелинейным оптическим кольцевым зеркалом. Сигнал на входе НОКЗ разделяется на сигналы, бегущие по кольцу из сильно нелинейного волоконного световода в противоположных направлениях, которые затем интерферируют на выходе из кольца. Сигнал, бегущий по часовой стрелке, усиливается сразу на входе в кольцо и затем испытывает сильное нелинейное преломление, в то время как сигнал, распространяющийся в противоположном направлении, усиливается только перед выходом из кольца и испытывает меньшее нелинейное преломление. В результате образуется ненулевой относительный набег разности фаз, пропорциональный мощности сигнала. Результатом действия НОКЗ является то, что длительность информационных импульсов уменьшается до первоначального значения. После выхода из НОКЗ сигнал вводится обратно в волоконно-оптическую петлю памяти. Таким образом, процесс 2R-регенерации завершается.

4. МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АППАРАТ

Для описания распространения оптических импульсов в оптоволокне используется обобщённое нелинейное уравнение Шрёдингера (НУШ) [5]:

$$i \frac{\partial A}{\partial z} - \frac{B_2}{2} \frac{\partial^2 A}{\partial t^2} - i \frac{B_3}{6} \frac{\partial^3 A}{\partial t^3} + \gamma |A|^2 A = -i \frac{a}{2} A, \quad (1)$$

где A – огибающая электрического поля импульса, z – координата вдоль волокна, t – «запаздывающее» время, связанное с физическим

временем t_{phis} соотношением $t = t_{phis} - z / v_{group}$, v_{group} – групповая скорость пакета, $B_2 = d(1 / v_{group}) / d\lambda$ – дисперсия групповой скорости, $B_3 = dB_2 / d\omega$ – дисперсия третьего порядка, $\omega = 2\pi c / \lambda$ – частота, α – коэффициент затухания, $\gamma = 2\pi n_2 / \lambda A_{eff}$ – коэффициент нелинейности, A_{eff} – эффективная площадь моды, n_2 – нелинейный показатель преломления волокна.

Уравнение (1) сводится к системе обыкновенных дифференциальных уравнений относительно z разделением на мнимую и действительную часть с последующей заменой частных производных по времени конечными разностями [6, 7]. Данная система решалась методом Рунге-Кутты четвертого порядка точности [8]. Параметры для моделирования выбирались в соответствии с принципом функционирования устройства, представленного на рис. 1. Получены распределения амплитуды и длительности оптических импульсов на выходе оптического регенератора в зависимости от длины нелинейного волоконного световода и коэффициента усиления двунаправленного оптического усилителя.

Литература

1. Singh R. K., Srivastava R. and Y. N. Singh Wavelength division multiplexed loop buffer memory based optical packet switch // Optical and Quantum Electronics. 2007. Vol. 39, №1. P. 15–34.
2. Laevens K., Maeneclaeys M., Brunel H. Queueing analysis of a single-wavelength fiber-delay-line buffer // Telecommun. Syst. 2006. Vol. 31, № 3. P. 259–287.
3. An optical resilient packet ring node with SOA-based loadable and erasable storage buffer / S. Fu [et al.] // Appl.Phys.B. 2006. Vol. 85, № 4. P. 571–574.
4. Поляков А. В., Жуковский А. В. Нелинейные эффекты в оптоволоконных рециркуляционных запоминающих устройствах со спектральным уплотнением информационных каналов // Проблемы физики, математики и техники. 2012. №2. С. 41–49.
5. Латкин А. И. Моделирование автосолитонных оптических импульсов при высокоскоростной передаче информации по волоконным световодам // Квантовая электроника. 2005. Т. 35, №3. С. 273–277.
6. Численное моделирование процесса распространения фемтосекундного оптического солитона в одномодовом волокне с учётом мнимой части Романовского отклика среды / Д.Л. Оганесян, А.О. Оганесян, Г.Д. Оганесян и др. // Известия НАН Армении, Физика. 2010. Т. 45, №6. С.391–400.
7. Schiesser W. E., Griffiths G. W. A Compendium of partial differential equation models, method of lines analysis with Matlab: Cambridge University Press, 2009.
8. Mathews J.H., Fink K.K. Numerical methods using Matlab. 4th edition: Prentice Hall, 2004.

РОЖДЕНИЕ ПАР ЗАРЯЖЕННЫХ БОЗОНОВ В ПРОЦЕССАХ АННИГИЛЯЦИИ ЛЕПТОНОВ В РАМКАХ СТАНДАРТНОЙ ТЕОРИИ ЭЛЕКТРОСЛАБОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ И РАСШИРЕННЫХ КАЛИБРОВОЧНЫХ ТЕОРИЙ С ДОПОЛНИТЕЛЬНЫМ СЛАБЫМ БОЗОНОМ

В. В. Хомич, Т. В. Шишкина

Общепринятой теоретической основой электрослабого взаимодействия на сегодняшний день является теория Глешоу-Вайнберга-Салама [1–3], Стандартная Модель, которая в настоящее время с высокой степенью точности описывает все экспериментальные данные. Тем не менее, в современной науке сформировалось устойчивое представление о том, что она является лишь низкоэнергетическим пределом некоторой более общей калибровочной теории.

Причина этого является феноменологическая структура самой модели, присутствие в ней ряда свободных параметров, невыясненная причина возникновения поколений кварков и лептонов и т. д.

В этих условиях происходит обширный поиск теорий, которые расширяли бы Стандартную Модель. Одним из возможных путей расширения Стандартной Модели является введение дополнительных тяжелых W^+ , W^- и Z^0 калибровочных бозонов с массами в несколько ТэВ, являющимися результатом расширения электрослабой симметрии. Некоторые из таких моделей имеют общую форму $SU(2) \otimes SU(2) \otimes U(1)$ и часто называются G(221) моделями. Они включают в себя: left-right (LR) [4–6], leptophobic (LP), hadrophobic (HP) [7–9], fermiophobic (FP) [10–12] модели. Масса дополнительного Z^0 бозона в рассматриваемых в данной работе моделях предоставлены в Таблице 1.

Таблица 1

Параметры расширенных калибровочных моделей $SU(2) \otimes SU(2) \otimes U(1)$

Калибровочная Модель	M_{Z^0} , ТэВ	$M_{W^{\pm}}$, ТэВ
LR-D	1.602	0.269
LP-D	1.752	0.697
HP-D	1.674	0.403
FP-D	1.685	0.673

В данной работе с целью проверки Стандартной Модели и поиска путей расширения калибровочной модели рассматриваются процессы аннигиляции поляризованных электрона и позитрона с рождением пары заряженных бозонов в Стандартной теории электрослабого взаимодействия и расширенных калибровочных моделях G(221).

В рамках Стандартной Модели $SU(2) \otimes U(1)$ процесс аннигиляции $e^+ e^- \rightarrow W^+ W^-$ описывается тремя диаграммами Фейнмана. Первая диаграмма соответствует реализации процесса в результате обмена виртуальным фотоном, вторая – виртуальным Z^0 -бозоном, третья содержит виртуальное нейтрино. В $SU(2) \otimes SU(2) \otimes U(1)$ моделях появляется дополнительная фейнмановская диаграмма, соответствующая обмену дополнительным слабым нейтральным бозоном. Возможные пути аннигиляции показаны на рисунке 1.

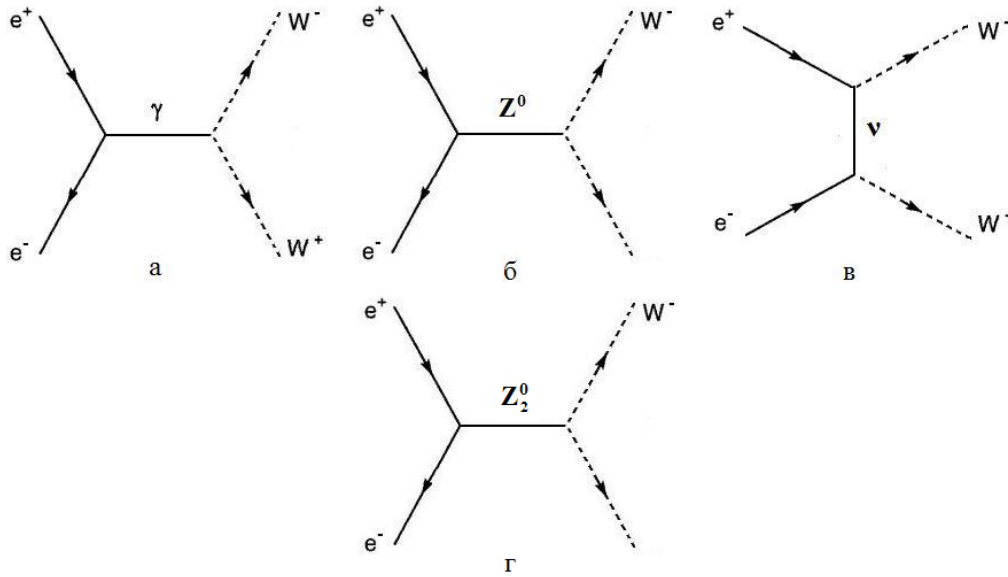


Рис. 1. Диаграммы Фейнмана процесса $e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$:
 (а) – испускание γ -квантом, (б) – испускание Z_0 -бозоном,
 (в) – нейтринный обмен, (г) – обмен дополнительным нейтральным Z_2 -бозона

В низшем порядке теории возмущений матричный элемент исследуемого процесса в расширенных моделях имеет вид:

$$M = i\bar{U}(-p_2) \left(e^2 \frac{\gamma^\alpha}{k^2} + \frac{eg}{2} \gamma^\mu (g_V + g_A \gamma^5) \frac{g_{\mu\lambda} - \frac{k_\mu k_\lambda}{m_Z^2}}{k^2 - m_Z^2} + \frac{eg_2}{2} \gamma^\mu (g_{V2} + g_A \gamma^5) \frac{g_{\mu\lambda} - \frac{k_\mu k_\lambda}{m_{Z2}^2}}{k^2 - m_{Z2}^2} \right) \left(g^{\alpha\beta} (k_1 - k_2)^\lambda + g^{\beta\lambda} (-k - k_1)^\alpha + g^{\lambda\alpha} (k + k_2)^\beta \right) U(p_1) \varepsilon_\beta(k_1) \varepsilon_\alpha(k_2) - i\bar{U}(-p_2) \left[\frac{g^2}{2} \gamma^\alpha \frac{1 - \gamma^5}{2} \frac{\hat{p}_1 - \hat{k}_1}{(p_1 - k_1)^2} \gamma^\beta \frac{1 - \gamma^5}{2} \right] U(p_1) \varepsilon_\beta(k_1) \varepsilon_\alpha(k_2), \quad (1)$$

где $k = p_1 + p_2$ – полный 4-импульс начальных частиц, $g_V = -\frac{1}{2} + 2 \sin^2 \theta_W$, $g_A = -\frac{1}{2}$, γ^α – матрицы Дирака, $g^{\alpha\beta} = (1, -1, -1, -1)$ – метрический тензор, $\gamma^5 = i\gamma^1\gamma^2\gamma^3\gamma^4$, $\hat{p}_i = p_\alpha \gamma^\alpha$, $\hat{k}_i = p_\alpha \gamma^\alpha$ ($i = 1, 2$), m_Z – масса Z -бозона, m_{Z2} – масса дополнительного Z -бозона.

Квадрат модуля матричного элемента определяется формулой:

$$\begin{aligned}
 |M|^2 = & \left(\frac{e^4}{s^2} + (g_V g_{V2} - g_A^2) \frac{e^2 g g_2}{4} \left(\frac{1}{(s - m_Z^2)^2} + \frac{1}{(s - m_{Z_2}^2)^2} + \frac{1}{(s - m_Z^2)(s - m_{Z_2}^2)} \right) \right) A(s, t) + \\
 & + \frac{e^3}{s} \left(\frac{g g_V}{(s - m_Z^2)} + \frac{g g_{V2}}{(s - m_{Z_2}^2)} \right) A(s, t) - \left(\frac{e^2 g^2}{4st^2} + \frac{e}{4t} \left(\frac{g_V g^3}{(s - m_Z^2)} + \frac{g_{V2} g_2^3}{(s - m_{Z_2}^2)} \right) \right) B(s, t) + \\
 & + \frac{g^4}{64t^2} C(s, t). \quad (2)
 \end{aligned}$$

Здесь коэффициенты A , B и C для поляризованных частиц имеют вид:

$$\begin{aligned}
 A(s, t) = & (-24m_w^4 + 8m_w^2 s - 34s^2 + 8 \frac{s^3}{m_w^2} + 48m_w^2 t - 40st + 12 \frac{s^2 t}{m_w^2} - \\
 & - 2 \frac{s^3 t}{m_w^4} - 24t^2 + 8 \frac{st^2}{m_w^2} - 2 \frac{s^2 t^2}{m_w^4} + 24m_w^4 \lambda^2 - 8m_w^2 s \lambda^2 + 34s^2 \lambda^2 - \frac{8s^3 \lambda^2}{m_w^2} - \\
 & - 48m_w^2 t \lambda^2 + 40st \lambda^2 - \frac{12s^2 t \lambda^2}{m_w^2} + \frac{2s^3 t \lambda^2}{m_w^4} + 24t^2 \lambda^2 - \frac{8st^2 \lambda^2}{m_w^2} + \frac{2s^2 t^2 \lambda^2}{m_w^4}) / 2, \quad (3)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 B(s, t) = & (-8m_w^4 - 16m_w^2 s + 12m_w^2 t + 10st - 8 \frac{s^2 t}{m_w^2} - 8 \frac{st^2}{m_w^2} + 2 \frac{s^2 t^2}{m_w^4} + 8 \frac{t^3}{m_w^2} + \\
 & + 2 \frac{t^3 s}{m_w^4} + 8m_w^4 \lambda^2 + 16m_w^2 s \lambda^2 - 12m_w^2 t \lambda^2 - 10st \lambda^2 + \frac{8s^2 t \lambda^2}{m_w^2} + \frac{8st^2 \lambda^2}{m_w^2} - \\
 & - \frac{2s^2 t^2 \lambda^2}{m_w^4} + \frac{4t^3 \lambda^2}{m_w^2} - \frac{2st^3 \lambda^2}{m_w^4}) / 2, \quad (4)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 C(s, t) = & (-8m_w^4 + 16m_w^2 t - 8st - 10t^2 - 8 \frac{st^2}{m_w^2} + 4 \frac{t^3}{m_w^2} - 2 \frac{t^3 s}{m_w^4} - 2 \frac{t^4}{m_w^4} + \\
 & + 8m_w^4 \lambda^2 - 16m_w^2 t \lambda^2 + 10t^2 \lambda^2 + 8st \lambda^2 - \frac{8st^2 \lambda^2}{m_w^2} - \frac{4t^3 \lambda^2}{m_w^2} + \frac{2st^3 \lambda^2}{m_w^4} + \\
 & + \frac{2t^4 \lambda^2}{m_w^4}) / 2, \quad (5)
 \end{aligned}$$

где λ – параметр поляризации.

Полное сечение рассеяния имеет вид:

$$\sigma = \frac{1}{16\pi s (s - m_w^2)} \int_{t_{\min}}^{t_{\max}} |M|^2 dt. \quad (6)$$

На рисунке 2 представлены результаты численного расчета полных сечений взаимодействия.

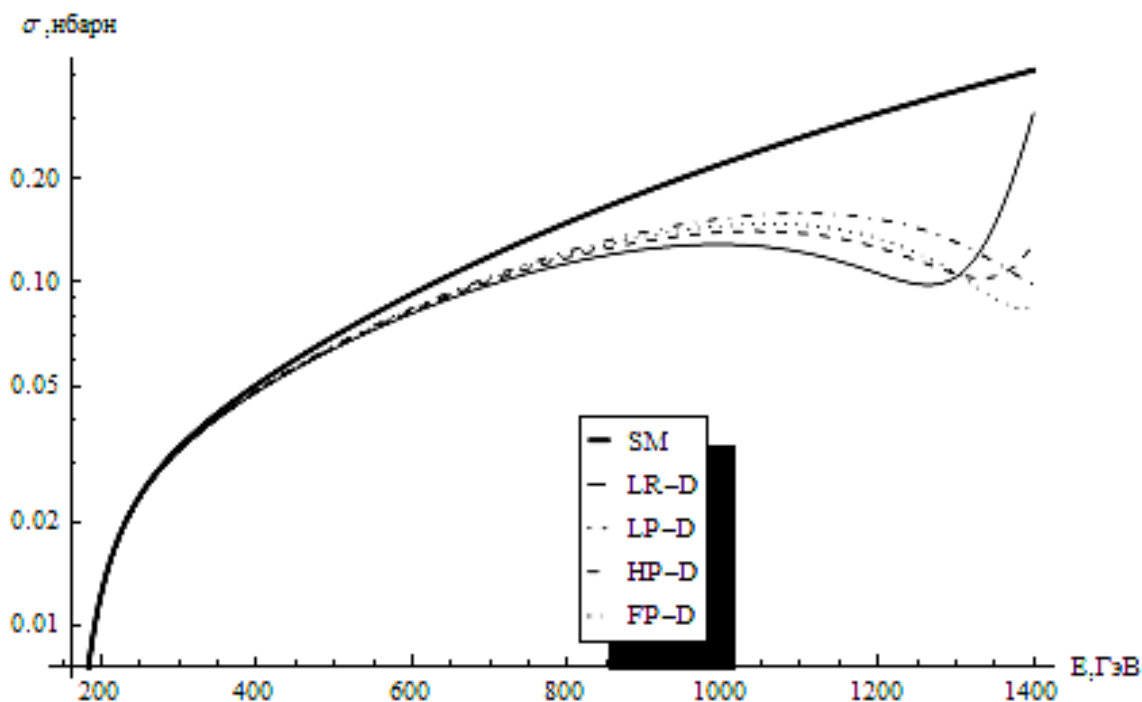


Рис. 2. Полное сечение процесса $e^+ + e^- \rightarrow W^+ + W^-$:
в Стандартной Модели и $SU(2) \otimes SU(2) \otimes U(1)$ моделях (поляризованные пучки)

Результаты показали, что в энергетической области от порога реакции 160 ГэВ до энергии 450 ГэВ, предсказания обсуждаемых моделей для величины полных сечений не имеют заметных отличий. Начиная с энергии 450 ГэВ разница полученных в рамках Стандартной Модели и $SU(2) \otimes SU(2) \otimes U(1)$ моделей составляет $\sim 7\%$. С дальнейшим ростом энергии полные сечения отличаются в большей степени, и в области 1250 ÷ 1400 ГэВ достигают своих максимальных значений.

В заключении отметим, что изученный процесс, является отличным способом поиска явлений «новой физики» на Международном Линейном Коллайдере [14] в областях энергий, где имеются отклонения от Стандартной Модели.

Литература

1. Weinberg S. A. // Phys. Rev. Lett., 1967. V. 19. № 21. P. 1264.
2. Salam A. // In: Proc. 8-th Nobel Symp Stockholm. 1968. P. 367.
3. Glasgow S.L., Iliopoulos J., Maiani L. // Phys. Rev., 1970. V. D2. № 7. P. 1285.
4. Mohapatra R.N. and Pati J. C. // Phys. Rev., 1975. D 11, 2558.
5. Mohapatra R. N. and Pati J. C. // Phys. Rev., 1975, D 11, 566.
6. Mohapatra R. N. and Senjanovic G. // Phys. Rev., 1981, D 23, 165.
7. ChIvukula R. S., Coleppa B., Di Chiara S., Simmons E. H., He H. J., Kurachi M. and Tanabashi M. // Ph. ys. Rev., 2006, D 74, 075011.
8. Barger V. D., Keung W. Y. and Ma E. // Phys. Rev., 1980, D 22, 727.
9. Barger V. D., Keung W. Y. and Ma E. // Phys. Rev. Lett. 44, 1980, 1169.
10. Malkawi E., Tait T. M. P. and Yuan C.P. // Phys. Lett., 1996, B 385, 304.

11. *Li X. and Ma E.* // Phys. Rev. Lett. 47, 1981, 1788.
12. *He X. G. and Valencia G.* // Phys. Rev. D 66, 2002, 013004.
13. *Hsieh Ken, Schmitz Kai, Yu Jian-Hao and Yuan C.-P.* // Global Analysis of General SU(2)×SU(2)×U(1) Models with Precision Data, 2010.
14. Интернет-адрес: <http://www.linearcollider.org/>.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМОВ 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ СИСТЕМ РАКОВЫХ КЛЕТОК

Д. А. Черницын

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время существует множество методов и программных средств для построения 3D моделей объектов на основе их двумерных изображений. Это использование 3D сканера (лазерная триангуляция, лазерные сканеры времени полета, лазерные сканеры со сдвигом фазы [1]), метод генерации 3D модели по фотографиям [2].

Основной проблемой является то, что вышеприведенные методы разработаны для объектов макромира. Для объектов микромира набор методов и программных средств ограничен. Например, E-Cell Simulation Environment 3D [3] или Virtual cell [4]. Однако данные программные продукты предназначены для моделирования жизни клеток. Программы не содержат процедуры трехмерного моделирования клеток из изображений. Именно решение этой проблемы является целью данной работы. Для получения изображений раковых клеток используется люминесцентная микроскопия.

Целью данной работы является разработка алгоритмов трехмерного моделирования систем раковых клеток.

В работе решаются следующие задачи:

- коррекция люминесцентных изображений систем раковых клеток;
- анализ изображений;
- разработка алгоритмов построения 3D моделей;
- разработка программного пакета, реализующего алгоритмы анализа и моделирования систем клеток.

МЕТОДОЛОГИЯ

В работе [5] кратко изложены основы методологий получения, обработки и анализа люминесцентных изображений раковых клеток. В ходе анализа используется процедура бинаризации изображения. Далее группировка пикселей изображения производится с использованием кла-

стерного анализа. Данный метод выбран вследствие его высокой эффективности кластеризации, наглядности и относительной простоты программной реализации. В данной работе рассмотрены несколько наиболее оптимальных методов кластерного анализа.

Задача кластерного анализа состоит в определении координат положения клеток, их формы, размеров. Кластеризуемыми объектами являются пиксели бинаризованного изображения. Пиксели хранят информацию об их расположении по координатам X и Y . По ним определяются клетки.

Из иерархических методов кластерного анализа можно выделить методы ближнего соседа и средней связи. Из неиерархических методов выделен метод кратчайшего незамкнутого пути, т.к. он наименее подвержен шуму.

После выделения кластеров, т.е. определения координат местоположения и формы клеток, производится аппроксимация границ сплайнами. Для этого выполняется выделение некоторых точек граней клеток с целью создания по ним контура сплайна (с использованием кривой Безье [6]).

Кривая Безье – это параметрическая кривая, частный вид сплайна, описываемый полиномом:

$$B(t) = \sum_{i=0}^n P_i b_{i,n}(t), \quad 0 \leq t \leq 1, \quad (1)$$

где P_i – функция компонент векторов опорных вершин, а $b_{i,n}(t)$ – базисные функции кривой Безье (полиномы Бернштейна).

$$b_{i,n}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \quad \text{где } \binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}, \quad (2)$$

где n – степень полинома, i – порядковый номер опорной вершины [6].

Кривая Безье нужна для оптимизации и ускорения работы в ходе реализации 3D моделей клеток.

Для программирования алгоритмов моделирования выбран язык C#, обеспечивающий высокую скорость работы. Программное обеспечение разрабатывается для использования в ОС Windows.

3D МОДЕЛИРОВАНИЕ

Схема моделирования систем раковых клеток представлен на рис. 1.

Разработаны три программных приложения:

1. Приложение для обработки изображения. Задача приложения состоит в получении бинаризованного и максимально оптимизированного изображения для последующего анализа. Используются

фильтры яркости, контрастности, размытия, бинаризации, коррекции тонов и другие.

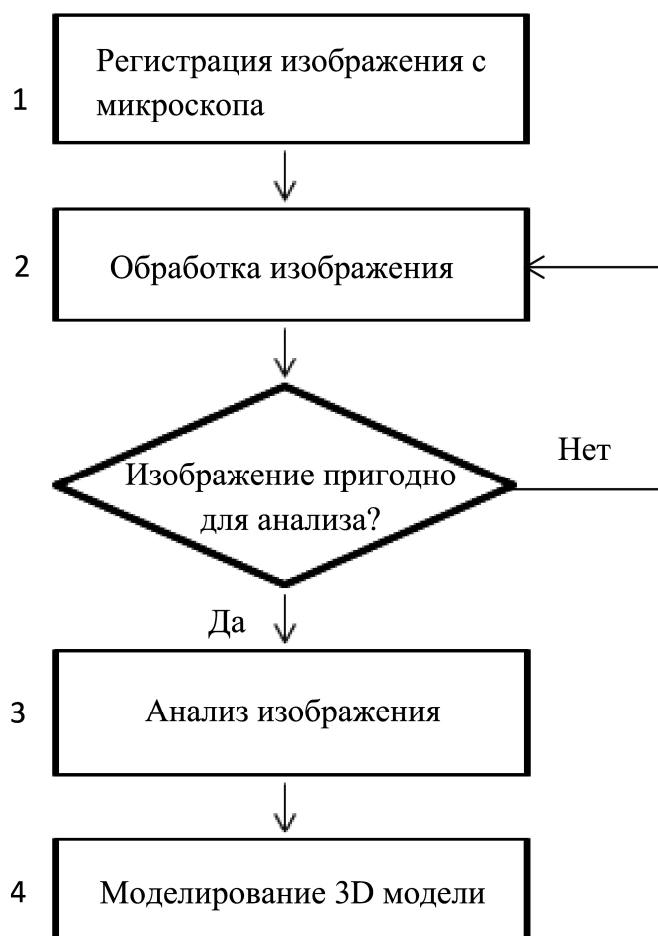


Рис. 1. Блок-схема алгоритма моделирования

2. Приложение для создания кривых Безье. Здесь выполняется анализ изображения и построение кривых сплайнов. Задача данного этапа получить координаты положения клеток и запись координат в файл.

3. Приложение по моделированию изображения по координатам, сгенерированных одним из предыдущих приложений. Задача приложения состоит в выполнении интерполяции по оси Z точек 3D модели, координаты которых получены на основе главных точек кривых Безье (точек, лежащих на границе каждой клетки). Далее необходимо соединить вершины, чтобы составить из них треугольники (полигоны). 3D модель состоит из полигонов. Для простоты разработки присвоим каждой вершине индекс. В итоге имеем главный список, состоящий из списков координат каждой точки ребра. В списке хранятся координаты положения в пространстве, индекс и координата UV развертки (если используются текстуры) или ее цвет (если окрашиваем модель одним цветом).

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

На рис. 2 представлен процесс 3D моделирования клетки по главным вершинам сплайна.

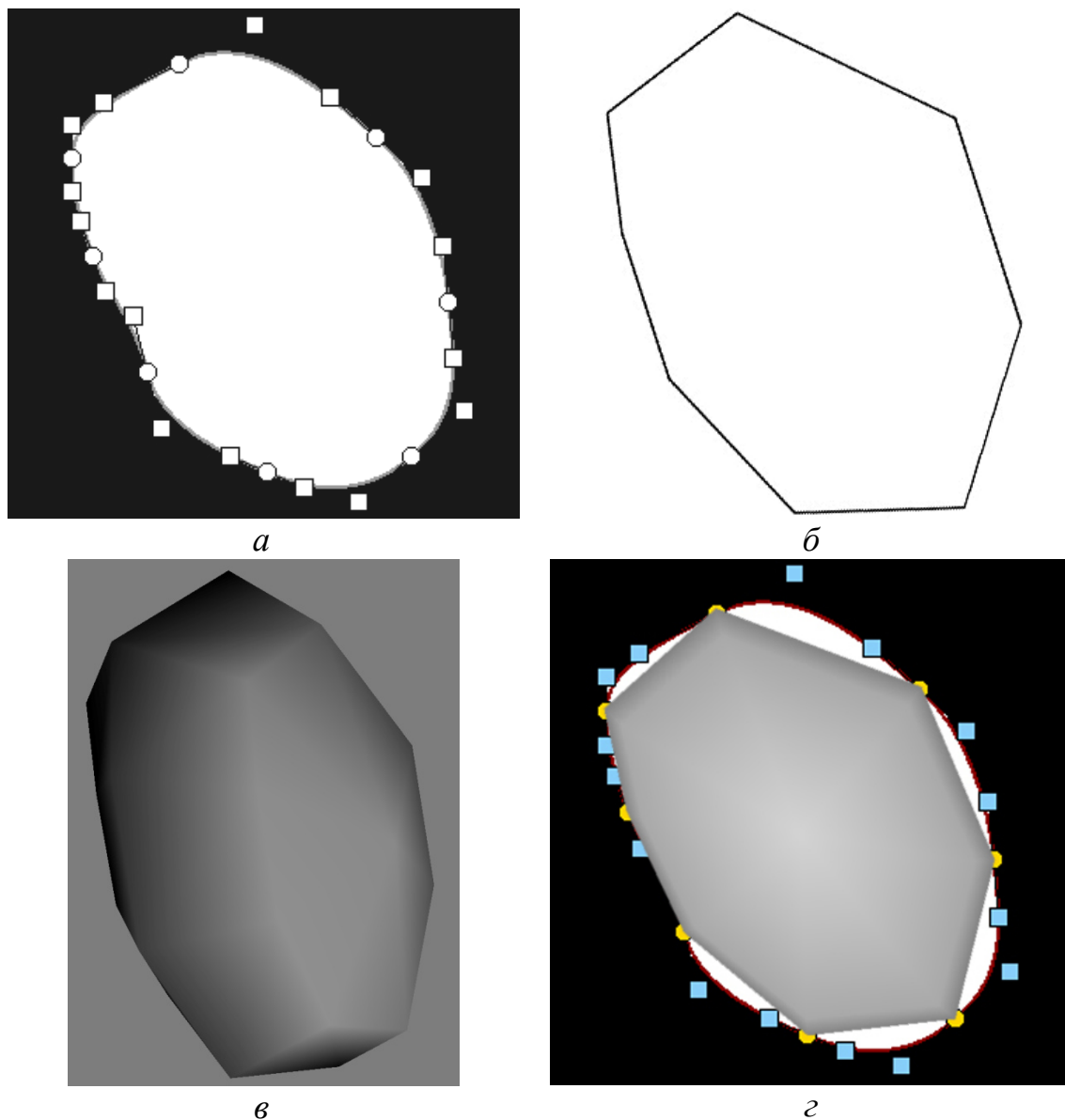


Рис. 2. Процесс 3D-моделирования клетки:
а – моделирование сплайна по форме клетки, *б* – построение главного ребра клетки по главным точкам кривой Безье, *в* – интерполяция ребра по оси *Z*, *г* – сравнение результата с исходным сплайном

Погрешности вычислений во многом зависят от самого изображения клеток. Также часть информации теряется в ходе анализа. Это второй по значимости этап. Его статистические ошибки зависят от метода кластеризации. Погрешность при использовании кривых Безье минимальна, если мы используем большое разрешение изображения. Кривые Безье нужны для упрощенного создания самой 3D модели. Само построение

модели не несет практически никакой погрешности по осям X и Y (оси самого изображения), т.к. строит модель по точкам, полученным в результате выполнения предыдущих этапов. Погрешности по оси Z не определены, т.к. мы не имеем информации о расположении точек в трехмерном пространстве.

ВЫВОДЫ

В данной работе разработаны алгоритмы анализа, моделирования, и программные средства для исследования систем раковых клеток на основе их двумерных люминесцентных изображений. В ходе работы выявлено, что погрешность моделирования существенно зависит от самого изображения и результатов его анализа. Погрешность при построении 3D модели отсутствует. Существует минимальная погрешность при выводе модели на экран.

Литература

1. *Jecić S., Drvar N.* The Assessment of structured light and laser scanning methods in 3D shape measurement // 4th International Congress of Croatian Society of Mechanics. Bizovac, Croatia. 2003. С. 237–244.
2. *Fitzgibbon A., Zisserman A.* Automatic 3D model acquisition and generation of new images from video sequences. University of Oxford. С. 8.
3. Интернет-адрес: <http://ecell3d.iab.keio.ac.jp/index.html>.
4. Интернет-адрес: <http://www.nrcam.uchc.edu/>.
5. *Черницын Д. А.* Разработка 3D моделей систем раковых клеток // Сборник работ 69-ой научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета Часть 1. Минск Издательский центр БГУ. 2012. С. 362.
6. *Роджерс Д., Адамс Дж.* Математические основы машинной графики // Мир. 2001. С. 604.

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ НАНОЧАСТИЦЫ КАК ЭФФЕКТИВНЫЕ РАССЕИВАЮЩИЕ ЦЕНТРЫ ДЛЯ ФОТОВОЛЬТАИКИ

В. И. Шевцова, М. Л. Антонович, М. Р. Боровой, А. Г. Новиков

ВВЕДЕНИЕ

С развитием солнечной энергетики и увеличением доли солнечных элементов в общемировой выработке электроэнергии первоочередную важность приобретает вопрос снижения стоимости и увеличения КПД солнечных элементов. В настоящее время большая часть производимых солнечных элементов изготавливается из пластин монокристаллического кремния толщиной 180–350 мкм, что обуславливает их высо-

кую стоимость. В связи с этим происходит интенсивное развитие технологий производства тонкопленочных солнечных элементов, в которых полупроводник имеет толщину 1–2 мкм и расположен на подложке из более дешевого материала. При этом большие надежды связывают с развитием плазмонных тонкопленочных солнечных элементов. Для улучшения эффективности таких элементов в длинноволновом диапазоне используются металлические наноструктуры, которые поддерживают возбуждение поверхностных плазмонов [1] – коллективных колебаний электронов проводимости на границе раздела металл-диэлектрик. В ряде работ [1–3] было продемонстрировано, что использование наноструктур на основе золота и серебра может в значительной степени увеличивать поглощающие свойства кремниевого слоя. Таким образом, особый интерес представляют менее изученные металлические наноструктуры на основе неблагородных металлов, таких как алюминий, никель, кобальт и др.

В настоящей работе на основе результатов численного моделирования рассматривается возможность использования металлических наноструктур для увеличения эффективности солнечных элементов.

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ

Оптические характеристики наночастиц металла – коэффициенты рассеяния (Q_{scat}) и экстинкции (Q_{ext}) – были рассчитаны на основе теории Ми, предлагающей точное аналитическое решение задачи о дифракции плоской волны на сфере. При этом в качестве показателя преломления окружающей среды использовалось значение $n_m=2,25$. Данное значение является средним арифметическим между показателями преломления воздуха ($n_m=1$) и кремния ($n_m=3,5$), что соответствует расположению наночастиц на поверхности кремния.

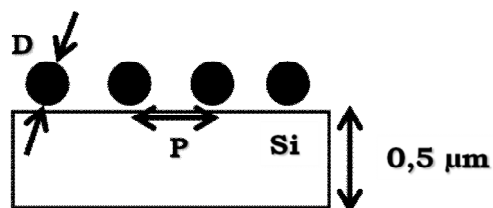


Рис. 1. Структурная схема исследуемой модели

Моделирование поглощающих свойств кремниевого слоя с нанесенным на поверхность массивом металлических наночастиц (рис. 1) проводилось с применением метода конечных разностей во временной области с использованием программного пакета

Lumerical FDTD Solutions. Оптические свойства кремниевого слоя толщиной 0,5 микрон с расположенными на поверхности массивами наночастиц золота и серебра сравнивались с таковыми для наночастиц никеля, кобальта и алюминия. При этом, размеры наночастиц (D) варьировались от 50 до 250 нм при постоянном периоде структуры

равном $P=2D$. В качестве значений диэлектрических параметров использовались экспериментальные данные [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Применение наночастиц металла в качестве рассеивающих центров для солнечных элементов возможно благодаря уникальным оптическим свойствам наночастиц. Так, оптические спектры металлических наночастиц характеризуются наличием резонансной полосы в видимой или ближней инфракрасной области спектра. Данная полоса называется полосой поверхностного плазмонного резонанса (ППР) и свидетельствует о возбуждении локализованных поверхностных плазмонов в наночастицах металла. При этом, положение и форма полосы ППР в значительной степени определяются как геометрическими параметрами, так и диэлектрическими свойствами наночастиц. Результаты моделирования на основе теории Ми показывают, что наночастицы серебра, золота и алюминия обладают более интенсивной и ярко выраженной полосой ППР по сравнению с наночастицами никеля и кобальта. На рис. 2 А в качестве примера представлены спектры рассеяния наночастиц серебра и никеля. При увеличении размеров наночастиц может наблюдаться появление дополнительных максимумов в спектрах рассеяния. Такое поведение может быть интерпретировано с учетом возможного формирования систем разделенных зарядов более высокого порядка – квадруполь и других мультиполей.

При разработке солнечных элементов, использующих металлические наночастицы в качестве рассеивающих центров, важно исследовать не только интенсивность коэффициента рассеяния, но и относительную эффективность рассеяния. Для анализа эффективности рассеяния было рассмотрено отношение коэффициентов рассеяния и экстинкции (Q_{scat}/Q_{ext}) для наночастиц различных размеров. Результаты моделирования показывают, что при увеличении размеров наночастиц происходит значительное увеличение эффективности рассеяния. Так, при размере серебряных и золотых наночастиц порядка 150 нм отношение Q_{scat}/Q_{ext} превышает 0,9 в длинноволновой области. Для наночастиц алюминия с размерами выше 150 нм эффективность рассеяния достигает 0,87. В то же время для наночастиц никеля и кобальта этот параметр существенно ниже и не превышает 0,65 для наночастиц с размерами 150 нм и более. В качестве примера на рис. 2 Б приводятся отношения коэффициентов рассеяния и экстинкции для наночастиц серебра и никеля различных размеров.

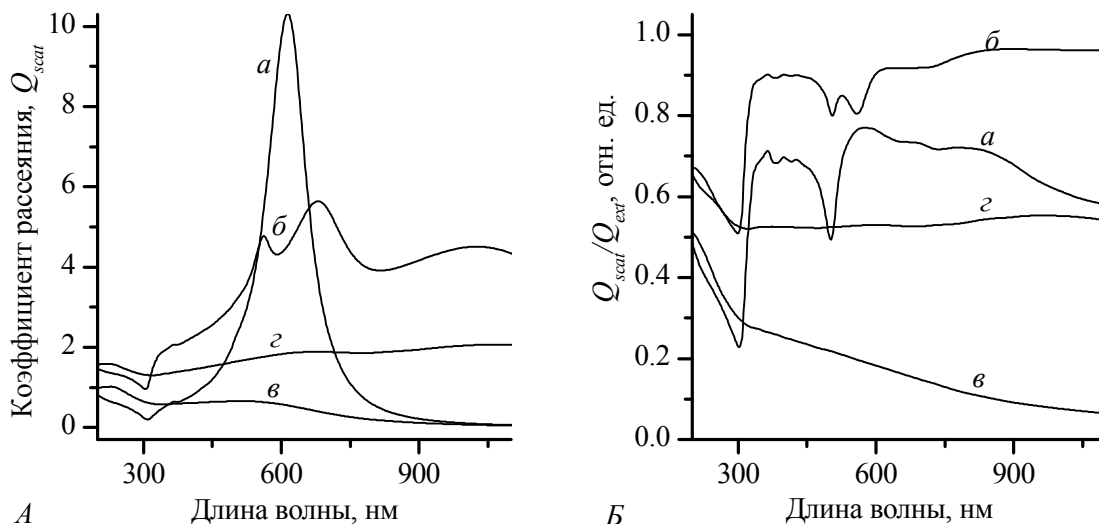


Рис. 2. Коэффициенты рассеяния (А) и отношение коэффициентов рассеяния и экстинкции (Б) для сферических наночастиц: Ag (а, б) и Ni (в, г) размеров 50 нм (а, в) и 150 нм (б, г). Показатель преломления окружающей среды $n_m=2,25$

Как показывают результаты численного моделирования (рис. 3), наночастицы металла существенным образом влияют на поглощающую способность кремниевого слоя. Так, при оптимальных параметрах структуры может наблюдаться значительное усиление поглощения в области, соответствующей возбуждению локализованных поверхностных плазмонов.

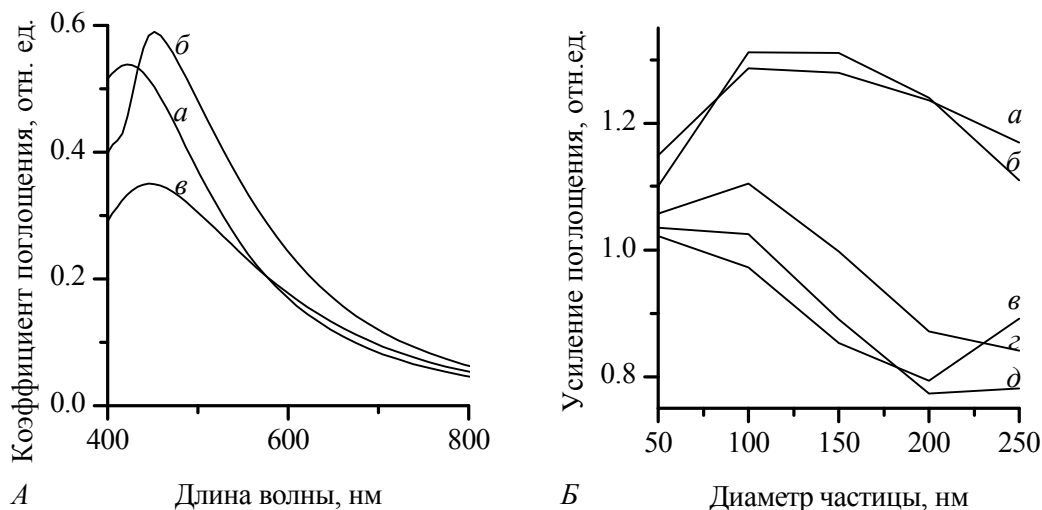


Рис. 3. Коэффициенты поглощения (А) кремниевого слоя без наночастиц (а) и с наночастицами Ag (б) и Ni (в) размером 150 нм. Усиление поглощения (Б) кремниевого слоя с наночастицами Ag (а), Al (б), Au (в), Co (з) и Ni (д) различных размеров

При этом может происходить некоторый спад в коротковолновой области, что может быть связано с непосредственным поглощением в метал-

лических наночастицах. Анализ результатов моделирования (рис. 3 Б) показывает, что наиболее перспективными материалами являются серебро и алюминий, которые показывают усиление поглощающей способности слоя при всех рассматриваемых параметрах частиц. При этом максимальное усиление в 1,3 раза достигается при размерах наночастиц порядка 100–150 нм. Для наночастиц золота, никеля и кобальта, несмотря на некоторое усиление при размере частиц 100 нм, при других параметрах наблюдается значительное ослабление поглощающей способности слоя.

Таким образом, полученные результаты моделирования показывают, что при оптимальных параметрах наночастицы металла могут быть использованы в качестве эффективных рассеивающих центров. Обнаружено, что наилучшими рассеивающими свойствами обладают наночастицы серебра и алюминия с размерами порядка 100–150 нм, которые позволяют повысить поглощающую способность кремниевого слоя на 30%.

Литература

1. *Altwater H., Polman A.* Plasmonics for improved photovoltaic devices // *Nature Materials* 9, P. 205–213.
2. *Ferry V., Munday J., Atwater H.* Design Considerations for Plasmonic Photovoltaics // *Advanced Materials* 22, P. 4794–4808.
3. *Polman A., van Lare M., Lenzmann F., Verschuuren M.* Mode coupling by plasmonic surface scatterers in thin-film silicon solar cells // *Appl. Phys. Lett.* 101, P. 221110–221110–4.
4. *Palik E. D.* Handbook of Optical Constants of Solids, Academic, New York, 1985. P. 353, 555.

РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ОТСЛЕЖИВАНИЯ ЭМБРИОНАЛЬНЫХ КЛЕТОК МЫШИ

М. М. Шитик

ВВЕДЕНИЕ

Компьютерная видеомикроскопия живых клеточных культур является перспективным современным методом исследования таких фундаментальных биологических процессов, как клеточное старение и раковая трансформация. Большинство работ по видеомикроскопии живых клеток связано с конфокальной микроскопией, однако используемые в ней люминесцентные красители не позволяют проводить длительное исследование клеточных культур [1]. Для отслеживания всей последовательности изменений в отдельных клетках популяции в Институте генетики и цитологии НАН Беларуси был разработан метод витального анализа эф-

факторов внешних факторов на культивируемые клетки на основе кругло-суточной компьютерной видеозаписи в течение ряда дней [2].

В качестве объектов исследования были использованы эмбриональные фибробласты человека и мыши – видов млекопитающих, резко контрастных как по продолжительности жизни, так и по частоте возникновения онкологических заболеваний. Сравнение изменений фенотипа на уровне отдельных клеток позволило получить новые данные о генетических процессах, ведущих к старению и раковой трансформации [2].

Однако подобное сравнение изменений, происходящих в клеточных популяциях, значительно усложняется большим объемом входных данных и является весьма субъективным при ручном анализе. В данной ситуации автоматические методы отслеживания и фиксирования характеристик клеток позволяют повысить эффективность анализа видеозаписей клеточных популяций, а также заметно ускорить данный процесс.

ПРОБЛЕМЫ ОТСЛЕЖИВАНИЯ

Среди наиболее характерных проблем при обработке видеозаписей живых клеточных популяций выделяются низкий уровень контрастности и неоднородное распределение интенсивности, в результате которого части клетки могут иметь ту же интенсивность, что и фон на изображении. Это приводит к тому, что клетки могут казаться меньше по размерам или распадаться на несколько отдельных компонент [3, 4].

Проблемой остается и огромное разнообразие форм клеток. Многие типы клеток способны изменять форму и размер со временем. Клетки не всегда двигаются только в области, фиксируемой камерой, но могут вести себя нестабильно в зависимости от экспериментальной установки, настроек камеры или протекающих биологических процессов [3].

Также клетки очень часто взаимодействуют друг с другом, частично перекрываясь, слипаясь или расходясь. Эта проблема для методов автоматического отслеживания состоит в фиксировании всех клеток до и после контактов клеток. Значительно усложняется данный вопрос с ростом количества участвующих в контакте клеток [3, 4]. Похожая проблема состоит и в фиксировании клеточных делений и слияний, что также весьма распространено в биологии клеток.

БАЗОВЫЙ АЛГОРИТМ

Вычислительные методы отслеживания клеток по-своему интересны, однако не несут никакой практической ценности, пока они не реализованы в виде готовых пакетов. Среди множества всех инструментов от-

слеживания отдельно стоит выделить пакет DYNAMIK, алгоритм которого и был выбран в качестве базового в данной работе.

Данный модуль MatLab хорошо зарекомендовал себя при решении различных задач трэкинга. При сравнении с другими пакетами, в том числе с популярным приложением Celltrack [5], DYNAMIK показал лучшие результаты при сегментации. К тому же пакет является более стабильным, хоть в нем и реализован, на первый взгляд, более простой метод трэкинга. DYNAMIK позволяет легко отображать получаемые при отслеживании данные, оставаясь при этом довольно простым и мощным.

АЛГОРИТМ ОТСЛЕЖИВАНИЯ

Предложенный метод основан на сегментации и предполагает последовательную индивидуальную обработку каждого кадра видеозаписи. Для каждой сегментированной в кадре клетки ищется ее предшествующее состояние в предыдущих кадрах и устанавливается соответствие между ними во времени [3; 4]. Поиск клеток происходит в результате серии шагов предобработки изображения, представляющей собой совокупность фильтрации, определения перепадов интенсивности и морфологических операций. Начинается он с фильтрации типа «соль и перец», производимой при помощи двухмерного медианного фильтра [6]. Затем для получения контуров клеток применяется сегментация с помощью детектора Собела [6] и задания порогового уровня [6]. Завершается предобработка удалением любых оставшихся шумов во внутренней области клеток и сглаживанием полученных контуров посредством операции эрозии [6]. Каждая выделенная клетка описывается определенным набором параметров, вносимых в отдельную таблицу с выходными данными.

Метод использует поиск соответствующих клеток на соседних кадрах по принципу «ближайшего соседа». Согласно этому принципу, клетка в i -ом кадре будет находиться на наименьшем расстоянии от той же переместившейся клетки среди всех клеток на $(i+1)$ -ом кадре. Проблема отслеживания в данном случае ограничивается только поиском ближайших пар клеток в двух соседних кадрах, что является классической задачей согласования клеток. Если количество клеток в $(i+1)$ -ом кадре превышает их значение в i -ом кадре, то это может означать, что в области наблюдения появились новые, ранее не отмеченные клетки. Если же количество клеток в i -ом кадре больше, нежели в $(i+1)$ -ом кадре, значит, неотмеченные клетки покинули область исследования [3].

Существует и третий вариант, когда клетки одновременно и покидают, и входят в область наблюдения. В таком случае применяется пороговое значение расстояния, что не позволяет отмечать несвязанные

клетки как соответствующие, если они слишком далеко друг от друга. Пакет также предполагает фильтрацию объектов по их размеру, что позволяет отфильтровывать потенциальный шум и загрязнения рабочей области исследования, искажающие итоговую статистику.

УЛУЧШЕНИЕ КАЧЕСТВА ОТСЛЕЖИВАНИЯ

Исходная функциональность алгоритма без адаптации исчерпывает себя довольно рано. Так, не решена проблема недостаточной сегментации при слабой контрастности, когда клетки, присутствующие на реальной видеозаписи, не находят отражения при сегментации. Эта трудность может быть вызвана изменением размеров живой клетки и возможностью выхода за пределы заранее заданного диапазона фильтрации, а также операцией эрозии, которая вместо сглаживания контуров сегментированной клетки может разбить ее на несколько впоследствии фильтруемых частей. Решить данную проблему можно путем поиска соответствующей клетки на предыдущих кадрах, увеличивая пороговое расстояние между согласуемыми клетками с ростом глубины поиска.

Другой приведенной проблемой является учет слияний и разделений клеток при сегментации. Для преодоления последствий потери или появления новых клеток в таком случае необходимо фиксирование момента слияния клеток, а также участников данного слияния. Отработка подобного сценария в разработанном методе происходит при резком увеличении или уменьшении площади той или иной клетки, что и является наиболее вероятным сигналом о слиянии или разделении клеток.

Наконец, в итоговой статистике присутствуют объекты, ошибочно распознанные как клетки. Это возможно, если область исследования недостаточно очищена от различного «мусора», который к тому же может обладать высокой контрастностью на уровне фона. В таком случае предложена дополнительная фильтрация объектов по изменению их положения со временем. Для фиксируемых объектов реализовано вычисление среднеквадратичного отклонения по обеим координатам, и если их изменение незначительно, то для объекта будет проведена фильтрация.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе выполнения работы было проведено полностью автоматическое отслеживание эмбриональных клеток мыши. Одним из наиболее важных параметров, характеризующих изменение фенотипа популяции, является изменение ее численного состава с течением времени, которое и было получено в результате использования предложенного метода.

Также были получены такие характеристики, как средние значения скоростей и направлений движения клеток, их траектории, площади и эквивалентные радиусы, которые также могут быть использованы при изучении свойств живых клеточных популяций.

Разработанный метод отслеживания позволяет собирать информацию для получения представления о характере развития исследуемой популяции эмбриональных клеток мыши. В дальнейшем при поддержке Института генетики и цитологии НАН Беларуси [2] эти сведения будут использованы при разработке математической модели поведения и непосредственном моделировании данной клеточной популяции.

Литература

1. *Дромашко С. Е.* Компьютерная видеомикроскопия живых клеток : учеб.-метод. пособие. Минск, ИПНК, 2010.
2. Интернет-адрес: <http://labmcp.at.tut.by/>.
3. *Yaeger S., Song Q., Chen S.-S.* DYNAMIK: a software for cell DYNAMics, Motility, and Information tracking, with an application on Ras pathways. *Bioinformatics*. 2009. Vol. 25, № 18. P. 2383–2388.
4. *Meijering E., Dzyubachyk O., Smal I.* Methods for cell and particle tracking. Elsevier. 2012. Vol. 504, Ch. 9, P. 183–200.
5. *Sacan A., Ferhatosmanoglu H., Coskun H.* CellTrack: an open-source software for cell tracking and motility analysis. *Bioinformatics*. 2008. Vol. 24, № 4. P. 20–33.
6. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддингс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. Москва, Техносфера, 2006.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕНТГЕНОВСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ В ПРЕЛОМЛЯЮЩИХ СТРУКТУРАХ МЕТОДОМ МОНТЕ-КАРЛО

**Ю. Р. Яскевич, Н. В. Серикова, П. В. Петров,
Н. Н. Кольчевский, И. Л. Мудрецов**

На сегодня весь ряд модификаций рентгеновских линз можно разделить на одномерные, двумерные и трехмерные фокусирующие линзы. К одномерным фокусирующим линзам относятся плоскостные параболические конструкции [1], линзу-аллигатор [2], линза-клессидра [3], планарные рентгеновские линзы, которые способны фокусировать или коллимировать рентгеновские лучи. К двумерным фокусирующим линзам относят систему из отверстий в материале [4] (в одной из разновидностей данной линзы отверстия просверливаются в двух перпендикулярных друг к другу плоскостях), составные параболические линзы [5], линзу-аллигатор, линза-клессидра, составная линза-киноформ [6], планарные рентгеновские линзы [7], микрокапиллярные преломляющие линзы [8], адиабатические линзы [9], на основе которых можно создать

рентгеновский микроскоп. Трехмерные фокусирующие линзы представляют собой пространственные трехмерные массивы из линз, к которым можно отнести метаматериалы, 3D-линзу [10] и линзу-клевидра. Основными проблемами при создании рентгенооптических систем и элементов является: сложность их изготовления и недолговечность многих конструкций. Структура рентгенооптических линз должна быть практически идеальной. Большое количество разнообразных конструкций линз показывают, что работы направлены на создание преломляющих линз и их оптимизация является важной задачей. Поэтому актуальным является использование методов компьютерного моделирования, особенно на этапах планирования эксперимента и априорной (теоретической) оценке ожидаемых результатов. Расчеты для рентгенооптических систем ведутся в приближении геометрической оптики ($\lambda \ll$ линейных размеров) методом Монте-Карло в структурах с большим числом преломляющих поверхностей.

Программа «Xray-SKIF» предназначена для моделирования распределения интенсивности излучения в многоэлементных преломляющих линзах. Программа «Xray-SKIF» написана на языке программирования C++. Для распараллеливания программы применялся интерфейс MPI, в частности библиотека MPICH2. Запуск и выполнение программы производились удаленно из локальной сети БГУ на суперкомпьютере SKIF-БГУ. SKIF-БГУ имеет следующие характеристики:

- Пиковая производительность, Гфлопс – 1267,2;
- Реальная производительность, Гфлопс – 1016;
- Число вычислительных узлов/процессоров – 144/288;
- Тип процессоров – AMD Opteron 248 (2.2 ГГц);
- Оперативная память на узле, Гб – 4.

Процесс работы программы «Xray-SKIF» состоит из 3 этапов:

1. Задание начальных данных (кол-во линз, поглощения, кол-во лучей и др.).
2. Моделирование прохождения лучей через составную линзу и сохранение выходных векторов и интенсивностей в динамический массив.
3. Расчет распределения интенсивности на экране.

При запуске программы инициализируются входные параметры составной линзы, количество используемых процессоров и динамические массивы для хранения результатов. Далее пересылаем входные данные во все процессоры, определяем количество лучей, которое будет рассчитывать каждый процессор. Генерируем случайные числа для задания направления векторов рентгеновских лучей на входной апертуре преломляющей рентгеновской линзы.

На втором этапе моделируем прохождение лучей через составную линзу. Результат данного моделирования сохраняем в динамических массивах. Каждый динамический массив содержит интенсивность прошедших лучей и вектора их направлений на выходе из составной линзы. Запись в динамический массив позволяет восстанавливать распределение интенсивности излучения на детекторе в произвольном сечении за линзой. Это позволяет сэкономить время, не выполняя повторных расчетов большого числа лучей.

На третьем этапе задаем расстояние от линзы до детектора, его разрешение и, используя данные динамических массивов, вычисляем распределение интенсивности излучения в каждом процессоре. Суммируем полученные результаты из каждого процессора и формируем итоговое распределение интенсивности излучения на детекторе.

В программе делались засечки для точного определения времени выполнения основных частей программы, а также для обнаружения проблемных областей вызывающих замедление работы программы. Наибольшее время затрачивалось на расчеты прохождения лучей через составную линзу. Время построения результатов на детекторе занимает несколько секунд для количества лучей более 10^8 . Для подсчета времени выполнения применялась функция библиотеки MPICH2 `MPI_Wtime()`.

При моделировании производилось большое количество запусков программы «Xray-SKIF» на суперкомпьютере СКИФ-БГУ. Во время запусков менялось количество моделируемых лучей и количество используемых процессоров. Количество лучей, используемое в расчетах, варьировалось от 10^3 до 10^8 , количество процессоров – от 1 до 30.

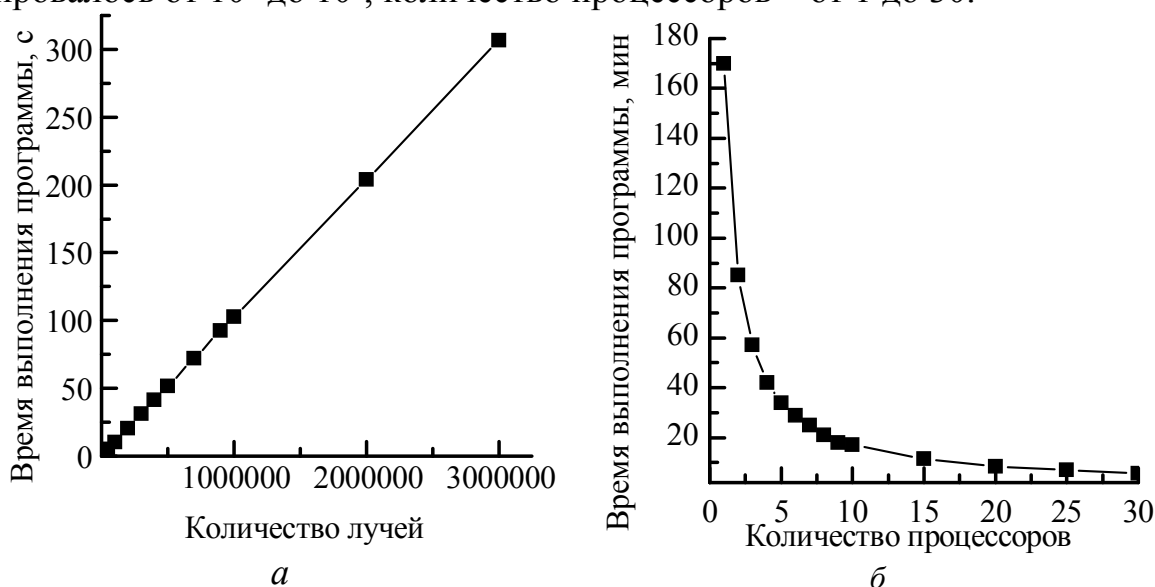


Рис. 1. Зависимость времени: а) от количества лучей на одном процессоре, б) от количества процессоров при количестве лучей равном 10^8

На основе полученных данных были построены графики зависимости времени от количества лучей (рис 1 а) и зависимости времени от количества процессоров (рис 1 б). Анализируя полученные графики можно увидеть, что зависимость времени расчета от количества лучей является линейной, а зависимость количества лучей от числа процессоров – гиперболической, что говорит об эффективности применения параллельных алгоритмов расчета и позволяет заранее оценить время расчета заданного количества лучей.

Установлено, что увеличение числа процессоров ведет к пропорциональному уменьшению времени расчетов: при расчете 10^8 лучей и числа процессоров от 1 до 30 время выполнения программы уменьшилось с 3 часов до 6 минут. С использованием разработанной параллельной программы «Xray-SKIF» были рассчитаны распределения интенсивности излучения в преломляющей рентгеновской линзе в приближении геометрической оптики для 10^8 лучей. Полученные данные позволяют восстанавливать распределение поля рентгеновской составной линзы на детекторе с разрешением 10 нм. Можно ожидать, что применения суперкомпьютера с характеристикой производительности 10 PFlop/s программа «Xray-SKIF» позволит выполнить расчеты поля для 10^{13} лучей, что соответствует разрешению 0.1 А.

Литература

1. *Lengeler B., Schroer C., Tümmler J., Benner B., Richwin M., Snigirev A., Snigireva I., and M. Drakopoulos*, Imaging by parabolic refractive lenses in the hard X-ray range, *J. Synchrotron Rad.* (1999) vol. 6 P. 1153–1167.
2. *Jark W.*, A simple x-ray monochromator based on an alligator lens, *X-Ray Spectrom.* (2004), vol 33. P. 455–461.
3. *Jark W., Pérennès F., Matteucci M., De Caro L.*, CLESSIDRA: focusing hard x-rays efficiently with small prism arrays, *Modern Developments in X-Ray and Neutron Optics*, Springer Series in Optical Sciences, (2008), vol. 137. Pp. 331–351. Springer.
4. *Snigirev A., Kohn V., Snigireva I., Lengeler B.*, (1996), *Nature*, V. 384. P. 49.
5. *Nazmov V., Reznikova E., Somogyi A., Mohr J., Saile V.* Planar sets of cross x-ray refractive lenses from SU-8 polymer, *Proceedings of SPIE*, (2004), vol. 5539. Pp. 235–243.
6. *Evans-Lutterodt K., Stein A., Ablett J. M., Bozovic N.* Using Compound Kinoform Hard-X-Ray Lenses to Exceed the Critical Angle Limit, *Phys. Rev. Lett.*, (2007). P. 99. 134801.
7. *Aristov V., Grigoriev M., Kuznetsov S., Shabelnikov L., Yunkin V.* X-ray refractive planar lens with minimized absorption, *Applied physics letters* v. 77, (2000), n. 24. P. 4058–4060.
8. *Dudchik Yu. I. and Kolchevsky N. N.* A microcapillary lens for X-rays, *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, (1998), vol. A 421 P. 361. (1998).
9. *Schroer C. G., Lengeler B.*, Focusing Hard X Rays to Nanometer Dimensions by Adiabatically Focusing Lenses, *Phys. Rev. Lett.*, (2005). P. 94. 054802.

10. *Жданович И. В., Мудрецов И. Л., Петров П. В., Кольчевский Н. Н.*, Расчет геометрических характеристик 3D-линзы, Молодежь в науке – 2012: прил. к журн. «Весті Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі» В 5 ч. Ч 3., сер. физ.-мат. наук / Нац. акад. наук Беларусі, (2013). С. 88–90.

СИНТЕЗ C1-C6 СТРОИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ ЭПОТИЛОНА И САГОПИЛОНА

Е. С. Близнюк, Д. А. Асташко

Эпотилоны – природные макролиды, проявляющие противоопухолевую активность за счет стабилизации клеточных микротрубочек [1]. Показана высокая эффективность эпотилонов по отношению к ряду лекарственно-устойчивых раковых клеток, а также возможность их применения в лечении болезни Альцгеймера и родственных заболеваний. К настоящему времени синтезировано свыше 1000 аналогов этих соединений, протестированных на биоактивность. Поиски в этом направлении продолжаются.

Целью данной работы явилась разработка подхода к получению C1-C6 строительных блоков природных эпотилонов и сагопилонна **1**, перспективного аналога модифицированного в этом фрагменте [2]. Разработанный подход должен также открывать доступ к синтезу и других измененных C1-C6 фрагментов, наибольший интерес из которых представляют модифицированные при C6- и C4-атомах углеродного скелета.

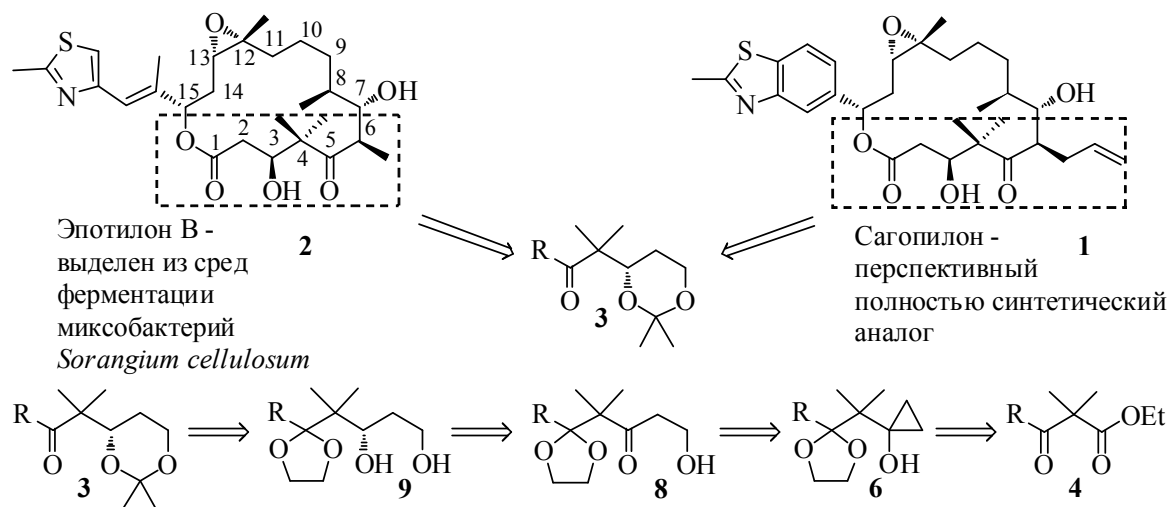


Схема 1

Для решения поставленной задачи нами была предложена общая схема синтеза данных строительных блоков (схема 1), основанная на применении открытых на кафедре органической химии БГУ реакций циклопропанирования сложных эфиров EtMgBr в присутствии Ti(Oi-Pr)₄ (реакция Кулинковича) [3] и окисления полученных циклопропанолов молекулярным кислородом в присутствии абиетата Mn (II) [4]. Образующиеся при окислении пероксисоединения могут быть легко восстанов-

лены в соответствующие β -гидроксикетоны и далее энантиоселективно в 1,3-диоли, что и легло в основу данного подхода.

Методики проведения предложенных превращений были отработаны на фрагменте природных эпотилонов (схема 2). Синтез осуществляли исходя из кетоэфира **4a**, который был получен как непосредственным ацилированием этилизобутирата **10**, так и двухстайным синтезом через соответствующий силилацеталь кетена **12** [5]. Эфир **5a** с защищенной кетогруппой циклопропановали этилмагнийбромидом в присутствии каталитических количеств изопропоксида титана (IV). Полученный циклопропанол **6a** окисляли кислородом, используя в качестве катализатора абиетат Mn (II). Последующая обработка реакционной смеси PPh_3 (без выделения и дополнительной очистки образующегося пероксисоединения **7a**) приводила к кетолу **8a**, который затем восстанавливали в соответствующий диол **9a** борогидридом натрия. При взаимодействии **9a** с ацетоном в кислой среде одновременно с постановкой ацетонидной защиты на диольный фрагмент происходило снятие диоксолановой защиты с кетогруппы, что с высоким выходом приводило к рацемическому целевому соединению **3a**.

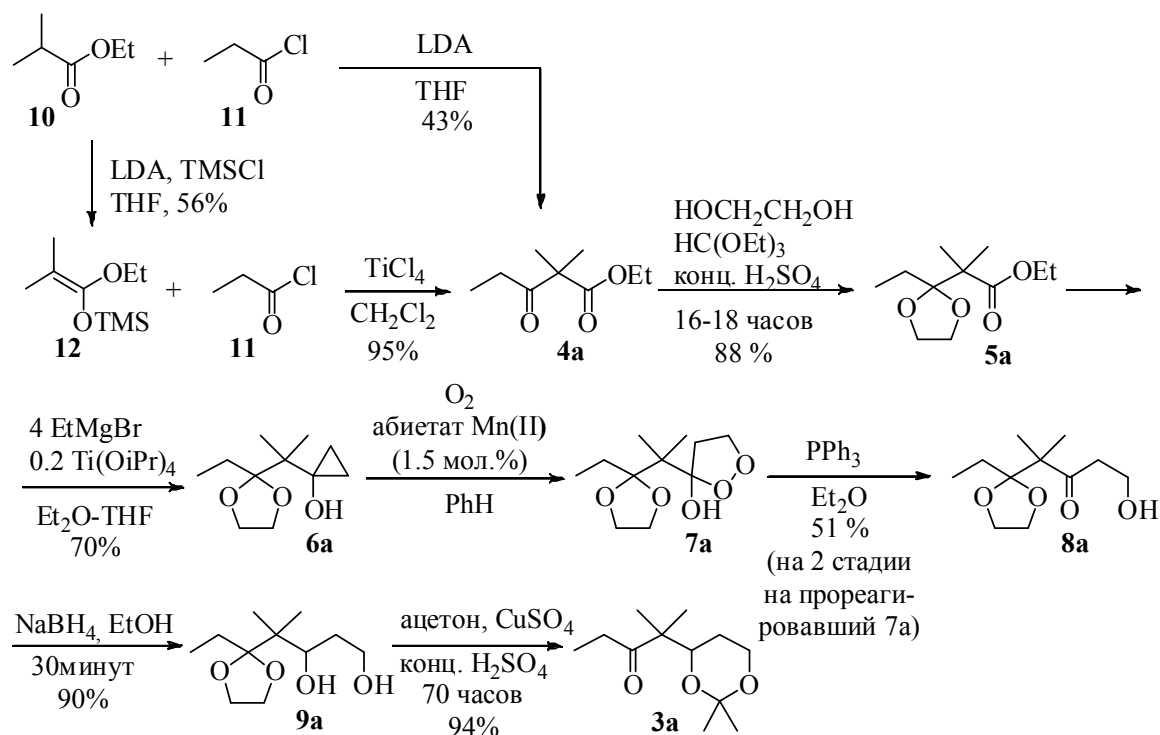


Схема 2

Борогидрид натрия был использован в качестве восстановителя для демонстрации применимости нашего подхода к синтезу C1-C6 строительного блока эпотилона. Однако, используя методы асимметрического

восстановления карбонильной группы [6], можно получить данный фрагмент в энантиомерно чистой форме.

Стоит отметить, что предложенная схема является одной из самых коротких для синтеза данного соединения [7].

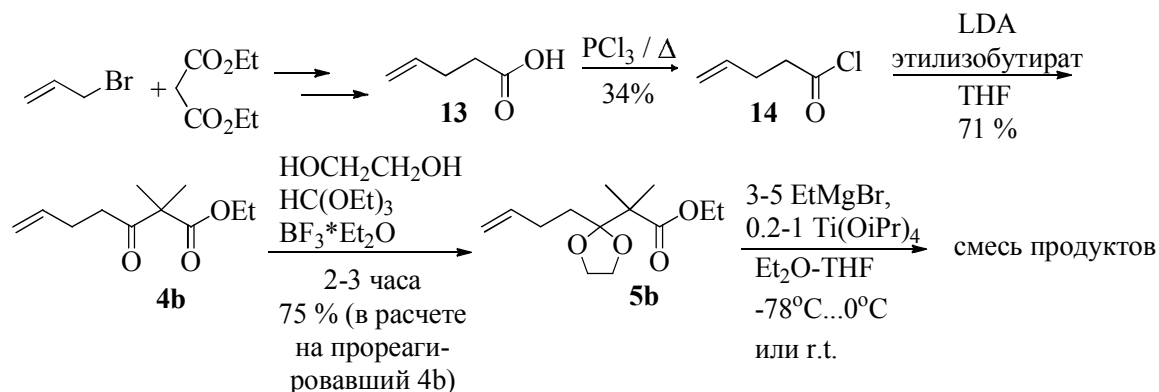


Схема 3

C1-C6 строительный блок сагопилона планировалось получить, применив аналогичную последовательность стадий (схема 3), однако циклопропанирование сложного эфира **5b** в широком диапазоне условий приводило к смеси продуктов, преобладающим среди которых был продукт восстановления двойной связи в исходном сложном эфире, и от предложенной схемы синтеза рассматриваемого фрагмента сагопилона пришлось отказаться.

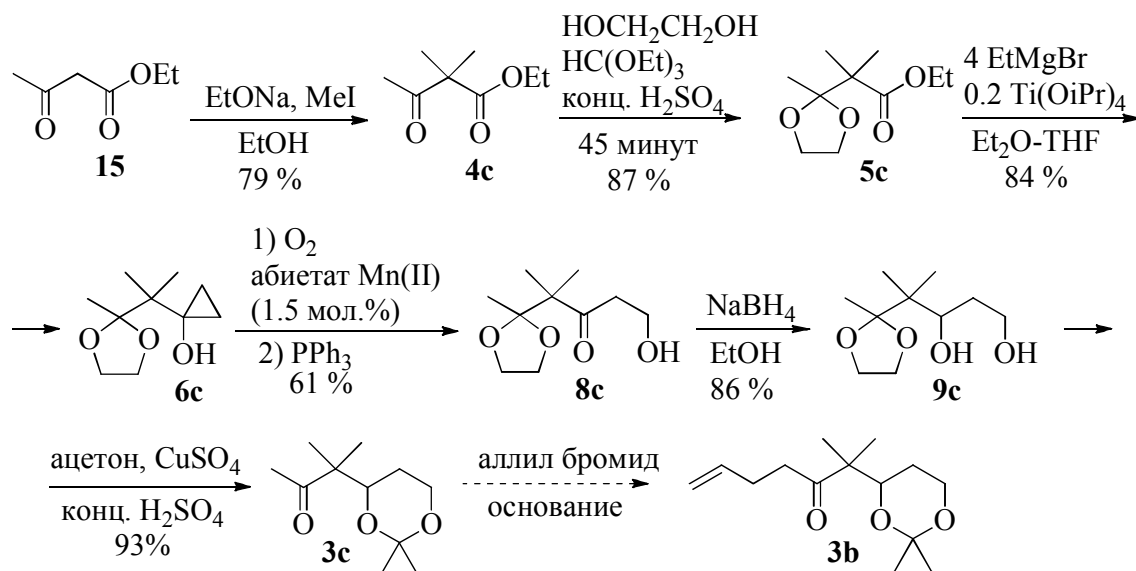


Схема 4

Нами был разработан новый, более универсальный и удобный в использовании подход, согласно которому синтез ведут исходя из легкодоступного диметилацетоуксусного эфира **4c**, который вводят в уже рассмотренную последовательность стадий (схема 4). Примечательно, что

для этого субстрата циклопропанирование и получение β -гидроксикетона протекает с более высоким выходом, чем в случае его гомолога **4a** (схема 2), также весьма существенно ускоряется реакция постановки диоксолановой защиты. По данной схеме нами получен кетон **3c**, который для превращения в требуемый C1-C6 строительный блок сагопиллона остается подвергнуть алилированию по метильной группе. Стоит отметить, что применение подобной стадии в синтезе C1-C6 фрагмента природных эпотилонов описано в литературе [8].

Таким образом, нами предложен простой, гибкий и эффективный подход к синтезу C1-C6 строительных блоков природных эпотилонов и их аналогов, который может позволить получать данные фрагменты с различными заместителями при C6- и C4-атомах.

Структуры всех полученных соединений были подтверждены методом ^1H , ^{13}C ЯМР и ИК спектроскопии.

Работа выполнена в рамках задания 2.33 ГПНИ «Фундаментальная и прикладная медицина и фармация».

Литература

1. Ferrandina G., Mariani M., Andreoli M., Shahabi S., Scambia G., Ferlini C. Novel drugs targeting microtubules: the role of epothilones // *Current Pharmaceutical Design*. 2012. Vol.18. № 19. P. 2793–2803.
2. Klar U., Buchmann B., Schwede W., Skuballa W., Hoffmann J., Lichtner R. B. Total synthesis and antitumor activity of ZK-EPO: the first fully synthetic epothilone in clinical development // *Angew. Chem. Int. Ed.* 2006. Vol. 45. № 44. P. 7942–7948.
3. Raiman M. V., Il'ina N. A., Kulinkovich O. G. A convenient method for the preparation of N-substituted 1-acetylaminocyclopropanes from acetoacetic ester ethylene acetal // *Synlett*. 1999. № 7. P.1053–1054.
4. Astashko D. A., Kulinkovich O. G., Tyvorskii V. I. Synthesis of isomeric 1,3-dimethyl-2,9-dioxabicyclo[3.3.1]nonanes and 1'-hydroxybrevicomine from ethyl 5-oxohexanoate ethyleneacetal through cyclopropanation of an ester group followed by oxidative opening of the three-membered ring // *Russ. J. Org. Chem.* 2006. Vol.42. № 5. P. 719–723.
5. Iida A., Nakazawa S., Okabayashi T., Horii A., Misaki T., Tanabe Y. Powerful Ti-crossed Claisen condensation between ketene silyl acetals or thioacetals and acid chlorides or acids // *Org. Lett.* 2006. Vol. 8. № 23. P. 5215–5218.
6. Dhar R. K. Diisopinocampheylchloroborane, (DIP-Chloride), an excellent chiral reducing reagent for the synthesis of secondary alcohols of high enantiomeric purity // *Aldrichimica Acta*. 1994. Vol. 27. №2. P. 43–51.
7. Altmann K.-H., Höfle G., Müller R., Mulzer J., Prantz K. The epothilones: an outstanding family of anti-tumor agents / Wien. 2009.
8. Mulzer J., Mantoulidis A., öhler E. Total syntheses of epothilones B and D // *J. Org. Chem.* 2000. Vol. 65. № 22. P. 7456–7467.

ИЗМЕНЧИВОСТЬ СОСТАВА ЭФИРНОГО МАСЛА ТРАВЫ ДУШИЦЫ, ПРОИЗРАСТАЮЩЕЙ НА ТЕРРИТОРИИ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

А. Г. Бузук, Р. А. Юрченко, В. А. Винарский, Г. Н. Бузук

На территории Республики Беларусь, душица представлена одним видом – *Origanum vulgare* L., имеет ресурсное значение и применяется как отхаркивающее, антимикробное и спазмолитическое средство при заболеваниях дыхательных путей [1, 2]. Предполагается, что большинство фармакологических эффектов, вызываемых лекарственными средствами на основе душицы, обусловлено компонентами эфирного масла – тимолом и карвакролом [2], что, однако, нуждается в подтверждении.

Целью настоящей работы являлось установление химического состава эфирного масла *Origanum vulgare* L., произрастающего на территории РБ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Образцы травы душицы для исследования были собраны в течение лета 2012 г. в местах ее естественного произрастания на территории Витебской (14 образцов) и Гродненской (1 образец) областей в фазу цветения и подвергнуты естественной сушке в тени (таблица). Для географической привязки и получения координат местообитаний применяли топографические карты и GPS. До анализа образцы хранились в бумажных пакетах. Фармакогностический анализ и идентификацию образцов проводили согласно ГФ РБ [3].

Навеску измельченного растительного сырья массой около 2 г помещали в плоскодонную колбу, емкостью 100 мл и приливали 40 мл диэтилового эфира, закрывали пробкой и выдерживали в ультразвуковой ванне в течение 15 минут при температуре 20°C.

Полученный экстракт отфильтровали через стеклянный фильтр. Из полученного экстракта эфир отгоняли на роторном испарителе. Полученную фракцию липофильных веществ, содержащую и эфирное масло, исследовали методом хромато-масс-спектрометрии на газовом хроматографе Hewlett-Packard 5890/II с квадрупольным масс-спектрометром (HP MSD 5971) в качестве детектора. Использовалась 30-метровая капиллярная кварцевая колонка HP-5 (сополимер 5%-дифенил-95%-диметилсилоксана) с внутренним диаметром 0.25 мм и толщиной пленки неподвижной фазы 0.25 μм. Процентный состав эфирных масел вычислялся по площадям хроматографических пиков без использования корректирующих коэффициентов. Качественный анализ основан на сравне-

нии времен удерживания и полных масс-спектров с соответствующими данными компонентов эталонных масел с данными библиотеки масс-спектрометрических данных Wiley275 (275000 масс-спектров).

Таблица

Районы и географические координаты мест взятия образцов лекарственного сырья *Origanum vulgare* L.

N	Код	Район	Широта, °	Долгота, °
1	wp36	окр. д. Осиповщина	55.235	30.307
2	wp43	окр. д. Орехово	55.165	30.074
3	wp44	окр. д. Орехово	55.166	30.069
4	wp64	окр. д. Огородники	55.197	30.334
5	wp74	окр. д. Бельновичи	55.256	30.413
6	wp75	окр. д. Бельновичи	55.259	30.425
7	wp94	окр. д. Ранино	55.137	30.449
8	wp174	окр. д. Мазолово	55.288	30.172
9	wp181	окр. д. Сущево	55.344	30.214
10	wp231	окр. д. Летцы	55.184	29.925
11	wp251	окр. д. Падубье	55.204	30.489
12	wp252	окр. д. Падубье	55.204	30.499
13	wp253	окр. д. Войтово	55.223	30.501
14	wp254	окр. д. Войтово	55.221	30.494
15	wp255	окр. д. Мосток	53.132	24.132

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Исследованные образцы травы душицы имеют значительно различающийся химический состав. Всего в липофильной фракции, извлекаемой из травы душицы диэтиловым эфиром, обнаружено более 100 соединений. Из них, как компоненты эфирного масла, были идентифицированы 44 вещества (соединения, относящиеся к другим, чем эфирные масла, классам природных соединений, не приводятся). Общий вид типичной хроматограммы эфирного экстракта травы душицы показан на рисунке 1.

Установлено, что основными компонентами эфирного масла *Origanum vulgare* L., произрастающего на территории РБ, являются сабинен (0–25.36 %), мирцен (0–20.17 %), цинеол (0–45.14 %), линалоол (0–30.95 %), β-кариофиллен (5.01–20,76 %), кариофиллен оксид (1.92–15.32 %), α-терпинеол (0–16,53 %), фенхон (0–14.21 %) и гермакрен D (0–16.23 %). Содержание тимола в составе эфирного масла находится в пределах 0–3.61 %. Кроме того, последний обнаружен лишь в половине из исследованных образцов. Присутствия спутника тимола –

карвакрола в исследованных образцах травы душицы не зафиксировано. Формулы идентифицируемых компонентов эфирного масла можно видеть на рисунке 2.

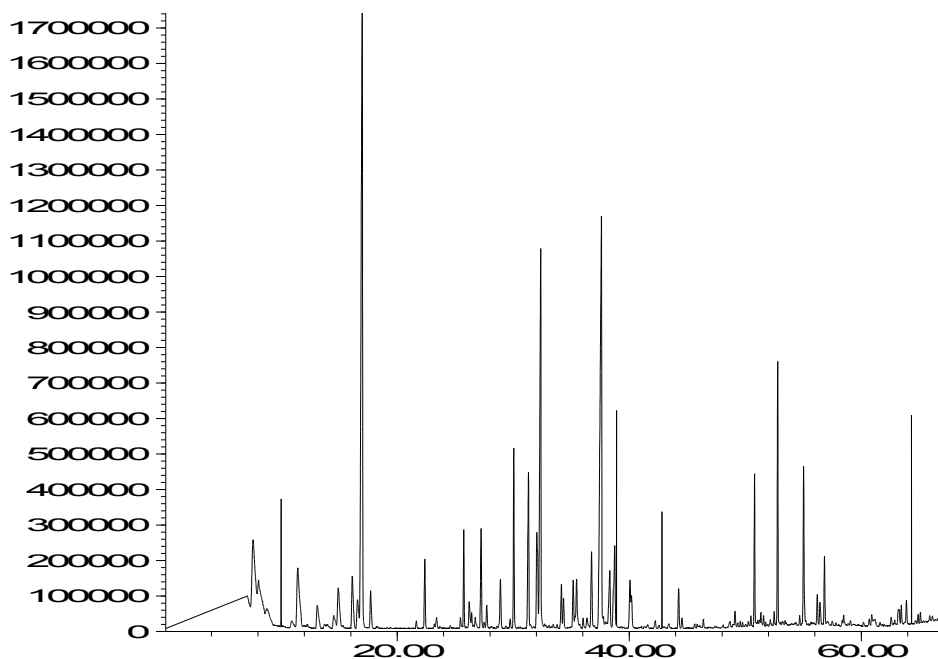


Рис. 1. Общий вид хроматограммы эфирной фракции *Origanum vulgare L.*

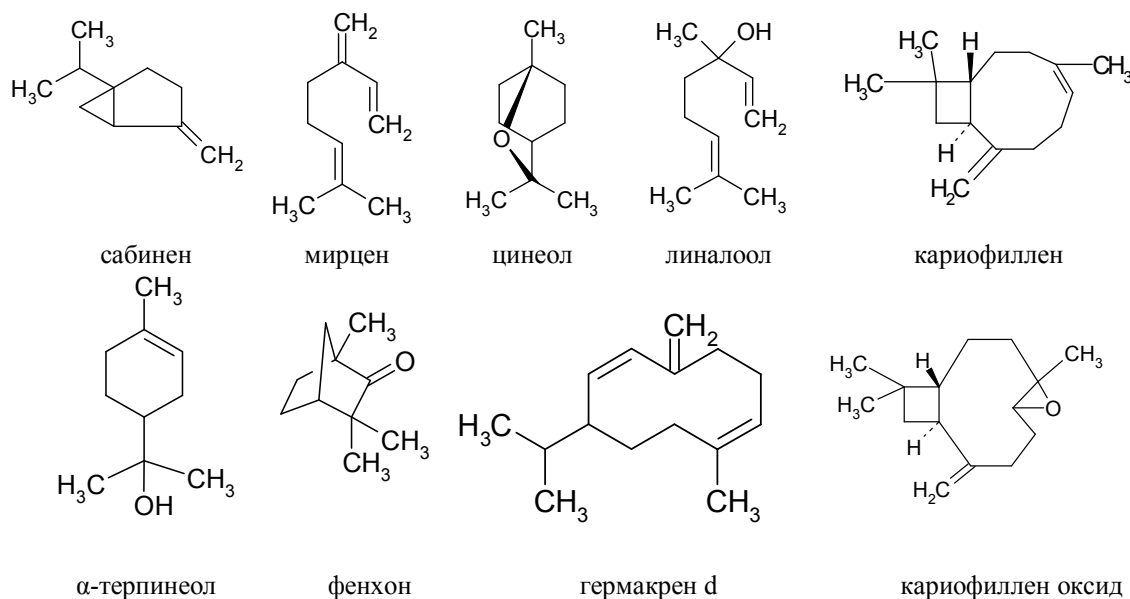


Рис. 2. Формулы основных компонентов эфирной фракции *Origanum vulgare L.*

Нами предпринята попытка группировки полученных данных по химическому составу эфирного масла душицы. С этой целью был применен кластерный анализ. Полученные данные представлены на рисунке 3.

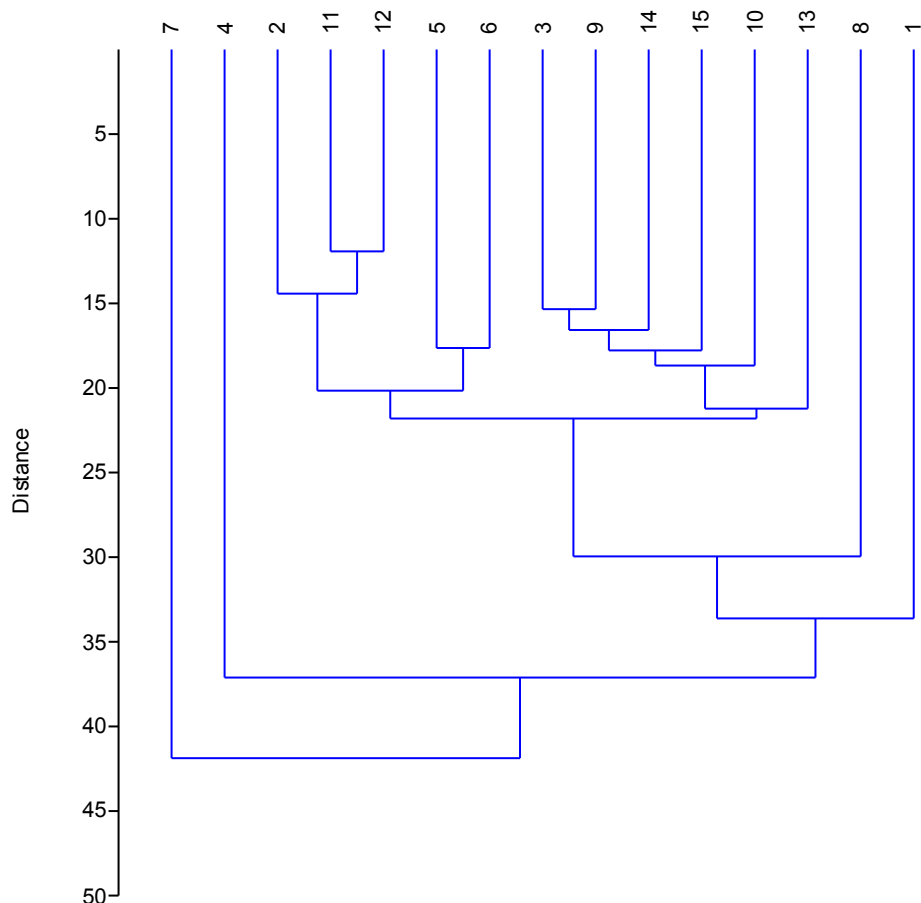


Рис. 3. Дендрограмма кластерного анализа матрицы данных химического состава эфирного масла *Origanum vulgare* L.

Кластерный анализ химического состава эфирного масла душицы показал, что распределение всей совокупности исследованных образцов *Origanum vulgare* L. формирует пять групп. Это дает основание выделить следующие хемотипы исследованного вида тимьяна по принципу преобладания в составе эфирного масла основных компонентов:

1. мирцен + линалоол + β -кариофиллен + α -терпинен (1);
2. β -кариофиллен + γ -элемен (8);
3. цинеол + кариофиллен-оксид (7);
4. линалоол + оцимен (4);
5. остальные (2,3,5,6,9-15).

Общей особенностью всех выделенных хемотипов является присутствие в их составе, наряду с перечисленными выше соединениями, значительных количеств β -кариофиллена и его оксида, а также сабинена.

Таким образом, основными компонентами эфирного масла травы душицы обыкновенной, произрастающей в Республике Беларусь, являются цинеол, сабинен, мирцен, линалоол, β -кариофиллен, кариофиллен оксид, α -терпинеол, фенхон и гермакрен D. Эфирное масло

травы душицы, произрастающей в Республике Беларусь, характеризуется низким содержанием фенольных соединений тимола и карвакрола.

Аналогичная ситуация с составом эфирного масла душицы обыкновенной имеет место в сопредельных с Республикой Беларусь странах, таких как, Российская Федерация, Украина, Польша и Литва.

Так, в составе эфирного масла дикорастущей душицы обыкновенной, произрастающей в восточной Сибири, содержание фенолов также невысокое, суммарное количество тимола и карвакрола составляет около 1.3 %. Основными компонентами эфирного масла являются (-)-4-терпинеол (14.38 %), α -терпинеол (5.14 %), β -линалоол (2.0 %), кариофиллен оксид (27.2 %), (-)-спатуленол (7.89 %), β -бисаболен (2.84 %), кариофиллен (2.59 %) [4].

Также низким является общее содержание фенолов (timoла и карвакрола) в исследованных маслах крымских популяций душицы обыкновенной, которое не превышало 0,36 %. По преобладанию в эфирном масле относятся к трём хемотипам: содержащий в основном α -терпинеол; β -кариофиллен, гермакрен D и α -фарнезен; кариофиллен оксид, α -кадинол и β -кариофиллен [5].

Доминирующими соединениями эфирного масла душицы, произрастающей в Польше, были сабинен (10.85–25.46 %), гермакрен D (9.36–15.34 %), β -оцимен (9.10–16.33 %) и β -кариофиллен (9.38–12.87 %). Фенолы – тимол и карвакрол вовсе не были обнаружены [6].

В душице обыкновенной, выращиваемой в Литве, преобладающими компонентами эфирного масла были β -кариофиллен (15.4–24.9 %), сабинен (6.2–19.5 %) и гермакрен D (11.4–14.6 %) и кариофиллен оксид (7.6–11.1 %). Содержание тимола и карвакрола составляло 0.1–1.2 % [7].

Следовательно, низкое содержание или отсутствие в составе эфирного масла душицы обыкновенной, произрастающей на территории Республики Беларусь, фенолов – тимола и карвакрола скорее правило, чем исключение.

Литература

1. Определитель высших растений Беларуси / Под ред. В.И.Парфенова. Мн., Дизайн ПРО, 1999.
2. Фармакогнозия. Атлас: Учебное пособие / Под ред. Гринкевич Н. И., Ладыгиной Е. Я. М.: Медицина, 1989.
3. Государственная фармакопея Белоруссии (ГФ РБ). В 3 т. Том 1. Общие методы контроля качества лекарственных средств / УП «Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении»; под ред. Г. В. Годовальникова. Минск: Гос. ПТК полиграфии, 2006.
4. Мирович В. М., Коненкина Т. А., Федосеева Г. М., Головных Н. Н. Исследование качественного состава эфирного масла душицы обыкновенной, произрастающей в восточной Сибири. Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 61–64.

5. *Бойко Е. Ф., Мишинёв А. В., Лолойко А. А.* Компонентный состав эфирного масла крымских природных Популяций душицы обыкновенной (*Origanum vulgare* L.). Збірник наукових праць ЛНАУ. № 92. 2008. С. 17–22.
6. *Nurzyńska-Wierdak R., Bogucka-Kocka A., Sowa I., Szymczak G.* The composition of essential oil from three ecotypes of *Origanum vulgare* L. ssp. *vulgare* cultivated in Poland. *Farmacia*. 2012. Vol. 60. N 4. P. 571–577.
7. *Danute M, Asta F., Genovaite B.* Volatile constituents of cultivated *Origanum vulgare* L. inflorescences and leaves. *Chemija*. 2004. T. 15. N 1. P. 33–37.

ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ОСАЖДЕНИЕ ПОКРЫТИЙ ИЗ БРОНЗЫ НА АЛЮМИНИЙ

Е. А. Веретенникова, Т. Н. Воробьева

ВВЕДЕНИЕ

Электрохимическое осаждение металлических покрытий на изделия из алюминия и его сплавов востребовано в различных отраслях промышленности, однако получение на алюминии плотных защитно-декоративных покрытий с хорошей адгезией без вспомогательного подслоя методом электрохимического осаждения из растворов крайне затруднительно. Это обусловлено быстрой коррозией алюминия как в кислых, так и в щелочных электролитах, особенно заметной в присутствии хлорид-ионов, которая протекает сквозь поры осаждающихся покрытий.

Для выполнения защитно-декоративных функций на изделиях из алюминия и его сплавов наиболее привлекательными являются покрытия из бронзы, поскольку они значительно более устойчивы к коррозии, чем медь, более твердые и износостойчивые и, кроме того, имеют декоративный внешний вид. Они значительно дешевле никелевых и хромовых покрытий и, помимо перечисленных выше достоинств, способны к пайке. В литературных источниках отсутствуют сведения об электрохимическом осаждении покрытий из бронзы на изделиях из алюминия и его сплавов без нанесения промежуточных слоев.

Цель данного исследования состояла в подборе состава электролита для электрохимического осаждения сплава Cu-Sn на алюминий и изучении влияния условий осаждения на выход по току, скорость роста покрытий, их адгезию к подложке, микроструктуру и способность к пайке.

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

Покрытия Cu-Sn осаждали на предварительно обезжиренную алюминиевую фольгу (99 % Al), активированную в растворе состава (г/л): NaOH – 15, Na₂CO₃ – 10, NaNO₃ – 15. Покрытия из сплава осаждали из пирофосфатного и оксалатного электролитов, подобранных на основе

литературных рекомендаций с учетом требований экологической безопасности (бесцианидный раствор), энергосбережения и простоты оснастки (работа при комнатной температуре), близкая к нейтральной среда. Состав пирофосфатного электролита (г/л): $\text{CuF}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 22, $\text{SnCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – 9, $\text{K}_4\text{P}_2\text{O}_7$ – 200, сульфосалицилат натрия – 10; pH 8,5, $T = 25$ °С, $J_k = 0,3$ А/дм² [1]. Состав оксалатного электролита (г/л): $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ – 23, SnSO_4 – 10, $\text{NH}_4\text{C}_2\text{O}_4$ – 50, H_3BO_3 – 20, желатина – 0,1, триэтанолламин – 0,4; pH 5, $T = 18$ – 25 °С, $J_k = 0,3$ – $0,7$ А/дм² [2]. В качестве анодов использовали бронзовые бруски. Объем электролита составлял 500 мл. В случае оксалатного электролита раствор перемешивали магнитной мешалкой.

Толщину покрытий определяли с точностью $\pm 0,005$ мкм гравиметрическим методом с учетом влияния соотношения меди и олова в сплаве на его плотность. Выход меди по току (ВТ) рассчитывали по общепринятой методике [3].

Для определения фазового состава покрытий использовали рентгеновский дифрактометр ДРОН-3.0. Съемку рентгенограмм проводили со скоростью 1 град/мин с использованием CoK_α -излучения ($\lambda = 1,78896$ Å). Для идентификации линий использовали данные картотеки JCPDS.

Морфологию поверхности и элементный состав полученных образцов изучали, используя сканирующий электронный микроскоп LEO 1420 с приставкой Roentec для EDX-анализа.

Коррозионную стойкость оценивали по уносу массы образца в 3 % растворе NaCl в течение заданного времени.

Паяемость полученных покрытий оценивали по смачиваемости поверхности флюсованным припоем ПОС-61. Коэффициент растекания припоя вычисляли по формуле: $K_{\text{раст}} = (D-H)/D \cdot 100\%$, где D – диаметр сферы, имеющей объем, эквивалентный используемому припою, H – высота капли припоя. Оценку паяемости проводили согласно рекомендациям работы [4].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При электроосаждении из пирофосфатного электролита удалось получить полублестящие покрытия Cu–Sn, содержащие до 5 % Sn, с хорошей адгезией к подложке, которые не отслаивались при перегибах фольги. Цвет покрытий практически не отличался от медных. Скорость осаждения покрытия составила 4 мкм/ч, выход по току – 99–100 %. Кривая зависимости толщины покрытий от времени осаждения приведена на рис. 1 а.

При повышении плотности тока от 0,3 А/дм² до 0,5 А/дм² содержание олова в покрытиях и скорость их осаждения практически не изменялись,

а выход по току снижался до 84 и 73 % при плотностях тока 0,4 и 0,5 А/дм² соответственно. Дальнейшее повышение плотности тока было нецелесообразным из-за появления на покрытиях черного налета.

При электроосаждении из оксалатного электролита удалось получить блестящие покрытия сплавом Cu–Sn, с большим содержанием олова в сплаве по сравнению с покрытиями из пирофосфатного электролита, с хорошей адгезией к подложке, которые не отслаивались при перегибе образца. Кривая зависимости толщины покрытий от времени осаждения приведена на рис. 1 б.

При повышении плотности тока от 0,5 до 0,7 А/дм² увеличивалось содержание олова в покрытии с 8 % до 10 %, возрастала скорость осаждения от 8 до 16 мкм/ч соответственно. Покрытия приобретали золотисто-желтый цвет, имели декоративный вид. Дальнейшее повышение плотности тока приводило к появлению черного налета на образцах.

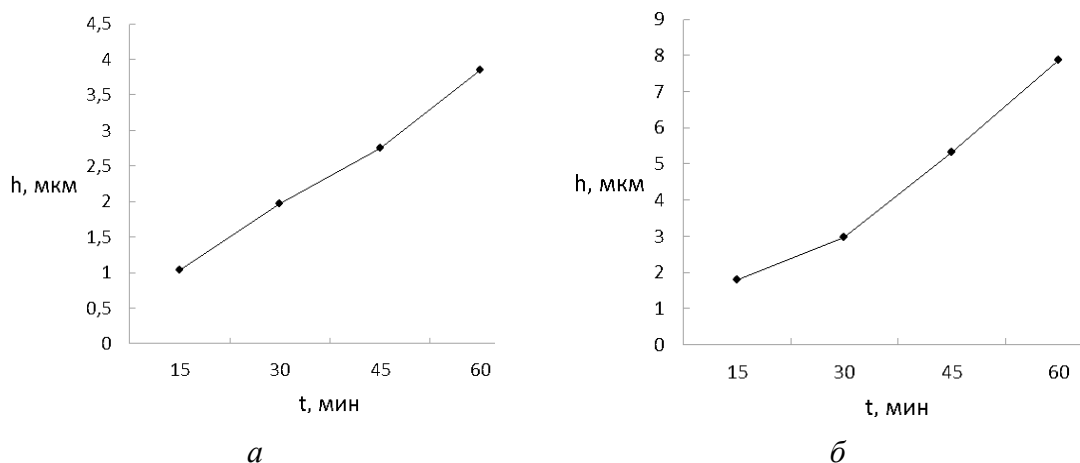
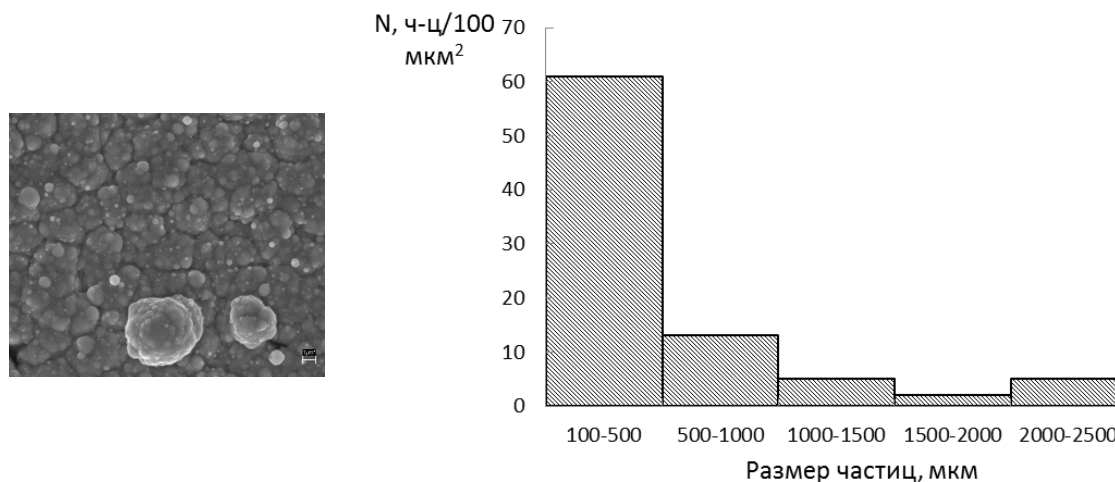


Рис. 1. Зависимость толщины покрытий от времени электроосаждения из: а – пирофосфатного, б – оксалатного электролита. $J = 0,3$ и $0,5$ А/дм² соответственно

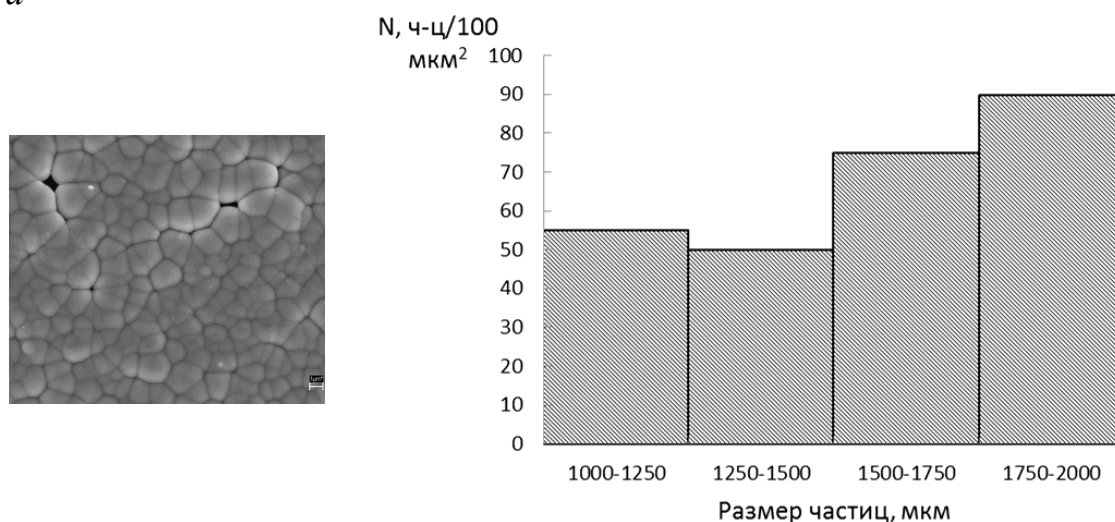
Согласно данным рентгенографического анализа образцы, полученные из пирофосфатного электролита включают α -фазу (кубическую), ϵ -фазу (Cu₃Sn, орторомбическую), а также ζ -фазу (химическое соединение Cu₁₀Sn₃). В составе образцов, полученных из оксалатного электролита, также были зарегистрированы α , ϵ и ζ – фазы.

Изучение методом СЭМ морфологии покрытий показало, что размеры зерен в них колеблются в пределах 100–2500 нм (пирофо-сфатный электролит) и 1000–2000 нм (оксалатный электролит). Покрытия из пирофосфатного электролита почти не содержат пор уже при толщине 2 мкм, в то время как из оксалатного электролита осаждаются значительно более пористые покрытия (рис. 2 а, б). Коррозионные испытания показали, что покрытия, осажденные из пирофосфатного электролита, обладают более высокой защитной способностью: в течение часа масса

образцов не изменяется. Унос в течение часа массы покрытий, осажденных из оксалатного электролита, не превышает $0,04 \text{ г/м}^2$.



a



б

Рис. 2. СЭМ-микрофотографии и соответствующие им гистограммы распределения частиц по размерам в покрытиях медь–олово, осажденных на алюминий ($h = 2 \text{ мкм}$):
a – из пиррофосфатного, *б* – из оксалатного электролита

Испытания паяемости покрытий свидетельствуют, что полученные покрытия хорошо смачиваются оловянно-свинцовым припоем. Разница в смачиваемости покрытий, полученных из разных электролитов, невелика: значения константы растекания составляют 89–95 %, что соответствует требованиям к образцам, пригодным для пайки. Покрытия при испытаниях не отслаиваются, что свидетельствует об их хорошей адгезии к подложке.

ВЫВОДЫ

1. Подобраны составы растворов (пирофосфатный и оксалатный) и условия электрохимического осаждения покрытий из сплава медь–олово на алюминий без нанесения промежуточных слоев при комнатной температуре. Показано, что оптимальная плотность тока при использовании пирофосфатного и оксалатного электролитов составляет 0,3 и 0,5–0,7 А/дм², а скорость осаждения 4,0 и 7,5 мкм/ч соответственно; выход по току в обоих случаях составляет 90–100 %.

2. Показано, что покрытия, осажденные из пирофосфатного электролита, включают до 5 ат. %, а из оксалатного – до 10 ат. % олова; состав покрытий входят α , ϵ и ζ – фазы.

3. Изучена морфология покрытий и показано, что размеры зерен в них колеблются в пределах 100–2500 нм (пирофосфатный электролит) и 1000–2000 нм (оксалатный электролит). Покрытия из пирофосфатного электролита почти не содержат пор уже при толщине 2 мкм, в то время как из оксалатного электролита осаждаются значительно более пористые покрытия. Этот факт сказывается на защитной способности покрытий, которая значительно выше у покрытий из пирофосфатного электролита.

4. Показано, что полученные покрытия хорошо смачиваются приповерхностью и имеют хорошую адгезию к алюминиевой подложке.

Литература

1. *Adriana Nunes Correia, Marcello Xavier Facanha, Pedro de Lima-Neto* Cu-Sn coatings obtained from pyrophosphate-based electrolytes // *Surface and Coatings Technology* V.201, 2007. P. 7216–7221.
2. Патент 2130513 Россия, МКИ С 25 D 3/58, Электролит бронзирования / *Лукомский Ю. Я., Кунина О. Л.* (Россия). Заявл. 17. 09. 1997; Опубл. 20. 05. 1999.
3. *Кузнецов Б. В.* Электрохимическое осаждение и свойства бинарных сплавов медь–никель, никель–олово, медь–олово // *Дис.... к-та хим. наук – 2007*, Минск.
4. *Ланин В. Л.* Оценка паяемости электронных компонентов // *Компоненты и технологии* № 2, 2008. С. 150–154.

ВЛИЯНИЕ РЕТИНОИДОВ НА РАДИАЦИОННО-ИНДУЦИРОВАННЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ЭТАНОЛА И ГЕКСАНА

В. В. Волобуева, С. Н. Самович, О. И. Шадыро

ВВЕДЕНИЕ

При действии радиации и других агрессивных факторов окружающей среды на организм образуются свободные радикалы и их токсичные

продукты, гиперпродукция которых способна вызывать деструкцию функционально важных молекул и приводить к возникновению и развитию различных заболеваний [1, 2]. Было показано, что помимо процессов окисления большой вклад в повреждение биомолекул вносят реакции их свободнорадикальной фрагментации, следствием реализации которой являются деструкция и модификация углеводов, липидов, пептидов [3]. Это делает актуальным проведение работ по поиску веществ, которые эффективно ингибировали бы как процессы окисления, так и реакции фрагментации биологически важных молекул. В этой связи огромную важность приобретает изучение способности природных и синтетических соединений регулировать процессы, протекающие с участием органических радикалов различного строения.

В настоящей работе методом стационарного радиолиза изучено взаимодействие *транс*-ретинала и *транс*-ретинола, обладающими различного рода фармакологической активностью и относительно низкой токсичностью, с пероксидными, алкильными и α -гидроксиалкильными радикалами, которые образуются при радиационно-индуцированных превращениях этанола и гексана.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Структурные формулы исследованных в работе ретиноидов представлены на рис. 1. Используются *транс*-ретинол (I), *транс*-ретиналь (II), ацетальдегид (AA), (+/-)-мезо-2,3-бутандиол (2,3-БД), *n*-гексан фирмы Sigma-Aldrich с чистотой не менее 96 %. Этанол-ректификат (96 об. %) очищали фракционной перегонкой на ректификационной колонне. Концентрация *транс*-ретинола (I) и *транс*-ретиналя (II) в ходе эксперимента составляла 10^{-3} моль/л. Точные навески исследуемых соединений помещали в пикнометры объемом 10 мл, заливали деаэрированным растворителем, перемешивали и насыщали Ag в течение 40 минут. Далее раствор разливали в предварительно продутые аргоном ампулы, после чего их запаивали. Процедура получения оксигенированных растворов исследуемых соединений аналогична описанной выше.

Приготовленные образцы облучали на γ -установке с источником излучения ^{60}Co , мощность дозы была $0,26 \pm 0,01 \text{ Гр} \times \text{с}^{-1}$. Интервалы поглощенных доз составили 109,2 – 546,0 Гр для этанола и 156,0 – 780,0 Гр для гексана.

Качественный и количественный анализ исследуемых веществ осуществляли хроматографическим и спектрофотометрическим методами.

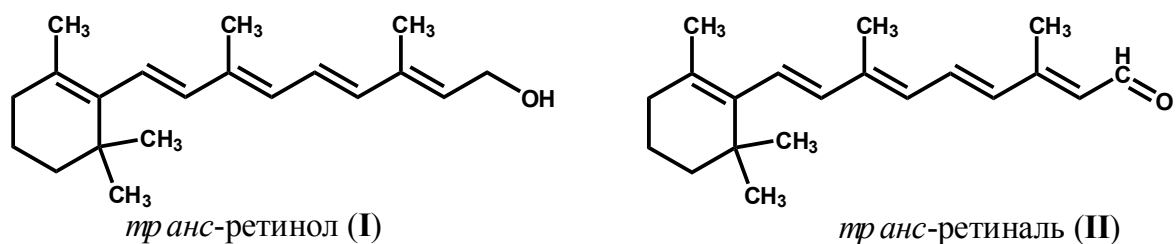
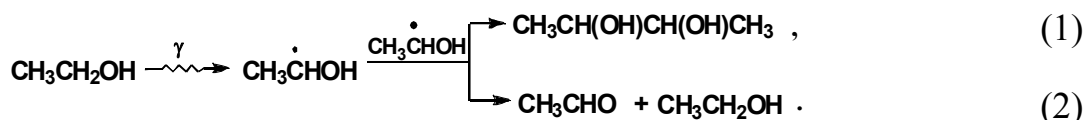


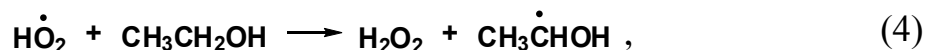
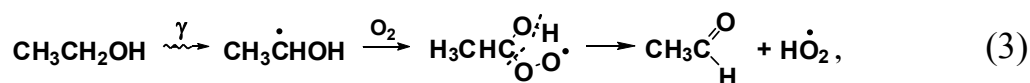
Рис. 1. Структурные формулы тестируемых соединений

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

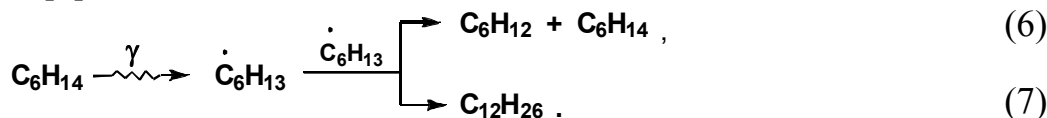
Радиационно-химические превращения этанола детально изучены [4]. Основными молекулярными продуктами радиолитического деаэрированного этанола в отсутствие добавок являются АА и 2,3-БД, которые образуются в реакциях рекомбинации (1) и диспропорционирования (2) α -гидроксиэтильных радикалов (α -ГЭР):



При радиолитическом окислении этанола, насыщенного кислородом, основными молекулярными продуктами являются АА и пероксид водорода:



Ключевую роль в формировании конечных продуктов радиолитического деаэрированного гексана играют реакции гексильных радикалов, в результате протекания которых образуются гексены и додеканы различного строения [4]:



Основными молекулярными продуктами радиолитического окисления гексана являются соответствующие спирты (гексанол-2, гексанол-3) и кетоны (гексанон-2 и гексанон-3), в образовании которых главную роль играют превращения алкилпероксидных радикалов (рис. 2) [4].

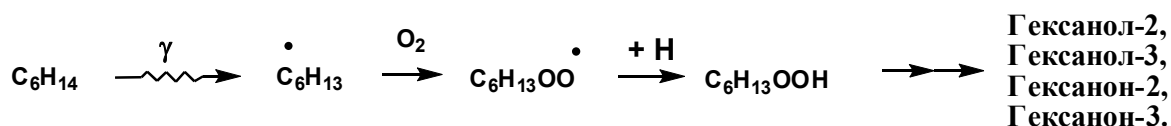


Рис. 2. Механизм радиолитического окисления гексана

Определяя выходы продуктов радиолитиза этанола и гексана в присутствии и отсутствие исследуемых соединений, можно оценить их радикалрегуляторные свойства в реакциях с кислород- и углеродцентрированными радикалами различного строения.

Таблица

Влияние ретиноидов на радиационно-индуцированные превращения этанола и гексана

Деаэрированный этанол				
Тестируемые соединения	Радиационно-химический выход (G), молекула/100 эВ			
	Ацетальдегид	Бутандиол-2,3	Расходование добавки	
Без добавок	1,26±0,08	1,39±0,06	–	
транс-ретинол	1,47±0,10	0,10±0,01	-1,10±0,04	
транс-ретиноль	3,73±0,03	0,09±0,01	-3,16±0,18	
Оксигенированный этанол				
Тестируемые соединения	Радиационно-химический выход (G), молекула/100 эВ			
	Ацетальдегид	Пероксид водорода	Расходование добавки	
Без добавок	7,16±0,48	6,03±0,24	–	
транс-ретинол	7,11±0,55	4,40±0,20	-5,96±0,25	
транс-ретиноль	6,87±0,58	–	-0,62±0,17	
Деаэрированный гексан				
Тестируемые соединения	Радиационно-химический выход (G), молекула/100 эВ			
	ΣДодеканов			Расходование добавки
Без добавок	0,62±0,06			–
транс-ретинол	0,34±0,02			-1,96±0,10
транс-ретиноль	0,22±0,02			-3,02±0,06
Оксигенированный гексан				
Тестируемые соединения	Радиационно-химический выход (G), молекула/100 эВ			
	ΣГексанолов	ΣГексанонов	Σпродуктов	Расходование добавки
Без добавок	0,61±0,05	1,01±0,06	1,62±0,06	–
транс-ретинол	0,93±0,06	0,45±0,02	1,38±0,04	-8,53±0,72
транс-ретиноль	0,66±0,05	0,73±0,04	1,39±0,05	-0,77±0,06

Введение в деаэрированный этанол *транс*-ретиноля (II) и *транс*-ретинола (I) приводит практически к полному подавлению образования 2,3-БД, а в случае деаэрированного *n*-гексана – снижает выход додеканов в среднем в 2–3 раза (таблица). Это свидетельствует о выраженной реакционной способности тестируемых соединений по отношению к углеродцентрированным радикалам. *Транс*-ретинол (I), по-видимому, восстанавливает α-ГЭР и гексильные радикалы с образованием радикала добавки. Небольшое увеличение выхода АА и относительно невысокий выход расходования *транс*-ретинола (I) при радиолитизе деаэрированного этанола в его присутствии свидетельствует о возможности регенерации

радикала добавки до исходного соединения с образованием АА. В случае *транс*-ретиная (II) наблюдается увеличение выхода АА в 3 раза, что говорит о его способности окислять α -ГЭР. При радиоллизе деаэрированного этанола и *n*-гексана методом масс-спектрометрии для ретиноидов (I, II) были обнаружены аддукты с большими, нежели исходные соединения, молекулярными массами, что указывает на возможность присоединения α -ГЭР и гексильных радикалов по кратным связям *транс*-ретиная (II) и *транс*-ретинола (I).

При радиоллизе оксигенированного этанола и *n*-гексана в присутствии соединений (I, II) изменения выходов АА, H₂O₂ и суммарных выходов продуктов окисления *n*-гексана практически не наблюдается по сравнению с системами без добавок, что говорит о слабовыраженной антиоксидантной активности тестируемых соединений в данных модельных системах.

Таким образом, при оценке радикалрегуляторных свойств *транс*-ретиная (II) и *транс*-ретинола (I) установлено, что, взаимодействуя с α -ГЭР и гексильными радикалами по различным механизмам, исследуемые соединения способны эффективно ингибировать радиационно-индуцированные превращения деаэрированного этанола и *n*-гексана. Тестируемые соединения обладают низкой реакционной способностью по отношению к кислородцентрированным радикалам, образующимся при радиоллизе оксигенированного этанола и *n*-гексана.

Литература

1. Halliwell B. Free radicals in biology and medicine / New York, 2007.
2. Stark G. The effect of ionizing radiation on lipid membranes // Biochim. Biophys. Acta. Vol. 1071. 1991. № 2. P. 103–122.
3. Shadyro O. I. Radiation-induced free radical fragmentation of cell membrane components and the respective model compounds // Free radicals in biology and environment / O.I. Shadyro. – edited by F. Minisci. – Dordrecht. Vol. 27. 1997. P. 317–329.
4. Пикаев А. К. Современная радиационная химия. Радиоллиз газов и жидкостей / Под ред. В.И. Спицына. М., 1986.

ПОЛУЧЕНИЕ ХИТОЗАНОВЫХ ЧАСТИЦ С МИРАМИСТИНОМ МЕТОДОМ РАСПЫЛИТЕЛЬНОЙ СУШКИ

И. В. Гриб, Г. К. Жавнерко

ВВЕДЕНИЕ

Одним из перспективных направлений в получении микро(нано)размерных частиц является метод распылительной сушки, применяющийся для получения сухих порошков из растворов суспензий. По

сравнению с другими методами измельчения, такими как дробление, механическое измельчение, осаждение из растворов, распылительная сушка имеет ряд преимуществ [1–5]:

1. Возможность получения однородных частиц субмикронных и наноразмеров.

2. Малое время процесса сушки (15–30 с). Частицы фактически не подвергаются тепловому воздействию, т.к. большая часть энергии уходит на испарение остаточной влажности.

3. Легкость регулировки различных показателей качества высушенного продукта путём изменения параметров режима сушки. К ним относятся объёмный вес сухого порошка, размер частиц, остаточная влажность, температура.

4. Большой диапазон возможных температур в зоне сушки: от 60 до 1200 °С.

5. Получение многокомпонентных порошков.

6. Практически 100% степень капсулирования лекарственных препаратов.

Одним из перспективных антибактериальных средств для лечения различных инфекций является мирамистин, выбранный в качестве капсулируемой формы [6]. Из большого числа биополимеров, которые можно использовать в качестве матрицы, был выбран хитозан, что обусловлено его биосовместимостью, биodeградебельностью, химической и радиационной устойчивостью [7].

Целью работы являлось формирование методом распылительной сушки хитозановых частиц с различным содержанием мирамистина, для изучения перспектив дальнейшего использования в медицине в качестве антибактериального средства пролонгированного действия.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы:

Мирамистин, хитозан (мол. масса $1,3 \cdot 10^6$, Aldrich (США)), водный раствор глутаральдегида 50% (вес.) (Aldrich, США). ПЭИ (полиэтиленмин) (Aldrich, США), ПСС (натриевая соль полистиролсульфоната) (Aldrich, США). Все реагенты и растворители были аналитической степени чистоты.

Оборудование:

Для получения микро- и наночастиц использовали нанораспылитель высушивающий LU 222 Advanced (рис. 1).

Полученные частицы характеризовали методом микроскопии в камере Горяева с помощью оптического микроскопа Planar Микро МБ (Пла-

нар, Беларусь). Фурье-ИК спектры записаны на Фурье-ИК спектрометре Tensor 27 (Bruker, Германия). Размеры и морфологию поверхности частиц также определяли с помощью атомно-силового микроскопа (АСМ) Nanoscope IIIA (Veeco, США). При сканировании использовали зонды NPS-1 из нитрида кремния с константами жесткости от 0.06 до 0.58 Н/м. Образцы для АСМ готовили адсорбцией частиц из раствора (гексан), на поверхность (кристаллографическая ориентация (1 0 0)) кремниевых пластин прямоугольной формы площадью $\sim 2 \text{ см}^2$.



Рис. 1. Распылительная сушка LAB SPRAY DRIER LU – 222 Advanced

Хитозановые микросферы с мирамистином были получены с помощью аэрозольной сушки. Раствор хитозана 0,1 % (вес.) готовили растворением хитозана в дистиллированной воде, содержащей 0,7 % (вес.) уксусной кислоты. Затем добавляли раствор различной концентрации мирамистина (F1 – 0,0005 %; F2 – 0,005 %; F3 – 0,05 %; F4 – 0,1 %) при постоянном перемешивании в течение 15 мин. После этого вводили раствор глутарового альдегида (конечная концентрация 0,02 % (вес.)) и подвергали распылительному высушиванию (диаметр сопла 0,7 мм) под давлением со скоростью подачи раствора 2,5–2,8 мл/мин в распылительной сушилке LU-222 Advanced. Температуру на входе поддерживали на уровне 250 °С, а температуру на выходе, которая зависит от температуры на входе и других факторов, таких как воздух и скорость подачи жидкости, варьировали от 85 до 100 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным оптической микроскопии, частицы имеют сферическую форму (рис. 2). Их размеры (диаметр) лежат в пределах от 2 до 5 мкм (рис. 3).

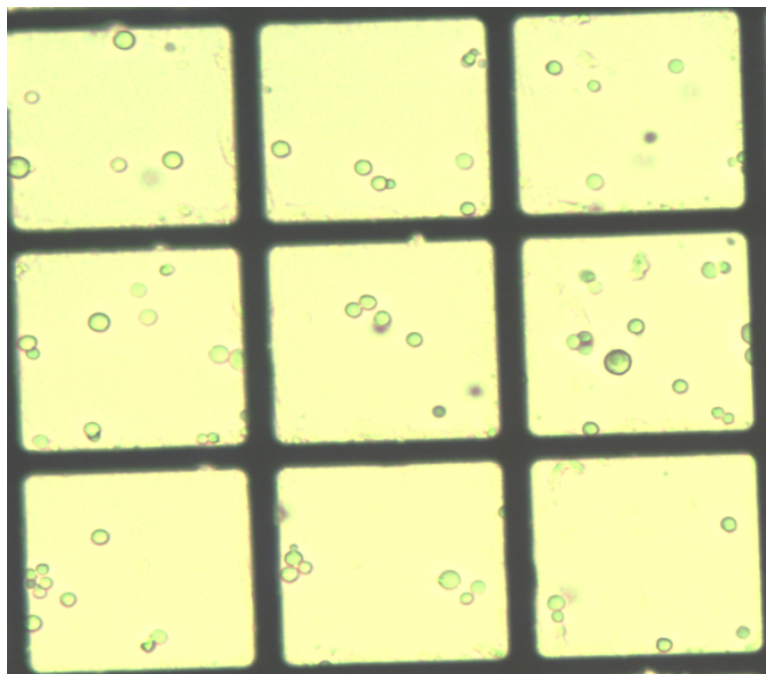


Рис. 2. Изображение хитозановых частиц с мирамистином, полученных с помощью оптической микроскопии в камере Горяева. Размер квадрата составляет 50×50 мкм

Данные по распределению частиц по размерам представлены на рис. 3. Из приведенных гистограмм следует, что в результате диспергирования образцов образуются частицы размером 1–2 мкм (18 до 68 %).

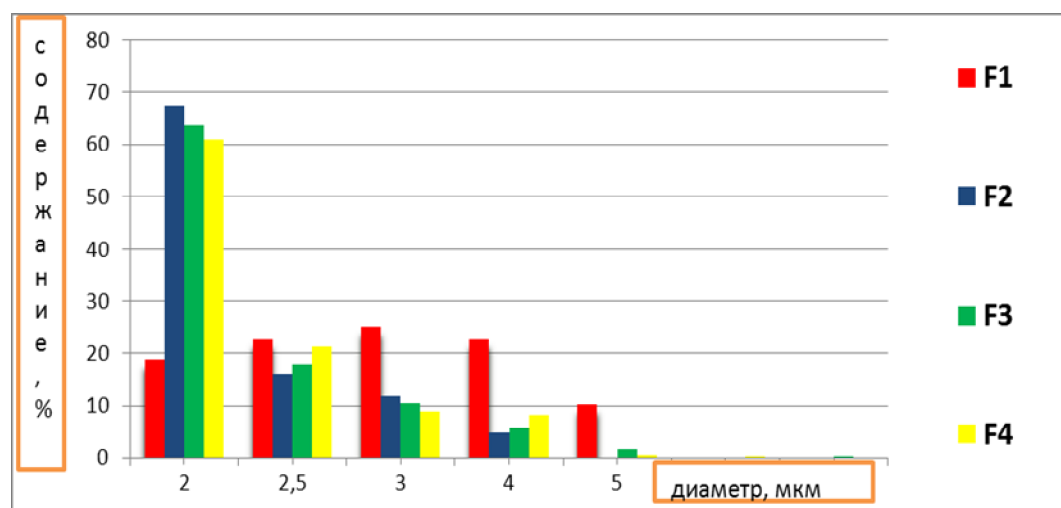
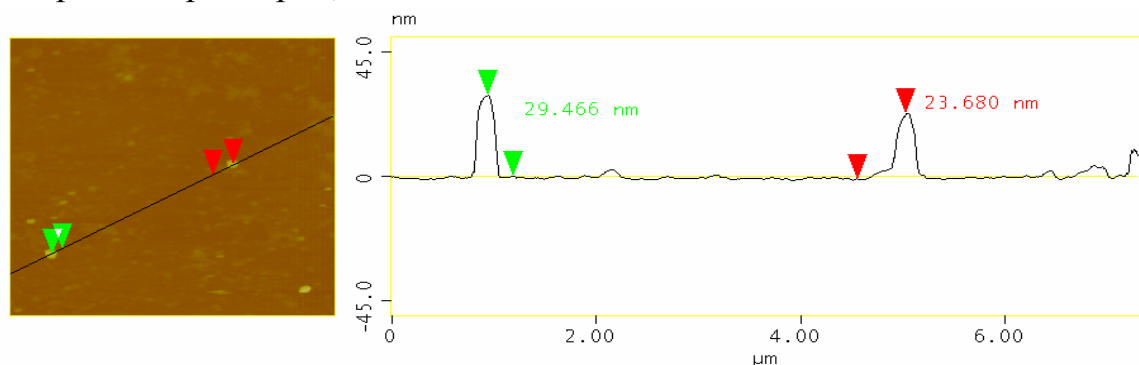


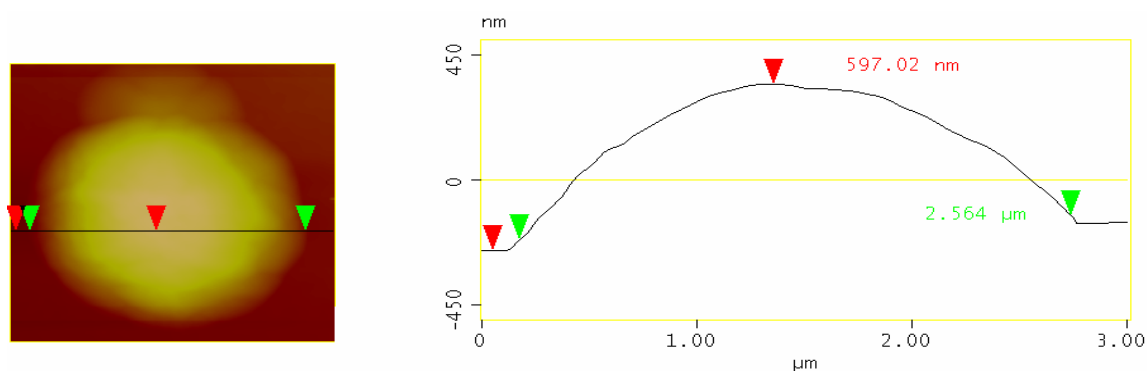
Рис. 3. Зависимость размеров частиц от концентрации мирамистина

Наибольший выход таких частиц (~ 70 %) был получен при распылении смеси F2 (содержание мирамистина 0,005 %). В образце F1 распределение частиц лежит в пределах от 2 до 5 мкм, а в образцах F2, F3, F4 преобладают частицы размером около 2 мкм, причем чем больше концентрация мирамистина, тем меньше число частиц размером 2 мкм.

Морфологию и распределение частиц по размерам определяли контактным методом атомно-силовой микроскопии. Помимо частиц микронных размеров, АСМ показала наличие более мелких частиц



a



б

Рис. 4. АСМ изображение и сечение хитозановых микрочастиц с мирамистином, полученных методом распылительной сушки и нанесенных на поверхность кремния из раствора гексана: а – частицы нанометровых размеров, б – субмикронная частица

(100–700 нм) (рис. 4), которые не видны в оптический микроскоп, что обусловлено высоким разрешением атомно-силового микроскопа – единицы нанометров в направлениях X и Y, доли нанометров по вертикали.

Наличие мирамистина в частицах было доказано методом ИК-Фурье спектроскопии (рис. 5).

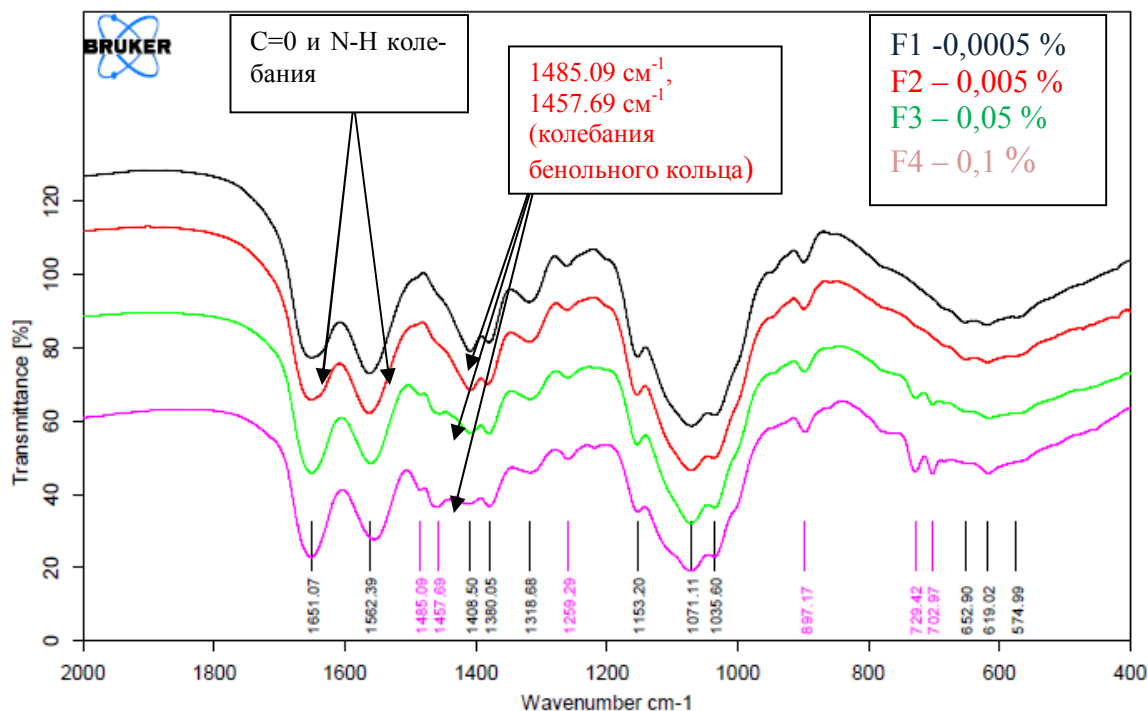


Рис. 5. ИК-Фурье спектры:
(2000-400 cm^{-1}) F1 (0,0005% мирамистин), F2 (0,005% мирамистин),
F3 (0,05% мирамистин), F4 (0,1 % мирамистин)

Структурная формула мирамистина приведена на рис. 6. Видно, что он содержит в своем составе одну карбонильную группу, бензольное ядро и связь N-H.

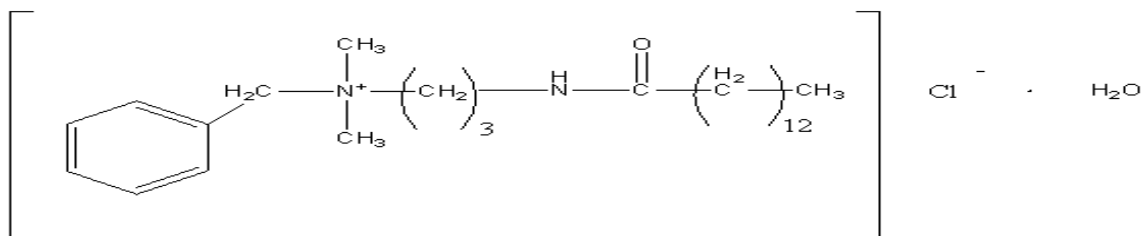


Рис. 6. Структурная формула мирамистина

Таким образом, наличие мирамистина в частицах подтверждается присутствием колебаний с частотой 1485 и 1457 cm^{-1} . Они связаны с колебаниями бензольного кольца. Имеются также колебания групп C=O и N-H групп (1651 и 1562 cm^{-1}). О количественном содержании мирамистина можно судить по интенсивности пиков: с увеличением содержания мирамистина повышается интенсивность колебаний (рис. 6).

Полученные частицы могут быть использованы в качестве антисептического средства, обладающего пролонгированным эффектом. При растворении таких частиц возможно одновременное действие двух факторов: увеличение скорости выхода мирамистина с уменьшением размеров частиц, и замедлением скорости высвобождения мирамистин за счет

сшивки с хитозаном. Таким образом, варьируя размер микросфер и содержание мирамистина в них, можно изменять кинетику выхода целевого продукта.

ВЫВОДЫ

В ходе выполнения работы методом распылительной сушки были получены хитозановые частицы, сшитые глутаровым альдегидом, с различным содержанием мирамистина.

С помощью оптической микроскопии были проведен анализ распределения частиц по размерам. Установлено, что диаметр микронных частиц, отличающихся различным содержанием мирамистина (F1 – 0,0005 % (вес.), F2 – 0,005 % (вес.), F3 – 0,05 % (вес.) и F4 – 0,0005 % (вес.)) составляет 3.1, 2.3, 2.4 и 2.4 микрон соответственно. Таким образом, размер частиц в большей мере определяется условиями аэрозольного высушивания, а не соотношением компонентов.

Помимо микронных частиц, было доказано с помощью атомно-силовой микроскопии формирование субмикронных частиц, размер которых варьируется в пределах от 20 до 700 нм.

Данные ИК-Фурье спектроскопии подтвердили наличие мирамистина в сформированных частицах, который был идентифицирован по колебаниям бензольного ядра (1485 , 1457 см^{-1}), C=O (1651 см^{-1}) и N-H групп (1562 см^{-1}).

Литература

1. Интернет-адрес: www.niroinc.com/technologies/spray_drying_tech.asp.
2. *Vehring R.* Pharmaceutical particle engineering via spray-drying. *Pharm Res.* 2007; 25:999–1022.
3. *Friesen DT, et al.* Hydroxypropyl methylcellulose acetate succinate-based spray-dried dispersions: an overview. *Mol Pharm.* 2008; 5:1003–19.
4. *Kristin B. Prinn, et al.* Statistical Modeling of Protein Spray Drying at the Lab Scale. *AAPS PharmSciTech* 2002; 3 (1) article 4, – 18.
5. *Reinhard Vehring.* Pharmaceutical Particle Engineering via Spray Drying. *Pharmaceutical Research*, Vol. 25, No. 5, May 2008, 999–1022.
6. Интернет-адрес: <http://www.miramistin.ru/>.
7. Хитин и хитозан: природа, получение и применение. Под ред А. Pastor, пер. с исп. К. М. Михлина и др. Издано Российским хитиновым обществом, 2010.

ПОЛУЧЕНИЕ УЛЬТРАДИСПЕРСНОГО ПОРОШКА Sn–Cu ОСАЖДЕНИЕМ ИЗ РАСТВОРА

О. Ю. Григорьева, Т. Н. Воробьева

Олово и сплавы на его основе нашли широкое применение в качестве припоев, необходимых для сборки изделий электронной техники и различных приборов, монтажа печатных плат, упаковки парфюмерных композиций, лаков и красок. Особый интерес представляют бессвинцовые припои в связи с ужесточающимися во всем мире требованиями к охране окружающей среды. Среди них припои олово–медь наиболее безвредны и недороги, они перспективны в связи с невысокой температурой плавления эвтектики Sn–Cu (227 °С) [1, 2].

Припои используют в виде литых заготовок или паяльных паст, в которых сплав находится в виде микро- или наночастиц в дисперсионной среде (флюс с растворителем). Сплавы изготавливают металлургическим путем или же методами порошковой металлургии, основанными либо на диспергировании металлургических заготовок, либо на использовании химических процессов: высокотемпературное восстановление металлов из их соединений водородом и монооксидом углерода, низкотемпературное восстановление из растворов. Процессы осаждения сплавов из растворов относятся к энергосберегающим, не требуют сложной аппаратуры. К сожалению, химическое восстановление олова растворенным восстановителем сложно осуществить, т. к. этот металл не является катализатором окисления подавляющего большинства известных восстановителей. По этой причине для осаждения тонких пленок олова используют контактное вытеснение этого металла медью [3–5]. Процесс проводят в кислых растворах с тиомочевинной, связывающей ионы меди в прочный комплекс, за счет чего создаются необходимые условия для протекания реакции $2\text{Cu}^0 + \text{Sn}^{2+} \leftrightarrow \text{Cu}^+ + \text{Sn}^0$. Информации по синтезу порошков металлов и особенно сплавов с применением процессов восстановления металлов из растворов крайне недостаточно, почти отсутствуют данные по синтезу порошков сплавов.

Цель данного исследования заключалась в разработке метода осаждения из раствора сплава Sn–Cu в виде порошка, который можно использовать для изготовления припоя, а также в установлении влияния длительности осаждения олова на соотношение металлов в сплаве и определении его фазового состава и микроструктуры.

Для получения порошка меди использовали раствор состава (моль/л): CuSO_4 – 0,03; калия-натрия тартрат – 0,08; $\text{NH}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ – 4,4; NaBH_4 – 0,02; pH 13,3 при комнатной температуре [3]. Контактное осаждение олова на порошке меди проводили из раствора, содержащего 0,02 моль/л хлорида

олова(II), 0,50 моль/л тиомочевины и серную кислоту до pH 1 при температуре 25 °С или 55 °С и перемешивании механической мешалкой, что соответствует рекомендациям работы по осаждению пленок олова на медной фольге [5].

Для изучения микроструктуры осаждаемых покрытий использовали электронный микроскоп ЭМ-125 просвечивающего типа. Образцы для ПЭМ-исследования препарировали методом углеродных реплик с разделением фаз меди и олова. Для изготовления реплик были разработаны две методики. Первая позволяла растворять медь в углеродных пленках в азотной кислоте с формированием реплик микрокристаллов меди. Находящиеся на поверхности этих микрокристаллов частицы олова отслаивались в процессе взаимодействия с азотной кислотой с превращением в оловянную кислоту; при этом от частиц олова также оставались отпечатки в углеродной пленке. Согласно второй методике частицы олова растворялись в соляной кислоте, оставляя отпечатки на нерастворенных микрокристаллах меди.

Элементный состав порошков определяли методом энергодисперсионного рентгеновского микроанализа (EDX), используя приставку Roentec к сканирующему электронному микроскопу LEO-1420. Дифференциальный термический анализ порошков проводили на дериватографе Д-103 в диапазоне температур 30–400°С со скоростью 10 градусов в минуту в среде азота.

Установлено, что при погружении порошка меди в раствор для контактного вытеснения поверхность частиц уже в течение нескольких секунд покрывается серебристым слоем олова. После 10 минут осаждения происходит постепенное потемнение порошка. Данные элементного анализа на разных стадиях осаждения представлены в таблице.

Таблица

Соотношение металлов в порошках

Температура, °С	Время осаждения, мин.	Процентное содержание, ат. %
55	30	Cu – 85,5; Sn – 14,5
25	30	Cu – 75,7; Sn – 24,3
25	20	Cu – 85,3; Sn – 14,7

Результаты показывают, что элементный анализ порошков легко регулируется варьированием длительности осаждения. Так, при увеличении времени контактного осаждения олова от 20 до 30 мин его содержание в порошке растет от ~14 ат.% до 24 ат.%. Повышать температуру раствора не имеет смысла, поскольку содержание олова в порошке при заданном времени осаждения меньше, чем при комнатной температуре.

Отметим, что по данным рентгенографии осажденные из растворов и высушенные при 100 °С порошки являются рентгеноаморфными.

На рис. 1 представлены ПЭМ фотографии, показывающие изменение морфологии поверхности частиц меди в процессе контактного осаждения олова. Исходные зерна меди имеют размеры в пределах 0,5–2,0 мкм и слипаются в бесформенные или палочкообразные агрегаты размером до нескольких микрон. Зерна имеют гладкую поверхность. Анализ реплик порошка меди с контактно осажденным оловом показал, что реплики, полученные растворением олова в соляной кислоте, дают более богатую информацию, чем полученные растворением меди в азотной кислоте, поскольку позволяют различить частицы олова и меди. На начальных стадиях контактного вытеснения олово осаждается на поверхности зерен меди в виде дискретных зародышей. Уже при 10 мин осаждения олова образуются фрагменты пленки этого металла на поверхности зерен меди, состоящие из слипшихся частиц с размерами от 50 до 400 нм, не образующих сплошного слоя. При 20 мин образуется сплошной слой олова, покрывающий более половины поверхности зерен меди. Более того, отчетливо заметны характерные для кристаллизации олова дендриты, не успевшие за заданное время (15 мин) раствориться в соляной кислоте.

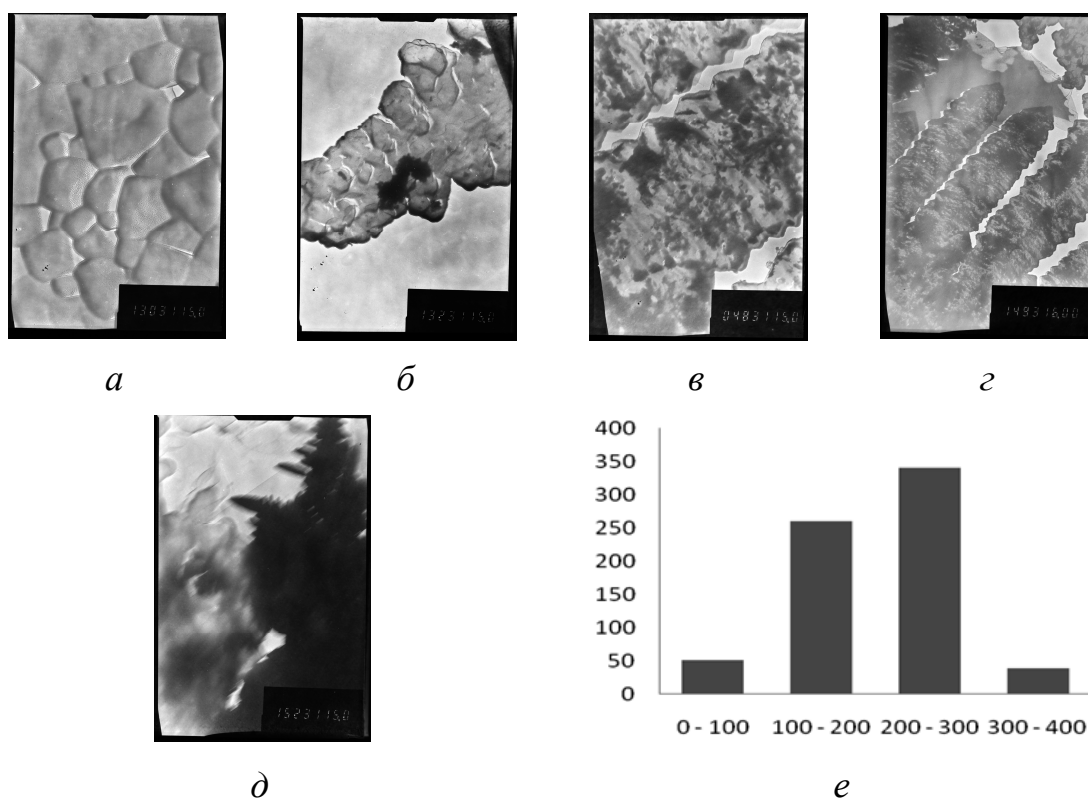


Рис. 1. ПЭМ микрофотографии порошка на разных стадиях осаждения олова на медь: а, в, г – длительность осаждения 10 мин; б, д – длительность осаждения 20 мин; а, б – растворение порошка в HNO_3 и в, г, д – растворение порошка в HCl ; е – гистограмма частиц олова для образца (в)

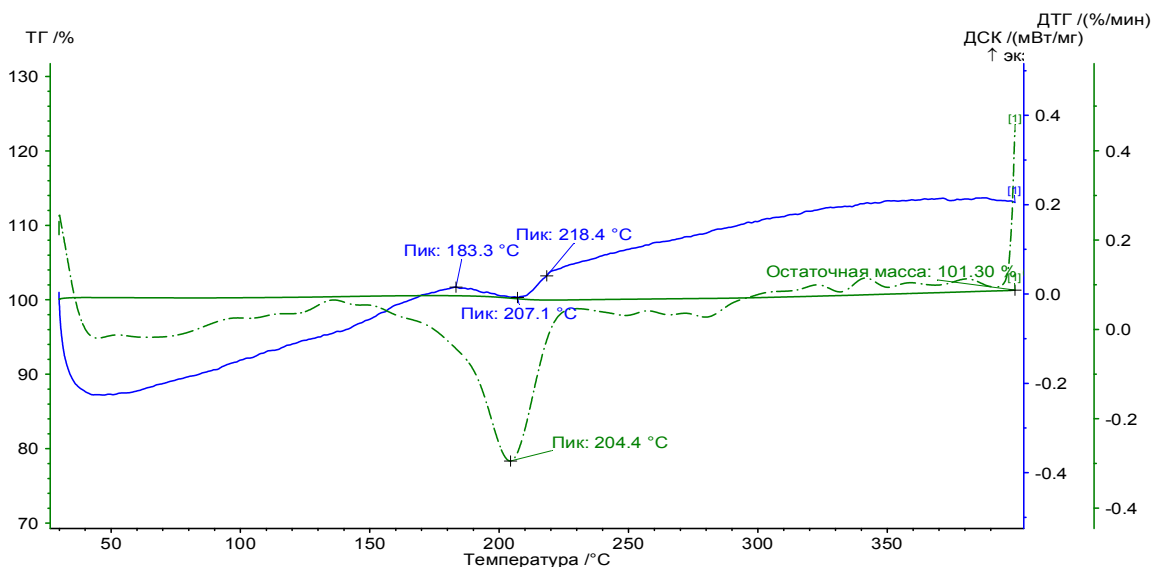


Рис. 2. Дериватограмма порошка медь-олово, время осаждения 30 мин при температуре 55°C

Изучение дериватограмм образцов порошков, содержащих 14 и 24 ат. % олова показало, что в интервале 204–225 °С на кривых ДСК имеются минимумы, приблизительно соответствующие формированию эвтектики (рис. 2), которая согласно диаграмме плавкости включает фазу олова и η -фазу (Cu_6Sn_5) [6]. Именно ее формирование особо важно для выполнения функций припоя. В ряде случаев отмечали также пики при 183 или 349°C, которые можно отнести к фазовым переходам с образованием η и β -фаз или α и δ -фаз, где α -фаза – твердый раствор олова в меди (кубическая гранцентрированная решетка), β -фаза твердый раствор на базе соединения Cu_5Sn , а δ -фаза – интерметаллид $\text{Cu}_{31}\text{Sn}_8$.

Результаты эксперимента свидетельствуют о возможности получения сплава Cu–Sn в виде ультрадисперсного порошка с использованием контактного вытеснения олова на частицах меди, синтезированных химическим восстановлением из раствора. Разработанный метод позволяет варьировать соотношение металлов в порошке. В состав порошка входят фазы индивидуальных металлов (аморфные до прогрева), интерметаллических соединений и/или твердых растворов. Фазовый состав зависит от соотношения металлов в порошке, а также условий его прогрева.

Литература

1. Тютин К. М., Космодамианская Л. В. Ж. Всесоюзн. хим. об-ва им. Д. И. Менделеева. 1988. Т. 33, № 2. С. 146–152.
2. Seelig K. Circuit Assembly. 1995. October. P. 46–48.
3. Свиридов В. В., Воробьева Т. Н., Гаевская Т. В., Степанова Л. И. Химическое осаждение металлов из водных растворов. Минск: Университетское, 1987.
4. Tselesh A. S., Hong-Kee Lee, Koo Seok-Bon and Vorobyova T. N. // Transactions of the Institute of Metal Finishing. 2006. Vol. 84. № 4. P. 206–210.

5. Телеш Е. С., Воробьева Т. Н. // Вестник Белорусского гос. ун-та, Серия 2, 2007, № 1, С. 15–21.
6. Двойные и многокомпонентные системы на основе меди. Под ред. С. В. Шухардина. М.: Наука, 1979.

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ ТЕРАПЕВТИЧЕСКИЙ ЭФФЕКТ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ИМПОРТНЫХ ПРЕПАРАТОВ ЖЕЛЕЗА ДЛЯ ПАРЕНТЕРАЛЬНОГО ВВЕДЕНИЯ В ЛЕЧЕНИИ ЖЕЛЕЗОДЕФИЦИТНОЙ АНЕМИИ

Л. В. Игнатович

ВВЕДЕНИЕ

Железодефицитная анемия (ЖДА) – одно из самых распространенных заболеваний на планете, при котором поражаются многие органы и системы. Лечение ЖДА, железодефицитных состояний и их последствий требует больших усилий и времени. Поэтому изучение эффективных способов терапии определяет актуальность этой проблемы [1].

По данным ВОЗ ЖДА выявляется у 1,8 млрд. человек планеты Земля, а дефицит железа в той или иной степени выраженности, часто латентный, имеется у каждого третьего жителя, а это 3,6 млрд. человек, т.е. 30% населения мира, из них более 90% – женщины и дети [2]. В некоторых регионах Республики Беларусь и России частота анемии достигает 70–80% [3].

Недостаток железа, снижение гемоглобина и гипоксия являются основной причиной развития предраковых состояний и иммунодефицита. Однако при своевременной диагностике анемии все эти патологические изменения сравнительно легко излечиваются назначением препаратов железа.

Многообразие препаратов предполагает их различия в механизме действия: препараты железа обладают индивидуальной эффективностью и переносимостью их больными. Большинство препаратов железа эффективно при приеме внутрь (*per os*). При этом в большинстве случаев правильная диета и прием препаратов железа полностью ликвидируют болезнь [4]. Проблемой, однако, является неэффективность препаратов железа, применяемых *per os* для некоторых больных (от 5 до 10%). В таких случаях эффективны препараты железа, которые вводятся парентерально, т.е. внутривенно или внутримышечно.

Основной целью данной работы является сравнение эффективности лечения ЖДА препаратами «Феррум Лек» (Lek D.D., Словения), «Феринъект» (Nucomed GmbH, Германия) и «Спейсферрон» (РУП «Белмед-препараты», Республика Беларусь). Кроме того, актуальным является

доказательство возможности импортозамещения зарубежных препаратов отечественными.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В рамках проводимого исследования рассматривались препараты «Феррум Лек», «Феринъект» и «Спейсферрон», которые применялись для лечения ЖДА 47 пациенток – женщин в возрасте от 37 до 52 лет. Для контроля были взяты 30 здоровых женщин с нормальными показателями эритрона в возрасте от 30 до 55 лет.

При анализе учитывали только прямые медицинские расходы на лекарственные препараты, включавшие стоимость курса лечения длительностью 30 суток. При расчете прямых затрат на лекарственные средства использовали цены фирм-дистрибьютеров за период 2011–2013 гг. с учетом средних, минимальных и максимальных цен одной упаковки препарата железа. Показатель «затраты – эффективность» рассчитывали для каждой сравниваемой альтернативы.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Данные клинико-лабораторных исследований показали, что рассматриваемые нами препараты для парентерального введения «Феррум Лек», «Феринъект» и «Спейсферрон» оказывают положительный эффект при лечении ЖДА (табл. 1).

Таблица 1

Показатели красной крови и ферробелков у больных ЖДА при лечении препаратами «Феррум Лек» (ФМЛ) и «Феринъект» (ФТ) и «Спейсферрон» (СФ)

Показатели	Группы обследуемых больных					
	Больные до лечения			Больные через 1 – 1,5 месяца после лечения		
	ФМЛ n ₁ =12	ФТ n ₂ =14	СФ n ₃ =21	ФМЛ n ₁ =12	ФТ n ₂ =14	СФ n ₃ =21
Нв, г/л	65±1,8	66±1,8	63±1,2	100±1,2	116±1,2	124±1,6
Эритроциты, 10 ¹² /л	3,4±0,15	3,1±0,16	3,0±0,08	3,5±0,12	4,2±0,25	4,4±0,15
Цветовой показатель, усл. ед.	0,55±0,02	0,54±0,03	0,52±0,04	0,85±0,01	0,9±0,02	0,96±0,01
Ретикулоциты, ‰	2,3±0,2	2,2±0,18	2,15±0,16	6,4±0,3	13±0,2	22±0,1
Сывороточное железо (трансферрин), мкг/л	2,0±0,01	2,3±0,03	2,4±0,01	16±0,03	25±1,3	36±0,9
Ферритин, мкг/л	2,1±0,01	2,2±0,04	1,8±0,02	12±0,02	62±0,25	88±0,22

Анализ полученных результатов свидетельствует о том, что динамика гематологических показателей при использовании препаратов «Феррум Лек», «Феринъект» и «Спейсферрон» характеризуется однонаправленными тенденциями.

Показатели эритрона – гемоглобин, эритроциты, цветовой показатель, ретикулоциты, сывороточное железо, ферритин – уже через 2 недели имели тенденцию к увеличению количества этих индексов при введении обоих исследуемых препаратов. После продления курса (более 1,5 месяцев) на фоне приёма исследуемых препаратов почти все лабораторные показатели увеличились и достигли нормальных значений, при этом побочных эффектов у больных не было отмечено.

Установлено, что «Спейсферрон» значительно ускоряет процесс восстановления показателей красной крови, нарушенных в результате ЖДА, и отличается хорошей био- и гемосовместимостью. Сравнительный анализ использования в однотипных условиях «Феррум Лек», «Феринъект» и «Спейсферрон» свидетельствует о более выраженном и длительно сохраняющемся целевом гемо(эритро)стимулирующем действии белорусского препарата, что указывает на кумулятивный гемопозитивный эффект его микроэлементной основы.

Фармакоэкономический анализ показал, что цена одной упаковки препарата «Феринъект» выше, чем «Феррум Лек» и «Спейсферрон» в 1,8 и 3,25 раза, стоимость суточной дозы выше в 1,8 и 6,5 раза, соответственно (табл. 2).

Таблица 2

Клинико-стоимостные характеристики препаратов железа

Показатели	Препараты железа		
	«Феррум Лек»	«Феринъект»	«Спейсферрон»
Цена одной упаковки, бел. руб.			
средняя	580 840	1 073 650	33 000
минимальная	510 000	1 050 000	32 500
максимальная	610 500	1 368 670	35 150
Цена 200 мг Fe, бел. руб.			
средняя	23 230	42 950	6 600
минимальная	20 400	42 000	6 500
максимальная	24 420	54 750	7 030
Затраты на терапию, бел. руб.			
средняя	696 900	1 287 000	198 000
минимальная	612 000	1 260 000	195 000
максимальная	732 600	1 642 000	210 900
Показатель «затраты – эффективность», бел. руб./г/л Hb			
при средних затратах	19 911	25 740	3 246
при минимальных затратах	17 486	25 200	3 197
при максимальных затратах	20 931	32 840	3 457

Таким образом, отечественный препарат «Спейсферрон» при различных стоимостных характеристиках и требует меньше затрат на единицу эффективности, т.е. на единицу прироста гемоглобина, по сравнению с препаратами «Феррум Лек» и «Феринъект» при лечении ЖДА в течение 30 суток и проявляет более высокую клиническую эффективность.

Как показали данные лабораторных исследований, лечение препаратами «Спейсферрон» превосходит «Феррум Лек» по стимулирующему действию на пролиферацию ранних и поздних предшественников эритропоэза у человека.

Проведенные исследования результатов лечения ЖДА белорусским препаратом «Спейсферрон» позволяют рекомендовать его в качестве эффективного импортозамещающего препарата для лечения анемии в клинической практике.

Современные исследования подтверждают наши наблюдения о том, что использование препаратов железа для внутривенного применения позволяет до 70% уменьшить терапевтическую дозу дорогостоящего рекомбинантного человеческого эритропоэтина, а также значительно снизить риск, связанный с переливанием крови. Это позволяет рассматривать препараты внутривенного железа как альтернативу донорской крови при отсутствии жизненно важных показаний к ее переливанию [5].

Литература

1. *Городецкий В. В., Годулян О. В.* Железодефицитные состояния и железодефицитная анемия: лечение и диагностика. М.: Медпрактика. 2004. 28 с.
2. ВОЗ. Официальный ежегодный отчет. Женева. 2002.
3. *Кувшинников В. А., Шенец С. Г., Стадник А. П. и др.* Проблема железодефицитной анемии и преданемических состояний у населения РБ и пути ее решения // Актуальные проблемы гематологии и трансфузиологии: Сб. м-лов междунар. науч.-практ. конф., Минск, 25 – 27 окт. 2000 г. – Мн., 2000. С. 24 –27.
4. *Дворецкий Л. И.* Лечение железодефицитной анемии // РМЖ. 2006. Т. 6. № 20. С. 1312 –1316.
5. *Щекина Е. Г.* Рациональная фармакотерапия железодефицитных анемий // Провизор. 2008. № 7. С. 39–42.

ВЛИЯНИЕ ПРОИЗВОДНЫХ ИНДОЛА НА РАДИАЦИОННО-ХИМИЧЕСКИЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ НАСЫЩЕННОГО КИСЛОРОДОМ ЭТАНОЛА

А. Н. Кожемякина, И. А. Ковалев, Р. Л. Свердлов, С. Д. Бринкевич

ВВЕДЕНИЕ

Свободные радикалы постоянно генерируются в человеческом организме и участвуют в различных физиологически важных реакциях. Исследования показали, что их количество в организме увеличивается, когда клетки подвергаются вредному воздействию окружающей среды. В результате нарушается нормальный ход физиологических процессов в организме, происходит гиперпродукция активных форм кислорода и, как следствие, активация свободнорадикальных процессов, приводящих к повреждению биологически важных молекул. При этом нарушается правильное функционирование тканей и органов организма, провоцируются воспалительные процессы, разрушается иммунная система человека [1,2].

Ранее было показано, что реакции фрагментации α -гидроксилсодержащих углеродцентрированных радикалов (α -ГУР), являются причиной деструкции полисахаридов, фосфолипидов, церебразидов, приводят к образованию сигнальных молекул, участвующих в апоптозе и пролиферации клеток [3, 4]. На кафедре радиационной химии и химико-фармацевтических технологий было установлено, что производные индола способны ингибировать превращения простейших α -ГУР – α -гидроксиэтильных радикалов (α -ГЭР) за счет их окисления или восстановления в деаэрированных условиях [5]. Однако в клетках α -ГУР быстро взаимодействуют с кислородом, в результате чего, образуются пероксильные радикалы биомолекул, которые также претерпевают фрагментацию. Для изучения способности производных индола ингибировать реакции α -ГУР в присутствии кислорода нами был изучен радиолиз насыщенных кислородом этанольных растворов тестируемых веществ. Подобная модель позволяет оценить реакционную способность и установить механизм взаимодействия исследуемых веществ как по отношению к углерод- так и кислородцентрированным радикалам.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В работе без предварительной очистки использовались пиррол, индол, гарман, гармин, гармалин, серотонин, мелатонин, 5-гидрокси-триптофан (Sigma-Aldrich), триптофан (ICN Pharmaceuticals, Inc.), чистотой не менее 98 % (рис. 1).

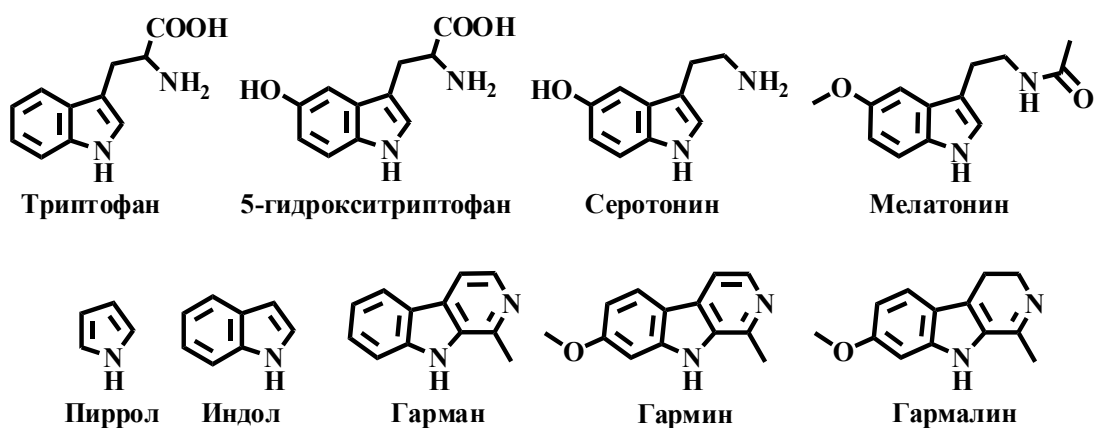


Рис. 1. Структурные формулы использованных соединений

Растворы исследуемых соединений получали путем растворения их точных навесок в насыщенном кислородом этаноле. В силу высокой летучести растворителя для приготовления оксигенированных растворов тестируемых соединений в этаноле с концентрацией 10^{-3} моль/л (5×10^{-4} моль/л для триптофана) была использована следующая методика. Растворы продували кислородом высокой степени чистоты (99,9 %) в пикнометрах в течение 60 мин, после чего объем испарившегося растворителя компенсировали оксигенированным этанолом. Затем растворы перемешивали. Предварительно продутые кислородом ампулы заполняли растворами не более чем на 60 % и запаивали. Свободнорадикальные реакции в растворах добавок инициировали γ -излучением изотопа ^{60}Co на установке МРХ- γ -25М.

Качественный и количественный анализ осуществляли хроматографическими и спектрофотометрическими методами. Образующийся при радиоллизе этанола ацетальдегид определяли газохроматографическим методом на хроматографе GC-17A фирмы «Shimadzu» с использованием кварцевой капиллярной колонки Stabilwax-DA: $l=30$ м, внутренний диаметр – 0,53 мм, толщина пленки неподвижной фазы – 1 мкм. Для определения пероксида водорода использовали реагентоспектрофотометрический метод, основанный на образовании желтого комплекса пероксида водорода с сульфатом титанила в сернокислом растворе [6]. Измерения проводили на спектрофотометре Specord S600. Для идентификации продуктов радиационно-индуцированных превращений производных индола и определения концентраций добавок использовали жидкостной хроматограф «Shimadzu», укомплектованный масс-спектрометром LCMS-2020 [5]. Радиационно-химические выходы (G) образования продуктов или расходования исходных веществ рассчитывали на линейных участках зависимостей их концентраций от поглощенной дозы с использованием метода наименьших квадратов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Радиолиз оксигенированного этанола (рис. 2) приводит к образованию α -ГЭР (реакции 1, 2), взаимодействие которых с кислородом приводит к образованию ацетальдегида и гидропероксильных радикалов (реакция 3). Основными продуктами при радиолизе оксигенированного этанола являются ацетальдегид (АА) и пероксид водорода (ПВ) (реакции 3–5) [7].

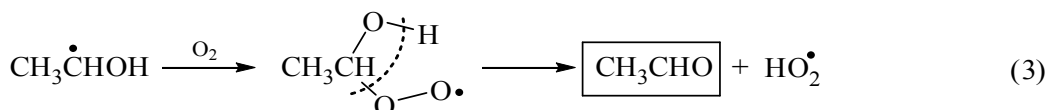
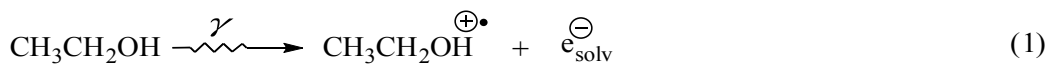


Рис. 2. Схема радиационно-химических превращений этанола в присутствии кислорода

Характер влияния тестируемых соединений на величину и соотношение G основных продуктов радиолиза оксигенированного этанола (ПВ и АА) определяется реакционной способностью и механизмом взаимодействия исследуемых соединений с углерод- и кислородцентрированными радикалами. Экспериментальные данные, представленные в таблице, свидетельствуют о том, что пиррол, индол и мелатонин незначительно влияют на G ПВ и АА. Это указывает на их низкую реакционную способность по отношению к углерод- и кислородцентрированным радикалам этанола. В присутствии триптофана, серотонина и 5-гидрокси-триптофана наблюдается почти двукратное снижение G как ПВ, так и АА. Следовательно добавки способны восстанавливать либо присоединять α -ГЭР. Для гармана, гармина и гармалина отмечено снижение G ПВ, при этом G АА остается на уровне, наблюдаемом для системы без добавок. Вероятно гарман, гармин и гармалин способны конкурировать с кислородом за окисление α -ГЭР. Методом жидкостной хроматографии с масс-спектрометрическим детектированием не были обнаружены продукты превращений тестируемых веществ при радиолизе их оксигенированных этанольных растворов. Последнее в совокупности с низкими G разложения тестируемых веществ (см. таблица) указывает на возможность регенерации добавок при их взаимодействии с α -ГЭР.

**Влияние производных индола
на радиационно-индуцированные превращения оксигенированного этанола**

Тестируемые соединения	Ацетальдегид	Пероксид водорода	Разложение добавки
Радиационно-химический выход (G), молекула/100 эВ			
Без добавок	5,85 ± 0,46	5,81 ± 0,42	-
Пиррол	4,79 ± 0,42	6,58 ± 0,92	-0,28 ± 0,07
Индол	7,41 ± 0,72	7,64 ± 0,86	-0,14 ± 0,13
Гарман	5,82 ± 0,72	4,75 ± 0,76	-0,08 ± 0,09
Гармин	5,34 ± 0,48	3,69 ± 0,44	-0,13 ± 0,11
Гармалин	5,25 ± 0,52	3,29 ± 0,28	-0,19 ± 0,10
Серотонин	2,41 ± 0,25	2,42 ± 0,24	-0,04 ± 0,05
Триптофан	2,91 ± 0,29	3,68 ± 0,56	-0,24 ± 0,17
5-гидрокситриптофан	2,62 ± 0,29	3,48 ± 0,39	-0,05 ± 0,09
Мелатонин	5,09 ± 0,43	5,75 ± 0,57	-0,15 ± 0,08

Таким образом в настоящей работе установлено, что пиррол, индол и мелатонин обладают низкой реакционной способностью, а триптофан, 5-гидрокситриптофан и серотонин восстанавливают α -гидроксиэтильные радикалы, образующиеся при радиационно-индуцированных превращениях насыщенного кислородом этанола. При тех же условиях гарман, гармин и гармалин окисляют α -гидроксиэтильные радикалы.

Литература

1. Halliwell B., Gutteridge J.M.C. Free radicals in biology and medicine. Oxford: University press, 1999.
2. Sibel S. Antioxidant activities of synthetic indole derivatives and possible activity mechanism // Topics in Heterocyclic Chemistry. 2007. Vol. 11. P. 145–178.
3. Yurkova I. L.; Kisel M. A.; Arnhold J.; Shadyro O. I. Iron-mediated free-radical formation of signaling lipids in a model system // Chemistry and Physics of Lipids. 2005. Vol. 137. № 1–2. P. 29–37.
4. Shadyro O. I., Yurkova I. L., Kisel M. A., Brede O., Arnhold J. Radiation-induced fragmentation of cardiolipin in a model membrane. // Int. J. Radiat. Biol. 2004. V. 80. № 3. P. 239.
5. Бринкевич С. Д., Свердлов П. Л., Шадыро О. И. Влияние производных индола и имидазола на радиационно- и пероксид-индуцированные превращения этанола // Химия высоких энергий. 2013. Т. 47. С. 19–27.
6. Egerton A. C. The analysis of combustion products: Some improvements in the methods of analysis of peroxides // Anal. Chim. Acta. 1954. Vol. 10. P. 422–428.
7. Freeman G. R. Radiation chemistry of ethanol: A review of data on yields, reaction rate parameters, and spectral properties of transients. Washington: NBS. 1974.

ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА ОСНОВООБРАЗУЮЩИХ КОМПОНЕНТОВ МЯГКИХ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ФОРМ БУТАМИНОФЕНА

А. В. Лишай

Герпетическая инфекция занимает одно из ведущих мест среди вирусных заболеваний человека. Вирусы семейства Herpesviridae способны поражать практически все органы и системы организма, вызывая латентную, острую и хроническую рецидивирующую формы инфекции. С 1982 г. для лечения больных применяется ацикловир. Однако средства на основе ацикловира, которые имеют широкое применение при лечении герпетических заболеваний, не всегда способны подавлять очаг поражения ввиду появления резистентных к ацикловиру штаммов вируса [1]. Очевидно, что при развитии резистентности необходимо применение других противовирусных препаратов.

В исследованиях, проводимых на кафедре радиационной химии и химико-фармацевтических технологий БГУ под руководством О.И. Шадыро, соединения, способные регулировать вероятность и направленность протекания свободнорадикальных процессов в биосистемах, показали себя активными ингибиторами репродукции вирусов простого герпеса, не уступающими по эффективности ацикловиру. В ходе исследований был создан оригинальный противовирусный препарат «Бутаминофен» [2].

В настоящее время разработана и разрешена к медицинскому применению лишь одна лекарственная форма (ЛФ) бутаминофена – мазь для лечения герпетических заболеваний кожи и слизистых оболочек. В качестве компонентов мазевой основы используются масло вазелиновое и вазелин медицинский. Известно, что углеводородные основы препятствуют перспирации кожи и вызывают воспалительные процессы [3]. Кроме того, в ходе предварительных испытаний отмечено низкое высвобождение бутаминофена из мази, что свидетельствует о прочном связывании действующего вещества со вспомогательными компонентами и, соответственно, может являться причиной низкой биологической доступности препарата.

Цель данного исследования – разработка состава и технологии получения мягких ЛФ бутаминофена с удовлетворительными биофармацевтическими характеристиками.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве компонентов мазевых основ использовали аэросил, глицерин, ланолин безводный, масло льняное, масло оливковое, натрий-

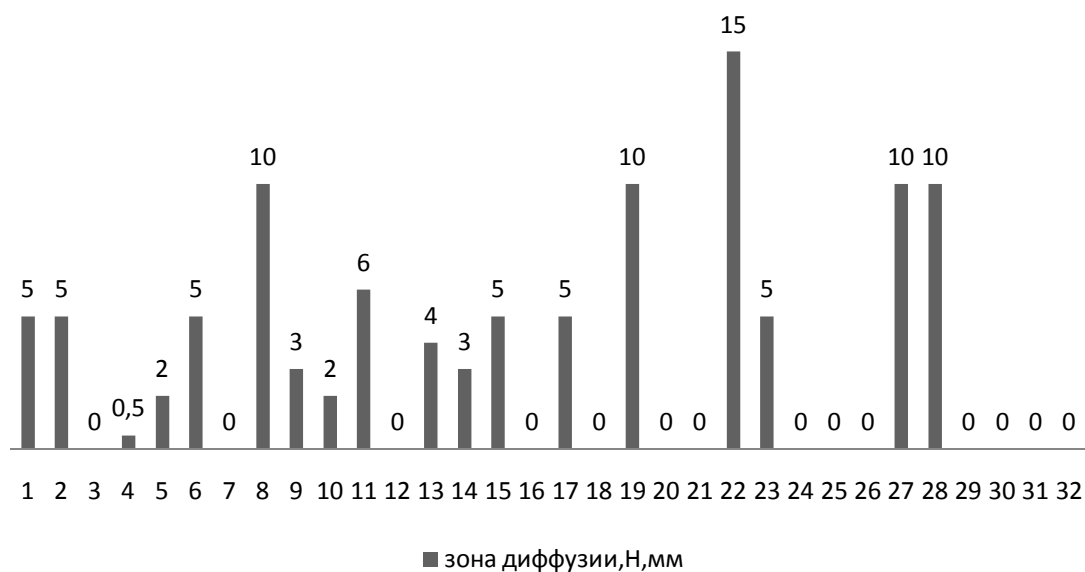
карбоксиметилцеллюлозу, натрия лаурилсульфат, поливиниловый спирт, полиэтиленгликоли (ПЭГ) 400, 1500, 4000, твин-80, эмульгатор №1, эсилон, воду очищенную в различных комбинациях. Все компоненты соответствовали требованиям Государственной фармакопеи Республики Беларусь [5]. В ходе эксперимента было создано и протестировано более 30 составов мазевых основ, каждая из которых обладает различными физико-химическими свойствами.

Композиционные составы определены и выбраны таким образом, чтобы обеспечить представительство всех типов мазевых основ по современной классификации и изучить образцы каждого типа: гидрофильных, липофильных, абсорбционных с добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ), имеющих различные значения гидрофильно-липофильного баланса (ГЛБ) и эмульсионных. Использование ПАВ с высоким значением ГЛБ (натрия лаурилсульфат, эмульгатор №1) позволило получить эмульсионные основы первого рода; ПАВ с низким значением ГЛБ (ланолин безводный) – эмульсионные основы второго рода; сочетание ПАВ с различным значением ГЛБ – эмульсионные основы смешанного типа.

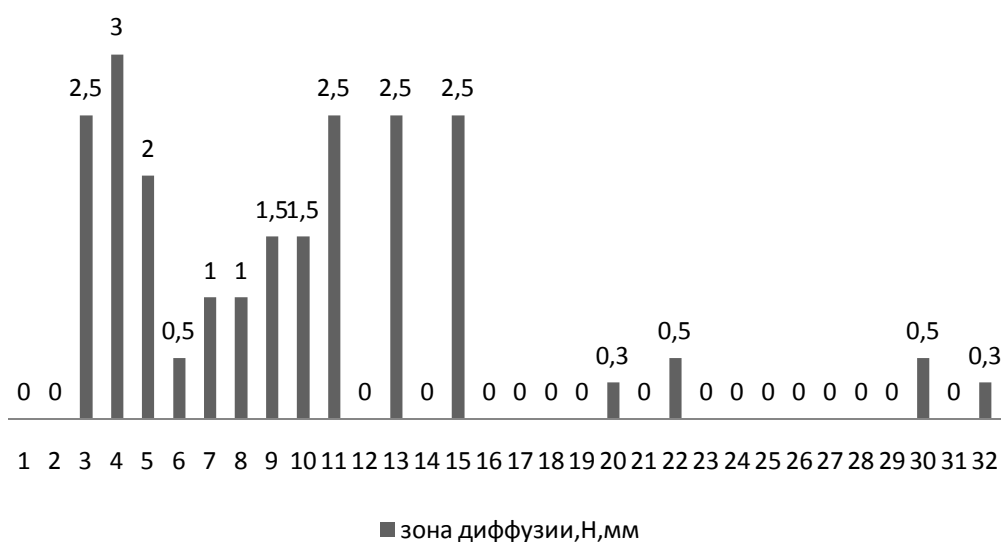
Для оценки влияния фармацевтических факторов (вспомогательных веществ, основы и др.) на биодоступность мазей проводили сравнительное изучение высвобождения бутаминафена из исследуемых ЛФ с помощью модельных систем *in vitro*. Нами использованы две модельные системы: система агаровых пластин и жировой слой [4]. Для идентификации бутаминафена, высвобождаемого и диффундирующего из мазей, в рецепторные среды добавляли диазореактив Эрлиха, образующий с лекарственным веществом окрашенные диазосоединения. Вторая модельная система – жировой слой, является более физиологичной и позволяет адекватно оценить кинетику высвобождения бутаминафена из ЛФ. Известно, что гиподерма содержит большое количество липидов и представлена многочисленными слоями жировой клетчатки. Кроме того, наружный слой эпидермиса кожи покрыт жиром, выделяемым из сальных желез, который, выходя на поверхность кожи, создает жировую пленку. Жировая пленка на поверхности кожи выполняет защитные функции, но вместе с тем может являться барьером для проникновения ЛВ в глубокие слои кожи.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования биодоступности мазей бутаминафена, изготовленных с применением различных мазевых основ, представлены на рисунке 1.



a



б

Рис. 1. Биодоступность лекарственных форм бутаминофена.

Данные получены *in vitro*: *a* – в модельной системе агаровых пластин; *б* – в модельной системе диффузии в жировой среде. № 32 – мазь бутаминофена утвержденного для промышленного выпуска состава

Высокую биодоступность бутаминофена обеспечивают дифильные основы. Составы № 19, 27, 28 – эмульсионные основы 1-го рода; состав № 22 – дифильная основа, является эмульсией 2-го рода; состав № 15 дифильная основа абсорбционного типа. Дифильные основы характеризуются тем, что обеспечивают высокую степень резорбции лекарственных веществ из мазей, не препятствуют газо- и теплообмену кожных покровов, поддерживают ее водный баланс, обладают хорошими конси-

стентными свойствами. Растительные масла (льняное и оливковое), включаемые в их состав, обеспечивают хорошую всасываемость лекарственных веществ из мазей. Однако вследствие весьма жидкой консистенции составов, их содержащих, необходима разработка мазевой композиции с включением в состав более плотных модифицированных жиров, получаемых из растительных масел методом гидрогенизации.

Высвобождение бутаминофена из гидрофильных и липофильных основ выражено в значительно меньшей степени или отсутствует вовсе, зона диффузии не превышает 3–5 мм.

Мазевая основа готового лекарственного средства «Бутаминофен, мазь для наружного применения 20 мг/г», выпускаемого в настоящее время фармацевтической промышленностью, относится к резко гидрофобным (углеводородным). Эта мазь использовалась нами в исследованиях как референтный препарат (состав 32). Сколько-нибудь заметного высвобождения бутаминофена из этой мази в агаровый гель выявлено не было. Высвобождение в жировой слой выражено в незначительной степени, зона диффузии составляет 0,3 мм. Это свидетельствует о том, что компоненты мазевой основы прочно удерживает бутаминофен и не обеспечивают надлежащих биофармацевтических характеристик лекарственного средства.

В ходе исследования нами выявлено, что ряд вспомогательных веществ, используемых в качестве компонентов основ или технологических вспомогательных веществ, несовместимы с бутаминофеном. Так, в ходе эксперимента наблюдалось ускорение деструкции бутаминофена в присутствии спирта этилового, твина-80, ПЭГ. Механизм деструкции в присутствии этих соединений требует дальнейшего изучения. Однако перечисленные вещества исключены нами из числа потенциально возможных для изготовления различных ЛФ бутаминофена.

ВЫВОДЫ

Для изготовления мягких лекарственных форм бутаминофена перспективными являются гидрофильные мазевые основы эмульсионного и абсорбционного типов, не содержащие твина-80, полиэтиленгликолей и спирта этилового. Из поверхностно-активных веществ и в качестве эмульгаторов целесообразным является использование соединений с высоким значением ГЛБ.

Литература

1. Семенова Т. Б. Принципы лечения простого герпеса / Т.Б. Семенова // Русский медицинский журнал. 2002. Т. 10, № 20. С. 924–931.

2. *Шадыро О. И.* Разработка инновационных противовирусных средств и организация производства противогерпетического препарата бутаминофена // Вестник БГУ. Сер.2. 2010. № 3. С. 3–10.
3. Технология лекарственных форм: учебник в 2 томах. Том 1 / Под ред. Кондратьевой Т.С. М.: Медицина, 1991.
4. Биофармация: Учебник для студентов фармацевтических вузов и факультетов / Под ред. А.И. Тихонова. Харьков: Изд-во НФаУ; Золотые страницы, 2003.
5. Государственная фармакопея Республики Беларусь: офиц. издание: в 3 т. / Центр экспертиз и испытаний в здравоохранении; под общей ред. А.А. Шерякова – Молодечно: типография Победа, 2008. Т. 2: Контроль качества вспомогательных веществ и лекарственного растительного сырья.

МАГНИТНЫЕ ЧАСТИЦЫ ДЛЯ КОНТРАСТИРУЮЩИХ МАТЕРИАЛОВ В МАГНИТОРЕЗОНАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Е. Г. Петрова, Д. А. Котиков, В. В. Паньков

ВВЕДЕНИЕ

Магнитные наночастицы благодаря возможности управления их свойствами под воздействием внешнего магнитного поля представляют особый интерес для медицины. Широко известны такие области их применения, как магнитная гипертермия злокачественных опухолей, адресная доставка лекарств и контрастирование в магниторезонансной томографии (МРТ) [1]. Наиболее распространенными для указанных применений являются материалы на основе магнитных оксидов железа со структурой шпинельного типа (магнетита Fe_3O_4 и маггемита $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$), отличающихся высокой стабильностью магнитных характеристик и низкой токсичностью. При этом магнитные характеристики полученных материалов определяются как их химическим составом, так и размером частиц. Так, известно, что введение цинка в решетку Fe_3O_4 позволяет, в зависимости от содержания допирующего иона, повысить значение максимальной намагниченности материала за счет понижения антиферромагнитного взаимодействия между ионами Fe^{3+} , находящимися в А и В местоположениях кристаллической решетки, вызванного перераспределением ионов Fe^{3+} в А и В местоположениях решетки шпинели [2, 3].

Целью данной работы является синтез материалов различного состава системы $\text{Zn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$ для использования в МРТ-контрастировании, установление содержания цинка, отвечающего наилучшим магнитным характеристикам, и выбор метода синтеза, позволяющего получить частицы с размерами, необходимыми для данного применения (~ 10 нм).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Наночастицы составов Fe_3O_4 , $\text{Zn}_{0,18}\text{Fe}_{2,82}\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,45}\text{Fe}_{2,55}\text{O}_4$ и ZnFe_2O_4 с контролируемыми размерами были получены золь-гель методом при осаждении из растворов нитратов $\text{Zn}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$ и $\text{Zn}^{2+}/\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}^{3+}$. Дополнительно был проведен синтез наночастиц методами аэрозольного и пламенного пиролиза.

Структуру образцов исследовали методами рентгенофазового анализа (РФА), просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ) и сканирующей электронной микроскопии (СЭМ). Рентгенограммы порошкообразных образцов записывали на дифрактометре ДРОН-2.0 с использованием $\text{Co K}\alpha$ -излучения ($\lambda = 0,178896$ нм) и Ni-монохроматора. Для выполнения исследований в просвечивающем электронном микроскопе порошкообразные образцы, прокаленные при необходимой температуре, диспергировали ультразвуком в воде или метаноле. Суспензию наносили на опорные медные сетки, покрытые коллодиевой пленкой. Анализ проводили на электронном микроскопе высокого разрешения LEO 906E. СЭМ-исследования выполняли на микроскопе LEO 1420. Измерения магнитных характеристик проводились в Институте тепло- и массообмена НАН Беларуси (ИТМО) с использованием намагничивающего устройства Г56 и гистерезисметров Ф5155/1 и Ф5155/2 как при низких (5 К), так и при комнатных температурах (300 К).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Согласно данным РФА, все синтезированные наночастицы являются хорошо закристаллизованными. На дифрактограммах регистрируются наиболее интенсивные рефлексы, соответствующие структуре типа шпинели (Рис. 1).

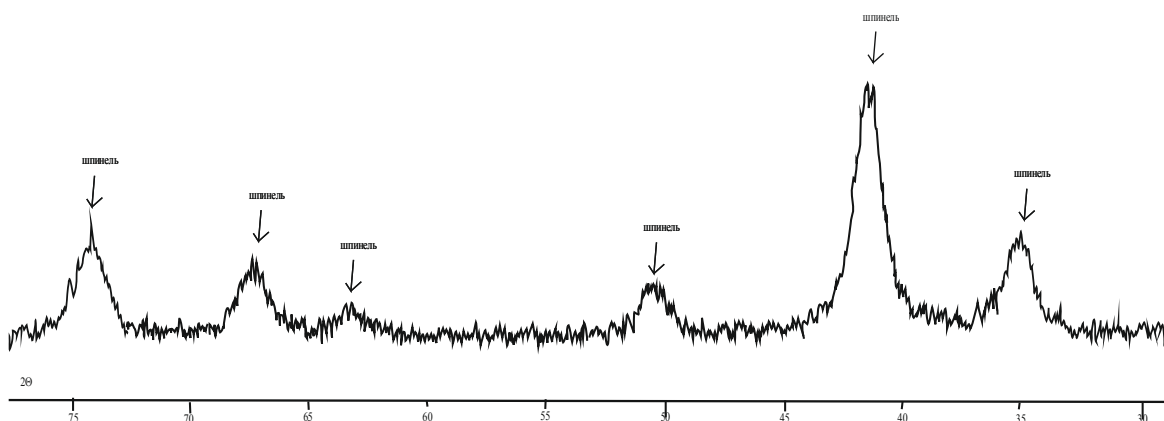


Рис. 1. Рентгенограмма смешаннооксидных фаз системы $\text{Zn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$, полученных золь-гель методом и методом аэрозольного пиролиза

Это свидетельствует о том, что при использовании данных методов синтеза, как и предполагали, уже на стадии соосаждения гидроксидов формируется требуемая кристаллическая структура.

По данным электронной микроскопии частицы образцов Fe_3O_4 , $\text{Zn}_{0,18}\text{Fe}_{2,82}\text{O}_4$, $\text{Zn}_{0,45}\text{Fe}_{2,55}\text{O}_4$ и ZnFe_2O_4 , полученные золь-гель методом, имеют форму, близкую к сферической, и размеры, не превышающие 10 нм (Рис. 2 а). Частицы таких же размеров получаются и при использовании пиролитических методов синтеза, однако в ходе пиролиза они агломерируют в крупные сферы размером порядка 100 нм (Рис. 2 б), разделение которых связано с определенными трудностями. Эта проблема решается при использовании в ходе пиролиза инертного компонента – хлорида натрия – образующего на поверхности частиц пленку, препятствующую их дальнейшему росту и агрегации и впоследствии легко удаляющуюся вымыванием.

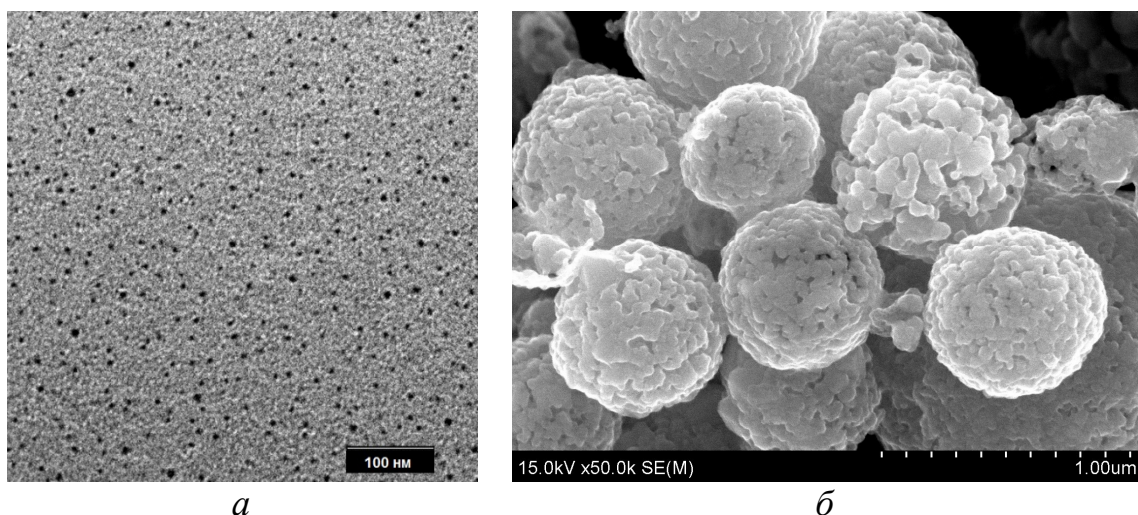


Рис. 2. Электронно-микроскопические изображения фаз системы $\text{Zn}_x\text{Fe}_{3-x}\text{O}_4$, полученных золь-гель методом (а) и методом аэрозольного пиролиза в отсутствие инертного компонента (б)

Результаты магнитных измерений исследуемых составов при температурах 5 К и 300 К приведены на рис. 3 а, б, а также в таблице. Видно, что при температуре 5 К значения максимальной намагниченности наночастиц составов $\text{Zn}_{0,18}\text{Fe}_{2,82}\text{O}_4$ и $\text{Zn}_{0,45}\text{Fe}_{2,55}\text{O}_4$ превышают значения максимальной намагниченности чистого магнетита, чем подтверждают целесообразность введения ионов цинка в магнетит с целью улучшения магнитных характеристик. При температуре 300 К наилучшими магнитными характеристиками по сравнению с чистым магнетитом обладают только частицы $\text{Zn}_{0,18}\text{Fe}_{2,82}\text{O}_4$. Это свидетельствует о том, что изменение максимальной намагниченности при допировании магнетита ионами цинка определяется концентрацией примесных ионов, причем

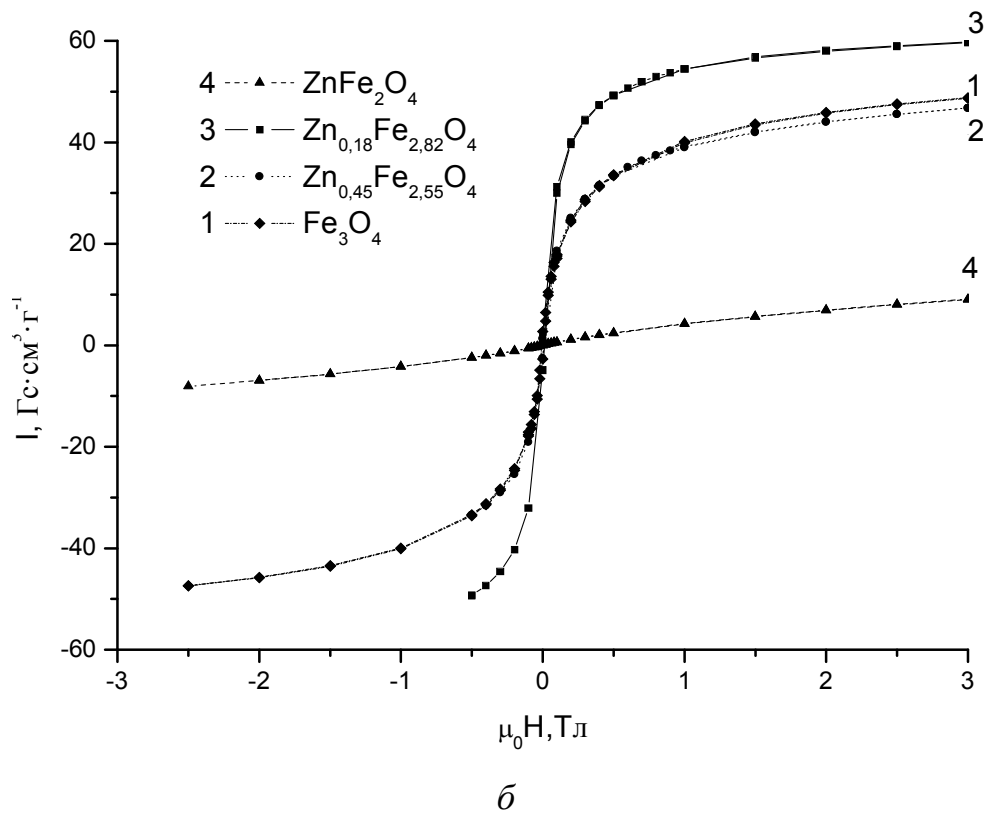
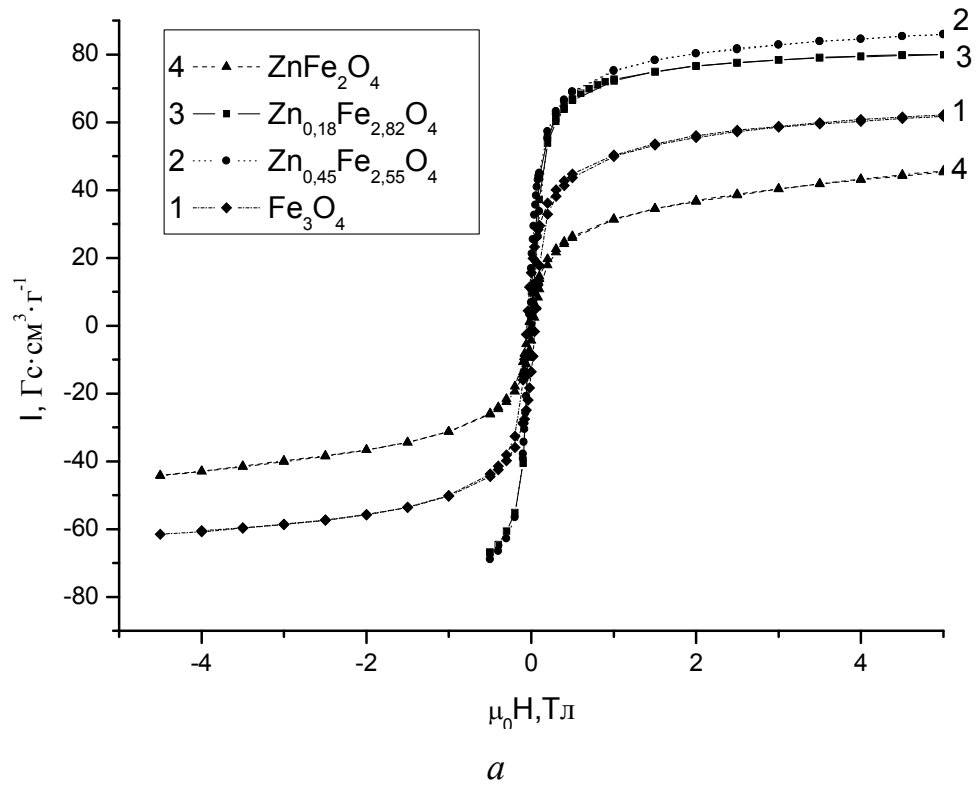


Рис. 3. Зависимость намагниченности от величины магнитного поля для $Zn_xFe_{3-x}O_4$ при температурах 5 К (*a*) и 300 К (*б*)

существует оптимальная их концентрация, соответствующая наибольшему значению максимальной намагниченности.

Таблица

Значения максимальной намагниченности синтезированных материалов при температурах 5 и 300 К

Температура, К	Максимальная намагниченность наночастиц исследуемых составов, Гс·см ³ ·г ⁻¹			
	Zn _{0,18} Fe _{2,82} O ₄	Zn _{0,45} Fe _{2,55} O ₄	ZnFe ₂ O ₄	Fe ₃ O ₄
5 К	80	86	45	62
300 К	59	46	9	49

Значения максимальной намагниченности наночастиц цинкового феррита ZnFe₂O₄ как при температуре 5 К, так и при 300 К оказались намного ниже, чем у прочих образцов. Это можно объяснить тем, что при формировании шпинельной структуры лишь незначительная доля ионов Zn²⁺ заняла октаэдрические (В) позиции в кристаллической решетке.

При комнатной температуре для синтезированных материалов не замечено гистерезиса на кривых намагничивания, а значения коэрцитивной силы оказались близкими к нулю, что свидетельствует об их суперпарамагнетизме.

Таким образом, золь-гель синтез наночастиц в системе Zn_xFe_{3-x}O₄ приводит к случайному перераспределению ионов Zn²⁺ и Fe³⁺ в структуре шпинели. В такой ситуации сильное обменное взаимодействие между ионами железа приводит к возрастанию ферромагнитных свойств, которое сопровождается ростом намагниченности наночастиц.

Литература

1. *Першина А. Г., Сазонов А. Э., Мильто И. В.* Использование магнитных наночастиц в биомедицине // Бюллетень сибирской медицины. 2008. №2. С.70–78.
2. *Lin C. H., Kuo P. C., Pan J. L., Huang D. R.* Effects of Zn ion on magnetic properties of Fe₃O₄ magnetic colloids // J. Appl. Phys. 1996. Vol. 79. P. 6035.
3. *Barcena C., Sra A. K., Chaubey G. S., Khemtong C., Liu J. P. and Gao J.* Zinc ferrite nanoparticles as MRI contrast agents // Chem. Commun. 2008. P. 2224–2226.

СОСТОЯНИЕ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ ДОСТУПНОСТЬ УРАНА В ПОЧВЕННО-РАСТИТЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСАХ БЕЛАРУСИ

М. В. Попеня, О. А. Ильюкевич, С. И. Станкевич, А. В. Черкас

ВВЕДЕНИЕ

Настоящая работа посвящена изучению поведения ²³⁸U в системе «почва–растение» природных и аграрных экосистем. Уран является од-

ним из наиболее распространенных и долгоживущих радиоэлементов в природе. Развитие энергетики на ядерном и ископаемом органическом топливе, использование удобрений и техногенных субстратов в сельском хозяйстве определяют дополнительный поток урана в окружающую среду. Естественные сенокосы и пастбища, сельскохозяйственные угодья являются исходным звеном биологической миграции урана в организм человека. Поглощение урана растениями зависит от его содержания и физико-химического состояния в почвенной среде, а также от видовой принадлежности растений и условий их произрастания. Природный уран представлен тремя изотопами: ^{238}U , ^{235}U , ^{234}U . Величина вклада ^{235}U незначительна – по массе менее 0,72 % и по активности примерно 2 %. Определяющий вклад в дозу облучения человека вносят ^{234}U и ^{238}U , соотношение активностей которых в объектах окружающей среды составляет 0,9–1,3.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектами исследования являлись почвенные и растительные образцы, отобранные сотрудниками НИЛ радиохимии в ходе экспедиций 2010–2012 гг. на контрольных участках, расположенных в пределах естественных сенокосов и пастбищ и личных подворий вне зоны загрязнения трансурановыми элементами выброса ЧАЭС. В лабораторных условиях образцы растительности измельчались, высушивались до постоянного веса при температуре 373–378 К. Почвенные образцы тщательно перемешивались, высушивались при температуре 308–313 К и просеивались через сито, крупнозем и растительные остатки отбрасывались. Затем гомогенизированные образцы почв и растительности прокаливались в муфельной печи при температуре 833 К.

Запас урана в формах, отличающихся по степени прочности связи с почвенными компонентами, определяли по результатам исследования равновесного распределения урана в системах «твердая–жидкая фазы почв», «почва–раствор ацетата аммония». Миграционноактивная форма урана, содержащаяся в почвенных поровых растворах, извлекалась посредством центрифугирования водонасыщенных образцов почв на установке SIGMA-4-10. Подвижная форма урана, обратимо связанная с составляющими почвенного поглощающего комплекса по механизму ионного обмена, экстрагировалась из почв 1 моль/дм³ раствором $\text{NH}_4\text{CH}_3\text{COO}$. Содержание урана в образцах почв, растительности, поровых растворов, ацетатных почвенных вытяжках определяли методом радиохимического анализа [1, 2] с регистрацией α -излучения урана низкофоновыми детекторами 576 A-600 RV на установке ALPHA KING 676.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Исследование физико-химического состояния урана в почвах разного генезиса показало, что доля ^{238}U в биологически подвижной обменной форме составляет 0,7–2,6 %. Содержание ^{238}U в жидкой фазе почв в миграционноактивной форме низкое и составляет 0,06–1,3 % от его общего количества в почвах. Как видно из представленных в табл. 1 данных по поведению урана в системе «почва–луговые травы», содержание ^{238}U в анализируемых почвенных образцах составляет 2,8–26,5 Бк/кг, причем наибольшее содержание урана характерно для дерново-подзолисто-глеевой суглинистой почвы, наименьшее – для аллювиальной торфяно-глеевой. Уровень накопления ^{238}U исследованной луговой растительностью, произрастающей на суходольных, низинных и пойменных лугах, находится в интервале 0,23–3,2 Бк/кг, различие в накоплении урана луговым травостоем составляет 14 раз. Наибольшая концентрация урана выявлена в луговом травостое, произрастающем на торфяной почве низинного луга. Наличие мощной дернины, в которой сосредоточены основная масса корней луговых растений и большое количество органического вещества предопределяет высокую биологическую доступность урана в данной почве. Переход урана в луговую растительность, которая произрастает на суглинистой почве более тяжелого механического состава, меньше по сравнению с супесчаной почвой более легкого механического состава.

Большой диапазон уровней содержания ^{238}U в исследованных луговых почвах и растениях не позволяет считать информативными показатели биологической подвижности урана, представленные абсолютными величинами его содержания в растительных образцах. Для оценки био-генной миграции ^{238}U были рассчитаны коэффициенты накопления (КН), представляющие собой концентрационное отношение урана в растении и почве из корнеобитаемого слоя. Самый высокий КН установлен для дерново-подзолистой супесчаной почвы – 0,18, а самый низкий КН установлен для дерново-подзолисто-глеевой суглинистой почвы – 0,04 (табл. 1). Значения КН для лугового травостоя, произрастающего на минеральных дерново-подзолистых почвах, уменьшается с увеличением содержания физической глины. Высокий КН на органической торфяной почве (0,15) определяется особенностями водно-физического режима произрастания растений и видового состава травостоя. По подвижности урана в системе «почва–луговые растения» исследуемые почвы располагаются в соответствии со значениями КН в порядке уменьшения: дерново-подзолистая супесчаная > торфяная > торфяно-глеевая > дерново-подзолисто-глеевая суглинистая.

Таблица 1

Параметры перехода ^{238}U из почвы в луговую растительность

Контрольные участки	Почвенная разновидность	Состав травостоя	Ап, Бк/кг	Ар, Бк/кг	КН
ДП/сп Суходольный луг	Дерново-подзолистая супесчаная	Полевица обыкновенная, душистый колосок, овсяница овечья, разнотравье	$10,6 \pm 1,0$	$1,9 \pm 0,3$	0,18
ДПг/сг Низинный луг	Дерново-подзолисто-глиево-суглинистая	Щучка, полевица собачья, мятлик обыкновенный, канареечник тростниковидный, манник водный, осока желтая, осока просьяная, осока стройная, осока пузырчатая, разнотравье	$26,5 \pm 1,6$	$1,0 \pm 0,2$	0,04
Т Низинный луг	Торфяная	Осока желтая, осока просьяная, осока стройная, пушица	$21,2 \pm 1,4$	$3,2 \pm 0,3$	0,15
Тг Пойменный луг	Аллювиальная торфяно-глиево-суглинистая	Канареечник тростниковидный, манник водный, щучка, осоки, разнотравье.	$2,8 \pm 0,2$	$0,23 \pm 0,04$	0,08

Ап, Ар – удельная активность сухих образцов почвы и растительности
КН – коэффициент накопления

Из приведенных в табл. 2 параметров перехода урана в системе «почва–овощные культуры» видно, что содержание ^{238}U в исследуемых почвах близко по величине и составляет 10,8–11,9 Бк/кг. Удельная активность овощных культур в расчете на абсолютно-сухой вес составляет $(21–84) \cdot 10^{-3}$ Бк/кг, причем наименьшее значение характерно для петрушки, а наибольшее – для укропа. Удельная активность овощей в расчете на сырой вес изменяется в интервале $(0,8–20,5) \cdot 10^3$ Бк/кг и различается более чем в 20 раз, причем, наименьшее значение в данном случае характерно для огурцов, а наибольшее – для укропа.

Таблица 2

Параметры перехода ^{238}U из почвы в овощную продукцию

Контрольные участки	Почвенная разновидность	Вид растительности	Ап, Бк/кг	Ар, Бк/кг	КН
ДПСп-1	Дерново-подзолистая супесчаная	Петрушка	$11,9 \pm 1,0$	$0,021 \pm 0,003$	0,0018
		Укроп		$0,084 \pm 0,007$	0,0071
ДПСп-2	Дерново-подзолистая супесчаная	Огурцы	$10,8 \pm 1,2$	$0,025 \pm 0,004$	0,0023
		Картофель		$0,026 \pm 0,004$	0,0024

Ап, Ар – удельная активность сухих образцов почвы и растительности
КН – коэффициент накопления

Следует отметить, что исследуемые овощи по сравнению с луговыми травами обладают более низкой аккумулирующей способностью по от-

ношению к ^{238}U , их коэффициенты накопления значительно ниже 1 и изменяются в интервале 0,0018–0,0071. Сравнивая значения КН с ранее полученными для других овощей [3], можно расположить продукты растениеводства в порядке уменьшения биологической доступности урана в следующий ряд: морковь (0,028) → помидоры (0,025) → свекла (0,018) → укроп (0,0071) → картофель (0,0024) → огурцы (0,0023) → петрушка (0,0018) → капуста (0,009) → кабачок (0,002).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Показано, что накопление урана луговыми травами и овощной продукцией зависит от типа почв и видовой принадлежности растений. Представленные данные позволяют оценить дозы облучения в результате поступления урана в организм человека по основным пищевым цепочкам «почва – луговые травы – животное – мясомолочная продукция – человек» и «почва – продукция растениеводства – человек».

Литература

1. Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Войникова Е. В. и др. Радионуклиды радия и урана в почвах Беларуси // Литосфера. 2010. №1 (32). С. 128–134.
2. Методика определения урана в почвах и аэрозольных фильтрах. МВИ. МН1497. Минск. БелГИМ. 2001.
3. Соколик Г. А., Овсянникова С. В., Попеня М. В. и др. Поведение радионуклидов урана и радия в почвенно-растительном комплексе агроценозов вне зоны чернобыльского загрязнения Беларуси // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2013. №1. С. 102–110.

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРЫ И СВОЙСТВ ДИСПЕРСИЙ ЛИГНИНА В НЕФТЕПРОДУКТАХ

И. В. Резников, Т. А. Савицкая

Гидролизный лигнин, являющийся отходом в производстве этанола, может быть использован в качестве сорбента для ликвидации разливов нефти и утилизации отработанных топлив. Полученные композиции лигнина и нефтепродуктов при определенном соотношении компонентов могут быть переработаны в гранулированную массу, топливные брикеты или пеллеты, пригодные для сжигания, вследствие достаточно высокой теплотворной способности и отсутствия токсичных дымовых газов [1]. Дисперсии лигнина в нефти и нефтепродуктах в зависимости от концентрации лигнина являются либо свободно- либо связнодисперсными системами [2]. Целью настоящей работы явилось изучение влия-

ния структурной организации дисперсной системы лигнин-дизельное топливо (ДТ) на скорость испарения ДТ.

Для приготовления дисперсий лигнина с содержанием дисперсной фазы от 40 до 50 % использовали гидролизный лигнин с влажностью 7 %, насыпной плотностью 240 кг/м³, абсолютной плотностью по гелию 1480 кг/м³, зольностью 17,2 %, удельной поверхностью по азоту 3000 м²/кг, суммарным объемом пор 4,5×10⁻⁵ м³/кг. Дисперсионной средой для приготовления суспензий служило ДТ с плотностью 800 кг/м³. Зеркало разлива во всех экспериментах составляло 36,8 см². Массовую скорость испарения ДТ определяли гравиметрическим методом и рассчитывали по формулам 1 и 2:

$$v_1 = \frac{m_t - m_0}{t}, \quad (1)$$

$$v_2 = \frac{m_{t+dt} - m_t}{dt}, \quad (2)$$

Динамический предел текучести и пластическую вязкость определяли из реологических кривых течения дисперсий, которые снимали на реометре "Brookfield" (США) с программным обеспечением Rheo2000 и измерительной системой с коаксиальными цилиндрами СС25 в диапазоне напряжений сдвига 11,4–1140 Па.

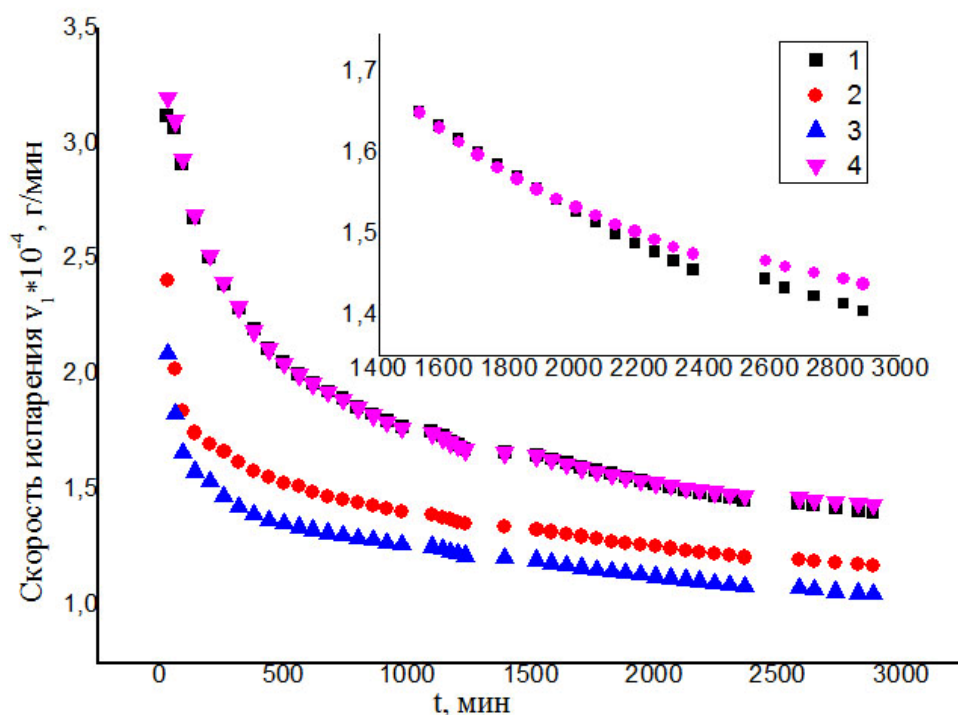


Рис. 1. Зависимость массовой скорости (v_1) испарения ДТ от времени для дисперсий с содержанием лигнина 40,15% (1), 44,15% (2), 49,18% (3) и для ДТ без лигнина (4)

Как следует из данных рисунка 1, на первых стадиях процесса значения скоростей испарения (v_1) ДТ с поверхности чистого ДТ и ДТ, содержащего 40, 15 % (мас.) лигнина практически совпадают (кривые 1 и 4), в то время как при более высоком содержании лигнина происходит падение скорости с ростом содержания лигнина (кривые 2 и 3), т.е.

$$v_{tr}(ДТ) \approx v_{tr}(w_{lign} = 40,15\%) > v_{tr}(w_{lign} = 44,15\%) > v_{tr}(w_{lign} = 49,18\%)$$

Из данных рисунка 2, на котором представлена зависимость от времени массовых скоростей испарения ДТ, рассчитанных по формуле 2. Видно, что, начиная с 2585 мин скорость испарения практически перестает изменяться: всего на 1 % за 300 мин, что позволяет рассматривать скорость испарения ДТ как постоянную величину [3].

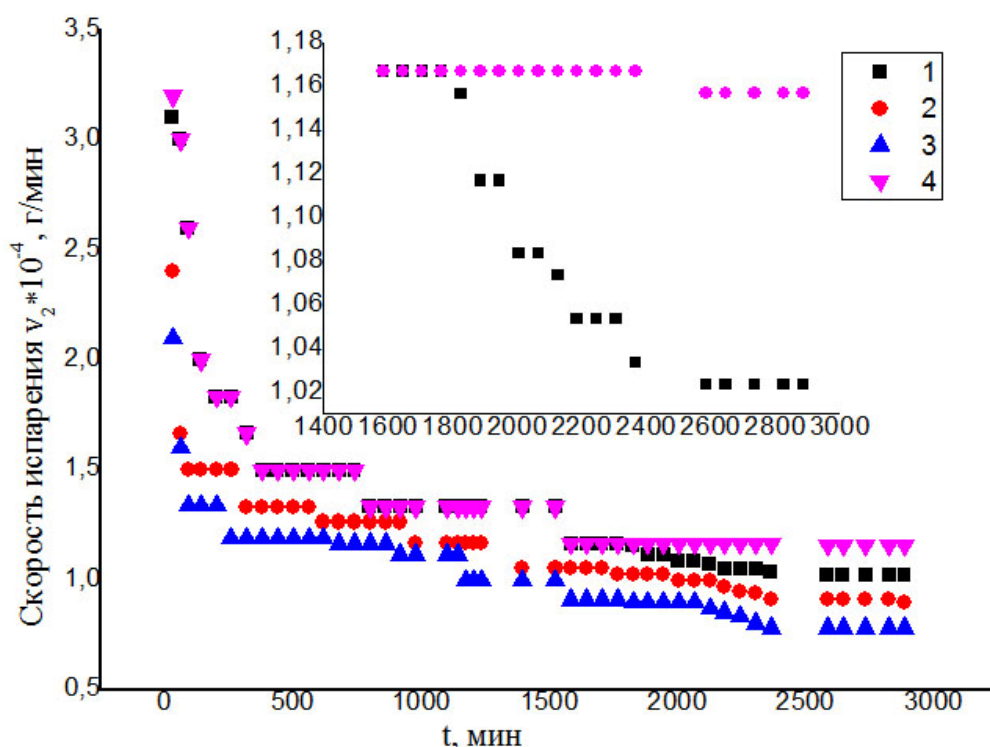


Рис. 2. Зависимость массовой скорости (v_2) испарения ДТ от времени для дисперсий с содержанием лигнина 40,15% (1), 44,15% (2), 49,18% (3) и ДТ без лигнина (4)

Если предположить, что изменение массы навески суспензии происходит за счет испарения летучего компонента – ДТ, то, считая массу лигнина постоянной, можно рассчитать концентрацию лигнина к моменту завершения эксперимента $\tau=2885$ с и получить для исследованных концентраций лигнина $\omega=40-50\%$ следующие уравнения, описывающие скорость испарения:

$$v_{\infty} = 2,46 * 10^{-4} (0,819 - \omega_{л}), \quad (3)$$

$$v_{\infty} = 2,40 * 10^{-4} (0,819 - \omega_{L_0}), \quad (4)$$

где v_{∞} – установившаяся скорость испарения ДТ из дисперсии; ω_{L_t} – массовая доля лигнина к моменту установления постоянной скорости; ω_{L_0} – начальная массовая доля лигнина.

Как видно из данных рисунка 2, кривые 1 и 4 имеют интересную особенность: вначале они практически совпадают, и только в момент времени $\tau = 1720-1800$ мин скорость испарения ДТ из дисперсии, начальный состав которой соответствовал 40,15 % (мас.), снижается приблизительно на 13–14 %. Расчет по уравнению 2 позволяет определить ω_L в точке, где кинетические кривые расходятся: ω_L составляет $41,27 \pm 0,1$ %. Совпадение кривых испарения 1 и 4 (рисунок 2) указывает на то, что в дисперсии присутствует свободное ДТ, которое испаряется с такой же скоростью как и ДТ в отсутствие лигнина. При массовом содержании лигнина 41,2 % свободное ДТ «заканчивается», а испарение связанного ДТ начинает протекать с меньшей скоростью, что становится четко заметным на рисунке 2 во временном интервале $\tau = 1720-1800$.

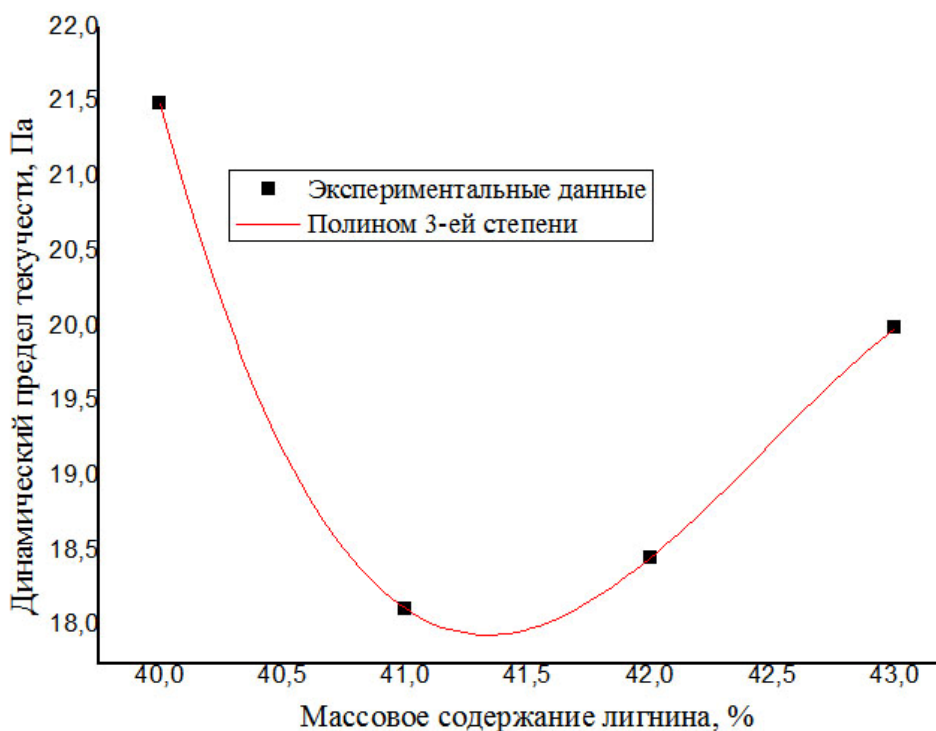


Рис. 3. Зависимость динамического предела текучести от состава дисперсий лигнин-ДТ

Это позволяет предположить, что в исследованной системе лигнин-ДТ при достижении в процессе испарения состава, соответствующего массовому содержанию лигнина 41,2 %, происходит переход от свободнодисперсной системы к связнодисперсной. Частицы дисперсии такого

состава контактируют друг с другом и образуют пространственный каркас в результате чего система теряет текучесть и уже не содержит свободное ДТ: оно включено в ячейки, образованные элементами структуры каркаса.

По данным реологического исследования для дисперсий с массовыми концентрациями лигнина 40–43 % на зависимости динамического предела текучести и пластической вязкости от состава имеются экстремумы, в обоих случаях минимумы (рис. 3, 4).

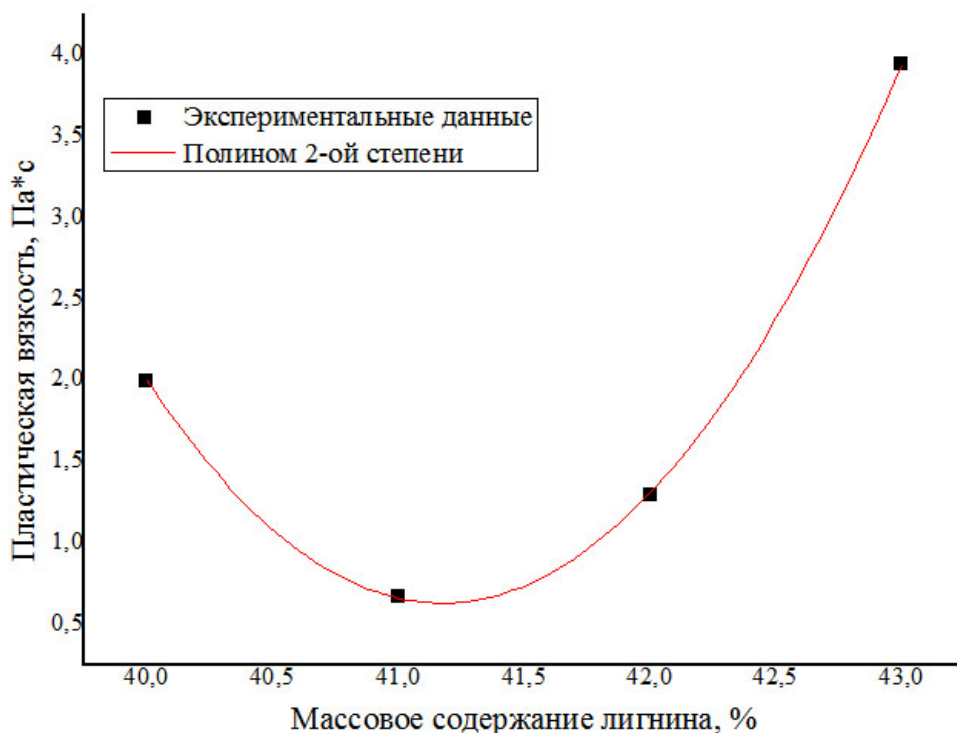


Рис. 4. Зависимость динамического предела пластической вязкости от состава дисперсий лигнин-ДТ

Описание полученных данных полиномами третьей и второй степени соответственно, позволило установить, что минимумы находятся в области $41,25 \pm 0,08$ %. Соответствие данных реологического исследования и кинетики испарения свидетельствует о протекании в системе при этом соотношении компонентов структурообразования, т.е. образования связнодисперсной системы, в которой частицы лигнина соединены друг с другом через тонкие прослойки дисперсионной среды, что затрудняет испарение ДТ.

Литература

1. Гриншпан Д. Д., Тельшева Г. М., Невар Т. Н., Дижбите Т. Н., Цыганкова Н. Г., Аршаница А. С. Нефтесорбент на основе гидролизного лигнина // Весці НАН Беларусі. Сер. хім. навук. 2011. № 2. С. 23–28.

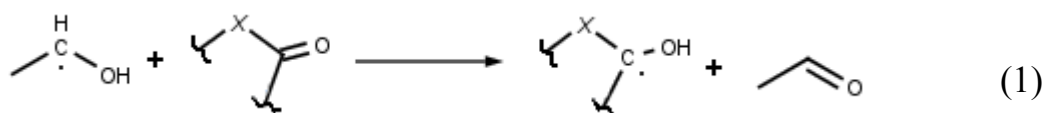
2. *Savitskaya T. A., Rezniko I. V., Shcheglov V. A., Tsygankova N. G., Telysheva G. M., & Grinshpan D. D.* (2012). Rheological properties of disperse systems based on hydrolyzed lignin and oil. *Journal of Engineering Physics and Thermophysics*, 85(3). P. 662–667.
3. *Вырубов Д. Н.* О методике расчета испарения топлива // Двигатели внутреннего сгорания (МВТУ). 1964. №. 25. С. 41–44.

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ α -ГИДРОКСИЭТИЛЬНЫХ РАДИКАЛОВ С КАРБОНИЛСОДЕРЖАЩИМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ФУРАНА И ЦИКЛОПЕНТАНА

И. А. Резцов, С. Д. Бринкевич, О. И. Шадыро

Аскорбиновая кислота является низкомолекулярным водорастворимым антиоксидантом и обеспечивает защиту организма человека от широкого спектра свободнорадикальных процессов повреждения биомолекул. В работе [1] было отмечено, что ключевым элементом аскорбиновой кислоты и ее алкилированных производных, ответственным за реакционную способность по отношению к α -гидроксилсодержащим углеродцентрированным радикалам (α -ГУР), является сопряженная с двойной углерод-углеродной связью карбонильная группа. Целью данной работы было изучение методом стационарного радиолиза взаимодействия ряда структурных аналогов аскорбиновой кислоты – пятичленных циклических кетонов и лакто-нов – с α -гидроксиэтильными радикалами (α -ГЭР), которые являются простейшими представителями α -ГУР.

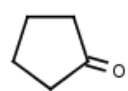
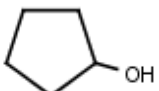
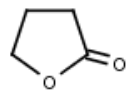
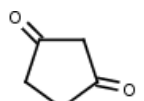
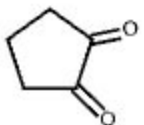
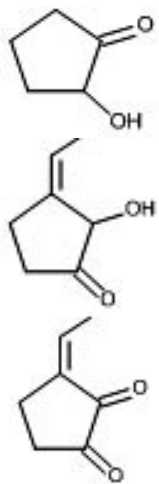
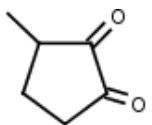
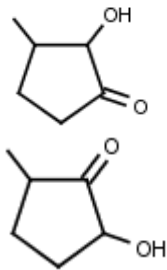
В работе были использованы циклопентанон, циклопентан-1,3-дион, 3-метилциклопентан-1,2-дион, циклопентан-1,2-дион, циклопентен, циклопентен-2-он-1, γ -бутиролактон, 2(5H)-фуранон и димер дегидроаскорбиновой кислоты (бис-ДГА). Их концентрации в облучаемых этанольных растворах составляли 1×10^{-3} моль/литр. Используемый диапазон поглощенных доз составлял 0,2–4,3 кГр. Полученные экспериментальные данные (Таблица) свидетельствуют о том, что γ -облучение деаэрированного этанола в присутствии насыщенных карбо- и гетероциклических карбонильных соединений приводит к изменению соотношения основных продуктов радиолиза в пользу ацетальдегида – продукта окисления α -ГЭР. Общим структурным фрагментом в исследуемых соединениях является карбонильная группа, поэтому она предопределяет их способность взаимодействовать с α -ГЭР по реакции (1). Наблюдается корреляция между количеством карбонильных групп в молекуле и окислительными свойствами соединения.


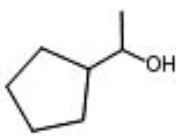
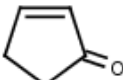
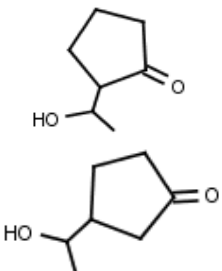
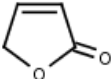
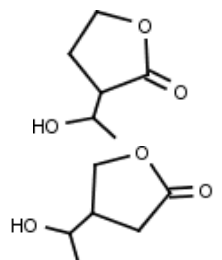
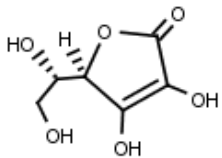


Дальнейшие превращения продуктов одноэлектронного восстановления исследуемых соединений зависят от их строения.

Таблица

Радиационно-химические выходы образования основных продуктов радиолитического этанола, а также выходы разложения добавок и конечные молекулярные продукты их превращений

Добавка, 10^{-3} моль/дм ³	Структурная формула	G, молекула/100 эВ			Продукты превращений
		АА	БД-2,3	Добавка	
Без добавок	-	2,00±0,16	2,15±0,10	-	-
Циклопентанон		2,50±0,10	1,74±0,07	-0,99±0,07	
γ-Бутиролактон		2,38±0,11	2,12±0,10	-0,62±0,18	-
Циклопентан-1,3-дион		2,36±0,11	1,28±0,05	-0,20±0,04	-
Циклопентан-1,2-дион		2,38±0,19	0,19±0,04	-4,73±0,36	
3-метилциклопентан-1,2-дион		4,46±0,25	0,21±0,02	-1,77±0,17	

Добавка, 10 ⁻³ моль/дм ³	Структурная формула	G, молекула/100 эВ			Продукты превращений
		АА	БД-2,3	Добавка	
Циклопентен		3,62±0,48	2,53±0,12	-	
Циклопентен-2-он-1		1,70±0,09	0	-8,65±0,21	
2(5Н)-фуранон		2,07±0,55	0	- 62,77±2,62	
Бис-ДГА	C ₁₂ H ₁₂ O ₁ 2	4,14±0,32	0,12±0,04	- 3,69±0,62	

В качестве конечных продуктов радиолита циклопентанона, циклопентан-1,2-диона и 3-метилциклопентан-1,2-диона нами были идентифицированы соответствующие спирты, которые, вероятно, образуются в результате диспропорционирования радикалов, образующихся в реакции (1). Для енолизируемых дикетонов имеется возможность присоединения α -ГЭР к двойной связи. Действительно, методом хромато-масс-спектрометрии для циклопентан-1,2-диона зафиксированы соединения, образующиеся в результате присоединения α -ГЭР к двойной связи енола. Однако в случае 3-метилциклопентан-1,2-диона процесс присоединения α -ГЭР не реализуется, вероятно, вследствие стерических препятствий, создаваемых метильной группой.

Для циклопентан-1,3-диона наблюдается низкий радиационно-химический выход разложения добавки и хромато-масс-спектрометрически не удастся обнаружить каких-либо продуктов радиолита, что говорит о возможности регенерации соединения.

Механизм радиолиза карбонилсодержащих производных циклопентана и фурана кардинальным образом изменяется при введении в их структуру двойной углерод-углеродной связи. α -ГЭР количественно взаимодействуют с циклопентен-2-оном и 2(5H)-фураноном, поскольку в присутствии этих соединений бутандиол-2,3 не образуется. Кроме того, вещества разлагаются с цепными выходами, а в качестве единственных молекулярных продукта радиолиза образуются аддукты с α -ГЭР. Методом ЯМР показано, что присоединение α -ГЭР к 2(5H)-фуранону происходит преимущественно по С-2 положению. Этому может способствовать предварительное образование межмолекулярной водородной связи между карбонильной группой лактона и гидро-кисильной группой α -ГЭР. В качестве модельного соединения для выяснения эффектов изолированной двойной связи в реакциях с α -ГЭР был выбран циклопентен. Помимо ожидаемого продукта присоединения радикала к двойной связи алкена, было зафиксировано увеличение выхода ацетальдегида и бутандиола-2,3, то есть, циклопентен сенсibiliзирует радиационно-индуцированное разложение этанола. Данный эффект может быть связан с возможным взаимодействием алкена с катион-радикалом этанола, образующимся в качестве первичного продукта радиолиза этанола. В этом случае должно происходить увеличение количества α -ГЭР, образующихся в системе и, следовательно, увеличивается радиационно-химический выход основных продуктов радиолиза этанола.

Бис-дегидроаскорбиновая кислота проявляет сильные окислительные свойства в отношении α -ГЭР, так как значительно снижает выход бутандиола-2,3 и увеличивает выход ацетальдегида по сравнению с системой без добавок. При этом происходит раскрытие цикла димера с образованием продукта восстановления – аскорбиновой кислоты – обнаруженной методом высокоэффективной жидкостной хроматографии с масс-спектрометрией.

Таким образом, циклические пятичленные кетоны и лактоны способны окислять α -ГЭР, о чем свидетельствует изменение соотношения основных продуктов радиолиза деазирированного этанола в пользу ацетальдегида. Циклопентен, присоединяет α -ГЭР по двойной связи и при этом сенсibiliзирует радиолиз этанола, увеличивая общий выход продуктов его радиолиза. Основным механизмом взаимодействия циклопентен-2-она-1 и 2(5H)-фуранона с α -ГЭР является присоединение радикальных интермедиатов по двойной углерод-углеродной связи, активированной карбонильной группой.

Литература

1. Бринкевич С. Д., Шадыро О. И. Влияние аскорбиновой кислоты и ее производных на радиационно-химические превращения гидроксилсодержащих органических соединений // Химия высоких энергий. 2008. Т. 42. № 4. С. 297–302.

МОДИФИКАЦИЯ ЦЕФАЛОСПОРИНОВЫХ И АМИНОГЛИКОЗИДНЫХ АНТИБИОТИКОВ ВОДОРАСТВОРИМЫМИ ПРОИЗВОДНЫМИ ЦЕЛЛЮЛОЗЫ И ХИТИНА

Е. А. Шахно, Т. А. Савицкая

ВВЕДЕНИЕ

Целью настоящей работы явилось исследование коллоидно-химических свойств парентеральных антибиотиков широкого спектра действия, модифицированных водорастворимыми производными целлюлозы и хитина для повышения кислотостойкости антибиотиков [1].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве парентеральных антибиотиков были выбраны цефалоспориновые антибиотики – цефтриаксон (ЦЕФТР) и цефотаксим (ЦЕФОТ), а также аминогликозидные антибиотики – канамицин (КНМЦ) и амикацин (АМКЦ), которые также являются противотуберкулезными препаратами II ряда.

Как полимеры-модификаторы были использованы: сульфат ацетат целлюлозы в форме натриевой соли (Na-САЦ) со средневязкостной молекулярной массой 30 кДа; рН 1 % водного раствора 5,5; содержанием сульфатных и ацетатных групп 30,0 и 15,5 % соответственно и сульфат ацетат хитина в форме натриевой соли (Na-САХ) со средневязкостной молекулярной массой 20 кДа; рН 1 % водного раствора 6,0; содержанием сульфатных и ацетатных групп 38,4 и 3,3 % соответственно.

Выбор полимеров был обусловлен наличием у них сульфатных групп, способных электростатически взаимодействовать с аминогруппами антибиотиков.

Комплексы антибиотик-полимер получали смешением растворов антибиотика и полимера с концентрациями $2 \cdot 10^{-5}$ моль/л при молярном отношении антибиотик: полимер от 8:1 до 1:8. Для установления состава комплексов антибиотик-полимер использовали методы Остромысленского-Жоба и турбидиметрический метод коллоидного титрования. УФ-спектры растворов записывали на спектрофотометре Metertech SP8001 UV/Visible при $\lambda=200 \div 400$ нм, $\Delta\lambda=1$ нм. Турбидиметрическое титрование проводили на фотоэлектроколориметре КФК-3-01 при длине волны 540 нм. ИК-спектры пленок регистрировали на ИК-Фурье спектрометре Nicolet iS10 при 46-кратном сканировании. Поверхностное натяжение растворов определяли с использованием прибора «Процессор-

тензиометр K100 МК2» фирмы «Krus» (Германия) в автоматическом режиме с точностью $\pm 0,3$ мН/м.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При взаимодействии сульфатированных полисахаридов с антибиотиком аминогликозидного ряда в водных растворах образуется осадок белого цвета, в то время как при взаимодействии с антибиотиками цефалоспоринового ряда раствор остается прозрачным. Выпадение осадка однозначно указывает на взаимодействие антибиотик-полимер, в результате которого, за счет электростатического взаимодействия функциональных групп образуются гидрофобные комплексы Na-САЦ:КНМЦ, Na-САХ:КНМЦ, Na-САЦ:АМКЦ, Na-САХ:АМКЦ. Гидрофобный характер водорастворимых комплексов и, как следствие, появление у них поверхностной активности иллюстрируют данные рис. 1.

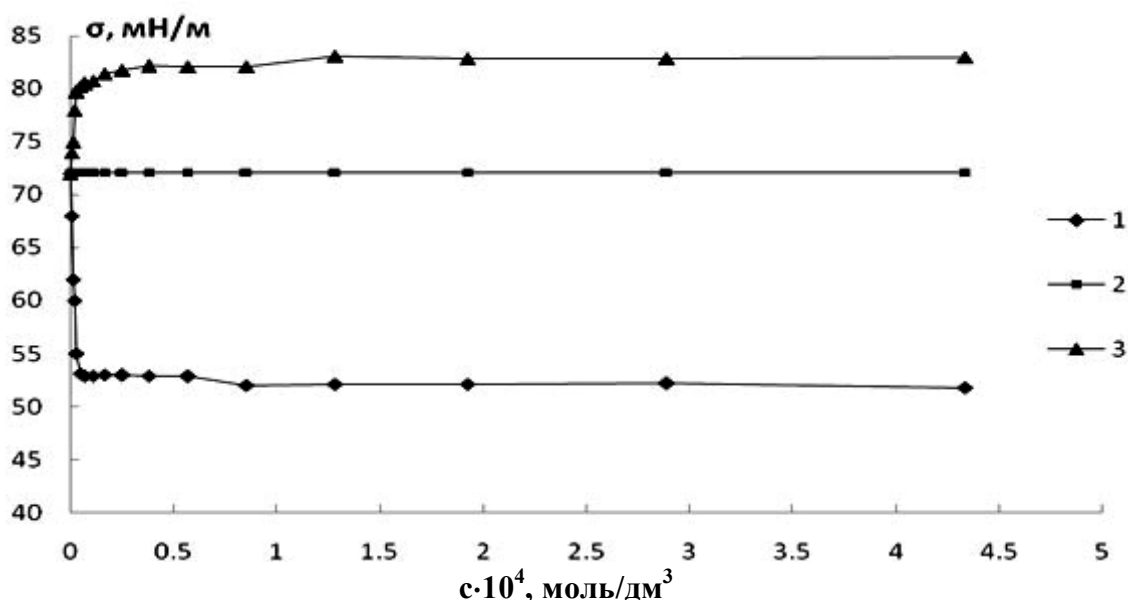


Рис. 1. Изотермы поверхностного натяжения водных растворов
1 – Na-САЦ, 2 – комплекс ЦЕФТР-Na-САЦ, 3 – ЦЕФТР

При титровании растворов Na-САЦ и Na-САХ раствором антибиотика происходит рост оптической плотности за счет образования суспензии, дисперсной фазой которой является комплекс антибиотик-полимер. Как следует из данных рис. 2 в кислой среде ($pH < 7$) Na-САХ образует с КНМЦ комплекс состава 1:2,8. В среде, близкой к нейтральной, а также в щелочной ($pH > 7$) количество звеньев Na-САХ, приходящихся на одну молекулу антибиотика, уменьшается, поскольку уменьшается количество протонированных аминогрупп антибиотика, которые способны взаимодействовать с Na-САХ, поэтому состав комплекса изменяется и

соответствует Na-САХ:КНМЦ=1,7:1 (нейтральная) и Na-САХ:КНМЦ=1,1:1 (щелочная).

Образование комплексов Na-САЦ:КНМЦ характеризуется аналогичными закономерностями, однако с одной молекулой антибиотика максимально взаимодействует два звена Na-САЦ. Вероятно, большее содержание ацетатных групп в звене этого полимера, по сравнению с Na-САХ, создает пространственные препятствия для прямого контакта антибиотика и полимера.

В случае Na-САЦ:АМКЦ соотношения антибиотик-полимер аналогичны соотношениям Na-САЦ:КМЦ вследствие подобия структуры антибиотиков.

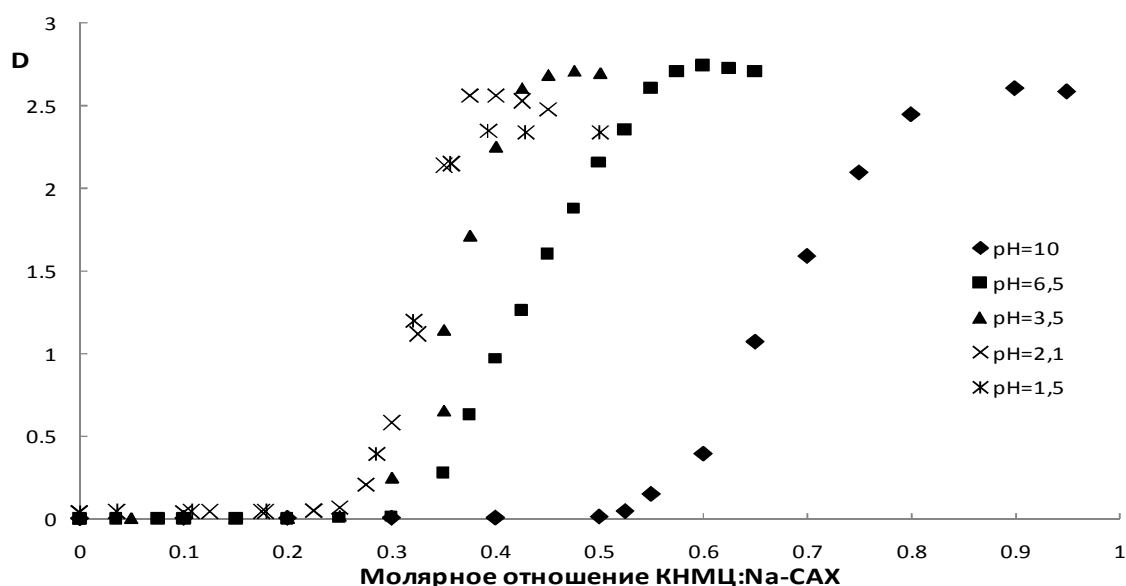


Рис. 2. Кривые коллоидного титрования Na-САХ антибиотиком при различных pH

Состав водорастворимых комплексов, установленный методом Остромысленского-Жоба, коррелирует с составом нерастворимых комплексов, и соответствует:



Взаимодействие цефалоспориновых антибиотиков и Na-САЦ, как и в случае аминогликозидных антибиотиков, затрудняют ацетатные группы в звеньях полимера. Различные количества звеньев Na-САХ и Na-САЦ, приходящиеся в комплексе на одну молекулу антибиотиков, могут быть связаны с неодинаковыми размерами молекул ЦЕФТР и ЦЕФОТ. Длина молекулы ЦЕФТР, рассчитанная с помощью метода ММF94 (ChemBioOffice Ultra версии 12), составляет 2 нм, а ЦЕФОТ – 1 нм.

Образование водорастворимых комплексов было подтверждено результатами ИК-спектроскопического исследования пленок, полученных из растворов методом испарения растворителя. Основные изменения в ИК-спектрах наблюдались в области 1120–1750 см⁻¹. Так, полоса 1223 см⁻¹, характерная для валентных колебаний сульфогруппы Na-САЦ, сдвигается до 1237 см⁻¹ в случае комплекса ЦЕФТР-Na-САЦ. Для комплекса ЦЕФОТ-Na-САЦ сдвиг полосы 1223 см⁻¹ составляет 9 см⁻¹.

Похожие изменения наблюдаются в ИК-спектрах комплекса антибиотиков с Na-САХ. В случае ЦЕФОТ в спектре комплекса наблюдается сдвиг полосы амид I с 1643 до 1660 см⁻¹, полосы амид II с 1537 до 1531 см⁻¹, а также полосы сульфогруппы при 1216 см⁻¹ до 1230 см⁻¹. Для комплекса Na-САХ-ЦФТР – характеристическая полоса колебания β-лак-тамного кольца смещается с 1737 см⁻¹ до 1759 см⁻¹, полоса амид II сдвигается 1647 см⁻¹ до 1636 см⁻¹.

Полученные данные подтверждают предположение о взаимодействии сульфатных групп полимеров с аминогруппами антибиотиков.

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Установлен состав водорастворимых комплексов цефалоспориновых антибиотиков и нерастворимых в воде комплексов аминогликозидных антибиотиков, модифицированных сульфатированными полимерами. Соотношение антибиотик : полимер соответствует:

Na-САЦ:ЦЕФТР=2,3:1;	Na-САЦ:КНМЦ=1,4:1;
Na-САЦ:ЦЕФОТ=2:1;	Na-САХ:КНМЦ=1,6:1;
Na-САХ:ЦЕФТР=1:1;	Na-САЦ:АМКЦ=1,4:1;
Na-САХ:ЦЕФОТ=1:1;	Na-САХ:АМКЦ=1,6:1.

2. Образование комплексов происходит за счет электростатического взаимодействия между сульфатными группами полимеров и протонированными аминогруппами антибиотиков, на что указывает смещение характеристических полос сульфатных и аминогрупп в ИК-спектрах.

Литература

1. Шахно Е. А. Комплексообразование антибиотиков с водорастворимым производным целлюлозы полиэлектролитной природы // Мат. докл. Междунар. молодежн. научн. форума «Ломоносов-2013» / М: МАКС Пресс, 2013. 1 электрон. оптич. диск.

СОСТАВ КОМПЛЕКСНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТНЫХ ГИДРОГЕЛЯХ НА ОСНОВЕ СУЛЬФОНИРОВАННОГО ПОЛИАКРИЛАМИДА

О. В. Шахно

ВВЕДЕНИЕ

В последние десятилетия в различных странах проявляется повышенный интерес к полимерам, способным абсорбировать воду в количествах, в сотни и тысячи раз превышающих их собственную массу. К числу таких полимеров относятся полиэлектролитные гидрогели (ПЭГГ), которые получают путем сшивания макромолекул полиэлектролитов. ПЭГГ находят широкое применение в различных областях, в том числе в медицине, сельском хозяйстве, а также при добыче нефти [1].

Формирование трехмерной структуры в макромолекулах полиэлектролитов осуществляется различными способами. Обычно узлы сетки имеют ковалентную природу, однако возможно и образование поперечных связей координационной природы с участием катиона металла в качестве комплексообразователя и функциональных групп полимера в качестве лигандов [2]. В нефтедобыче часто используются ПЭГГ на основе сульфированного полиакриламида (СПАА), которые формируются в пластовых условиях при взаимодействии исходного полимера со специально вводимыми добавками солей поливалентных металлов, чаще всего ацетата Cr(III) (АХ).

Состав комплексных соединений в ПЭГГ на основе СПАА до настоящего времени достоверно не установлен. В то же время, очевидно, что для получения ПЭГГ с заданными свойствами необходимо знать, с какими именно функциональными группами СПАА и в каком количестве взаимодействует комплексообразователь.

Целью данной работы явилось определение состава комплексных соединений в ПЭГГ на основе СПАА, сшитого АХ.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования были СПАА марки AN-125 VLM производства фирмы SNF Floerger (Франция), а также ПЭГГ на его основе, полученные при использовании АХ в качестве сшивающего агента. Исследованный СПАА представлял собой анионный водорастворимый терполимер акриламида с акрилатом натрия и натриевой солью 2-акриламидо-2-метилпропансульфокислоты со средневязкостной молекулярной массой,

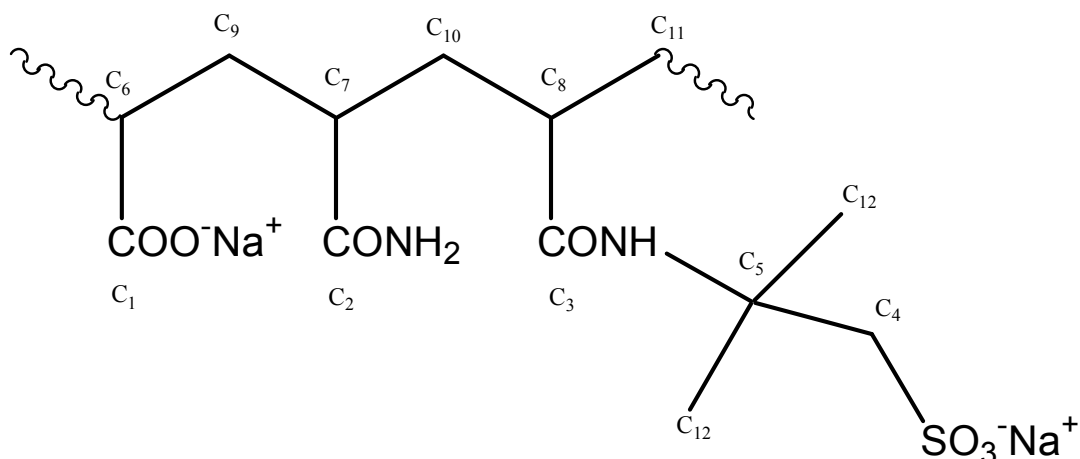
равной $2 \cdot 10^6$ Да. В работе использовали АХ производства ЗАО «Петрохим» (Россия) в виде 44 %-ного водного раствора.

Спектры ЯМР ^{13}C записывали на спектрометре Avance – 500 Bruker с рабочей частотой на ядрах ^{13}C 125,8 МГц.

Для записи спектров готовились 10 %-ные растворы СПАА в дейтерированной воде. При получении ПЭГГ к раствору СПАА добавляли АХ в мольном соотношении $\text{Ct (III)} : \text{COO}^-$, равном 1 : 3. Для отнесения линий были записаны также спектры с переносом поляризации. Содержание функциональных групп в СПАА определяли по интегральной интенсивности (I) линий, которые обусловлены химическим сдвигом δ атомов углерода, входящих в состав этих групп. Относительная ошибка определения содержания функциональных групп не превышала 7 % с надежностью 0,95.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В цепи СПАА присутствуют 12 разновидностей атомов углерода:



Анализ спектров ЯМР ^{13}C водных растворов СПАА позволил отнести наблюдаемые сигналы к атомам углерода в определенных химических группировках макромолекул СПАА, а также определить содержание различных функциональных групп в исходных СПАА (таблица). По этим данным в СПАА содержится 3 мол. % карбоксилатных групп и 22 мол. % групп CONHR , где $\text{R} = \text{C}(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{SO}_3^- \text{Na}^+$.

Таким образом, карбоксилатные группы в составе СПАА присутствуют в количестве, значительно меньшем по сравнению с количеством других функциональных групп. Однако вследствие большой длины полимерной цепи число карбоксилатных групп, приходящихся на одну макромолекулу, достигает нескольких сотен.

Изменения величин химического сдвига и относительной интенсивности сигналов атомов С в спектрах ЯМР ^{13}C 10 %-ных водных растворов СПАА при формировании ПЭГГ

Атом С ¹⁾	Группа, в состав которой входит данный атом С	δ, м.д.		I	
		СПАА	ПЭГГ на его основе	СПАА	ПЭГГ на его основе
C ₁	COO ⁻	183,9	-	0,03	0
C ₂	CONH ₂	180,9	180,9	0,74	0,77
C ₃	CONHR ²⁾	177,2	177,2	0,22	0,22
C ₄	CH ₂ в R	58,9	58,9	0,22	0,22
C ₅	С в R	53,7	53,7	0,27	0,23
C ₆₋₈	CH	43,3	43,3	1,02	0,99
C ₉₋₁₁	CH ₂ в главной цепи	36,4; 37,5	36,4; 37,5	1,00	0,94
C ₁₂	CH ₃ в R	27,9	27,9	0,45	0,45
	CH ₃ ⁻ в ацетат-ионе	-	23,5	-	0,03

Примечание 1 – В соответствии со структурной формулой СПАА

Примечание 2 – R = -C(CH₃)₂CH₂SO₃⁻Na⁺

Отличие в спектрах ЯМР ^{13}C СПАА и ПЭГГ на его основе заключается в следующем: во-первых, отсутствуют линии, относящиеся к атомам углерода С₁ в карбоксилатной группе, во-вторых появляются слабо интенсивная линия при 23,5 м.д., в-третьих, происходит уширение тех линий, которые присутствовали в спектрах несшитого СПАА и сохранились в этих же областях спектров ПЭГГ.

Исчезновение линий, относящихся к атомам углерода карбоксилатной группы, обусловлено сильным изменением величин химического сдвига соответствующих атомов углерода в результате взаимодействия катиона Cr(III) с атомом кислорода карбоксилатной группы. Подобное явление наблюдалось ранее в системе Со(II) – поли(D–глутаминовая кислота) и объяснялось формированием макромолекулярного металлокомплекса (ММК) с участием карбоксилатной группы боковой цепи полиаминокислоты [3]. Отсутствие сигнала атома углерода карбоксилатной группы ацетат-иона в спектре ЯМР ^{13}C ПЭГГ на основе СПАА связано, по-видимому, с тем, что соответствующая линия перекрывается с линией атома С₂ амидной группы СПАА. Последняя отличается от линии атома С₂ амидной группы СПАА большей шириной. Наконец, уширение линий указывает на неспецифические взаимодействия, приводящие только к изменению времен релаксации углеродных атомов. Амидная группа, а также группа CONHR, где R = C(CH₃)₂CH₂SO₃⁻Na⁺, не участвуют в формировании ММК, о чем свидетельствует отсутствие измене-

ний величин химического сдвига соответствующих атомов углерода при добавлении АХ к растворам СПАА.

Исчезновение в спектре ЯМР ^{13}C линии принадлежащей атому C_1 карбоксилатной группы, при неизменности величин химического сдвига и интенсивности сигналов, относящихся к атомам углерода других функциональных групп, свидетельствует о том, что ММК, который выполняет функцию узла трехмерной сетки, включает катион $\text{Cr}(\text{III})$ и карбоксилатные функциональные группы терполимера. Другие функциональные группы СПАА не участвуют в формировании ММК. Возможной причиной лучшей комплексообразующей способности карбоксилатной группы по сравнению с сульфогруппой может быть расположение карбоксилатной группы в макромолекуле на более коротком расстоянии от главной цепи, что снижает ее подвижность и обуславливает меньшую потерю энтропии при комплексообразовании.

Результаты выполненного эксперимента показали, что при исходном отношении $\text{Cr}(\text{III}) : \text{COO}^-$ в растворе, равном 1 : 3, после гелеобразования в спектре ЯМР ^{13}C наблюдается полное исчезновение линии, относящейся к атому C_1 карбоксилатной группы СПАА. Исходя из этого, а также учитывая данные, представленные в *таблице*, можно сделать вывод о том, что состав образующегося ММК входит один атом $\text{Cr}(\text{III})$ и три карбоксилатные группы. Такой же состав ММК сохранится и при исходном отношении $\text{Cr}(\text{III}) : \text{COO}^-$, меньшем 1 : 3.

Наиболее вероятная схема формирования ПЭГГ заключается во взаимодействии комплекса $\text{Cr}(\text{III})$, содержащего шесть молекулы воды, с карбоксилатными группами трех различных макромолекул. Связывание двух карбоксилатных групп одной макромолекулы с одним и тем же катионом $\text{Cr}(\text{III})$ маловероятно, поскольку исходные цепи находятся в распрямленной конформации. В предложенной схеме формирования ПЭГГ карбоксилатные группы выступают в качестве бидентатного лиганда.

Возможно также равновесие между бидентатной и монодентатной формой карбоксилатной группы макромолекул, входящей в состав ММК на основе катиона $\text{Cr}(\text{III})$, обусловленное лигандным обменом под действием молекул воды. Участие карбоксилатной группы в качестве бидентатного лиганда более вероятно, поскольку в этом случае будет проявляться хелатный эффект [4].

Работа выполнена при финансовой поддержке БРФФИ (X13K-059).

Автор выражает искреннюю признательность д.х.н. профессору Л. П. Крулю и к.х.н. доценту Е. Д. Скаковскому за ценные замечания при обсуждении результатов.

Литература

1. Куренков В. Ф. Водорастворимые полимеры акриламида // Соросовский образовательный журнал. 1997. № 5. С. 48–53.
2. Круль Л. П. [и др.]. Полиэлектролитные гидрогели на основе гидролизата полиакрилонитрильного волокна // Ж. прикл. химии. 2003. Т. 76, вып. 7. С. 1172–1175.
3. Iwaki O., Hikichi K., Kaneko M. An NMR study of a poly(glutamic acid) metal complex // Polym. J. 1973. Vol. 4, № 6. P. 623–627.
4. Золотов Ю. А. Основы аналитической химии. М: Высшая школа, 2007. Т. 2.

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА МЕМБРАНЫ НА РАБОЧИЙ ДИАПАЗОН ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ H^+ -СЭ НА ОСНОВЕ НЕЙТРАЛЬНЫХ ПЕРЕНОСЧИКОВ АМИННОГО ХАРАКТЕРА

А. Г. Короткая

ВВЕДЕНИЕ

Коррозия – самопроизвольный процесс разрушения металлов под действием окружающей среды, часто сопровождающийся изменением рН в широких пределах (от 2 до 12). Использование локальных техник исследования поверхности, например, техники сканирующего ион-селективного электрода (scanning ion-selective electrode technique, SIET) дает возможность в режиме реального времени контролировать изменение состава среды над очагами коррозии, позволяет глубже понять механизмы коррозии и наметить новые пути к созданию коррозионно стойких покрытий [1]. Сенсоры, используемые в методе SIET, представляют собой стеклянные капилляры с диаметром выходного отверстия 1–2 мкм, заполненные ион-селективной мембраной (коктейлем). Электроды на основе нейтральных переносчиков аминного характера, селективные к H^+ , известны давно [2], однако коммерчески доступные коктейли для H^+ -селективных микроэлектродов (H^+ -СЭ) на основе тридециламина и 4-нанодецилпиридина характеризуются диапазоном функционирования (рН 4,5-11 и 2-9 соответственно) [3] недостаточным для проведения коррозионных исследований.

В [4] было показано, что отклонение функции H^+ -СЭ от линейной в кислой области обусловлено экстракцией ассоциата иона водорода с анионом в фазу мембраны, в щелочной среде – вытеснением водорода из мембраны посторонними катионами. При этом основность амина, используемого в качестве нейтрального переносчика, является главным фактором, влияющим на протекание этих процессов: чем меньше основность нейтрального переносчика, тем при меньших значениях рН начинает активно протекать экстракция анионов, с другой стороны, чем вы-

ше основность нейтрального переносчика, тем при более высоких значениях рН ионы водорода начинают вытесняться посторонними катионами из фазы мембраны в раствор. Кроме того, на диапазон функционирования может оказывать влияние природа растворителя (пластификатора) коктейля (мембраны). На основании этого, нами был синтезирован 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламин, обладающий промежуточной (по сравнению с тридодециламином и 4-нанодецилпиридином) основностью и исследовано функционирование H^+ -СЭ на его основе в пленочном и жидкостном варианте с использованием различных пластификаторов (растворителей).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Для приготовления мембран H^+ -СЭ в качестве нейтральных переносчиков использовали тридодециламин и 4-нанодецилпиридин марки Selectofore (Fluka) и 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламин, синтезированный проф. Станишевским Л.С. на кафедре органической химии БГУ путем алкилирования дигексиламина 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилбромидом. В качестве липофильной анионной добавки использовали калия тетраакс-(4-хлорфенил)борат (КТХФБ) (Fluka), в качестве пластификаторов – 2-нитрофенилоктиловый эфир (НФОЭ), 1,2-диметил-3-нитробензол (ДМНБ), 2-нитрофенилпентиловый эфир (НФПЭ), 2-фторфенил-2-нитрофениловый эфир (ФФНФЭ), 2-нитрофенилфениловый эфир (НФФЭ), бензил-2-нитрофениловый эфир (БНФЭ), все производства Fluka. Для создания пленочных электродов использовали поливинилхлорид (ПВХ) в качестве полимерной матрицы, для создания жидкостных – Полисорб-2 в качестве пористой перегородки. Электроды изготавливали согласно методикам, описанным в [5].

Рабочие растворы с рН 2,0–3,5 готовились на основе соляной кислоты и содержали постоянную концентрацию хлорида, с рН 3,8–12,5 – на основе универсальной буферной смеси [6] и содержали постоянную концентрацию натрия. Все реактивы, используемые для приготовления рабочих растворов, были квалификации «ч.д.а.».

Значения потенциала регистрировали с помощью иономера И-130. В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод ЭВЛ-1МЗ.1. Значения рН приготовленных растворов контролировали с помощью стеклянного электрода ЭСЛ-43-01, калиброванного по стандартным буферам.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Электродная функция пленочного H^+ -СЭ на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина и пластификатора НФОЭ представлена на рис.1.

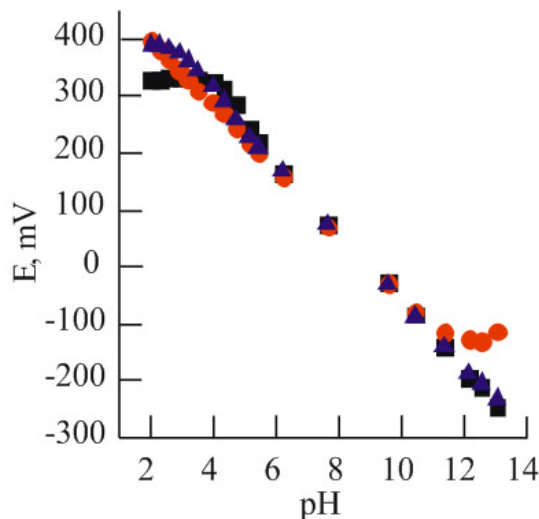


Рис.1. Электродные функции пленочных H^+ -СЭ: на основе • – 4-нанодецил-пиридина, ■ – тридодециламина, ▲ – 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигек-силамина (пластификатор НФОЭ)

Видно, что электрод характеризуется широким линейным диапазоном функционирования (pH 2,9–13,1) с наклоном 60,4 мВ/pH близким к теоретическому и превосходит электроды на основе коммерчески доступных ионофоров. Электрод на основе 4-нанодецилпиридина демонстрирует функцию в диапазоне pH 2–11, а на основе тридодециламина – в диапазоне pH 4–13, что отличается от значений, указанных в [3]. В полном соответствии с [4] электрод на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина, который является более слабым основанием, чем тридодециламин, оказывается более работоспособным в кислой области pH. Однако желаемый рабочий диапазон pH 2–12 достигнут не был.

На рис. 2. приведены электродные функции H^+ -СЭ, исполненных в пленочном варианте, на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина и различных пластификаторов. Видно, что электрод, пластифицированный НФОЭ, демонстрирует наиболее широкий линейный диапазон функционирования, по сравнению с электродами на основе других пластификаторов. В кислой среде раньше других теряют функцию электроды на основе НФФЭ, БНФЭ и ФФНФЭ. Также можно отметить, что для электродов на основе НФПЭ и ДМНВ наблюдается гипернернстовская зависимость при pH 3–5.

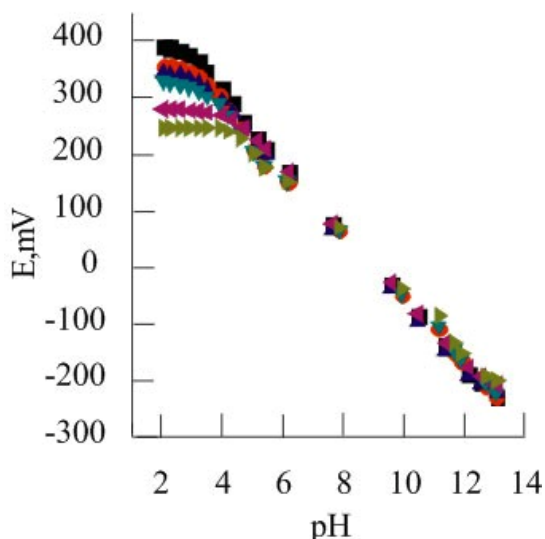


Рис. 2. Электродные функции пленочных H^+ -СЭ на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина и различных пластификаторов

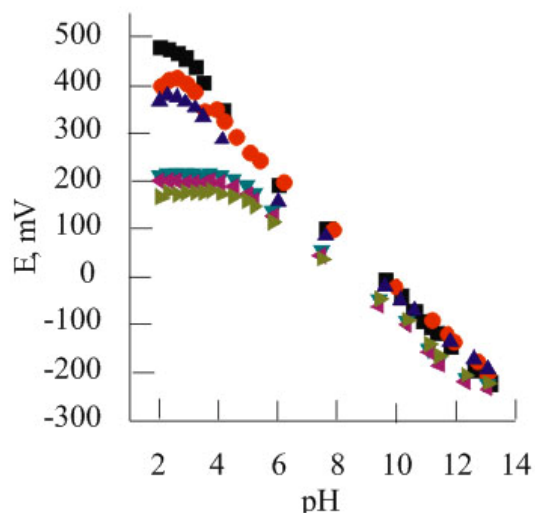


Рис. 3. Электродные функции пленочных H^+ -ИСЭ на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламин и различных пластификаторов

На рис. 3 представлены электродные функции H^+ -СЭ, исполненных в жидкостном варианте, на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина и различных пластификаторов. Можно видеть, что полученные данные в целом аналогичны тем, представленным на рис. 2, что позволяет заключить, что присутствие полимера (ПВХ) в мембране не оказывает влияния на функционирование данного вида электродов. Также как и в случае пленочных электродов наиболее широким диапазоном функционирования характеризуется электрод на основе НФОЭ. Для электродов с использованием пластификаторов ФНФЭ, НФФЭ и БНФЭ наблюдается выход электродной функции на плато при рН ниже 4,5. Для НФПЭ и ДМНБ наблюдается гипернёрнстовская зависимость при рН ниже 4,5.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

H^+ -СЭ на основе 3,4,5-трис-(додецилокси)бензилдигексиламина и пластификатора НФОЭ характеризуется широким линейным диапазоном функционирования (рН 2,9–13,1) с наклоном 60,4 мВ/рН. Обладая меньшей основностью, чем тридодециламин, 3,4,5-трис-(додецилокси)-бензилдигексиламин позволяет электроду работать в более кислой области рН, однако желаемый рабочий диапазон рН 2–12 при этом не достигается. Принимая во внимание, что наилучшими характеристиками из всех изученных пластификаторов обладают H^+ -СЭ на основе НФОЭ, дальнейшее смещение рабочего диапазона функционирования электрода в кислую область возможно только за счет модификации структуры нейтрального переносчика. Представляется перспективным синтез следую-

щих структур: бензилдигексиламина, 2-бромбензилдигексиламина и 2-нитробензилдигексиламина.

Отсутствие влияния ПВХ на функционирование исследованных H^+ -СЭ позволяет экстраполировать полученные результаты на капиллярные электроды с жидкими мембранами, используемые в методе SIET и рекомендовать разработанные составы мембран для исследования процессов коррозии.

Литература

1. *Lamaka S. V., Souto R. M., Ferreira M. G. S.* In-situ visualization of local corrosion by Scanning Ion-selective Electrode Technique (SIET) in: Mendez-Vilas A., Diaz J. (Eds.). *Microscopy: Science, Technology, Applications and Education // Edition 2010.* Formatex Research Center, Badajoz, Spain. 2010. V. 3. P. 2162–2173.
2. *Coon R. L., Lai N. C., Kampine J. P.* Evaluation of a dual-function pH and pCO_2 in vivo sensor // *J Appl. Physiol.* 1976. V. 40. P. 625–629.
3. Интернет-адрес: <http://www.sigmaaldrich.com/analytical-chromatography/analytical-reagents/sensoric-applications.html>.
4. *Egorov V.V., Lushchik Ya. F.* H^+ -selective electrodes based on neutral carriers: Specific features in behaviour and quantitative description of the electrode response // *Talanta.* 1990. V. 37. №5. P. 461–469.
5. *Никольский Б. П., Матерова Е. А.* Ионселективные электроды. Л., 1980.
6. *Лурье Ю. Ю.* Справочник по аналитической химии. М., 1965.

ПРИМЕНЕНИЕ ЭТНОПЕДАГОГИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИ ФОРМИРОВАНИИ НАЦИОНАЛЬНОЙ КУЛЬТУРЫ ЛИЧНОСТИ НА УРОКАХ ИСТОРИИ

Ю. А. Алексеенко, Ю. А. Макеева, О. Ю. Юркевич

Как направление в педагогике педагогическая технология зародилась в 40–50-х гг. XX вв. связи с внедрением программ аудиовизуального обучения и началом технологической революции в образовании [5, с. 5].

Само понятие технология (греч. Technologos – искусство, мастерство; logos – слово, учение): в производственной сфере понималось как совокупность методов обработки, изготовления, изменения состава, свойств, формы сырья, материала в процессе производства продукции [2, с. 126; 5, с. 18]. С течением времени это понятие нашло свое применение и в области образования, только уже с другим значением.

В области образования технология обучения понимается как совокупность, специальный набор форм, методов, способов, приемов обучения, приводящих в конечном итоге к наиболее эффективному результату. Это один из способов воздействия на процессы обучения и развития личности учащегося [6, с. 4]. Любая технология в той или иной мере направлена на реализацию научных идей, положений, теорий в практике. Поэтому педагогическая технология может быть определена еще и как средство обеспечения единства теории и практики образования и воспитания.

Помимо приведенного определения под педагогической технологией понимают также инструментарий, включающий технические средства обучения; знание о процедурах проектирования новой практики обучения [5, с. 25] либо проект системы последовательного развертывания педагогической деятельности, направленной на достижение целей образования и развития личности учащегося [2, с. 126].

Этнопедагогические технологии представляют собой совокупность установок, определяющих специальный набор и компоновку методов, способов, приемов обучения и воспитательных средств, направленных на приобщение детей и учащейся молодежи к ценностям национальной культуры. Сформированность данной культуры личности в современном полиэтническом обществе, на наш взгляд, определяется наличием уважения к традициям и обычаям людей иных национальностей, но также и принятием в качестве доминирующей культуры национального

большинства, развитостью национального самосознания, участием в созидательной деятельности на благо национальной культуры.

Этнопедагогические технологии строятся на опыте научного анализа народно-педагогических представлений, а также на привнесении в процессы обучения и воспитания таких этнографических феноменов, которые могли бы поспособствовать формированию национального самосознания личности и этнической культуры в целом. Статья 18 Кодекса Республики Беларусь об образовании («Воспитание в системе образования») определяет формирование национального самосознания личности на основе государственной идеологии и «привитие подрастающему поколению основополагающих ценностей, идей, убеждений, отражающих сущность белорусской государственности» в качестве одной из важнейших задач воспитания [3, с. 20]. В этом контексте особую актуальность приобретает обращение к социокультурному опыту, накопленному белорусским народом, и сохранившемуся в этнографических данных.

Идея народности как основы воспитания, обучения и развития детей рассматривалась, например, К. Д. Ушинским. По его мнению, «воспитание, основанное на народных началах, имеет ту воспитательную силу, которой нет в самых лучших системах, основанных на абстрактных идеях, или заимствованных у другого народа» [7, с. 110]. Анализируя воспитательные системы разных народов мира, К. Ушинский приходит к выводу, что «воспитание, если оно не хочет быть бессильным, должно быть народным» [7, с. 109].

Вместе с тем, в рамках современной культурной глобализации, для которой характерно сближение деловой и потребительской культуры между разными странами мира и рост международного общения, довольно остро стоит вопрос о сохранении этнокультурного многообразия как неперемennого условия сохранения человечества [1, с. 76]. Противоречивый характер глобализации и популяризация нескольких доминирующих национальных культур расцениваются исследователями как перспектива утраты национальных культурных ценностей отдельных народов. Однако, как отмечает один из ведущих белорусских исследователей проблемы глобализации культурного пространства и ее влияния на образование, «самоизоляция от глобальных процессов (...) не только трудноосуществима, но и (...) тормозит развитие национальной культуры. Культурная глобализация при условии сохранения в каждой культуре своеобразия может вести к культурному многообразию через взаимное обогащение» [1, с. 77]. Усвоение своей или близкой

национальной культуры даже в условиях множественности этнокультурных идентичностей является для человека оптимальным способом получения первичных представлений об общечеловеческих ценностях и общемировых культурных достижениях [1, с. 77].

Соответственно, использование этнопедагогических технологий, обеспечивающих освоение учащимися социо-культурного опыта, собранного в белорусской традиционной культуре, видится нам перспективным способом не только передачи учащимся знаний о традициях белорусского народа¹, но также и передачи многовекового опыта взаимодействия с разнообразными не-белорусскими и не-славянскими этническими группами, проживающими на территории Беларуси.

Несмотря на то, что использование этнопедагогических технологий в рамках воспитательного мероприятия имело бы весьма действенный результат, нам представляется более целесообразным рассмотреть способы применения этих технологий непосредственно на уроках истории. Изучение истории (как всемирной, так и истории Беларуси) создает множество благоприятных ситуаций для упоминания о национальных праздниках белорусов и других этнических групп, проживающих в Республике, их религиозных, воспитательных традициях, для обсуждения легенд, сентенций народной мудрости, обращения внимания на проблему взаимодействия этнических групп – в особенности подходят для этого уроки, на которых рассматриваются события и феномены культурной жизни.

Благоприятной для формирования национального сознания темой на уроках истории является тема религиозных верований. Многие ученые-историки отмечают уникальную религиозную толерантность белорусов, порожденную как долгим сосуществованием на белорусских землях язычества и христианства, так и традициями мирного взаимодействия на этих территориях в более поздний период христиан, иудеев, мусульман. Кроме того, белорусский народ имеет богатую традицию переосмысления библейских текстов, эта традиция хорошо изучена современными исследователями и может быть использована при рассказе о принятии христианства на территории Беларуси.

С использованием этнопедагогической технологии нами было спроектировано занятие по теме «Христианство в Европе» (распро-

¹ По данным исследования, проведенного Т. И. Кухаренок, знание традиций в 48% случаев содействует укреплению этнического самосознания у молодежи и стимулирует чувство национальной гордости, патриотические устремления – Кухаронак Т. І. Традыцыйная беларуская культура ў сістэме сучаснага грамадскага навучання і выхавання // Гражданское воспитание студентов БГУФК: традиции и инновации. Мн.: БГУФК, 2008. С. 16–19.

странение христианства, иерархия духовенства, церковь в государстве франков, соперничество Рима и Константинополя) – курс всемирной истории, 6 класс, раздел I (Западная Европа и Византия, 15 часов на раздел, 1 час на урок по теме).

Цель: усвоение учащимися знаний по истории принятия христианства в Западной (и частично Восточной) Европе.

Задачи:

образовательная – рассмотреть процесс распространения Христианства в Европе, его противоречия; изучить иерархическую структуру христианского духовенства и роль влияния церковной иерархии на жизнь государства франков, сравнить эту роль с аналогичной в Древнерусском государстве; рассмотреть особенности и результаты соперничества Рима и Константинополя за влияние на территории Западной и Восточной Европы.

воспитательная – способствовать формированию национальной культуры личности путем предложения для осмысления сведений об истории христианства и язычества на территориях Западной и Восточной Европы, об адаптации христианской культурной традиции на территориях Западной и Восточной Европы, о процессах взаимодействия язычников и христиан на новоокрещенных территориях.

развивающая – способствовать развитию у учащихся умения анализировать нарратив и ситуацию, устанавливать взаимосвязи между феноменами, сравнивать феномены по выделенным учителем критериям, работать в группах.

Методы: целесообразным видится использование метода ролевой деловой игры, где самой игре предшествует проведение с учащимися вводной беседы на тему занятия (в нее могут быть включены сведения о принятии христианства из летописей и хроник, об адаптации христианской культурной традиции в странах Западной Европы и на территории Беларуси, предполагаются развернутые ответы на вопросы учащихся), а также использование иллюстративного метода для погружения учащихся в атмосферу эпохи (здесь можно предложить показ фрагментов таких фильмов, как «Когда солнце было богом», «И на камнях растут деревья», «Геркус Мантас», «Франциск», «Андрей Рублев» и др.). Ролевая деловая игра по теме «Принятие христианства на территории Западной и Восточной Европы» предполагает разделение учащихся на несколько групп, например руководитель страны и его советники, языческое жречество, христианские монахи-проповедники –

и взаимодействие этих групп в процессе обсуждения перспектив принятия христианства.

Оборудование: учебное пособие, раздаточный материал с текстом исторических источников, проектор и компьютер для демонстрации видеоматериалов, доска, мел/маркеры.

Продукт технологии: знания о процессах принятия христианства в Европе, дополненные устойчивыми представлениями способах взаимодействия и взаимовлияния языческого и христианского населения Западной и Восточной Европы.

Очевидно, подобное использование технологий возможно и при изучении других тем из курсов всемирной истории и истории Беларуси (например, «Русь во времена Владимира Красно Солнышко», «Контрреформация в Беларуси», «Германский оккупационный режим на территории Беларуси» и др.).

Упоминания о конфессиональных ценностях разных этнических групп и мирном сосуществовании представителей разных конфессий призваны вызвать у учащихся не только гордость за свою этническую группу и обострить чувство принадлежности к ней, но и показать им пример успешного межкультурного взаимодействия, что особенно важно в современном мультикультурном пространстве. Описание использованной технологии призвано обеспечить получение «конечного продукта» независимо от уровня мастерства педагога, сформировать основы национальной культуры личности учащихся на уроках истории.

Литература

1. Интернет-адрес: <http://psyvision.ru/help/pedagogika/43-ped-tech20/484-ped-tech7>.
2. *Болбас В. С.* Не хлебом единым: вопросы формирования этнической культуры молодежи // Белорусская мысль. 2009. № 11. С. 76–81.
3. *Жук О. Л.* Педагогические технологии в современной теории и практике образования: Учеб.-метод. комплекс для студентов, получающих пед. специальность. Мн., 2002.
4. Кодекс Республики Беларусь об образовании. Мн., 2011.
5. *Кухаронак Т. І.* Традыцыйная беларуская культура ў сістэме сучаснага грамадскага навучання і выхавання // Гражданское воспитание студентов БГУФК: традиции и инновации. Мн.: БГУФК, 2008. С. 16–19.
6. *Левина М. М.* Основы технологии профессионального педагогического образования. Мн., 1998.
7. *Пуйман С. А.* Педагогические технологии: учебно-методическое пособие. Мн., 2010.
8. *Ушинский К. Д.* Собрание педагогических сочинений. СПб., 1897.

ИНТЕРАКТИВНАЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СЕМЬЯ «QUALIME»

С. И. Березюк, А. В. Фалей

Интерактивное дистанционное обучение набирает свои обороты и доказательством тому могут послужить онлайн-курсы таких ведущих университетов планеты как Гарвард, Стэнфорд, Беркли.

Проанализировав наш рынок, мы приняли решение по мере своих возможностей принимать участие в развитии онлайн-образования и, возможно, создав прецедент, положить начало созданию нового, инновационного, а главное, качественного интерактивного образовательного продукта, которым можно будет безвозмездно пользоваться из любого уголка планеты.

Цель проекта: создание интерактивной образовательной online среды в сети Internet.

Именованную эту среду мы будем «qualime» (произносится «кволими»).

На данном этапе работы поставлены следующие задачи:

1. Разработать интерактивный online ресурс для контроля качества тестовых заданий: www.qualitester.com.

2. Разработать образовательный online ресурс для обеспечения доступа к интерактивным тестам: www.qualitesty.com.

Главная проблема тестового контроля знаний – сам процесс создания тестов, их унификация и анализ. Поскольку преждевременно говорить о наличии единых стандартных тестов проверки знаний обучающихся, то созданием тестов занимаются люди, не имеющие специальной подготовки в области тестологии. Поэтому довольно часто наблюдается субъективизм в отборе содержания тестов, в формулировке тестовых заданий, в их компоновке и т. д. По этим и многим другим причинам набор заданий в тестовой форме нельзя назвать тестом как таковым. В связи с чем, тестовые задания проходят процесс специальной оценки, который мы и рассмотрим в нашей работе.

К сожалению, в данный момент не существует хорошо спроектированного и общедоступного средства для контроля качества разрабатываемых тестов, что и послужило толчком для создания нами online сервиса, предназначенного для решения данной проблемы.

Сервис «qualitester» (произносится «кволитестер») имеет два режима работы: стандартный и подробный. В подробном режиме пользователю отображается полный ход вычислений и предоставляется заключение. Стандартный режим расчеты не демонстрирует.

Работа с сервисом начинается с главной страницы (рис. 1). Здесь необходимо выбрать режим работы и критерии.

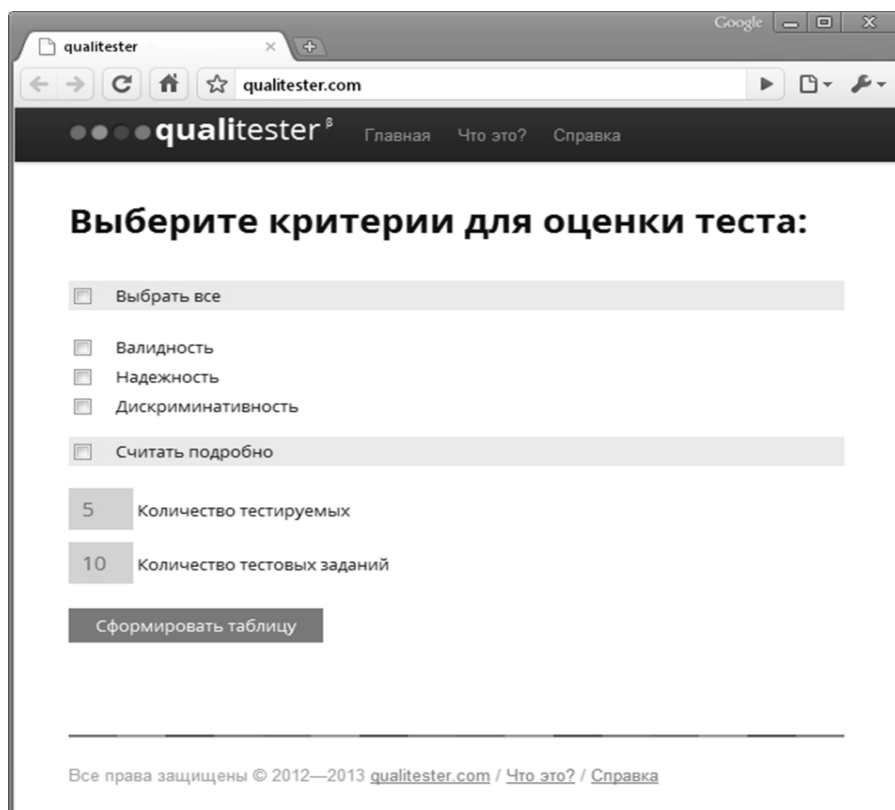


Рис. 1. Главная страница сайта

Ввод данных осуществляется через сгенерированную таблицу (рис. 2).

номер задания →											↓ номер испытуемого	
#	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Σ	★
1	+	-	-	-	-	-	+	+	-	+	4	3
2	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	9	8
3	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	9	8
4	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	9	8
5	-	+	+	-	+	+	-	+	+	+	7	6

Рис. 2. Таблица ввода данных

Страница «Что это?» знакомит пользователя с предназначением данного ресурса и отображает контакты, по которым можно найти его создателей.

Сервис располагает достаточно подробным справочным материалом, позволяющим досконально ознакомиться с задействованной теорети-

ческой базой, с интерпретацией полученных результатов и с рекомендациями по улучшению показателей (рис. 3).

Надежность как устойчивость

Коэффициент: -0.612

Заключение: низкая надежность теста

Ознакомьтесь с возможными способами улучшения результатов в одном из пунктов справки сервиса:

[Рекомендации для тестолога](#)

Рис. 3. Вывод результата анализа

Весь процесс разработки сервиса «qualitester» и его результаты раскрыты нами ранее в публикациях [1], [2] и [3]. Методика расчета тестовых характеристик была разработана нашими коллегами [4].

Вторым шагом к достижению поставленной цели явилась разработка ресурса «qualitesty» (произносится «квалитесты»), который обладает рядом полезных особенностей. Для тестолога имеется возможность создавать и редактировать тесты и тестовые задания, которые смогут выполнять на этом же сайте пользователи. Но здесь стоит сделать оговорку: всякий раз, когда пользователь (администратор сайта, преподаватель, тестолог) приступит к созданию нового теста, подключится «qualitester» и попросит пройти процедуру расчета и анализа таких характеристик теста как валидность, надежность и дискриминативность. Данное ограничение позволит совершенствовать всю систему тестового контроля в целом, тем самым повышая как профессионализм тестолога в своей области, так и эффективность дистанционного обучения.

При создании ресурса «qualitesty» нам понадобился пакет LaTeX – наиболее популярный набор макрорасширений (или макропакет) системы компьютерной верстки TeX, который облегчает набор сложных документов.

TeX – система компьютерной верстки, разработанная американским профессором информатики Дональдом Кнутом в целях создания компьютерной типографии. В нее входят средства для секционирования документов, для работы с перекрестными ссылками. Многие считают TeX лучшим способом для набора сложных математических формул. В частности, благодаря этим возможностям, TeX популярен в академических кругах, особенно среди математиков и физиков.

При анализе технических возможностей было решено арендовать VDS/VPS, который обеспечит необходимыми возможностями нас, как разработчиков. Что такое VDS/VPS?

VPS (*англ. Virtual Private Server*) – услуга, в рамках которой пользователю предоставляется так называемый *виртуальный выделенный сервер*. В плане управления операционной системой по большей части она соответствует физическому выделенному серверу. В частности: root-доступ, собственные IP-адреса, порты, правила фильтрации и таблицы маршрутизации.

Для того, чтобы это взаимодействовало между собой, мы выбрали такую вот смесь №5 – Kohana – это элегантный MVC PHP5 фреймворк, который предоставляет большой набор средств для разработки web-приложений!

У проекта имеется адекватная документация и небольшое, но полезное сообщество пользователей.

В перспективе дальнейшего развития идей интерактивного обучения предполагается создать и другие ресурсы.

Литература

1. *Березюк С. И., Фалей А. В.* Интерактивный «Кволли-тестер» как средство расчета тестовых характеристик // Веб-программирование и Интернет-технологии Webconf2012: материалы 2-й Междунар. науч.-практ. конф., 5–7 июня 2012 г., Минск. Мн.: Изд. Центр БГУ, 2012. С. 144–145.
2. *Фалей А. В., Березюк С. И.* Расчет и анализ тестовых характеристик в онлайн-режиме // Сборник работ студентов и аспирантов БГУ 14–17 мая 2012 г., Минск. Часть II. С. 66–70.
3. *Фалей А. В., Березюк С. И., Сиротина И. К.* Qualitester.com – интерактивный помощник при анализе тестов // Научное сообщество студентов XXI столетия: материалы III студенческой международной научно-практической конференции. Часть III. (23 мая 2012 г.). Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 81–93.
4. *Болтрукевич М. В., Киреенко А. В., Сиротина И. К.* Методика расчета тестовых характеристик // Научное сообщество студентов XXI столетия: материалы III студенческой междунар. науч.-практ. конф. Часть III. (23 мая 2012 г.). Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 409–425.

ИМИДЖ СОВРЕМЕННОГО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

А. А. Глод

Понятие image в последние годы прочно входит в словарь современного человека. Что же такое имидж? Многие справочные издания раскрывают содержание понятия имидж, трактуя его как целенаправленно формируемый образ; как сложившийся в массовом

сознании и имеющий характер стереотипа эмоционально окрашенный образ; как набор определенных качеств, которые люди ассоциируют с определенной индивидуальностью; или как мысленное представление чего-то ранее видимого конкретного или абстрактного, сильно напоминающего в представлении о другом. Таким образом, чаще всего понятие имидж расшифровывается как сложившийся в массовом сознании и имеющий характер стереотипа эмоционально окрашенный образ какого-либо или чего-либо [2, с. 265].

Вышедшее в свет в 1994 г. первое издание книги В.М. Шепеля «Имиджелогия: Секреты личного обаяния» обозначало не только обоснование нового для нашего менталитета понятия «имидж», но и формирование новой области научного исследования – имиджелогии, а в профессиональной сфере формирование новой специальности – имиджмейкер.

Имидж – понятие, применимое: к человеку (персональный имидж), организации (корпоративный имидж), социальной позиции (имидж политического деятеля), профессии (имидж педагога), образованию (имидж выпускника Белорусского государственного университета) и, наконец, к вещам («Мерседес» не просто машина!). В обыденном понимании слово имидж употребляется по отношению к человеку в двух смыслах: как внешний вид человека и как его репутация. На самом деле эти две грани образа слиты. Мы наблюдаем внешний вид, а оцениваем репутацию. Можно сказать, что имидж – это образ, включающий внутренние и внешние характеристики [1, с. 14].

«Существует ли специфический имидж преподавателя? – задает вопрос известный психолог Л.М. Митина и утвердительно отвечает на него: – Учителя определяются в непрофессиональной среде очень быстро». Причину подобного явления автор видит в том, что большинство педагогов загоняют в прокрустово ложе устаревших и неконструктивных традиций и правил свою индивидуальность и самобытность.

Отношение к имиджу у самих педагогов разное. Отрицательно относятся к нему те представители старшего поколения преподавателей, которые воспринимают его как маску. Они убеждены в приоритете внутреннего содержания над внешним и считают, что главное быть, а не казаться. Всякие разговоры об имидже преподавателя воспринимаются ими настороженно, как призыв быть неискренними. Однако сторонники такой позиции забывают о том, что одним из результатов восприятия преподавателя студентом является формирование образа преподавателя. Имидж есть у каждого педагога вне зависимости от его личных взглядов на эту тему. Процесс построения имиджа зависит как от самого преподавателя, так и от

индивидуальных особенностей студента, его пола, возраста, а также от опыта, знаний, национальности и других факторов [3, с. 98].

Следует так же отметить, что преподаватель, который занимается созданием собственного имиджа, не только лучше выглядит, но и лучше себя чувствует, более уверен, а в итоге и успешнее работает.

Имидж преподавателя проявляется в некоторой обобщенной форме, которая может содержать следующие структурные компоненты: индивидуальные характеристики, личностные, коммуникативные, деятельностные и внешнеповеденческие. В образе конкретного преподавателя соединяются индивидуальный, профессиональный и возрастной имиджи. Окружающие выносят суждение как о личностных, возрастных, половых, так и о чисто профессиональных качествах педагога. Имидж преподавателя – эмоционально окрашенный стереотип восприятия образа педагога в сознании воспитанников, коллег, социального окружения, в массовом сознании.

В структуре имиджа профессионала, предложенной Л.М. Митиной, выделены внешний, процессуальный и внутренний компоненты.

Внутренняя составляющая – это внутренний мир человека, представление о его духовном и интеллектуальном развитии, интересах, ценностях, его личность в целом. Таким образом, имидж преподавателя содержит следующие структурные компоненты: индивидуальные и личностные качества, коммуникативные, особенности профессиональной деятельности и поведения.

Внешняя составляющая включает:

- Мимику – выразительные движения мышц лица, являющиеся одной из форм проявления тех или иных чувств человека – радости, грусти, разочарования, удовлетворения. Мимика – один из вспомогательных способов общения людей. Сопровождая речь, она способствует ее выразительности.

- Пантомимику – выразительные движения индивида (изменения в походке, осанке, жестах), при помощи которых передается сообщение о его психическом состоянии, переживаниях. Мало контролируются сознанием. Наиболее информативным является жест (выразительное движение рук), с помощью которого дополняется сообщение речевой коммуникации.

- Жесты – движение рук человека, выражающее его внутреннее состояние или указывающее на какой-либо объект во внешнем мире.

- Тембр и силу голоса

- Одежду – цвет одежды является составляющим элементом первого впечатления. Воздействие цвета на состояние человека происходит независимо от того, хотим мы или нет, нравится нам это или нет. Одна

из причин, объясняющая это явление, это способность каждого цвета поглощать или отражать дневной и искусственный свет [2, с. 432].

Как же сами студенты относятся к имиджу преподавателя? Среди студентов ФФСН был проведен социологический опрос, в ходе которого было выявлено, что для студентов имидж преподавателя играет большое значение.

Таким образом, индивидуальный имидж преподавателя, представленный как совокупность внешних и внутренних, личностных и профессиональных качеств, является способностью к субъект-субъектному общению с участниками образовательного процесса. В глазах студенческой аудитории имидж педагога зависит от восприятия специфических деталей его образа в определенных ситуациях. В то же время следует отметить, что какой бы высокой квалификации не был преподаватель, если его образ вызывает какие-либо негативные эмоции, обратную реакцию на себя, то его информация будет восприниматься негативно, или не будет восприниматься вообще. Для достижения лучших результатов в педагогической деятельности, необходимо учитывать, что ты презентуешь свой предмет и себя – это две неразрывные компоненты.

Литература

1. Капустина З. И. Имидж современного педагога. М: Учитель, 2006. №1. С. 12–15.
2. Шепель В. М. Имиджология: секреты личного обаяния. М., 1997.
3. Барино В. А. Стратегический менеджмент. М, 2006.

ИНТЕРАКТИВНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ПО ВЫСШЕЙ МАТЕМАТИКЕ КАК СРЕДСТВО АКТИВИЗАЦИИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В. С. Громова, О. А. Павлють

Электронный учебно-методического комплекс (ЭУМК) «Основы высшей математики» – это интерактивная база структурированного теоретического, практического и контрольного материала. Он создан группой студентов гуманитарного факультета БГУ под руководством Сиротиной И. К. на основе пособия [1].

Актуальность данного исследования объясняется тем, что образовательные ресурсы являются одним из факторов, существенно влияющих на ход и результат обучения. Правильно выбранные и умело сочетаемые с методами и формами обучения, они способны повысить продуктивность процесса освоения содержания математического образования [2].

Интерактивный – находящийся в режиме взаимодействия, беседы, диалога с чем-либо (например, с компьютером) или с кем-либо (человеком) [3, с. 106].

Под *интерактивным текстом* понимают текст в визуальном информационном поле, обладающий способностью диалогического взаимодействия с читателем. При его создании используют: 1) идею погружения математического текста в визуальное информационное поле как способ реализации системного подхода к мыслительной деятельности обучающихся; 2) интерактивный методический подход к обучению как способ активизации мыслительной деятельности обучающихся [4, с. 41].

Чтобы текст стал поддерживающим, т.е. мог взаимодействовать с читателем на уровне «невидимого диалога», он должен иметь свою специфику: содержать незаконченные мысли, неясности, провоцируя тем самым вопросы и помогая найти на них ответы, создавать проблемные ситуации и помогать их разрешать и т. п. Основные виды интерактивных текстов: интерактивный практикум, интерактивная лекция, интерактивная справка, интерактивные тесты и др. [4, с. 42].

Цель ЭУМК: системное формирование в интерактивной образовательной среде познавательной активности и познавательной самостоятельности студентов в процессе освоения высшей математики.

Цель достигнута посредством решения следующих задач:

1. создания интерактивного справочника;
2. создания интерактивного практикума;
3. создания интерактивных тестов.

ЭУМК рассчитан на три формы внеаудиторной работы:

1. систематизация теоретических знаний;
2. выработка практических умений и навыков;
3. контроль процесса и результата обучения.

Принцип работы интерактивного комплекса основывается на несложных операциях со стандартной программой Microsoft Office Word. Связь между текстовыми документами осуществляется посредством использования гиперссылок.

Интерактивные тесты выполнены в программе MyTestX (MTX) [5].

Интерактивный справочник представлен кратким конспектом лекций учебных модулей. Теоретический материал изложен последовательно и кратко. На примерах раскрыт смысл всех вводимых математических понятий, формул и алгоритмов. Интерактивный справочник содержит видео-файлы.

По гиперссылке «Интерактивный справочник» переходим к содержанию справочника, где отображены семь тем курса: 1) матрицы и

определители; 2) системы линейных алгебраических уравнений; 3) векторы; 4) линии на плоскости; 5) прямая и плоскость в пространстве; 6) производная функции; 7) исследование функции с помощью производной.

Выбираем тему и переходим к ее блок-схеме. В блок-схеме выбираем под тему (интересующее нас понятие, определение, алгоритм и т. п.) и переходим к раскрытию ее содержания.

Из всех файлов возможны переходы к Содержанию справочника и к Основному содержанию.

Интерактивный практикум представлен системой ключевых задач модуля с их подробным решением. Решения всех задач дополнено своеобразными подсказками «Актуализация знаний» и многие решения дополнены подсказками «Обратите внимание!».

Подсказка «Актуализация знаний» содержит вопросы, на которые необходимо дать ответы, прежде чем приступить к решению задачи, или краткий справочный материал, который будет использован в процессе решения только данной задачи.

Подсказка «Обратите внимание!» помогает отделить главное от второстепенного, а важное от несущественного, а также осознать особенности, присущие как отдельным задачам, так и целому классу задач.

Интерактивный практикум содержит видео-файлы.

По гиперссылке «Интерактивный практикум» переходим к содержанию практикума, где отображены семь тем курса. Выбираем тему и переходим к списку примеров. Выбираем пример и переходим к его подробному решению. По гиперссылке мы можем воспользоваться подсказками «Актуализация знаний» и «Обратите внимание!» или просмотреть видео-урок.

Из файла, содержащего решения, возможен переход к списку примеров, а из файла, содержащего примеры, к основному содержанию.

Интерактивные тесты. Каждый учебный модуль содержит два теста:

1) контрольный тест для проверки оперативных теоретических знаний;

2) обучающий тест для проверки практических умений и навыков.

Разберемся со структурой практических тестов, так как она существенно отличается от структуры теоретических.

В практических интерактивных тестах студент, выполняющий тест, имеет возможность в затруднительных ситуациях обратиться к подсказке, но важно помнить, что за пользование подсказкой полагается штраф. Далее, если студент, выполняющий тест, решил задание не верно, то ему предлагается пояснение, содержащее аналогичный пример

и некоторый теоретический материал, поясняющий ошибку. Студент может отказаться пользоваться пояснением.

В структуре интерактивных практических тестов некоторые задания содержат вступления, будем называть их «бесплатной подсказкой» из разряда «Обратите внимание!».

По окончании теста студенту, выполнявшему тест, предоставляется возможность ознакомиться со своими результатами в диалоговом окне: появится анализ выполненного теста. Тут фиксируется общее количество заданий, количество выполненных заданий, количество выполненных правильно заданий, результативность в процентах, количество баллов из возможных, результат в процентах и оценка.

В окне информации можно отследить и общее время, затраченное студентом на выполнение теста.

Кроме того, после закрытия диалогового окна с результатами, студент может изучить отчет о прохождении теста, содержащий все задания, с указанием тех, в которых были допущены ошибки, и правильные ответы к ним.

Интерактивный тест рассчитан на «зону ближайшего развития» обучаемого. Следовательно, его задачи: самоконтроль, самообучение, ликвидация пробелов в знаниях, коррекция знаний и траектории обучения тестируемого.

Контрольный тест рассчитан на «зону актуального развития» обучаемого. Следовательно, его главная задача – проверка наличия и уровня сформированности у тестируемого системы знаний, умений и навыков учебного модуля.

ЭУМК прошел апробацию в процессе обучения студентов первого курса гуманитарного факультета специальности «Менеджмент».

Для оценки созданного ЭУМК был проведен мониторинг, в котором приняли участие студенты двух групп указанной специальности. Мониторинг выявил как положительные, так и отрицательные аспекты работы с ЭУМК. Мы учли все полезные рекомендации и устранили все выявленные недочеты.

Проведенный мониторинг показал, что поставленная цель нашей работы достигнута. Он подтвердил, что ЭУМК способствует системному формированию познавательной активности и познавательной самостоятельности студентов в процессе освоения высшей математики.

Несомненно, что внедрение в процесс обучения математике интерактивных образовательных ресурсов способствует оптимизации интенсификацию учебно-познавательной деятельности обучаемых, а значит и процесса формирования математической культуры личности.

Літэратура

1. *Сиротина И. К.* Основы высшей математики: интерактивный курс. Минск, 2013. URI: <http://elib.bsu.by/handle/123456789/41027>.
2. *Сиротина И. К., Марченко А. И.* Интерактивные образовательные ресурсы как средство обучения студентов математике // Экономическое образование и современные педагогические технологии. Экономика и предпринимательство: сб. науч. работ. Вып. 6 / Ин-т предпринимательской деятельности. Минск: БГПУ, 2012. С. 55–60.
3. *Коджаспирова Г. М., Коджаспиров А. Ю.* Словарь по педагогике. М.: ИКЦ «МарТ», 2005.
4. *Сиротина И. К.* Интерактивная образовательная среда как фактор оптимизации процесса формирования математической культуры личности // Инновации в науке: материалы XI междунар. заочной науч.-практ. конф. Часть II (15 августа 2012 г.); [под ред. Я.А. Полонского]. Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. С. 37–46.
5. Программа MyTestX: <http://klyaksa.net>.

СЛУЦКАЯ ШКОЛА ЯК БЕЛАРУСКІ АСВЕТНИЦКІ ПРАЕКТ

А. А. Захарэвіч

Гісторыя сённяшняй гімназіі №1 г. Слуцка бярэ пачатак ажно ў першай чвэрці 17 стагоддзя, а менавіта ў 1617 годзе, калі Януш VI Радзівіл выдаў грамату аб заснаванні ў Слуцку кальвінісцкай гімназіі. [1, с. 93] Калі дакладна ў ейных сценах прайшлі першыя заняткі, не вядома. Варта зазначыць, што напачатку гэта была не гімназія, а пачатковае вучылішча пры кальвініскім саборы, якое было апісанае як два пакоі з гнілым дахам і печкай ды вокнамі, якія патрабавалі рамонт. Фундаментальны будынак гімназіі быў пабудаваны і адкрыты ўвосень 1630 года, але ўласна гімназія з’явілася раней. У 1625 годзе Хрыштоф Радзівіл, брат Януша VI Радзівіла, выдаў грамату аб заснаванні слуцкай кальвінісцкай гімназіі і вылучэння сродкаў на яе з княжацкіх маенткаў Прошчыцы і Булаховічы [1, с. 94].

Вядомасць гімназія атрымала досыць хутка – яе называлі «Слуцкімі Афінамі», «узорнай Слуцкай гімназіяй» і інш. Папулярнасці школы безумоўна спрыяла ейная даступнасць для бедных саслоўяў (бескаштоўнае навучанне і наяўнасць інтэрнату для бедных дзяцей). Гэтыя факты сведчаць аб тым, што Слуцкую гімназію цалкам справядліва называць асветніцкім праектам, бо яна спрыяла значнаму і прынцыповаму пашырэнню колаў адукаванага насельніцтва. Нягледзячы на тое, што яна была створана пры кальвінісцкім саборы і разлічвалася першапачаткова выключна на хлопчыкаў-кальвіністаў, ужо ў 18 стагоддзі навучацца ў ей (на тых жа ўмовах, што і кальвіністы), маглі і прадстаўнікі іншых хрысціянскіх вучэнняў [1, с. 98].

Слуцкая гімназія мела свой Устаў, які жорстка рэгламентаваў навучальны і выхаваўчы працэс, паводзіны навучэнцаў на занятках і ў вольны час. «Антычны акцэнт» у тэкспе ўставу можна прасачыць і на фармальна-арганізацыйным, і на змястоўным узроўнях. Пафас і спосаб арганізацыі тэксту ўвогуле нагадвае сачынненні антычных філосафаў, а імкненне да татальнай рэгламентацыі нават самых дробных аспектаў адсылае чытача да «Палітыкі» Арыстоцеля і «Дзяржавы» Платона. Аднак было б няправільна сцвярджаць, што гэты ўстаў – адназначная адпраўка да Антычнасці; ён таксама вельмі тыповы і для Асветніцтва – для яго характэрныя рацыянальная аргументацыя, строгая геаметрычнасць, адсутнасць эмацыйных і ірацыянальных складнікаў, імкненне да забяспечання пэўных палітычных і грамадзянскіх свабодаў (пазбаўленне дыскрымінацыі паводле ўзросту, сацыяльнага палажэння і веравызнання).

Абапіраючыся на ўстаў школы, можна таксама меркаваць, што ў пытанні ідэалаў асветніцкай веды школьнае кіраўніцтва засноўвала сваю пазіцыю на наступных словах І. Канта: «Асвета не ёсць замена адніх дагматычных ідэяў іншымі дагматычнымі ідэямі, а самастойнае мысленне [2, с. 29]. У той час, калі Еўрапейскія школы адыходзілі ад класічных ідэалаў гуманізму на карысць каталіцкаму і рэфарматарскаму дагматызму, Слуцкая школа адмежавалася ад багаслоўскай закрытасці і заставалася бастыенам еўрапейскага гуманізму.

Што да прадметнага зместу навучальнага працэсу, то Слуцкая школа давала перш за ўсе гуманітарную адукацыю – вучні больш за ўсе займаліся багаслоўем, польскай, лацінскай і нямецкай мовамі, этыкай, рыторыкай, гісторыяй, законазнаўствам. Вучылі яны і матэматыку, але гэтая дысцыпліна разглядалася як уздапаможная для авалодання любой прафесіяй. [1, с. 98] Прызнанне валодання матэматыкай неабходным для любой прафесіі знаходзіцца ў аснове Асветніцкага прынцыпу строгай геаметрычнасці любой веды, і гэта таксама падцвярджае, што Слуцкая школа была асветніцкім праектам.

Да слуцкіх шкаляроў 17–18 стагоддзя было значна больш патрабаванняў, чым да сённяшніх. Ужо па сканчэнні першага класа яны павінны былі ведаць асновы фармальнай логікі, рыторыкі, правіла складання вершаў і прозы. Уражвае, што нават робячы граматычныя практыкаванні, вучні працавалі не з нізкапробнымі і простымі тэкстамі, а з афарызмамі Плаўта, Цярэнція і іншых. Вялікую ролю настаўнікі надавалі развіццю ў вучняў адчування цудоўнага. Навучанне практычнай эстэтыцы адбывалася праз пісьмовыя практыкаванні, асноўнай мэтай якіх было дасягненне найбольшай вытанчанасці ў малюнках і напісанні літар [1, с. 98–100].

Слущкая школа была адназначна ўдалым асветніцкім праектам. Натуральна, не ўсе ўдавалася адразу, – адчыніўшы свае дзверы для некальвіністаў, школа яшчэ вельмі доўга заставалася недасяжнай для дзяўчынак і жанчын. Тым не менш, пашырэнне грамадскіх правоў і свабодаў, якому спрыяла адкрыццё гэтай гімназіі, уражвае і адназначна заслугоўвае павагі. Вяртанне да практыкі аб'яднання вывучэння граматычных правілаў і антычнай рыторыкі было б дужа карысным для сённяшніх школьнікаў, але гэта не значыць, што трэба бяздумна капіяваць слущкі асветніцкі праект. Да найлепшых вынікаў прывеў бы крытычны параўнальны аналіз тагачаснай і сённяшняй адуцыйных сістэм і выпрацаванне на аснове гэтага пэўнай сінтэтычнай сістэмы.

Літаратура

1. *Кант И.* Ответ на вопрос: что такое просвещение? Собр.соч. в 8 тт. М., 1994. Т. 8. С. 29–37.
2. Антология педагогической мысли Белорусской ССР, М., 1986.

БЕЛОРУССКИЕ ЭТНОКУЛЬТУРНЫЕ ТРАДИЦИИ В СОВРЕМЕННОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРАКТИКЕ

Н. В. Коваленко

На сегодняшний день ученые пришли к выводу, что вопросы, связанные с развитием этноса и внедрения этнокультурных традиций в образовательную практику, являются одними из самых актуальных и остродискуссионных. Республика Беларусь обладает самобытной культурой, укоренившимися традициями и обычаями, что является немаловажным потенциалом для развития страны в будущем. Общепризнанным фактом считается, что в основе функционирования любого общества должна быть заложена именно культура, в общем, и этническая идентичность каждого народа, в частном.

С точки зрения кандидата А. Б. Афанасьевой, термин «этнокультура» появился как речевой вариант термина «этническая культура», он распространился в конце XX века. Под этнокультурой понимается совокупность традиционных ценностей, отношений и поведенческих особенностей, воплощенных в материальной, духовной, социальной жизнедеятельности этноса, сложившихся в прошлом, развивающихся в исторической социодинамике и обогащающих этнической спецификой культуру в различных формах деятельностной самореализации людей [1].

По большому счету, этническая культура – есть повседневная культура, которая включает в себя пищу, предметы одежды, жилища, средства передвижения, верования, обряды, ценности, искусство. Это,

своего рода, синтез наследия прошлого и новшеств настоящего, со всеми преобразованиями и, одновременно, данью традиции.

Помимо своей культурно-исторической значимости, этнокультурные традиции играют немаловажную роль и в образовательной деятельности, поскольку именно педагоги закладывают фундамент личной этнической культуры ученика. Средства формирования этнокультурного сознания осуществляются посредством уроков: истории, обществоведения, белорусского языка и литературы. Открыты и доступны для использования все каналы и источники информации о традиционной народной культуре белорусов.

Однако существует ряд проблем, которые не позволяют говорить, что школа в полной степени реализует этническую культуру. Во-первых, это отсутствие широкого использования белорусского языка как в повседневной жизнедеятельности, так и в учебной практике, где доминирующую позицию занимает русский. Этот феномен находит свое отражение в процессах общественного переустройства Беларуси.

В 1998 году был принят Закон «О языках», предоставлявший гражданам Республики Беларусь право выбора одного из государственных языков для обучения и воспитания ребенка. Закон «О языках» предусматривал строгий юридический паритет белорусского и русского языков в системе образования, однако с тех пор число общеобразовательных учреждений с русским языком обучения стало неуклонно расти. В стране, где 81,2 % населения, согласно данным переписи, считают себя белорусами. Русский язык в системе дошкольного, школьного и вузовского образования оказался более востребованным в результате добровольного выбора подавляющего большинства граждан республики [2].

Во-вторых, накладывает свой отпечаток и проблема слабого знания истории своей страны. Объективной причиной этого выступает недостаточное качество педагогических программ, учебных пособий по данному предмету, недостаточность эффективных педагогических технологий, а следовательно, – высокой результативности.

В-третьих, низкий уровень методик мультикультурного образования. На сегодняшний день, все большее распространение получает взаимодействие и взаимопроникновение культур, в результате чего, увеличивается полиэтничный состав учебного коллектива. Как отмечает исследователь Агатаева Б.Б., мультикультурное образование – это образование, создающее равные для всех этносов возможности реализации своих культурных потребностей, приобщающее молодежь к культурным и нравственным ценностям других стран и народов. Именно в мультикультурном образовании реализуется в полной мере принцип диалога и

взаимодействия культур. Мультикультурное образование формирует мультикультурную личность, признающую культурный плюрализм и активно содействующую ему, стремящуюся защищать национально-культурное многообразие [3].

По нашему мнению, для решения вышеуказанных проблем необходимо провести отбор содержания образования, в частности, исторического материала, осуществить переподготовку всех педагогов с ориентацией на этнокультурную тематику. Важно усовершенствовать среду учебных заведений. Например, в каждой школе целесообразно создать вместе с учениками музей этнокультурных традиций своего региона. Это будет способствовать формированию у учащихся четких представлений об этническом составе населения своего региона (страны), о доминирующем и общепризнанном языке, о конфессиональных особенностях; активно интересоваться культурой и историей своей этнической территории; знать основные календарные народные праздники, игры, песни, танцы, сказки, легенды и предания. Не оставлять без внимания и музыкальные инструменты, как своего этноса, так и этнического меньшинства, проживающего на территории Беларуси.

Специально организованная воспитательная работа позволяет активировать познавательный интерес школьников к освоению культуры родного края; прививает любовь к Родине, чувство патриотизма и гражданской ответственности, формирует позитивное отношение к истории, предкам и системе ценностей как своей этнической общности, так и других народов.

Этническая принадлежность и осведомленность формируется у школьников посредством погружения в мир этнической культуры через краеведческий материал, фольклор, обычаи и традиции, национальные праздники.

Импровизированные народные праздники выступают наиболее эффективной формой освоения этнической культуры. Подготовка и участие в этом мероприятии актуализирует проявление себя членом этнической группы, выявляет уровень этнической осведомленности и пристрастий у учащихся. Кроме того, это заставляет школьников сопереживать, помнить свои исторические корни и уважать прошлое своего народа.

Для более успешного функционирования и реализации на практике принципа мультикультурности необходимо сохранять и преумножать культурное наследие нашей страны. Нужно больше внимания уделять всем этническим меньшинствам, их культуре, что могло бы найти отражение в фестивалях этнической культуры, уже не регионального, а государственного масштаба.

Таким образом, внедрение этнокультурных традиций в образовательную практику и формирование этнической культуры школьников является важным фактором, позволяющим включить этническую культуру Беларуси в состав мировой культуры. Этническая культура сохраняет преемственность поколений, тем самым обеспечивая диалог понимания и уважения между людьми, а также является гарантом эффективности педагогических традиций и методов. Наш народ сумеет занять самостоятельную значимую позицию среди других этнических общностей, сохраняя и умножая весь историко-культурный потенциал предков и достижения современников.

Литература

1. *Агатаева Б. Б.* Мультикультурное образование // [Электронный ресурс], 2012. Интернет-адрес: http://www.rusnauka.com/8_NIT_2008/Tethis/Pedagogica/27871.doc.htm.
2. *Афанасьева А. Б.* Народное творчество в эстетическом развитии ребенка // Креативный ребенок: Диагностика и развитие творческих способностей. Сост. Т. А. Барышева, В. А. Шекалов. Ростов Н/Д. 2004.
3. *Болбас В. С.* Не хлебом единым: Формирование этнической культуры молодежи / Болбас Валерий Сергеевич // Беларуская думка. 2009. № 11. С. 76–81.
4. Функционирование и преподавание русского языка в Республике Беларусь // [Электронный ресурс], 2009. Интернет-адрес: http://russia-sng.iphil.ru/index.php?option=com_content&task=view&id=52&Itemid=42.

СОВРЕМЕННЫЕ ИНВЕСТИЦИИ В ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ: ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Н. В. Концевой, А. Д. Карпенко

В современном обществе качественное высшее образование обеспечивает более высокий уровень профессиональной занятости, а также уровень доходов, материального благополучия, предпринимательской активности и оставляет меньше вероятности жить в бедности. Тем не менее, уровень образования непосредственно зависит от объема инвестиций в сферу образования.

Целью работы является актуальный анализ социальных аспектов и характеристике критерия эффективности инвестиций в развитие высшего образования.

Статистика Европейского банка реконструкции и развития и Всемирного банка в странах Восточного партнерства показывает рост (в последнее время) числа предприятий и фирм, руководители которых отмечают недостатки профессиональных знаний, умений и навыков при наличии высшего образования у сотрудников, что, безусловно, снижает темпы роста производства. В период с 2008 по 2012 гг. в Республике Беларусь доля таких предприятий и фирм выросла с 33 % до 55 %. При

этом частные фирмы охотно приглашают на работу лиц с непрофессиональным образованием, обучают их нужным навыкам потому, что уровень образования по профилирующим специальностям оставляет желать лучшего.

По данным исследования Всемирного банка и Европейского банка реконструкции и развития в 2009 году лишь 38,1 % белорусских фирм занимаются обучением и повышением квалификации своих сотрудников [1].

Вместе с тем, фирмы, пришедшие на белорусский рынок из стран Западной Европы, США и России первоначально в своих бизнес-планах вводят пункт о повышении квалификации сотрудников как минимум один раз в год. После обучения профессиональным умениям и навыкам начинается дальнейшее развитие личностных качеств сотрудника. Например, предполагается обучение на курсах по выбору. Таким образом, поддерживается не только профессионализм сотрудников, но и психологическое, эмоциональное состояние.

Возрастание стоимости производства инновационных видов продукции создается благодаря деятельности сотрудников с более высокой квалификацией, что требует и более высоких затрат на их образование и профессиональную подготовку. Так, объемы инвестиций в сферу образования существенно различаются в различных регионах мира. Лидером инвестиций в образование является Куба – более 15 % валового внутреннего продукта (ВВП), Норвегия выделяет 8 %, США – 6 %, Россия – 4 % ВВП. Для сравнения хочется отметить, что в США тратится около 6 % ВВП, в Германии около 5 %, в Израиле около 7 %. Среди постсоветских стран Украина тратит более 6 % ВВП, Молдова до 4.5 %, страны Прибалтики около 5 %. В Беларуси показатель колеблется от года к году и составляет около 5–6 % от ВВП [2, 3].

Но как правильно распределить эти средства? Инвестирование в образование преимущественно совпадает с инвестированием в человеческий капитал. При этом важно оценить степень эффективности расходов на образование.

Основная особенность инвестиций в образование заключается в том, что они, фактически, расходуются на пополнение интеллектуального и духовного потенциала общества и, в то же время, на развитие способностей каждого индивида, повышение его образовательного уровня и социального статуса. Период времени, связанный с подготовкой работников, а также с переносом полученных знаний на выпуск продукции, должен определяться периодом старения знаний, умений, навыков, которые были приобретены обучавшимися. Этот период можно определить из длительности цикла обновления знаний в соответствующих научных областях [4].

Ценность выгод от получения образования уменьшается со временем, т.е. выгоды, полученные сегодня, имеют большую ценность по сравнению с выгодами, полученными завтра. На это есть объективные причины:

1) если делать доходы на потребление, то экономически выгоднее делать их раньше (например, по причине инфляции);

2) существует психологический фактор потребления во времени – будущие удовольствия могут оказаться проблематичными из-за «превратностей» жизни;

3) своевременное использование таких доходов или их части в качестве инвестиций в физический капитал обеспечит получение значительной прибыли в будущем.

Для математического описания выгоды в течении N производственных периодов на сегодняшний день существует простая формула, учитывающая, в том числе, и дисконтирование, что крайне важно для инвестиций в образование, по описанным выше причинам [5, 7].

$$V_0 = \frac{B_1}{1+r} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_N}{(1+r)^N}, \quad (1)$$

где V_0 – текущая стоимость, B_N – выгода (доход), получаемая в период N , r – ставка дисконтирования.

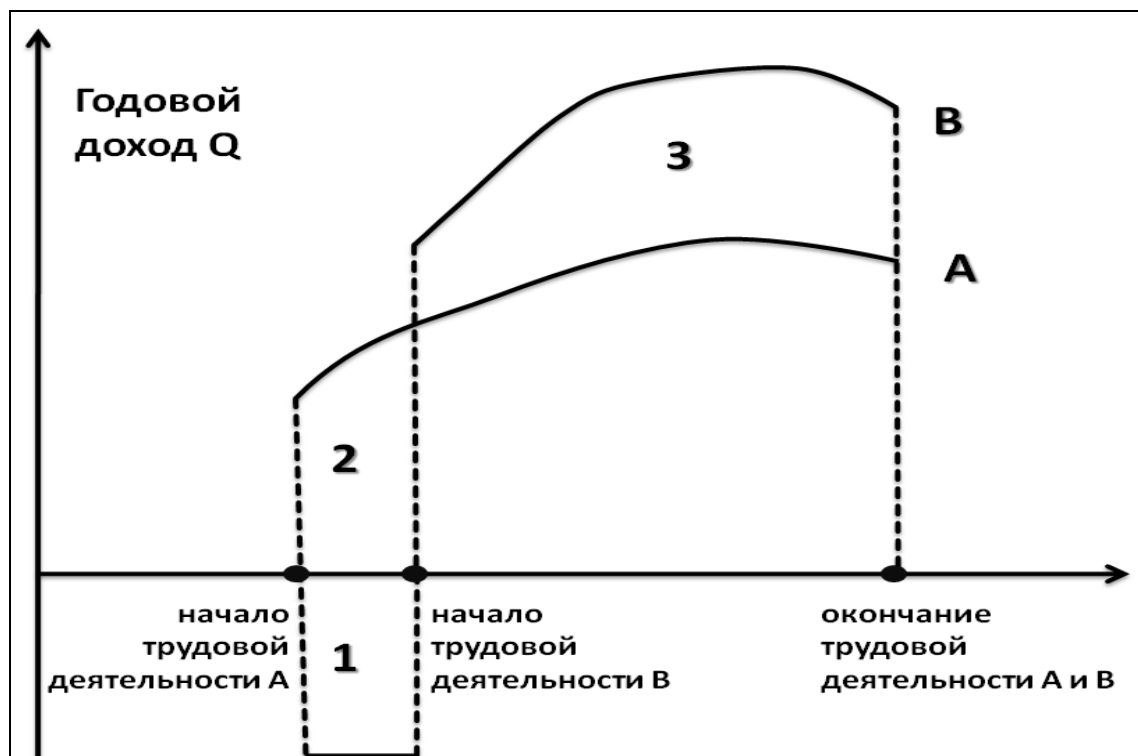


Рис. 1. Зависимость годового дохода от начала трудовой деятельности: человек А – сразу после обучения в школе, человек В – сразу после обучения в ВУЗе

В соответствии с Постановлением Министерства экономики Республики Беларусь №158 от 31.08.2005 г. в Республике Беларусь «допускается принятие ставки дисконтирования на уровне ставки рефинансирования Национального банка Республики Беларусь».

Рисунок 1 иллюстрирует доходы двух человек, один из которых (А) после окончания средней школы начал трудовую деятельность, а второй (В) поступил в ВУЗ и начал трудовую деятельность, получив высшее образование.

Поток дохода человека А не очень велик, но начинается сразу (разница в доходах – область 2); поток человека В на протяжении обучения отрицательный (расходы на обучение, область 1), но затем доходы становятся на порядок выше (разница – область 3).

Следует отметить, что суммарные доходы, связанные с наличием высшего образованием, должны на несколько порядком превышать инвестиции в образование, так как дисконт будущих доходов уменьшит их величину после приведения их к единому (настоящему) времени. Таким образом, немного видоизменив формулу (1), получаем:

$$V_0 = \frac{B_1}{1+r} + \frac{B_2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{B_N}{(1+r)^N} \geq C, \quad (2)$$

где V_0 – текущая стоимость, B_N – ежегодная разница в заработках выпускников высших учебных заведений и общеобразовательных школ r – ставка дисконтирования, C – инвестиции в высшее образование, [5, 6].

Формула (2) и есть критерий оценки эффективности инвестиций в образование.

В ближайшие 10 лет в нашей стране будут востребованы преимущественно практико-ориентированные профессии. Необходимы инвестиции в соответствующие отрасли сферы образования. В пользу подобной практики в образовании свидетельствует опыт других стран Европы, где в 1990-х гг. проводились подобные образовательные реформы. Например, кризисные явления в мировой экономике вызвали подъем уровня безработицы и ухудшение перспектив молодых специалистов на получение хороших рабочих мест. Так, в Испании и Греции уровень безработицы среди экономически активной молодежи до 25 лет приближается к 60 %. Однако, в этих условиях не наблюдается кризис в образовании. Для экономически активных групп населения это является поводом для прохождения переподготовки и повышения квалификации без отрыва от основной трудовой деятельности. Эффективное распределение инвестиций – основа устойчивой экономики. И если правильно распределить средства на образование, то в будущем это принесет дивиденды не только конкретному человеку, но и обществу в целом.

Литература

1. Почему в Беларуси много образованных людей, но не хватает квалифицированных специалистов. [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://news.tut.by/society/177357.html>.
2. Education spending (% of GDP) (most recent) by country. [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: http://www.nationmaster.com/graph/edu_edu_spe-education-spending-of-gdp.
3. Глобальный дайджест образования. Газета "ЗАГРНИЦА" № 41(403). [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://www.zagran.kiev.ua/article.php?new=403&idart=40312>.
4. *Славинский А. О.* Потенциал образовательного комплекса как фактора инновационного роста экономики / А.О. Славинский – Вестник ТГПУ (TSPU Bulletin) 12.2011 (114).
5. *Корсаков М. Н.* Экономика предприятия. Таганрог: Изд-во ТРТУ 2005.
6. Общая модель анализа выгод и издержек при инвестициях в человеческий капитал. [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: http://www.sibupk.nsk.su/Public/Chairs/c_ectheory/kapital/gl4.htm.
7. *Khan M. Y.* Theory & Problems in Financial Management/ M.Y. Khan - Boston: McGraw Hill Higher Education – 1993.

СТУДЕНЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛОВИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

А. В. Кузьмич

В настоящее время вопросы качества высшего образования являются наиболее актуальными в трансформационных процессах страна постсоветского пространства. основополагающими условиями реформ являются, с одной стороны, сохранение основ советской высшей школы, а с другой – стремление большинства стран постсоветского пространства войти в состав Болонского процесса, определяющего новые стандарты образования и способы организации учебного процесса. Вступление в Болонский процесс позволяет многим бывшим социалистическим странам со временем решить основные вопросы в сфере высшего образования, над которыми сейчас и работают министры образования стран-участниц процесса:

- а) академической и студенческой мобильности;
- б) уровней университетского образования;
- в) автономии университетов в странах входящих в европейское пространство высшего образования;
- г) интеграции в научных исследованиях и др.

Одним из наиболее часто обсуждаемых в среде академического сообщества является вопрос студенческой мобильности. Студенческая мобильность (возможность студентов приобретать образовательный опыт в других европейских университетах), как известно, является одной из причин создания единого европейского образовательного

пространства. Однако даже сейчас вопрос студенческой мобильности не решен окончательно. Одна из основных проблем – финансовая. Это относится в первую очередь студентов из малообеспеченных семей, которые могут получить образование только при наличии грантовой или стипендиальной программы. В 2009 году была достигнута договоренность о возможности свободного перевода грантов и стипендий между всеми странами и участниками Болонского процесса. Эта договоренность дает возможность студентам попробовать пожить и поучиться в разных странах на протяжении всего периода обучения, и определиться с перспективами в своей профессии и карьере.

По нашему мнению, опыт европейских университетов в решении проблем студенческой мобильности может быть использован и в отечественной практике. Например, в Германии создается все больше учебных программ на английском языке, которые учитывают потребности иностранных студентов. Кроме того, при поступлении в вузы иностранным студентам отдается предпочтение, так что при соответствующем уровне знаний, шансы на зачисление очень высоки. Также в Германии, как правило, не взимается плата за обучение, в том числе и с иностранных студентов. Расходы на пребывание в Германии существенно сокращаются благодаря многочисленным льготам для студентов (льготы на обеды в университетских столовых, проживание в студенческих общежитиях и т. д.).

В Германии действует служба академических обменов (ДААД) – организация, объединяющая высшие учебные заведения Германии и способствующая развитию академических отношений за рубежом, прежде всего посредством обмена студентами [5].

Преподавание в высших учебных заведениях Финляндии ведется не только на финском, но и на английском языке. Финляндия имеет самое большое количество программ в Европе, составленных на английском языке, среди стран не являющихся англоязычными. Во всех университетах и политехнических вузах имеются также несколько программ на английском языке, рассчитанных специально для студентов по обмену.

Центр международной мобильности в Финляндии был основан в начале 1990-х годов для развития международного сотрудничества Финляндии с другими странами [4].

В Швеции пребывание иностранного студента включает набор тщательно подобранных курсов, соглашение о переводе зачетных баллов, жилье, помощь в адаптации и социальные мероприятия.

Самой широкомасштабной системой обмена является программа Erasmus, цель которой – способствовать мобильности студентов и преподавателей в Европе. Программа объединяет 27 государств-членов

Европейского Союза. Студент, участвующий в программе обмена Erasmus, может провести за рубежом от трех месяцев до полного академического года [3].

По мнению специалистов, существует несколько причин, замедляющих развитие академических обменов. Среди них: недостаточное информирование, несоответствующая финансовая поддержка, низкий уровень знания студентами иностранных языков и такие юридические аспекты, как сложности при получении визы и непризнание дипломов, полученных за границей.

Затрудняют процессы студенческих обменов и различия в учебных программах вузов, из-за чего студентам по возвращении приходится сдавать академическую разницу.

С целью активизации студенческих обменов в Беларуси, а также повышения качества международной студенческой мобильности считаем целесообразным:

- 1) разработать программу студенческой мобильности внутри страны;
- 2) упростить процесс перевода студентов из одного ВУЗа в другой, составить программы, в соответствии с которыми студенты смогут учиться семестр или год на своей специальности в вузе другого города;
- 3) расширить информационное поле студенческой мобильности, включая создание сайта, организацию встреч по обмену опытом с участием иностранных студентов и другое.

Литература

1. Болонский процесс: проблемы и перспективы / под ред. М.М. Лебедевой. – Москва: Оргсервис. 2006.
2. Болонский процесс: плюсы и минусы // [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: http://panslavist.ru/2011/08/bologna_process/.
3. Программа Erasmus // [Электронный ресурс]. Интернет-адрес :<http://www.studyinsweden.ru/>.
4. Международная мобильность в Финляндии // [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://science.gov.tm/>.
5. Обучение в университетах Германии // [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://www.engec.ru/>.

АКТИВИЗАЦИЯ ПОЗНАВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ ИСТОРИИ

Е. Н. Кульбицкая

Активизация познавательной деятельности учащихся была и остается одной из актуальных проблем педагогики. Все большее значение в жизни приобретают коммуникативные умения, способность к моделированию ситуаций, приобретению опыта ведения диалога, дискуссий, приобщению

к творческой деятельности. В то же время наблюдается снижение интереса к учебе, интеллектуальная пассивность. Этим объясняется особое внимание учителей к использованию методов и приемов, требующих активной мыслительной деятельности, с помощью которых формируются умения сравнивать, обобщать, видеть проблему, формировать гипотезу, искать средства решения, корректировать полученные результаты. К.Д. Ушинский писал: «Учение, лишённое всякого интереса и взятое только силой принуждения, убивает в ученике охоту к учению, а учение, основанное только на интересе, не даёт возможности окрепнуть самообладанию и воле ученика, так как все в учении интересно и необходимо брать силою воли».

Желание каждого учителя – привить любовь и интерес к своему предмету. Лучшему усвоению учебного предмета, развитию научного интереса, активизации учебной деятельности учащихся, повышению уровня практической направленности способствуют активные формы, средства и методы обучения.

Активные методы обучения позволяют использовать все уровни усвоения знаний: от воспроизводящей деятельности через преобразующую к главной цели – творческо-поисковой деятельности. Творческо-поисковая деятельность оказывается более эффективной, если ей предшествует воспроизводящая и преобразующая деятельность, в ходе которой учащиеся усваивают приемы учения.

Необходимость активного обучения заключается в том, что с помощью его форм, методов можно достаточно эффективно решать целый ряд задач, которые трудно достигаются в традиционном обучении:

- формировать не только познавательные, но и профессиональные мотивы и интересы, воспитывать системное мышление;
- учить коллективной мыслительной и практической работе, формировать социальные умения и навыки взаимодействия и общения, индивидуального и совместного принятия решений, воспитывать ответственное отношение к делу, социальным ценностям и установкам, как коллектива, так и общества в целом.

Активизации познавательной деятельности учащихся на уроках истории происходит с помощью:

- фактов (историческая информация, пример из жизни, факты из жизни «замечательных» людей);
- иллюстраций и демонстрационных средств (документальное, художественное кино; вещественные источники);
- создания проблемной ситуации на уроке (ситуации неожиданности, проблемные задачи, опережающие задания);

- индивидуальной и групповой работе на уроке;
- ролевой, деловой игр (урока-турнира, урока-диспута, урока КВН, урока-суда;
- игры «умники и умницы», игры-путешествия, уроков фантазирования, уроков сказок, уроков в школе будущего.);
- нетрадиционных уроков (круглых столов, аукционов знаний, уроков выставок, уроков-аукционов, пресс-конференций).

Рассмотрим использование игры на уроках истории. Актуальность игры в настоящее время повышается и из-за перенасыщенности современного школьника информацией. Во всем мире, и в России в частности, постоянно расширяется предметно-информационная среда. Телевидение, видео, радио, компьютерные сети за последнее время значительно увеличили поток получаемой детьми информации и ее разнообразие. Но все эти источники представляют, в основном, материал для пассивного восприятия. Важной задачей школы становится развитие умений самостоятельной оценки и отбора получаемой информации. Развить подобные умения поможет дидактическая игра, которая служит своеобразной практикой для использования знаний, полученных на уроке и во внеурочное время.

Игра способна решить еще одну проблему. Сегодняшнюю школу критикуют за перенасыщенность вербальных, рациональных методов и средств обучения, за то, что не принимается во внимание природная эмоциональность детей.

В процессе игры ребенка осуществляется жизненный баланс между ним и взрослым человеком. В повседневной жизни взрослый почти всегда выступает в качестве субъекта: воспитывающего, ведущего. Ребенок соответственно, объект: воспитуемый, обучаемый, ведомый. Это становится стереотипом отношений, который маленький человек не в силах изменить. В силу сложившихся стереотипных взаимоотношений с взрослым, ребенок, являющийся объектом и субъектом одновременно, не всегда может проявить свою субъективную сущность. В игре же он решает эту проблему, создавая собственную реальность, творя свой мир.

В игре возможно вовлечение каждого в активную работу, это форма, которая противостоит пассивному слушанию или чтению.

Изучение нового материала – наиболее важная часть процесса обучения. В это время происходит восприятие и осмысление учебного материала.

Устное изложение может стать рабочим элементом игры, ее частью, либо выступить подготовкой к ней. Игра может вобрать в себя такие приемы устного изложения, как сюжетно-образное повествование, художественное (картинное) описание, образная характеристика и др.

Примером могут быть следующие игры: ««Древо познания», Три предложения», «Из уст в уста», «Экскурсия», «Живая картина», «Творческая лаборатория», «Проблемная ситуация» (С ее помощью происходит мотивация для работы с документальным материалом). Игра строится на создании проблемной ситуации для школьников. При изучении восстания декабристов в качестве проблемной может выступать ситуация, представленная учителем, следующим образом: «Представьте себе, что вы журналисты газеты «Санкт-Петербургские ведомости». На дворе 14 декабря 1825 года. Вам нужно написать сообщение о восстании, предназначенное для помещения в газету и для дипломатических представителей за границей (как правительство Николая I могло представить события декабря 1825 года за рубежом)».

Важно поставить проблему, довести до сведения ребят, в каком сложном положении оказался Николай I, которому не так просто было представить события, произошедшие в первый день его правления, за рубежом. После представления работ учащихся можно прочитать действительное сообщение Николая I.

После этого можно рассказать, что буквально через 3 дня властями было дано совсем другое толкование событий, и, таким образом, игра может вывести на серьезную работу с документами. Игра, в данном случае, будет хорошей подготовительной и мотивационной основой.

Достоинства игровой технологии состоит в следующем:

- игра мотивирует, стимулирует и активизирует познавательные процессы школьников - внимание, восприятие, мышление, запоминание, воображение;
- игра, востребовав полученные знания, повышает их прочность;
- одним из главных достоинств является повышение интереса к предмету практически у всех учащихся класса;
- посредством игры задействуется «ближняя перспектива» в обучении;
- игры позволяют развивать специальные способности учащихся к занятиям историей:- историческую память учащихся, в первую очередь на исторические факты, явления, представления;- способность к ретроспективному мышлению, к мысленной реконструкции картины исторического исследования;- способность к историческому сопереживанию;
- игра позволяет гармонично сочетать эмоциональное и логическое усвоение знаний;
- учащиеся получают прочные, осознанные и прочувствованные знания.

Современному педагогу надо научиться устанавливать равновесие между потребностями детей и задачами обучения и воспитания. Это важнейшее условие гуманизации школы, решение которого зависит от того, как учитель сумеет построить работу, направленную на стимулирование познавательной деятельности учащихся.

Предъявляются определенные требования к учебно-воспитательному процессу:

- обеспечение «чувства свободного выбора», т.е. осознание детьми учебной задачи как самостоятельно выбранной;
- внедрение в педагогический процесс развивающей тенденции: школьник должен преодолевать трудности учебных задач, «работать на грани предельных возможностей»;
- предоставление ребенку возможности «радоваться жизни» в процессе игры, учебного занятия, внеучебной деятельности.

Каждый ученик имеет склонности и задатки к определенным предметам, но учитель обязан создать такие условия, чтобы эти склонности проявились и чтобы заинтересовать предметом всех учеников. Если ученику история становится интересна, он более успешно ее изучает, если учитель при этом направляет его интерес, помогает проявить себя в качестве активного субъекта познания, то происходит развитие ученика.

Мастерство управления познавательной деятельностью учащихся зависит от множества факторов. Одним из важнейших является умение учителя сделать свой предмет интересным для школьников. Ибо интерес, как отмечают ученые, положительно влияет на все психические процессы и функции: восприятие, внимание, мышление, волю. «В процессе обучения и воспитания школьника познавательный интерес выступает в многозначной роли: и как средство живого, увлекающего ученика обучения, и как сильный мотив отдельных учебных действий школьника и учителя в целом, побуждающий к интенсивному и длительному протеканию познавательной деятельности, и как устойчивая черта личности школьника, в конечном итоге способствующая ее направленности». Ведущую роль играют и межличностные отношения учителя с учащимися. Использование влияния межличностных отношений на ребенка приводит к формированию у него позитивного или отрицательного отношения к процессу обучения, к школе в целом.

Трудно сказать, по каким путям поведет школьника его естественный возрастной процесс активности, если он не будет направлен никакими умственными интересами. Об этом очень серьезно предупреждал в свое время учителей К.Д. Ушинский, считавший, что «учение, взятое

принуждением и силой воли», едва ли будет способствовать созданию развитых умов. Если учитель руководит процессом формирования познавательного интереса, видит перспективу усложнения и развития этого интереса, учитывает возрастные особенности учеников, отбирает содержание, формы и методы работы, то происходит развитие его учеников и самого учителя.

ТЕОРЕТИКО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ ШКОЛЬНИКОВ

Т. Г. Куценкова

Важнейшей задачей современной школы выступает развитие творческого потенциала учащихся, их эвристического мышления, обеспечивающего возможность самостоятельно приобретать новые знания, применять их в многообразных условиях окружающей действительности. Обучение творчеству школьников предполагает вооружение их умениями осознавать проблему, намеченную учителем, а позднее – формулировать ее самостоятельно; выдвигать гипотезы и соотносить их с условиями задачи; осуществлять поэтапную или итоговую проверку решения задач несколькими способами; переносить знания и действия в нестандартную ситуацию.

Использование эвристических методов обучения уходит своими корнями еще во времена Сократа, который вместе с собеседником путем постановки особых вопросов и рассуждений получали новые знания. В период нового времени эвристику возрождали Г. Галилей, Ф. Бэкон, Г.В. Лейбниц. Так, английский ученый Ф. Бэкон предложил индукцию в качестве основного метода решения творческих задач. Немецкий философ и математик Г.В. Лейбниц разработал логику инженерного творчества, которая основывалась на разбиении всех понятий на элементарные ячейки, образующие «азбуку» человеческих мыслей, и преобразованием этих элементов в бесконечное число решений. Немецкий философ Х. Вольф и чешский математик Б. Больцано разработали следующие методы и приемы эвристического обучения: определение цели и отсеечение непродуктивных направлений поиска, постановка основного вопроса задачи, анализ известного знания, его обобщение и рефлексия, выдвижение пробных предположений и гипотез, решение задачи разными методами, проверка решений, отбор ценных суждений и их оценка. В России разработкой теории эвристики в начале XX в. занимался инженер-патентовед П.К. Энгельмейер, который описал эвристику в изобретательстве, называемую техно-

эврилогией. Чешский изобретатель Г.Я. Буш разрабатывал эвристические подходы в изобретательстве и техническом творчестве. Идеи эвристики в XIX в. в образовании продвигал русский педагог К.Д. Ушинский. Огромный вклад в разработку эвристических методов обучения в школе внесли современные дидакты: В.И. Андреев, который освещает эвристику как средство творческого саморазвития личности; А.В. Хуторской, который разрабатывает теорию и практику эвристического обучения в школе (в том числе на уроках физики). Из вышесказанного следует, что эвристическое обучение на протяжении длительного времени оставалось актуальным. Однако анализ современной школьной практики показывает, что в настоящее время отсутствует достаточное количество учебно-методических разработок по внедрению эвристических технологий в учебный процесс школы.

Главная особенность эвристического обучения по А.В. Хуторскому состоит в том, что оно предполагает изменение общепринятого смысла образования. При эвристическом обучении добываемые знания носят личностный характер. Открытые или добытые знания учеником не остаются единственным содержанием его образования. Важнейшим содержанием и результатом образования является образовательный продукт ученика, который сопоставляется с культурно-историческим аналогом, достраивается или переосмысливается. При этом эвристическое обучение не отрицает необходимости передачи ученикам материала, его усвоения и закрепления. Этот материал предназначен не столько для его запоминания, сколько для того, чтобы ученики использовали его для создания собственного образовательного продукта, который может быть получен в виде таблиц, схем, моделей и др. Контроль в эвристическом обучении подлежит не только степень усвоения готовых знаний, сколько творческое отклонение от них. Таким образом, в процессе эвристического обучения оценивается развитие личностных качеств ученика, его творческие достижения, а также уровень усвоения и опережения образовательных программ.

А.В. Хуторской обосновал следующие принципы:

1. Принцип свободы выбора учеником главных элементов своего образования: смысла, целей, содержания, форм и видов деятельности, способов работы, учебных средств, критериев оценки результатов образования.

2. Принцип метапредметных основ содержания образования.

3. Принцип соответствия образовательной деятельности изучаемому предмету.

4. Принцип первичности образовательной продукции учащегося по отношению к общепризнанным аналогам.

5. Принцип сопровождающего обучения.

6. Принцип продуктивного образования.

7. Принцип рефлексивного самоосознания.

Обоснуем условия использования указанных методов эвристического обучения на уроках математики.

Первый принцип предполагает создание на уроках организационно-педагогических и психологических условий для того, чтобы ученик научился выразить свою точку зрения на изучаемый предмет. Например, ученик предлагает свой способ доказательства или иной способ решения задачи. Трудность данного принципа состоит в том, что учитель должен, с одной стороны, обозначить смысл образования по своему предмету, а с другой, – поддерживать иные смыслы образования, которые могут быть у учеников.

Принцип метапредметных основ содержания образования предполагает раскрытие учителем совместно с учащимися научно-прикладного значения математики, установление учителем межпредметных связей, разработку и включение в содержание обучения комплексных (межпредметных) задач-ситуаций. Освоение школьниками такого межпредметного содержания обучения способствует формированию у них умений синтезировать знания и методы исследования из разных областей (математика, физика, химия, экономика и др.).

Согласно принципу соответствия образовательной деятельности изучаемому предмету, учащиеся не только изучают узко-предметные знания по математике, но и осваивают универсальные способы учебно-исследовательской деятельности (целеполагание, выдвижение гипотез, проверка достоверности фактов, постановка задачи, оценка, рефлексия и др.) посредством решения математических задач.

Принцип первичности образовательной продукции учащегося по отношению к общепризнанным аналогам предполагает, что усвоение учениками знаний происходит после получения ими результатов. Например, при ознакомлении на уроке с теоремой Фалеса ученики, не глядя в учебник, находят свой вариант доказательства данной теоремы, а уже потом сравнивают его с тем, что представлено в учебнике. Перед изучением операции умножения, создают собственную таблицу умножения. Это достигается путем применения особой технологии сопровождающего обучения.

Принцип сопровождающего обучения заключается в том, что учитель на уроке разворачивает эвристическую (проблемную) ситуации, разре-

шение которой способствует мотивации к изучению математики и учебной активности на уроках.

В соответствии с принципом продуктивного образования качество образования определяется не полнотой изучения известной информации, а уровнем приращения к нему созданного учениками образовательного продукта (по А.В. Хуторскому). На уроках математики важным представляется не решение как можно большего количества однотипных задач, а формулировка и решение школьниками актуальных прикладных задач.

Принцип рефлексивного самоосознания предполагает организацию рефлексии и оценку как самого процесса обучения, так и его результатов. Рефлексия по А.В. Хуторскому помогает ученику переопределять цели дальнейшей деятельности, корректировать свою образовательную траекторию. Обучение через рефлексивную деятельность позволяет ученику осознать свою индивидуальность, уникальность и предназначение. Эти особенности ученика «высвечиваются» непосредственно из его эвристической деятельности и ее продуктов.

В соответствии с представленными принципами обучения организация эвристического обучения предполагает наличие трех основных видов деятельности ученика: методологической, когнитивной и креативной. Для каждого из этих видов деятельности существует своя организационная структура, которая обеспечивает создание учащимися собственных образовательных результатов. Содержание эвристического образования включает в себя две части: инвариативную, задаваемую извне и усваиваемую учениками, и вариативную – создаваемую каждым учеником в ходе обучения. Таким образом, содержание эвристического обучения включает в себя следующие составляющие: материал, который задается учителем в качестве образовательной среды; образовательный продукт ученика; культурно-исторические аналоги, с которыми сравнивается образовательный продукт ученика. В этой связи, структура урока должна соответствовать указанным видам учебно-поисковой деятельности ученика. Примерами эвристических уроков могут быть: творческие лаборатории, работа по развитию математической речи учащихся на основе иллюстративного материала, корректирование и редактирование задач, этимологические экскурсии, составление опорных сигналов, индивидуальная работа над ошибками.

Литература

1. Хуторской А. В. Эвристическое обучение. М.: 1998.

ИНТЕГРАЦИЯ УЧЕБНЫХ ПРЕДМЕТОВ КАК УСЛОВИЕ РЕАЛИЗАЦИИ КОМПЕТЕНТНОСТНОГО ПОДХОДА В ШКОЛЕ

А. М. Лукина

Проблема обоснования сущности и состава компетенций (компетентностей) личности обучающегося, а также причин и условий эффективного внедрения компетентностного подхода в образовательный процесс современной школы стала предметом различных исследований, проводимых как учеными (В.А. Болотов, О.Л. Жук, И.А. Зимняя, В.В. Сериков, Ю.Г. Татур, А.В. Хуторской и др.), так и международными научно-исследовательскими центрами и организациями, работающими в сфере образования (Международная Ассоциация по оценке достижений в области образования IEA, Организация Экономического Сотрудничества и Развития OECD и др.). В работах ученых подчеркивается важность формирования у обучающихся социально-личностных компетенций, которые позволят более эффективно решать личностные и профессионально-прикладные проблемы, а также адаптироваться и социализироваться в обществе [1, 2, 6]. Под социально-личностной компетентностью школьников будем понимать способность ученика мотивированно и ответственно применять обобщенные знания и опыт для решения широкого круга проблем (социальных, нравственных, гражданских, экологических, экономических и др.) в быстро изменяющихся условиях.

Значительным образовательным потенциалом для формирования социально-личностных компетенций учащихся обладают естественно-научные предметы и их содержательно-технологическая интеграция [4, с. 8]. Это актуализирует проблему межпредметной интеграции (в том числе между естественнонаучными и гуманитарными предметами), способствующей повышению качества математического образования в средней школе. Под интеграцией содержания образования, вслед за О.Л. Жук, И.Д. Зверевым, В.И. Казаренковым, будем понимать процесс объединения учебных предметов во взаимосвязанные блоки (модули), результатом освоения которых становится сформированность обобщенных умений по разрешению профессиональных, социальных ситуаций и ценностного отношения к наличию подобного опыта. Предметная интеграция в образовательном процессе не ограничивается межпредметными связями, она включает в себя поиск средств и способов взаимосвязи различных предметов, видов учебной и воспитательной работы, классно-урочной и внеурочной деятельности по предмету, форм организации школьной и внешкольной жизне-

деятельности учащихся. Межпредметные связи курса математики отражены в следующей таблице.

Таблица

**Межпредметные связи математики и предметов естественнонаучного цикла
(на примере изучения тем программы 10–11 классов)**

Темы учебных программ естественнонаучных предметов, связанные с соответствующими темами школьного курса математики		Темы учебной программы по математике, взаимосвязанные с другими учебными предметами		Производная функции. Возрастание, убывание, экстремумы функции	Тригонометрические функции	Степень с рациональным показателем. Степенная функция	Показательная и логарифмическая функции	Многогранники и тела вращения
		Темы учебной программы по математике, взаимосвязанные с другими учебными предметами	Темы учебной программы по математике, взаимосвязанные с другими учебными предметами					
Физика	Молекулярная физика	±	±	+	±	±	±	
	Электродинамика	+	+	+	±	±	±	
	Колебания и волны	+	+	+	+	±	±	
	Квантовая физика	±	±	+	±	±	±	
Астрономия	Движение небесных тел	±	+	±	±	±	+	
	Сравнительная планетология	±	±	+	±	±	+	
	Методы исследования небесных тел	±	±	+	±	±	+	
	Звезды	+	±	+	±	±	+	
	Строение и эволюция Вселенной	±	±	±	±	±	+	
Информатика	Обработка текстовой информации	±	±	+	±	±	+	
	Электронные таблицы	+	+	+	±	±	+	
	Алгоритмизация и программирование	+	+	+	±	±	+	
	Обработка графич. информации	+	+	+	±	±	+	
Химия	Основные химические понятия и законы	-	-	±	±	±	+	
	Строение вещества и химическая связь	±	+	±	-	±	+	
	Растворы	+	±	±	+	±	±	
	Химические реакции	+	-	+	-	±	+	
Биология	Организм и среда	±	+	±	-	±	±	
	Вид и популяция, эволюция органического мира	±	±	±	+	-	-	
	Экосистемы, биосфера	+	-	±	-	±	±	
	Клетка	-	-	±	-	±	+	
	Обмен веществ и превращение энергии в организме	±	-	-	-	±	+	
	Наследственность и изменчивость организмов	+	±	+	-	±	-	
География	География Беларуси	±	±	±	±	±	±	
	Методы географических исследований	±	+	±	-	±	±	
	Физический мир Земли	+	±	±	±	±	±	
	Глобальные проблемы	±	±	±	±	±	±	

Условные обозначения: «+» – высокий уровень реализации межпредметных связей, «±» – средний уровень, «-» – низкий уровень, «-» – межпредметные связи отсутствуют или не выявлены.

Из данных рисунка следует, что спектр интегрированного применения тем программы 10–11 классов по математике и естественнонаучным предметам достаточно широк (высокий и средний уровень реализации межпредметных связей выявлен для 65 % сравниваемых показателей по физике, 68 % – по астрономии, 85 % – по информатике, 45 % – по химии, 30 % – по биологии, 40 % – по географии). Анализ учителем данных рисунка позволит спроектировать межпредметные задачи, имеющие актуальную социальную направленность. Таким образом, важным условием формирования и диагностики социально-личностных компетенций учащихся является включение в контент обучения обобщенных (межпредметных, компетентностных) задач прикладной направленности по всем предметам, требующих от учащегося системного мышления, переноса знаний из одной предметной области в другую, синтеза приемов и способов исследования [3]. Предназначение обобщенных (практико-ориентированных, компетентностных) задач заключается в формировании у школьников системы универсальных общеучебных умений; обеспечении условий для применения знаний и умений в новых, незнакомых для учащихся межпредметных ситуациях; приобретении учащимися опыта решения задач социального характера [5]. Решение учащимися обобщенных задач предполагает анализ информации, полученной из различных предметных областей; моделирование ситуации; составление алгоритмов деятельности по разрешению ситуации; нахождение и отбор информации из учебных пособий, справочников; использование компьютерных средств для воспроизведения и поиска информации.

В ходе проводимого диссертационного исследования нами разработаны и внедрены в образовательный процесс школы обобщенные задачи по математике, которые являются средством формирования социально-личностных компетенций учащихся. Промежуточные результаты позволяют выявить следующие требования к проектированию данных задач:

1. Опора на социокультурный опыт учащихся.
2. Проблемность содержания задачи, ориентирующая учащихся на необходимость использования знаний из различных учебных предметов, собственного опыта или Интернет ресурсов.

3. Включение избыточных данных в контент задачи, не являющиеся нужными для решения проблемы.

4. Возможность получения одного или нескольких ответов в различных формах (графической, в виде образовательного продукта и др.).

5. Необходимость обеспечения в рамках предложенной задачи комплексной проверки знаний и умений, направленных на поиск необходимой информации, обобщение и систематизацию данных, создание модели изучаемой проблемы, представление полученных результатов.

Таким образом, результатом реализации компетентностного подхода в средней школе является переориентация учебного процесса на формирование компетенций ученика, позволяющих продуктивно решать разнообразные социально-личностные задачи. Достижению целей-результатов компетентностного подхода способствует содержательно-технологическая интеграция предметов естественнонаучного цикла, обеспечивающая развитие способности решения учащимися комплексных социально-личностных и прикладных проблем-ситуаций. Межпредметная интеграция обеспечивает комплексное воздействие на личность учащегося, формируя не только предметные знания, умения, но и системное видение изучаемых объектов, универсальные исследовательские умения. При этом интеграция содержания предметов предполагает включение в контент задач гуманистических, демократических, культурных и иных ценностей, которые могут осваиваться благодаря стратегиям активного («мозговой штурм», дискуссия, кейс-технология и др.) и коллективного обучения (обучение в сотрудничестве, работа в команде и др.).

Литература

1. *Ермаков Д.* Откуда и куда ведет компетентностный подход // Народное образование. Народное образование. 2008. № 7. С. 181–187.
2. *Болотов В. А.* Компетентностная модель: от идеи к образовательной программе / В.А. Болотов, В.В. Сериков // Педагогика. 2003. №10. С. 8–14.
3. *Жук О. Л.* Педагогическая подготовка студентов: компетентностный подход. Минск: РИВШ, 2009.
4. *Казаренков В. И.* Основы педагогики: Интеграция урочных и внеурочных занятий школьников: Учеб. Пособие. М.: Логос, 2003.
5. *Сиренко С. Н.* Проектирование и применение обобщенных задач как условие формирования социально-личностных компетенций школьников // Веснік БДУ. Серья 4: Філап. Журн. Пед. 2012. № 2. С. 89–94.
6. *Хуторской А. В.* Ключевые компетенции. Технология конструирования // Народное образование. 2003. № 5. С. 55–61.

РОЛЬ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ ДИСЦИПЛИН В ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ПОДГОТОВКЕ СТУДЕНТОВ

Д. И. Насонова, А. А. Антонова

Современные требования к университетскому образованию предполагают, с одной стороны, необходимость быстрой адаптации выпускника вуза к профессиональной деятельности, а, с другой, – поддержание высокого уровня фундаментальности и научности процесса обучения. Сегодня выпускник вуза должен владеть не только профессиональными навыками, но и быть способным к их обновлению и применению в нестандартных ситуациях. Безусловно, профессиональные знания закладываются в ходе изучения профильных дисциплин, в то время как умение приобретать и применять знания приходит в процессе всего целостного процесса образования. Для формирования разносторонней личности выпускника, способной к осуществлению успешной профессиональной деятельности, требуется также знание смежных с профильными дисциплинами предметов. Это, прежде всего, связано с тем, что в настоящее время ряд проблем выходит за рамки одной научной сферы и их решение требует междисциплинарного подхода. Изучение гуманитарных дисциплин для студентов, получающих естественнонаучное или техническое образование, позволяет обогатить научную картину мира, развить столь востребованные самой личностью и обществом социально-личностные компетенции.

На наш взгляд, основная проблема в отношении студентов к изучению непрофильных фундаментальных дисциплин связана отсроченностью во времени результатов обучения. Понимание студентами важности приобретения глубокого комплексного знания происходит, как правило, на старших курсах либо после окончания университета. Большинство студентов первого курса уверены, что поступив в вуз, они будут уделять все учебное время изучению только дисциплин специальности. Тогда же они сталкиваются с проблемой, связанной с тем, что им предстоит освоить целый ряд непрофильных дисциплин, требования по которым ничуть не ниже, чем по профильным. В ряде случаев значительная часть из студентов начинает изучать только несколько дисциплин на свое усмотрение в полном объеме, в то время как оставшиеся предметы отсеиваются и рассматриваются ими как второстепенные. При этом сам студент полагает, что отобранные дисциплины действительно важны для его будущей профессиональной деятельности. Однако, через некоторое время студент, например, химического факультета, успешно освоив химию и приступив к написанию исследовательской работы, не ожи-

данно сталкивается с рядом трудностей, характер которых четко коррелирует со списком отброшенных ранее предметов. Невысокий уровень владения иностранным языком не позволяет ему получить информацию, недоступную в русскоязычной литературе; незнание информационных технологий замедляет обработку данных и т. д. Кроме того, в ряде случаев студенты старших курсов неспособны грамотно и лаконично выражать свои мысли, а также имеют трудности при работе в группе, что является следствием недостаточного изучения ими гуманитарных дисциплин.

Некоторые из указанных выше проблем нашли свое отражение в результатах проведенного нами анкетирования среди студентов 1–5 курсов различных факультетов БГУ, а также среди студентов 1 курса БГТУ и юридического колледжа БГУ. На вопрос о важности преподавания непрофильных дисциплин в университете учащиеся 1 и 4 курсов химического факультета БГУ (рисунок 1) ответили, что это является важным, т.к. повышает уровень профессиональной подготовки, в то время как студенты 2 и 3 годов обучения предпочли из всех представленных вариантов изучение непрофильных дисциплин самостоятельно с использованием книг и других источников информации.

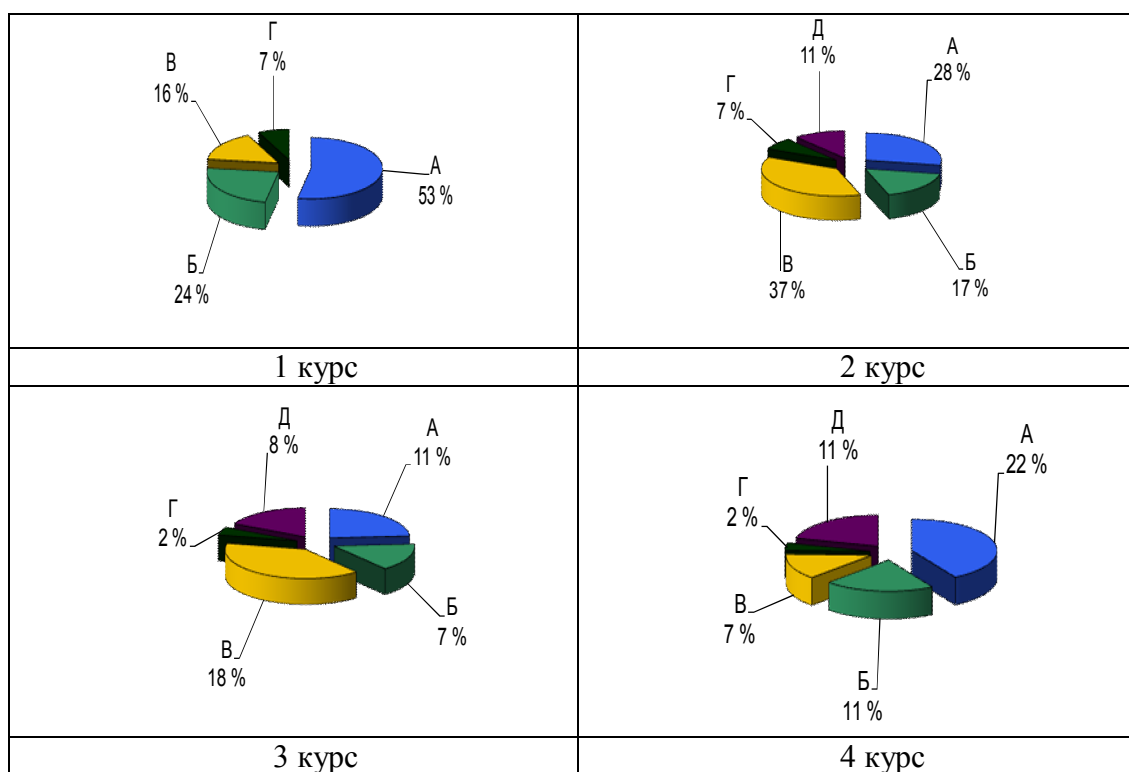


Рис. 1. Результат опроса студентов 1–4 курсов химического факультета, где ответы:
 А – да, т.к. это повышает уровень профессиональной подготовки; Б – нет, т.к. изучение этих предметов возможно самостоятельно с использованием книг и других источников;
 В – нет, т.к. уменьшается время на изучение предметов по специальности;
 Г – нет, т.к. основы этих дисциплин уже даны в школе

Следует отметить тот факт, что большинство студентов 1 курса (53 %) считают необходимым изучение непрофильных дисциплин, в то же время, студенты старших курсов рассматривают изучение этих дисциплин как менее приоритетное, выделяя среди вероятных причин возможность их самостоятельного изучения с уделением большего внимания изучению предметов по специальности. Интересными оказались результаты опроса, полученные от студентов 1 курсов разных факультетов и вузов. Из приведенных диаграмм (рисунок 2) видно, что, мнения большинства учащихся разделились. Так, если на биологическом факультете БГУ и на инженерно-технологическом факультете БГТУ студенты считают необходимо уделять больше времени на изучение предметов, непосредственно связанных со специальностью, то на факультете естествознания БГПУ и в юридическом колледже 55 % и 35 % опрошенных соответственно выбрали ответ, согласно которому преподавание непрофильных дисциплин приводит к повышению уровня профессиональной подготовки специалиста.

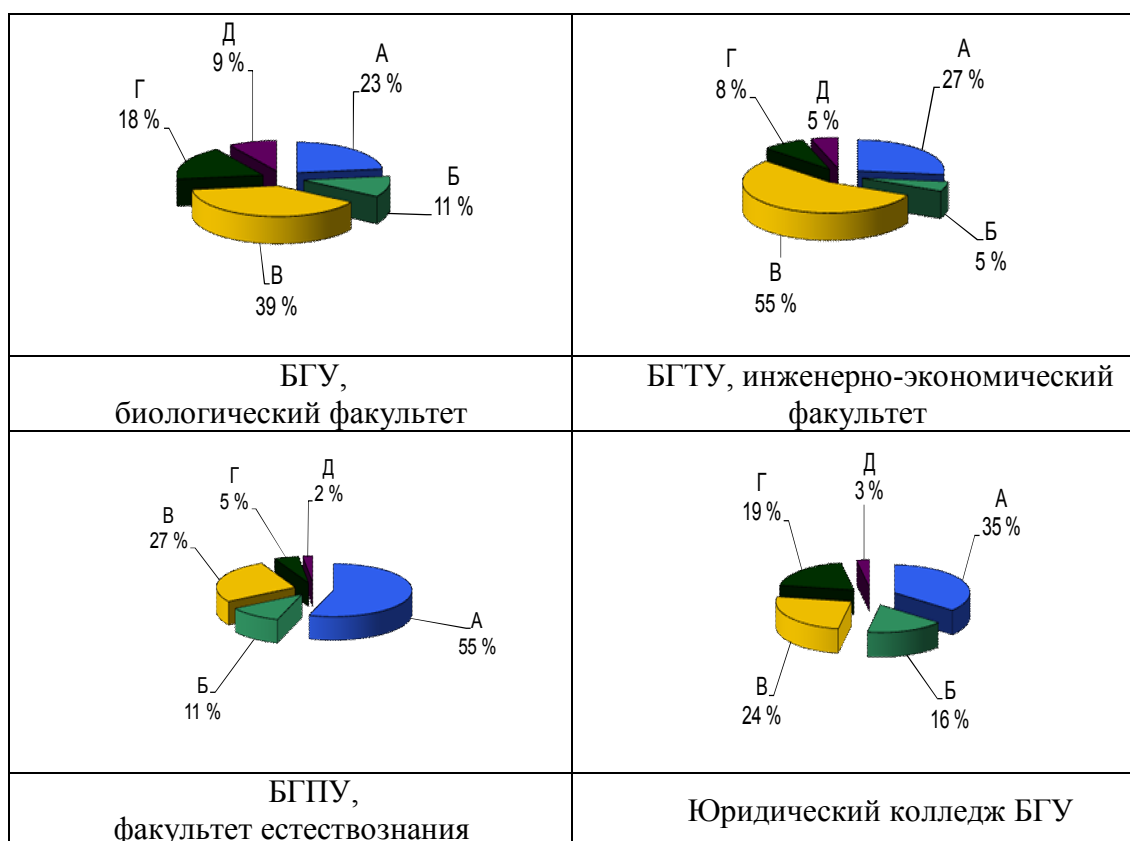


Рис. 2. Результат опроса студентов 1 курсов разных вузов и факультетов

Следующий вопрос касался качеств, которыми должен обладать высококвалифицированный специалист, при этом наблюдалась следующая закономерность: студенты 1–4 курсов химического факультета в основном выбирали качества, связанные с профессио-

нальной деятельностью (знания по профильным предметам, ответственность, ум, трудолюбие), что совпадает с результатами студентов первых курсов факультета естествознания БГПУ, юридического колледжа БГУ и инженерно-экономического факультета БГТУ, которые отдали предпочтение высокому уровню теоретических знаний и ответственности. Однако студенты биологического факультета первого года обучения отметили такие общечеловеческие качества как доброта, воспитанность, спокойствие и понимание.

Следующий вопрос предлагал студентам выбрать, на каких курсах должно вестись преподавание непрофильных дисциплин. Студенты 1 курса различных факультетов и вузов предпочли бы изучать данные предметы на 1 курсе (юридический колледж – 66 %, инженерно-экономический факультет БГТУ – 63 %, биологический факультет БГУ – 48 %, факультет естествознания БГПУ – 44 %). Несколько меньшее количество первокурсников (24 %, 16 %, 27 %, 7 % соответственно) остановилось на ответе «1–2 курс». Студенты 1–4 годов обучения химического факультета были менее единодушны, так учащиеся 1, 3 и 4 курсов предпочли ответ «1–2 курс» (50 %, 41 % и 34 %, соответственно). В то время как второкурсники хотели бы изучать непрофильные предметы только на 1 курсе. Стоит отметить, что во время всего периода обучения только студенты старших курсов предпочли бы изучение данных дисциплин (4 курс – 21 %).

38 % студентов 1 курса химического факультета БГУ видят усовершенствование в преподавании общих дисциплин в увеличении степени связанности общих дисциплин с предметами по специальности, несколько большее количество студентов (42 %) выражают мнение об изменении количества часов на семинарские и практические занятия, в то время как 27 % опрошенных хотели бы изменить способ подачи материала непрофильных дисциплин. Опрос студентов 2 курса этого же факультета показал, что доля студентов, считающих необходимым увеличить связь общих дисциплин с предметами по специальности увеличилась (50 % ответов), при этом второй и третий вариант выбрали 30 % и 15 % опрошенных соответственно. При опросе студентов 3 и 4 курса резко возросло число ответов, соответствующих третьему варианту ответ – изменить способ подачи материала (34 %, 22 %, 41 % – выбрали студенты 3 курса и 31 %, 24 %, 30 % – студенты 4 курса факультетов радиофизики и компьютерных технологий, факультета прикладной математики и информатики, химического факультета соответственно).

При опросе студентов 1 курса инженерно-экономического факультета БГТУ и факультета естествознания БГПУ полученное распределение (42 %, 20 %, 32 % и 47 %, 24 %, 22 % – соответственно) сопоставимо с

распределением, полученным для студентов 1 курса химического факультета БГУ.

По результатам опроса можно проследить определенную закономерность в выделение дисциплин, без которых невозможна профессиональная деятельность обучающихся (по их мнению): большинство студентов выбирают те дисциплины, которые или непосредственно связаны с их будущей деятельностью, или находятся в ряду родственных, близких.

Таким образом, результаты проведенного исследования показывают важность освоения студентами непрофильных дисциплин наряду с блоком профессиональных. Именно поэтому в развитии современного высшего образования можно наблюдать две основные тенденции: с одной стороны, его ориентацию на возможность адаптации выпускников вуза к дальнейшей профессиональной деятельности, с другой стороны, поддержание высокого уровня фундаментальности и научности процесса образования в вузе. В свою очередь поставленные задачи требуют от студентов не только овладения специальными знаниями, но и возможности анализа, проектирования, а также выбора эффективных путей решения новых по своему содержанию проблем, в чем немаловажную роль играют общенаучные знания. В этом отношении высшее образование должно быть направлено не только на овладение студентами профессиональными компетенциями, но и на развитие современного научного мировоззрения, без которого невозможно осуществление творческой деятельности, непрерывного самообучения, саморазвития и социального взаимодействия в профессиональной сфере. Выпускники вузов должны быть подготовлены к решению задач нового класса, обладать способностью системного видения мира и дальнейшего саморазвития в профессиональной деятельности, что возможно только с опорой на освоение студентами фундаментальных знаний. Такой подход, по нашему мнению, поможет взрастить специалиста, способного эффективно решать сложные комплексные проблемы социальной и профессиональной деятельности.

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИНТЕРЕСА СТАРШЕКЛАСНИКОВ К ИЗУЧЕНИЮ ХИМИИ

В. О. Натаров

Современная химия связана с колоссальным разнообразием объектов изучения и имеет многочисленные междисциплинарные связи. Системы, с которыми химия имеет дело, достаточно сложны, что вызывает определенные трудности при последовательном теоретическом изложе-

нии материала. Ввиду этого без определенного понимания предмета изучение химии крайне затруднительно. Однако для формирования понимания необходимо не только знание материала, но и умение его систематизировать и применить на практике. Важными аспектами являются креативность и способность к решению нестандартных задач.

Вопреки распространенному среди школьников мнению, химию невозможно просто выучить наизусть. Такой подход не только непродуктивен, но и может вызвать у учащегося неприязнь к предмету. В связи с этим важной проблемой является как закрепление базовых знаний и их осознание, так и развитие интереса к предмету.

Негативное отношение школьников к химии имеет далеко идущие последствия. Это одна из причин снижения популярности специальностей, связанных с химией, а также возникновения затруднений у студентов технических специальностей при изучении химии на первом курсе. Школьная неприязнь к химии в дальнейшем может способствовать формированию неправильных представлений о действительной природе веществ, вплоть до возникновения хемофобии.

В связи с этим основной целью нашего исследования является анализ мнений и отношения учащихся к учебному предмету «Химия».

В рамках исследования проводился опрос учащихся СШ №10 и учащихся кружка «Юный химик» при химическом факультете БГУ. Общее количество участвовавших респондентов – 148 человек. При проведении исследования использовались анкетирование, интервью.

Результаты анкетирования (таблица) свидетельствуют, что большинство учащихся (82 %) удовлетворены качеством учебника и учебной программы. Вместе с тем учащиеся (особенно 11 классов) (64 %) высказывают мнение о важности введения профильных химико-биологических классов с расширенной программой предмета.

Основную роль в образовательном процессе школьники отводят учителю (96 %), полагая, что хороший учитель – залог успешной учебы. В свою очередь, это означает важность не только взаимодействия учителя и ученика на уроке химии, но и подготовки высококвалифицированных педагогов. Процесс изложения материала непосредственно учителем крайне важен. В ходе занятий большинство школьников анализируют действия учителя (70 %) и содержание учебного предмета (81 %).

Неотъемлемыми элементами преподавания химии являются лабораторные работы и демонстрационный эксперимент [1]. Демонстрация химических превращений всегда привлекали огромное внимание учащихся (85 %), выделяя химию среди других общеобразовательных предметов.

Это крайне важный фактор формирования понимания и заинтересованности.

Таблица

Основные результаты анкетирования

№	Основные вопросы	Результат	%
1	Удовлетворенность образовательным процессом	Большинство учащихся удовлетворены содержанием учебного предмета	82
2	Важность учителя	Абсолютное большинство признает учителя исключительно важной фигурой	96
3	Целесообразность профильных классы в средних школах	Поддерживают профилизацию	64
		Затруднились ответить	25
		Против профилизации	11
4	Важность демонстрационного эксперимента в процессе обучения	Признают важность демонстрационного эксперимента	76
		Затруднились ответить	16
5	Введение элементов учебно-исследовательских работ в образовательный процесс	Поддерживают / принимают участие в УИР учащихся	57
		Затруднились ответить	27
		Относятся отрицательно	16
6	Использование интернета в образовательных целях (под руководством учителя)	Готовы использовать интернет и ММ-технологии	55
		Затруднились ответить	26
		Относятся отрицательно	29
7	Применение полученных знаний	Исключительно для среднего балла / сдачи ЦТ	73
		Не представляют	27
8	Средний процент затруднившихся ответить на предложенные вопросы		38

К сожалению, многие преподаватели (65 %) испытывают затруднения с реализацией данных работ, объясняя это недостаточным оснащением школьных лабораторий [2]. Тем не менее, в новом издании школьных учебников (Шиманович И.Е. и др., 2012 г.) и практических работ (Сечко О.И., Ельницкий А.П. и др.) большое внимание уделяется самостоятельному эксперименту учащихся [4, 5].

В рамках исследования нами проводились демонстрационные эксперименты для учащихся школы. Было очевидно, что демонстрация химических опытов вызывала заинтересованность у школьников, что подтверждают анкетные опросы. Однако большинство учащихся с трудом объясняли суть протекающих процессов, и не обладали достаточными навыками для их проведения.

Важным элементом повышения качества знаний и интереса к предмету является использование исследовательских методов в

обучении [3]. В качестве эксперимента учащимся было предложено выполнить небольшие учебные работы исследовательского характера. Данная инициатива была поддержана школьниками (57 %), и вызвала заинтересованность даже у не особо успевающих учащихся. Школьникам были даны рекомендации по работе с учебно-исследовательскими проектами и ссылки на учебную литературу (в том числе и интернет-ссылки). В ходе практической части школьники самостоятельно, под наблюдением преподавателя (с допуском к работе), выполняли несложные эксперименты или синтезы веществ. На завершающем этапе совместно со школьниками была организована стендовая конференция, где были представлены следующие работы:

- «Органические красители (синтез *n*-аминозаобензола)»;
- «Масляные краски на основе пигментов (получение)»;
- «Электрохимические источники тока»;
- «Окислительно-восстановительные реакции вокруг нас».

Согласно требованиям времени, информационные технологии все больше внедряются в образовательный процесс средней школы. Школьники, как активные пользователи интернета, могут и готовы использовать его в образовательных целях (55 %). Однако в этом случае учитель должен тщательно отбирать рекомендуемый школьнику материал. Кроме того, огромный потенциал имеет перспектива сетевого взаимодействия ученика и учителя. Однако ни в коем случае нельзя этим злоупотреблять. Школьники высказывают крайне негативное мнение (80 %) относительно замены лабораторного эксперимента компьютерной анимацией или другими ММ-технологиями (в том числе и компьютерного тестирования).

По мнению школьников, особенность химии заключается в гармоничном сочетании знаний, умений и интеллекта, которыми должен обладать школьник. Химия имеет дело с достаточно сложными процессами и системами, поэтому невозможно вывести универсальный набор алгоритмов «на все случаи жизни». При решении задачи необходимо оценивать все факторы (основываясь на имеющихся знаниях) для полного анализа происходящих процессов и на основе этого составлять план решения.

На сегодняшний день химические специальности имеют относительно невысокую популярность среди абитуриентов. В связи с этим, по мнению школьников, основная задача химии должна быть сосредоточена на формировании понимания реальной природы веществ и химических процессов, а также на закреплении базовых основ химии. Не имея базы, невозможно говорить о какой-либо компетенции в данной области знаний. Школьники подчеркивают значимость химии среди других предметов,

однако, более чем половина из них не осознает, как достижения химической науки влияют на повседневную жизнь. Более того, около четверти учащихся (27 %) не имеют представления о возможности реализации полученных знаний. Мнения учащихся в основном не однозначны, 35–40 % респондентов затруднились ответить на предложенные вопросы.

Таким образом, результаты проведенного исследования свидетельствуют, что учащиеся в целом удовлетворены содержанием учебной программы по химии, но зачастую отмечают недостаточный уровень использования учителем активных форм обучения. Несмотря на то, что учащиеся подчеркивают значимость химии, как общеобразовательного предмета, они имеют лишь поверхностное представление о ее действительной значимости. Даже у мотивированных на изучение химии учащихся, значимость химии ограничивается успешной сдачей централизованного тестирования (73 %).

Литература

1. *Чернобельская Г. М.* Методика обучения химии в средней школе. М.: Гуманлит Изд. центр ВЛАДОС. 2006.
2. *Романовец Г. С., Бельницкая Е. А.* Результаты мониторинга качества знаний по химии, проведенного в общеобразовательных учреждениях в 2009/10 учебном году // *Хімія : праблемы выкладання*. №4, 2011 г. С. 15–19.
3. *Мычко Д. И.* Исследовательский подход как стратегия обучения в инновационном обществе // *Хімія: праблемы выкладання*. №10, 2011 г. С. 3–15.
4. Учебники для 7–11 классов учреждений общего среднего образования / Под ред. Шимановича И.Е. Минск. Народная асвета, 2011–2012.
5. Тетради для лабораторных опытов и практических работ по химии для 7–11 классов / Сечко О.И., Ельницкий А.П., Шарапа Е.И. Минск, Аверсев. 2012.

ОТНОШЕНИЕ СТУДЕНЧЕСКОЙ МОЛОДЕЖИ К ИНСТИТУТУ БРАКА И СЕМЬИ

И. С. Немогаева

Семья, по сути, государство в миниатюре, в котором царят свои правила, каждый имеет определенный набор прав и обязанностей. Становление личности в семье напоминает становление общества в государстве. Оно напрямую зависит от того, какой властью обладает глава семьи, как он эту власть реализует, как он контролирует вверенных ему членов семьи. Таким образом, формирование личности во многом зависит от типа семейных отношений. И так как общество состоит из отдельных личностей, то взаимосвязь отдельно взятой семьи и всего общества в целом очевидна.

В настоящее время наблюдается трансформация общественных отношений, характеризующаяся демократизацией при усилении со-

циальной дифференциации, ростом социально незащищенных групп. В таких условиях важно как будет развиваться институт брака и семьи. Характер белорусской семьи в будущем, соответственно и общества, во многом зависит от молодых людей, которые сейчас находятся в возрасте 17–25 лет, т.е. студенческой молодежи. Так как это поколение с новыми мировоззренческими установками и жизненными ориентирами. Нами было проведено небольшое исследование отношения студенческой молодежи к институту брака и семьи. В исследовании приняли участие 44 студента в возрасте от 17 до 25 лет. 22 девушки и 22 юноши с разных факультетов Белорусского Государственного Университета. Для проведения исследования использовался анкетный материал. Мною была разработана анкета из 20 вопросов. В ходе исследования были получены следующие результаты:

- Положительно относится к браку в целом 75 % от общего количества опрошенных респондентов. Это 35 % опрошенных мужского пола и 40 % опрошенных женского пола. Не задумывалось о своем отношении 15,9 % опрошенных (11 % юноши и 4,5 % девушки). Затруднилось ответить 9 % от общего числа (по 4,5 % от каждого пола). Никто из респондентов не заявил об отрицательном отношении.

- Опыт «гражданского брака» (сожительства) по результатам опроса имеется у 18,2 % респондентов. Из которых 6,8 % – юноши и 11,4 % – девушки. Соответственно 81,8 % от общего числа опрошенных не имеет опыта сожительства.

- На вопрос о том является ли «гражданский брак» переходной стадией к законному утвердительно ответило 15,8 % от общего числа. Среди которых 6,8 % юношей и 9 % девушек. С утверждением, что «гражданский брак» это необязательно переходная стадия к законному согласно 81,8 % юношей и девушек по 43,2 % и 38,6 % соответственно. Категорически против «гражданского брака» по итогам опроса – 1 человек (девушка).

- Преимущество законного брака над «гражданским» видят 59 % от общего количества (25 % юношей и 34 % девушек). По мнению 20,4 % опрошенных (11,3 % юношей и 9,1 % девушек) законный брак не имеет никаких преимуществ по отношению к гражданскому. 20,4 % затруднилось ответить.

- На сегодняшний день считают приемлемым «гражданский брак» как тип семейных отношений 90,9 % опрошенных. Двое юношей и 2 девушки считают неприемлемым подобный тип семейных отношений.

- На вопрос о том, влияет ли материальное положение на выбор между гражданским и законным браком, утвердительно ответило 43,1 %. Из которых 20,4 % составили юноши и 22,7 % девушки. 56,8 % не видят

влияния материального положения на выбор между законным и гражданским браком. Т.е 31,8 % от опрошиваемых юношей и 25 % от опрошиваемых девушек.

- 4,5 % от общего числа считают, что рождение ребенка в гражданском браке способствует укреплению семьи. Все проголосовавшие за этот вариант – юноши. 29,5 % считает, что дети должны рождаться только в законном браке (13,6 % юношей и 15,9 % девушек). Для 65,9 % респондентов форма брака не имеет значения, главное, чтобы у ребенка была семья. Подобной позиции придерживается 34,1 % юношей и 31,8 % девушек.

- Что касается возраста вступления в брак, то 70,4 % считают, что наиболее оптимальным является вступление в брак в возрасте 23–25 лет, когда получено образование и есть постоянный доход (юноши – 22,7 %, девушки – 47,7 %). Для 22,7 % возраст вступления в брак не важен, а важна любовь. Данного мнения придерживается 9 юношей из 22 и 1 девушка из 22. 4,5 % считает, что оформлять брачные отношения ни к чему, а жить вместе можно в каком угодно возрасте (все выбравшие данный вариант – юноши). И 1 человек(девушка) считает, что в браке нет необходимости.

- Никто из опрошенных на момент исследования не имеет детей. 1–2 ребенка в будущем хочет иметь 77,3 % от общего числа (29,5 % юноши и 47,7 % девушки). Иметь 3-х и более детей хочет 20,4 %. Здесь юноши – 15,9 %, а девушки – 4,5 %. Не хочет иметь детей 1 человек (юноша).

- На вопрос о том, имеет ли для вас значение социальное положение вашей половины, 27,2 % ответило «да». Это 9 % юношей и 18,1 % девушек. Не имеет значения для 18,1 % опрошиваемых (7 юношей и 1 девушка). 38 % выбрало ответ «скорее да, чем нет» (11,4 % юношей и 27,2 % девушек). 16 % выбрало ответ «скорее нет, чем да» (5 юношей и 2 девушки).

- По мнению 27,3 % респондентов (6 юношей и 6 девушек) в семье должен зарабатывать деньги муж. В то время, как никто не считает, что это обязанность жены. 40,9 % считают, что доход в семью должны приносить оба супруга (22,7 % юношей и 18,1 % девушек). И 31,8 % от общего числа полагает, что все зависит от обстоятельств (13,6 % юношей и 18,2 % девушек).

- 11,4 % относятся положительно к межнациональным бракам (1 юноша из опрошенных и 4 девушки). 20,49 % относятся отрицательно (5 юношей и 4 девушки). Для 38,6 % национальность не имеет значения (9 юношей и 8 девушек). Затруднилось ответить 13 человек, что составило 29,5 % от общего числа.

- К однополым бракам положительно относится 1 человек из 44 опрошенных (девушка). Отрицательно – 54,5 % (15 юношей и 9 девушек). 40,9 %

же относятся нейтрально и считают, что это личное дело каждого (7 юношей и 11 девушек). Один человек затруднился ответить.

- О программе поддержки студенческих семей Белорусского Государственного Университета знает 10 респондентов из 44, что составило 22,7 %. Остальные 77,3 % не знакомы с данной программой.

Юношам и девушкам было предложено назвать несколько причин, которые мешают студенческой молодежи вступать в законный брак. Отсутствие постоянного дохода и проблемы с местом жительства наиболее распространенные варианты ответов. Также большинством юношей была названа такая причина как социальная неопределенность, а большинством девушек – отсутствие свободного времени из-за учебного процесса.

Три основных качества, которыми должен обладать супруг\а, по мнению респондентов следующие:

Юноши	Девушки
Верность	Верность и терпение
Хорошие внешние данные	Надежность
Честность и интеллектуальные способности	Целеустремленность

Таким образом, абсолютное большинство респондентов положительно относится к институту брака и семьи. Для большинства опрошенных «гражданский брак» (сожительство) является приемлемым типом семейных отношений, но в то же время 59 % видят преимущества официально оформленного брака. Что касается возраста вступления в брак, то он обусловлен для многих уровнем дохода. Интересен тот факт, что только для одной девушки из 22 любовь является главным фактором вступления в брак, а не возраст. В то время как для 9 юношей именно любовь выступает в роли определяющего фактора. По результатам исследования лишь 2 девушки из 22 хотят иметь от 3 и более детей. Многодетную семью хочет иметь в два раза больше юношей – 7 человек. Но все же для большинства студентов предпочтительнее иметь 1–2 ребенка.

Среди респондентов 40,9 % считает, что оба супруга должны приносить доход в семью. Но 27 % (13,5 % девушек 13,5 % юношей) опрошенных считают, что зарабатывать деньги должен муж. Этот показатель выше европейского. В европейском обществе тип семьи, когда только муж зарабатывает деньги, считается устаревшим и неэффективным с экономической точки зрения. Социальное положение партнера, по результатам опроса, по большей мере имеет значение для женского пола («да» – 8 девушек, «нет» – 1, «скорее да, чем нет» – 12, «скорее нет, чем да – 2»). Для сильного же пола социальное положение второй половины не имеет особого значения.

Отрицательно к межнациональным бракам относится 9 человек из 44, в то время как к однополуму – 24. Последнее является свидетельством того, что для белорусской студенческой молодежи непонятны и неприемлемы ценности, которые получают все большее распространение в ряде европейских стран. В этом отношении традиционная форма семьи является определяющей для белорусской молодежи.

Несмотря на то, что прослеживается тенденция возрастающего прагматизма и экономической целесообразности среди студенческой молодежи, институт брака и семьи является важнейшей частью жизни и будущих ориентиров. Также положительным является тот факт, что все больше юношей хочет иметь многодетную семью, и вместе с этим растет число юношей, которые считают своим долгом обеспечение этой семьи.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОБУЧАЮЩЕГО ПОТЕНЦИАЛА КОМПЬЮТЕРНЫХ ИГР ДЛЯ РАЗВИТИЯ НАВЫКОВ РАБОТЫ С КАРТОЙ НА УРОКАХ ИСТОРИИ

Ф. Д. Подберезкин

Компьютерная игра как форма обучения. Процесс информатизации общества в целом, а также сферы образования в частности обусловил необходимость применения новых форм и способов повышения познавательной активности учащихся. При этом традиционные методы обучения в сочетании с современными технологиями зачастую могут приобрести новую актуальность. На наш взгляд, таким «старым новым» методом обучения является компьютерная игра. Старой – потому что игра с давних времен выступает как метод обучения, первичная школа воспроизведения реальных практических ситуаций с целью их освоения [1]. Новой – потому что развитие современных информационных технологий позволяет соблюсти более высокий уровень погружения в игровую реальность, чем это было ранее. Следовательно, созданы все необходимые условия для соблюдения деятельностного подхода в обучении, а именно для ориентирования личности на организацию творческого труда как наиболее эффективного преобразования окружающего мира [2]. Ведь компьютерные игры, при соблюдении дидактических требований, предполагают создание условий для самостоятельного творчества учащихся, конкретные примеры чего мы рассмотрим ниже.

Отличительной чертой компьютерных игр, и конкретно исторических компьютерных игр, является высокий уровень погружения в игровую (виртуальную) реальность. Данная особенность позволяет принимать решения исходя из характера личности играющего, эмоционально реагировать на ответные действия игрового мира, и при этом сохранять

высокий уровень мотивации и заинтересованности на протяжении игры, все это соответствует трем главным факторам познания: личностному, эмоциональному и мотивирующему [3]. Кроме того, компьютерные игры содержат такие общеигровые функции как: развлекательная и релаксационная [4]. Таким образом, ключевой особенностью компьютерных игр является стимуляция познавательной активности учащихся. В нашем исследовании объектом нашего внимания будут навыки работы с картой. Целью нашего исследования является выявление и описание способов формирования навыков работы с картой у учащихся на уроках истории.

Необходимые требования. Далеко не в каждой компьютерной игре созданы оптимальные условия, позволяющие использовать ее в образовательном процессе с целью выработки необходимых навыков. Представляется, что в целях обучения на уроках истории могут использоваться лишь игры, отвечающие следующим требованиям:

1. Жанр – глобальная стратегия. Данный жанр в наибольшей степени отвечает требованиям учебной программы, так как, не акцентируя внимания на частностях, учащийся имеет возможность наблюдать весь ход цивилизационного процесса, при необходимости решая поставленные задачи, касающиеся конкретного периода времени и места;

2. Простота интерфейса. Соблюдение данного требования в игре позволит учителю не тратить учебное время для пояснения каких-либо моментов в процессе первоначального ознакомления с игрой, а учащимся – эффективнее и успешнее выполнять поставленные задачи;

3. Соответствие историческим реалиям. В силу того, что во многих компьютерных играх подчас наиболее популярным моментом является возможность альтернативного режима событий, такое важное требование к уроку и учебному процессу, как научность и историчность может быть не соблюдено. Таким образом, следует избирать для учебного процесса игры тех компаний, разработчики которых использовали внушительный справочный материал при создании игр на историческую тематику.

Соблюдение всех трех требований обуславливает выбор игры.

Europa III Universalis. Игра «Europa III Universalis» является глобальной стратегией, охватывающей эпоху Позднего Средневековья и Нового времени (XIV–XVIII вв.). Игровой интерфейс предполагает наличие мировой карты, на которой игрок управляет любой державой в режиме альтернативной или реальной истории. Самой сильной стороной игры является ее «продвинутость» в области исторической картографии: в игре максимально точно воссозданы исторические названия географических областей XIV–XVIII вв.

В нашей системе образования уделяется недостаточное внимание обучению детей истории с помощью карт (насколько нам известно, они применяются достаточно ограниченно, в то время как карта, по нашему мнению, должна стать основным средством обучения истории) [5]. Таким образом, использование данной игры в процессе обучения способно развивать в учащихся знания в области исторической картографии, умения и навыки работы с картой.

Теперь обратимся непосредственно к тому, каким образом можно развить у учащихся навыки работы с картой на уроках истории посредством компьютерных игр. В качестве основной формы работы возьмем урок усвоения новых знаний – в данном случае это наиболее удачная среда применения компьютерной игры, т.к. игровой процесс будет в наибольшей степени контролируемым и направляемым тематически.

Предполагается наличие некоего субъективного опыта у учащихся в контексте выбранной темы (которая предварительно обсуждалась в начале урока), в зависимости от чего будет выбрана правильная постановка проблемы. Например, тема: «Тридцатилетняя война 1618–1648 гг.». В опциях игры есть специальный раздел, посвященный данному конфликту. Можно выбрать любую державу, однако в качестве основных действующих лиц на момент мая 1618 г. предлагаются Австрия, Бавария, Пфальц и Брауншвейг. Выбираем Австрию. Из курса учащийся знает, что война началась с восстания чешских протестантов Праги. Перед игрой предлагается задание: найти на карте Австрии восставшие чешские области (они заштрихованы). Австрия находится в состоянии войны с Пфальцем и Брауншвейгом.

Дается задание найти с помощью игрового интерфейса границы политического образования, в пределах которого начался конфликт (Священная Римская империя). Далее необходимо отметить те немецкие земли, которые остались на стороне католиков. С помощью краткой сводки данных на каждую землю предлагается определить, какими преимуществами в области военно-экономического потенциала обладали протестантские либо католические земли.

В связи с вышесказанным, учащимся предлагается ответить на главный вопрос: почему на первом этапе войны удача сопутствовала католическому блоку? На этот и другие вопросы поможет ответить изучение интерфейса, в котором имеются следующие графы: «Сравнение держав», «Статистика», «Военная статистика», «Экономика», «Отношения». Только при условии правильно проведенной выборки учащийся сможет сделать адекватный вывод. Следовательно, развиваются умения работы с информацией, аналитические способности – в этом отношении игра «Europa III Universalis» обладает большими возможностями как средство обучения по сравнению с

материалом учебника – достигается дидактический эффект вовлеченности учащегося в проблемную ситуацию.

После игры учащиеся сверяют полученные ими данные с пройденным предварительно материалом, что обеспечивает рефлексию учащихся их учебно-познавательной деятельности, пользуются помощью учителя (контроль), а затем вместе обсуждают полученный на уроке материал.

Заключение. В зависимости от жанровых, технических и иных особенностей, потенциал использования компьютерных игр на историческую тематику может быть раскрыт посредством формирования у учащихся определенных знаний, умений и навыков в области предмета, а также определенной специфики мышления. Обучающий потенциал компьютерной игры «Europa III Universalis» мы считаем достаточным для развития у учащихся навыков работы с картой. Одним из необходимых условий достижения образовательного эффекта является учет возрастных и личностных особенностей учащихся. Современный учащийся, как правило, обладает высокой информационной культурой, а также повышенным интересом к «плодам» информационного развития. В этой связи, основной целью современной педагогики деятельности является соотнести требования к знаниям, умениям и навыкам с интересами и потребностями ребенка. В противном случае существует опасная альтернатива интеллектуального «разрыва» учащегося и обучения, что недопустимо. В этом отношении актуальными видятся дальнейшие исследования в области методов формирования определенных навыков учащихся посредством компьютерных игр, а также (что не менее важно) способов внедрения этих методов в учебную практику.

Литература:

1. *Борзова Л. П.* Игры на уроке истории: Методическое пособие для учителя. М.: Изд-во ВЛАДОС-ПРЕСС, 2001.
2. *Жук А. И.* Основы педагогики / А.И. Жук, И.И. Казимирская, О.Л. Жук, Е.А. Конавальчик. Минск, 2003.
3. *Гражданцева В.* Феномен игры в педагогике сотрудничества // Здоровье детей. 2007. №08 16-30.04. [Электрон. ресурс]. Интернет-адрес: <http://zdd.1september.ru/index.php>.
4. *Муравьева Г. Е.* Проектирование технологий обучения. Учебное пособие для студентов и преподавателей вузов. Иваново, ИПКи ППК, 2001.
5. Использование обучающего потенциала компьютерных игр на уроках истории как средство активизации учебно-познавательной деятельности учащихся // Сборник работ 69-й научной конференции студентов и аспирантов Белорусского государственного университета. Ч III. Мн., 2012.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНАЯ ИНТЕГРАЦИЯ КАК УСЛОВИЕ ПОДГОТОВКИ СТУДЕНТОВ К РЕШЕНИЮ ГЛОБАЛЬНЫХ ПРОБЛЕМ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

К. Л. Савицкая

Требования времени подводят профессорско-преподавательский состав вузов Беларуси к использованию новых методов взаимодействия со студентами, в том числе различных активных и междисциплинарных форм работы. Применение междисциплинарной интеграции особенно актуально в случае изучения процессов, явлений и закономерностей, познание сущности которых невозможно без их рассмотрения как целостности, в единстве их внутренних взаимосвязей и противоречий.

Целью проводимой научной работы являлось определение потенциала междисциплинарной интеграции для осознания обучающимися оснований глобальных процессов и развития у них системного мышления.

Эффективной формой практической реализации междисциплинарной интеграции являются междисциплинарные проекты студентов и магистрантов. Изначально интеграция мотивируется тем, что перед выполнением проекта ставится цель нахождения базовых принципов или оснований проблемы, выходящих за рамки конкретной дисциплины, но тесно взаимосвязанных с несколькими науками одновременно. Одной из позитивных особенностей организация учебного процесса в магистратуре является возможность сотрудничества студентов различных факультетов при подготовке проектов. При этом осмысление темы проекта каждым участником может происходить по следующей схеме:

1. Осознание внутродисциплинарных аспектов выбранной темы (включает актуализацию знаний из ранее изученных в вузе дисциплин, поиск дополнительных литературных источников, подбор графических и аудиовизуальных средств представления информации, а также такое преобразование информации, которое сделает ее доступной для восприятия магистрантами иных специальностей).

2. Ознакомление с разработками других участников проекта.

3. Применение системного подхода для постановки задач перед аудиторией (собственно междисциплинарная интеграция).

Проиллюстрируем данный алгоритм работы по осуществлению междисциплинарной интеграции на примере проекта по теме «Глобальные проблемы человечества».

Как известно, в настоящее время существует множество классификаций глобальных проблем, в т. ч. достаточно детальных и полных [1], что изначально предоставляет значительные возможности для

вовлечения в подготовку проекта специалистов различного профиля. Например, может быть выбрана следующая комбинация глобальных проблем: снижение биологического разнообразия, химическое загрязнение окружающей среды, демографический кризис, энергетический кризис (как истощение невозобновляемых природных ресурсов), которые репрезентируются биологами, химиками, географами и физиками соответственно.

Тогда обучающемуся, «ответственному», например, за проблему снижения биоразнообразия предстоит задействовать при выполнении данной части проекта материал нескольких курсов («Растительные и животные ресурсы», «Экологические проблемы Беларуси», «Глобальная экология» и др.), ознакомиться с соответствующими государственными и международными нормативно-правовыми актами, и затем выполнить приведение отобранных сведений к виду слайдов презентации, интерактивного плаката и др.

В качестве аспекта междисциплинарности следует рассматривать и использование педагогических знаний, полученных ранее магистрантами. Так, в процессе выполнения проекта, необходимо было сформулировать конкретную междисциплинарную задачу для выбранной целевой аудитории; подготовить проблемные вопросы, активизирующие критическое мышление и поисковую деятельность магистрантов, присутствующих в аудитории; проанализировать подходы к отбору содержания образования необходимого для решения глобальных проблем человечества, выявить важнейшие компетенции выпускника вуза в связи с обострившимися глобальными проблемами; затронуть воспитательный потенциал обсуждаемой проблемы и задач.

Наконец, необходимый элемент проекта – обсуждение сформулированных междисциплинарных задач в аудитории. Ниже приводится перечень вопросов-задач по проекту «Глобальные проблемы человечества»:

1. Назовите общие признаки, характерные для любой глобальной проблемы, т. е. критерии их выделения.
2. Представьте, что уже решена одна, две или несколько проблем. Означает ли это выход из глобального кризиса? Предложите Ваши варианты развития событий.
3. Существует ли единая причина, лежащая в основе глобальных проблем?

Организацию обсуждения следует считать отдельным активным методом обучения. При методически грамотной подаче проекта его разработчиками и обоснованности его структуры и длительности остальные магистранты проходят вышеуказанные этапы междис-

циплинарной интеграции, но «в ускоренном варианте». Это означает, что их уровень вовлеченности в проблематику проекта после обоснованных ответов на заданные вопросы оказывается идентичным или приближается к уровню составителей проекта. Одновременно, разработчики проекта могут корректировать вектор дискуссии, подводя к наиболее значимым выводам.

Необходимо также учитывать, что не любая тема проекта позволит однозначную идентификацию оснований комплексной проблемы, и не всегда однозначность необходима. Ведь задача совместной деятельности состоит в развитии мышления и овладении студентами системной методологии, а не в решении конкретных научных проблем (особенно еще не решенных учеными). В случае рассматриваемого проекта решение междисциплинарных задач следующее:

1. Общие признаки глобальных проблем:
 - позволяют картографирование во всемирном масштабе;
 - включают технические, социальные, экономические и политические элементы;
 - характеризуются взаимным влиянием;
 - даже одна проблема способна привести к глобальной катастрофе.
2. Результаты глобального моделирования (см. рисунок).
3. В основе глобальных проблем – человеческие ценности, мировоззрение и определяемый ими уровень потребностей, воспитание и образование членов общества.

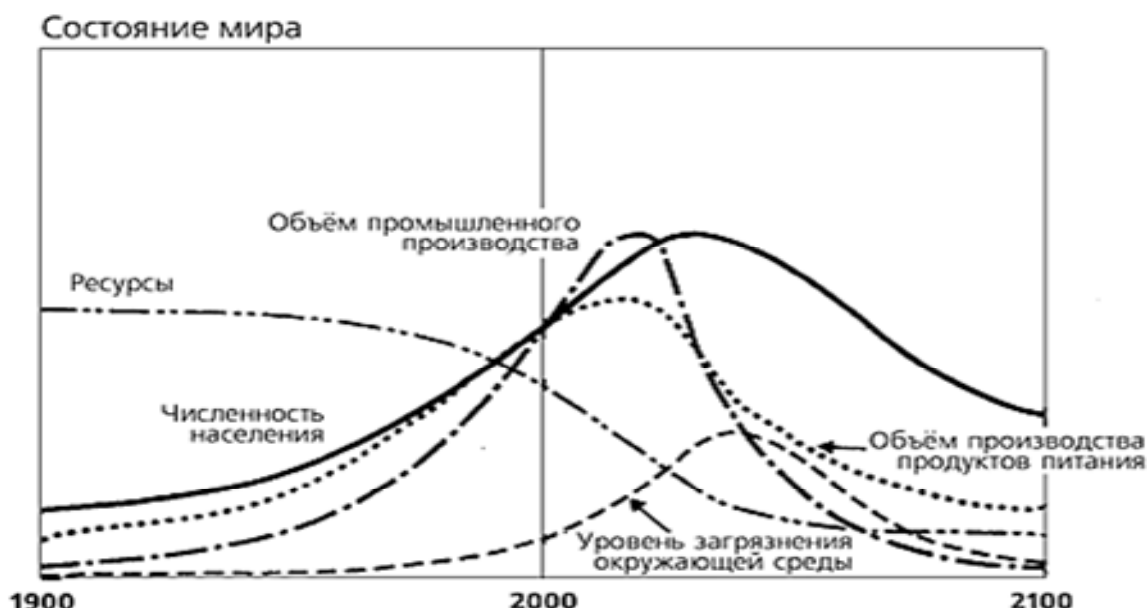


Рис. 1. Результаты глобального моделирования [2]

Однако продолжающееся ухудшение экологической ситуации в мировом масштабе, несмотря на огромные успехи в изучении глобальных

проблем свидетельствует о неизвестности фундаментального условия выживания цивилизации. Поэтому предложенное выше решение позиционируется не как окончательное и единственное, а как лишь один из возможных вариантов.

Более того, рассмотренные вопросы приобретают характер проблемных для тех участников дискуссии, которые не соглашаются с принятым в итоге решением, что стимулирует их к дальнейшему самостоятельному поиску.

Таким образом, междисциплинарная интеграция способствует развитию педагогических навыков у магистрантов, предоставляет необходимые и достаточные условия для овладения ими системным подходом к решению нестандартных и комплексных задач и содействует возникновению многостороннего видения проблем в единстве их компонентов. Детально рассмотренный пример конкретного междисциплинарного проекта подтверждает данный вывод.

Литература

1. *Кизим Н. А.* Анализ глобальных проблем мирового сообщества и целей тысячелетия / Н.А. Кизим, П.В. Проноза, Н.В. Беликова // Проблемы экономики Харьков. 2010. № 4. С. 3–8.
2. *Meadows D. H.* The Limits to Growth / D.H. Meadows [et al.]. New York : Universe Books, 1972. 205 p.

АКАДЕМИЧЕСКАЯ МОБИЛЬНОСТЬ КАК УСЛОВИЕ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Е. А. Сафронова

*Все, чего мы должны достигнуть
благодаря образованию, и,
прежде всего, благодаря международному
образованию –
это понимание других наций в мире.*

Вильяма Фулбрайт

Интеграционные процессы, которые происходят сегодня во всех сферах человеческой деятельности, затронули и систему высшего образования. Академическая мобильность – центральное звено в процессах интеграции высшего образования на международной арене, которое заставляет по-новому осмысливать и организовывать образовательный процесс.

В Европе международная мобильность как таковая появилась в 80-е годы прошлого столетия и представляла собой деятельность, в которую были вовлечены в основном самые способные и/или авантюрные

студенты по своей собственной инициативе [4]. В основу развития мобильности студентов и исследователей была положена идея о том, что это принесет пользу гражданам и профессионалам в обществе, в котором все в большей мере происходят интеграционные процессы.

Первые международные программы мобильности появились в виде грантов, которые способствовали академическому сотрудничеству между университетами, студентами, преподавателями и исследователями.

Сегодня академическая мобильность является отличительной чертой Европейского пространства высшего образования.

Одна из возможных причин развития академической мобильности студентов это поддержка со стороны различных международных программ: ERASMUS, COMMETT, LINGUA, TEMPUS. Многие страны подписали двусторонние и многосторонние договора в этой области.

Академическая мобильность – это возможность для студентов, преподавателей, административно-управленческого персонала вузов «перемещаться» из одного вуза в другой с целью обмена опытом, получения тех возможностей, которые по тем или иным причинам недоступны в «своем» вузе, преодоление национальной замкнутости и приобретение общеевропейской перспективы [5].

Европейский ученый А. Varblan говорит, что «академическая мобильность студентов – это, прежде всего, равный доступ к нескольким поставщикам услуг в области высшего образования». Основная цель академической мобильности, дать учащимся возможность получить разностороннее образование в выбранной области исследования, обеспечить доступ к признанным международным центрам знаний, ведущим научным школам, расширить знания студентов во всех областях культуры и привить чувство мирового гражданства в них» [1]. По словам ученого Ангела Хилл и других авторов: «академическая мобильность студентов представляет собой одну из форм вторичной социализации личности. Мобильность открывает для студентов новые перспективы, и в то же время требует от участников развитых индивидуальных, адаптивных способностей для восприятия и трансляции новых знаний. Участие в академической мобильности является одним из способов обучения, который расширяет горизонты личности и стимулирует интеллектуальную маневренность. Программы по обмену способствуют возникновению молодых людей с широким кругозором и высоким интеллектуальным уровнем, которые готовы к международной связи [1].

Академическая мобильность стимулирует интеллектуальный потенциал студентов и в то же время, общий уровень развития человека. Мобильность способствует достижению различных целей и помогает удовлетворить широкий круг потребностей личности. Исследователь Л. Харви считает, что «академическая мобильность студентов является инструментом интернационализации образования для приобретения навыков межкультурного общения и подготовки студентов к международной профессиональной среде» [2].

Таким образом, можно говорить о том, академическая мобильность способствует формированию следующих компетенций:

- *общекультурных компетенций*: способность понимать другие культуры; способность к взаимодействию с людьми – представителями другой культуры и установлению зарубежных контактов и межличностных отношений; способность к общению на иностранных языках, способность к работе в коллективе и т.п.

- *профессиональных компетенций*: владение современными средствами коммуникации; приобретение профессионального опыта в конкретной области исследования; умение эффективно решать проблемы; владение современными средствами для решения различного рода проблем и т.п.

Академическая мобильность нацелена на развитие творческого потенциала личности, развитие таких качеств, как ответственность, надежность, стрессоустойчивость, энтузиазм, сопереживание, коммуникабельность и т.д.

Академическая мобильность – это многофакторное явление, которое способствует социально-экономическому развитию государства, путем обмена научным и культурным опытом между странами. Сегодня, в связи с увеличением объема информации, развитием новых технологий, появлением новых видов коммуникации перед образованием стоит задача подготовки не просто профессиональных работников, но специалистов широкого профиля с развитыми аналитическими, коммуникативными навыками. Специалистов, которые способны самостоятельно находить и принимать решения, применять творческий подход к работе, ответственных, эрудированных, мобильных.

В связи с этим немаловажное значение приобретает развитие международного сотрудничества, реализация совместных образовательных программ, которые будут способствовать не просто повышению уровня подготовки белорусских студентов, но и повышению конкурентоспособности и качества образовательных программ, реализуемыми белорусскими образовательными учреждениями, на уровне общеевропейского образовательного пространства.

Литература

1. *Barblan A.* 2001. Academic Cooperation and Freedom of Movement in Europe: What was and What will be. Higher Education in Europe.
2. *Bazhenova E.* 2013. Content Analysis of the Category "Academic Mobility of Students". Middle-East Journal of Scientific Research 13 (4): 483–488, 2013.
3. The Bologna Process 2020-The European Higher Education Space in the New Decade: Communique of the Conference of European Ministers of Higher Education. Lenev/Luven-la-Neu, 28–29 April 2009. Higher Education in Russia, 2009, (7).
4. *Харитонов О. В.* Академическая мобильность в пространстве высшего образования // Человек и образование, 2012.
5. *Шилов С. М.* Академическая мобильность как условие перехода университета на уровневую систему образования. Вестник Герценовского университета, 2009. №6.

ВОЗМОЖНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ГОЛОГРАФИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАНИИ

А. Д. Симкин

Введение. Голография – набор технологий для точной записи, воспроизведения и переформирования волновых полей. На практике – это методы записи и проекции объемных изображений. Особенностью голограмм является то, что они воспроизводят на 100 % точную копию предмета, ландшафта и т.п. и то, что предмет на изображении не плоскостной, как на фотографии, а объемный и из разных точек голограммы, при ее повороте, виден под разным углом. Если голограмму разбить на части (расколоть), то в каждой из частей будет видно все изображение целиком [1]. Голографический подход в образовании основывается на том, что необходимо правильно, многомерно и объемно сочетать все явления, факторы и условия, которые предоставляют обучающемуся, а также на том, что сообщаемые знания должны носить характер объемности и многомерности, отражая многомерность и объемность окружающей среды [2, 3].

Цель работы заключалась в оценке возможностей и перспектив использования голографических технологий в образовании.

Голографический подход в образовании основан на эффекте формирования «объемных представлений и знаний» об исследуемом объекте, предмете или явлении. Например, на уроке истории преподаватель вывозит своих учеников на экскурсию и рассказывает, а также показывает, к примеру, о статуе всем своим подопечным все, что известно об этом произведении искусства. Ученики могут рассмотреть это произведение со всех сторон, что позволяет охарактеризовать и осмыслить его до мельчайших деталей. На основе знаний, представленных учителем, ученики могут сформировать свои «объемные»

представления и знания об объекте обучения, подкрепляя их собственным приобретенным витагенным (жизненным) опытом. Кроме того, теперь ученики знают об объекте изучения многое: они не только видели «вживую», но также ощущали его присутствие, что в дальнейшем не позволит им перепутать данный объект с каким-либо другим объектом [4, 5].

При этом становится понятным, как работает голографический метод в образовании: педагог сосредотачивает подсознание ученика на чем-то конкретном, заставляя его откинуть все лишнее в данный момент и полностью сосредоточиться на конкретную тему.

Таким образом, голографический метод обучения позволяет получить достаточно разносторонние и глубокие знания, которые может получить обучаемый по конкретной теме.

Эффективность обучения можно существенно повысить, а время – сэкономить, если с помощью голографических технологий преподаватель несет информацию для обучения и познания.

Голограмма как способ передачи «объемных данных» – это, прежде всего, многослойная вариация изображения, каждый слой которой отражает свет по-своему. На данный момент голограммы создаются на специальных стеклах, фотопленках. По сути, на данном этапе развития голографии, голограмма – это объемная фотография объекта. Голограмма в виде проекции на данный момент существуют, но применяются пока преимущественно в научных целях. При изменении угла обзора изменяется и та часть объекта, которую мы видим пластине, т.е. голограмма позволяет нам увидеть объект «в объеме», как будто он находится непосредственно перед нами. У голограмм есть ряд особенностей, которые делают их незаменимым инструментом в процессе образования:

1. *Возможность «клонирования» изображения без потерь при фрагментации голограммы.* Если разбить («расколоть») голограмму на части, то в каждой из частей будет видно все изображение целиком без потерь каких-либо его фрагментов. При этом сводится к минимуму возможность потери объекта изучения, т.к. каждая, даже самая мельчайшая часть голограммы будет воспроизводить объект целиком, но, к сожалению, уже не так четко, как было в изначальном состоянии.

2. *Быстрота создания.* Стандартное время выдержки для объекта, голограмму которого мы хотим сделать – 1 секунда, однако, некоторые голограммы, сделанные при помощи импульсного лазера, подвергаются воздействию света всего на 12 наносекунд. Пройдя не сложный процесс проявления фотоматериала, формируется уже готовая голограмма. В зависимости от сложности проекта на создание голограммы уходит от

1 минуты до 5 часов. За короткий промежуток времени можно воссоздать целую галерею картин, различные экспонаты музея Великой Отечественной войны и т.д. Но для создания голограмм нужно дорогостоящее оборудование.

3. *Интерактивность, ощущение присутствия.* Уже в 2009 году японцы создали первые «осязаемые» голограммы, с которыми человек может непосредственно взаимодействовать, что придает эффект «присутствия» обучаемому. Благодаря этому и в купе с информацией, которую предоставляет педагог, человек полностью переключается на объект исследования, максимально активизируется его витагенный способ приобретения опыта в процессе изучения объекта. Для примера: ранее при соприкосновении с объектом рукой (к примеру), та просто проходила сквозь голографический объект. Да, ученик мог увидеть предмет изучения, услышать о нем, но некоторым, для максимального восприятия и запоминания данных об объекте его нужно потрогать. Так голограммы подходят для обучения представителей основных трех типов восприятия информации из окружающего мира – аудиалам, визуалам и кинестетикам.

4. *Создание различных презентаций при помощи анимированных голограмм, созданных из нескольких статических.* Это способствует процессу изложения материала стать более информативным на основе информации с «живыми» примерами и большему привлечению внимания к практическому аспекту темы презентации. При этом процесс передачи данных от лектора к слушателям становится более увлекательным, содержательным и плодотворным.

Перспективы применения голографических технологий в образовании сопряжены с возможностями создания специальных 3D-шлемов, обеспечивающих создание проекций изучаемых объектов, процессов и явлений в режиме реального времени с полным ощущением непосредственного виртуального присутствия. Создаваемые при этом голограммы позволят формировать собственный витагенный опыт у обучающихся [6]. Например, в процессе образовательной подготовки биологов или врачей вместо проведения вивисекции с неизбежным умерщвлением животных использование голографических технологий позволит визуально смоделировать «реальных» животных, их внутреннее строение, процессы жизнедеятельности. При подготовке физиков-ядерщиков голографические технологии позволят воссоздать процессы, происходящие в активной зоне ядерного реактора, динамику термоядерных реакций в замедленном режиме, последствия воздействия ионизирующей радиации на объекты живой и неживой природы. На основе голографических технологий могут быть созданы инфор-

мационные библиотеки – хранилища визуализированных моделей функционального поведения биологических моделей, биохимических и генетических систем, клеток, тканей, органов и организмов, а также их популяций и отдельных компонентов биосферы [7].

В медицине голографические технологии совместно с методами медицинской визуализации могут позволить моделировать и заранее прогнозировать последствия хирургических вмешательств. Не менее захватывающие перспективы открываются в других областях науки и социальной практики, включая такие, как:

- астрономия (создание проекций различных вселенных, процессов создания новых звезд, планет, взрывы звезд по истечению их жизненного цикла и т.п.);
- физика (проекция явлений микромира, проведения экспериментов квантовой физики и т.п.);
- биология (голографическая проекция явлений микромира, взаимодействия бактерий, вирусов, белков и т.п. веществ друг с другом, воссоздания их влияния на состояние здоровья человека);
- физическая культура и спорт (подготовка к чемпионатам таких игр как бейсбол, фрисби и др.);
- филология и лингвистика (голографические образы букв, слов, знаков препинания);
- литература (воспроизведение рассказов, стихов в виде проекций с зачитыванием материала с помощью приемов «голографического кино»);
- технология (голографические проекции чертежей непосредственно на изготавливаемую деталь, например, если необходимо изготовить объект сложной конфигурации, то голограмма позволит смоделировать образ этой конфигурации при обработке заготовки с помощью обрабатывающих центров или станков с программным числовым управлением);
- основы безопасности жизнедеятельности (наглядные демонстрации ситуаций оказания первой помощи, аварийных ситуаций и способов их ликвидации);
- история (реконструкция исторических событий и ландшафтов на тот или иной промежуток времени), география (реконструкция ландшафтов, взаимодействие с ними).

Очень популярны голографические технологии в Стране Восходящего Солнца. Недавно в Японии с успехом прошел голографический live-концерт исполнителя Hatsune Miku.

Заключение. Благодаря возможностям голографии процесс обучения можно сделать максимально познавательным и увлекательным.

Очевидно, наибольшим успехом голографические технологии и приемы обучения могут пользоваться у детей дошкольного и младшего школьного возраста. Однако, методы физической голографии позволят усилить эффективность голографического педагогического подхода и повысить результативность обучения не только младших, но и старших школьников, а также студентов [2, 3, 5].

Интеграция методов физической голографии и голографического подхода в образовании позволит сформировать всестороннее представление об изучаемом объекте, процессе или явлении, а также принципиально расширить и усовершенствовать процесс приобретения собственного витагенного опыта обучаемыми.

На основе интеграции методов физической голографии и голографического подхода в педагогике могут быть созданы голографические образовательные технологии, обладающие огромным дидактическим и воспитательным потенциалом.

Литература

1. *Андреева О. В.* Прикладная голография. Учебное пособие / О.В. Андреева. СПб: СПбГУИТМО, 2008.
2. *Белкин А. С.* Возрастная педагогика. Екатеринбург. 1999.
3. *Белкин А. С.* Голография как педагогический метод моделирования образовательных объектов / А.С. Белкин, И.Д. Возженикова // Пайдеа, 2004. № 3. С. 6–11.
4. Интернет-адрес:
<http://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D1%80%D0%B0%D1%84%D0%B8%D1%8F>.
5. *Князева В. В.* Дошкольное детство. Голографический подход // Вестник ОГПУ. Оренбург: издательство ОГПУ, 2003. №4. С. 191–217.
6. Интернет-адрес: <http://www.youtube.com/watch?v=11fHLVK8b4A>.
7. *Crampin E. J.* Computational physiology and the physiome project / E.J. Crampin, M. Halstead, P. Hunter, P. Nielsen et al. // Exp. Physiol. 2004. Vol. 89, №1. P. 1–26.

ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОМ ПРОЦЕССЕ ВУЗА

Е. В. Ставер

Социальные сети – это один из самых популярных, привычных для пользователей ресурсов Интернета. Сети удобны для получения и обмена знаниями в образовательных целях, применяют их в единой информационной среде вузов в следующих направлениях:

- привлечение участников образовательного процесса и взаимодействие с ними в социальных сетях;

- создание виртуальной образовательной среды;
- организация профессиональных сообществ – виртуальных рабочих групп студентов, преподавателей, аспирантов, магистрантов в научно-образовательных сетях [1].

Подробно рассмотрим социальную сеть "ВКонтакте". Многие преподаватели, для облегчения и разнообразия своей работы, создают профессиональные группы и сообщества. В них выкладывают получающие материалы, общаются со студентами в режиме онлайн, разрабатывают тестовые материалы, создают рейтинговые системы.

Так, позитивными сторонами подобного рода развития обучения студентов являются:

- возможность двустороннего общения в режиме онлайн в любое время и в любом месте земного шара;
- обмен материалами. Студент просто прикрепляет свои работы к письму и за считанные секунды, преподаватель получает их для проверки или обсуждения с другими студентами;
- обучающие материалы. Не только преподаватель может выкладывать свежие обучающие материалы. Важным является то, что студенты и участники группы также могут добавлять материалы в группу;
- ведение рейтинга. Преподаватель, проверяя и оценивая работы студентов, в режиме онлайн может изменять и контролировать успеваемость студентов;
- только преподаватель имеет право добавлять в группу новых людей, проводя сверху фамилий студентов по утвержденным спискам. Это позволяет избежать фактов мошенничества.

Применение социально-образовательных сетей создает преимущества для пользователей информационной среды вуза, которые заключаются в удобстве и легкости сетевого общения, возможности участия студентов в сообществах по различным учебным и научным интересам; активностью студентов по развитию учебного контента, расширению его мультимедийной составляющей.

Однако, если каждый преподаватель ежедневно будет выкладывать мультимедийный материал, бесконечно отвечать на вопросы студентов, то со временем, при большом количестве работающих таким образом преподавателей, может возникнуть перегрузка и системы, и серверов.

Как ответ на этот потенциальный недостаток, создали особую категорию социальных профессиональных сетей. Их классификация приводится на рисунке 1.

HeadHunter Live (livehh.ru) – сайт для формирования и укрепления деловой репутации, расширения круга профессиональных знакомств, быстрого обмена информацией
Профессионалы.ru (professionali.ru) – российская социальная сеть, объединяющая специалистов и бизнесменов по отраслевым, профессиональным и географическим признакам
LinkedIn (linkedin.com) – социальная сеть для профессионального присутствия в Интернете, поиска нужных людей, обмена информацией, идеями и возможностями, чтобы быть в курсе событий и профессиональной жизни контактов
E-xecutive.ru (e-xecutive.ru) – сообщество менеджеров, которые стремятся достичь успеха за счет постоянного совершенствования своих профессиональных навыков и приобретения новых знаний
RB.ru (rb.ru) – деловая социальная сеть, которая представляет интерактивный портал для офисной аудитории: специалистов, менеджеров среднего звена, руководителей любого уровня
Free-lance.ru (free-lance.ru) – социальная сеть для поиска удаленной работы (фриланс), которая позволяет фрилансерам найти работу, а работодателям – исполнителей на проект

Рис. 1. Категории профессиональных социальных сетей

Как видно, сетей, которые выполняли бы исключительно образовательную функцию, нет. В этой связи, могло бы стать актуальным создание именно образовательной социальной сети, обеспеченной мощными серверами для выкладывания медиафайлов и других учебных материалов, тем самым появилась бы возможность соединения наших вузов и вузов стран СНГ.

Среди основных проблем при внедрении социальных сетей в организацию образовательного процесса и научных исследований следует назвать следующие:

- вовлечение участников в сеть;
- стимулирование общения;
- создание атмосферы доверия, желания у студентов, аспирантов, магистрантов делиться, обмениваться знаниями;
- мотивация преподавателей и невысокий уровень их ИКТ-компетенций;
- высокая степень трудозатрат по организации и поддержке учебного процесса в условиях непрерывного обучения для преподавателя;
- отсутствие методики управления виртуальным коллективом участников социально-образовательной сети, моделей их взаимодействия.

Литература

1. *Макеева В. С.* Информационно-коммуникационное пространство физической культуры студента вуза / В.С. Макеева, Е.Н. Артемова, Е.М. Родионова, А.С.Сурков/ [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://www.science-education.ru/106-7896>.

ИНТЕГРАЦИЯ ИНОЯЗЫЧНОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ С ПОЗИЦИИ АНТРОПОЛОГИЧЕСКОГО ПОДХОДА

О. В. Турова

К качеству высшего образования, к подготовке молодых специалистов предъявляются все возрастающие требования, причиной которых являются процессы, происходящие в мире, затрагивающие образовательное пространство всех европейских стран.

Глобализация, как объективный процесс всемирной интеграции, охватывает все сферы жизни общества (экономическую, политическую, культурную) и выдвигает новый образовательный идеал личности, ведущей характеристикой которой является ее компетентность [3]. Компетентность – выступает как «результат подготовки выпускника для выполнения деятельности в определенных областях» [2, с. 82].

Совет Европы определил ключевые компетенции выпускника университета – это то сочетание знаний, пониманий, навыков и умений, которыми должны владеть специалисты. Среди них выделены: *политические и социальные* (способность принимать решения и брать на себя ответственность); *межкультурные* (воспитание терпимости и уважения к другим культурам, способности жить с людьми других языков и религий); *коммуникативные* (компетенции устного и письменного общения, включающие владение несколькими языками); *компетенции в сфере информации* (освоение и применение новых технологий, критическое отношение к распространяемой по каналам СМИ информации и рекламе); *образовательные компетенции* (международный девиз: «От образования на всю жизнь к образованию через всю жизнь» – как основа непрерывной профессиональной подготовки, личной и общественной жизни) [6, с. 11].

Болонский процесс взял на себя миссию сближения и гармонизации систем высшего образования стран Европы с целью создания единого европейского пространства высшего образования [3]. Его цели сформулированы следующим образом:

- расширение границ получения образования (признание дипломов и квалификаций во всех странах Европы);

- обеспечение академической мобильности студентов и персонала;
- рост автономии и конкурентоспособности на рынке труда [3].

С учетом этих процессов современное образование выступает в качестве образовательной ситуации, которая способствует саморазвитию личности студента, раскрывает его потенциал, способствует обмену общечеловеческими ценностями, носит гуманистический характер.

Стремясь к международным стандартам, образование в Республике Беларусь претерпевает изменения, однако, при этом оно не может потерять уже достигнутого уровня своего качества. Выход из создавшейся ситуации исследователи видят в поиске интеграционных механизмов и технологий в процессе получения высшего образования.

«Интеграция» [от латинского «integer» – «полный, цельный»] – процесс слияния, синтеза знаний из различных учебных дисциплин, обеспечивающий формирование компетентного специалиста.

Интеграция иноязычного и специального образования основывается на использовании междисциплинарных связей, которые формируют системное понимание мира и профессиональной деятельности. Благодаря такому системному значению выпускники вузов востребованы на рынке труда, адаптированы к работе в любом европейском пространстве и способны нести ответственность за выполняемые действия.

В основе интеграционных подходов лежит антропологическая детерминация, предполагающая парадигмальный сдвиг в сознании специалиста.

«Антропология» (от греч. (от греч. anthropos – человек, logos – учение, наука) – «наука о человеке». Впервые этот термин употребил величайший натуралист и философ древности Аристотель (384–322 гг. до н.э.), изучивший духовное начало человека [1].

По мнению К.Д. Ушинского, антропологический подход в педагогике – системное использование данных всех наук о человеке как предмете воспитания и их учет при построении и осуществлении педагогического процесса. «Если педагогика хочет воспитывать человека во всех отношениях, то она должна прежде узнать его тоже во всех отношениях» – это положение К.Д. Ушинского было и остается неизменной истиной для современной педагогики [4].

Антропологический подход является условием интеграции педагогики с психологией, социологией, культурной и философской антропологией, биологией человека и другими науками. Ведь человек – сверхсложный предмет познания. Человек – личность, которой присущи биосоциальность, разумность, духовность, целостность, противоречивость, креативность, а также многие другие характерные только для него индивидуальные качества.

Антропологическое знание – основа для подготовки специалиста в системе высшего образования, ориентированного на интеграцию иноязычной и специальной подготовки.

Важнейшими условиями такой подготовки являются: личная заинтересованность, мотивированность на высокое качество производимого личностью продукта; способность к изучению языков.

Дополнительными условиями считаются:

- высококвалифицированный преподаватель;
- психологический комфорт в аудитории;
- элемент креативности.

Антропологическое знание выступает в качестве основы для решения главной задачи интеграции: «восстановление целостности личности в выбранной профессии, для формирования профессиональной идентичности, то есть тождественности профессиональной деятельности личностным смыслам бытия» [5, с. 9].

Помимо этого, антропологическое знание является интегративным основанием для подготовки современного специалиста, владеющего иностранным языком.

Литература

1. Антропология как общая система наук о человеке. [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://gendocs.ru>.
2. *Бабинская П. М.* Компетентностный подход к разработке учебно-методического обеспечения по иностранному языку как средству межкультурной коммуникации // Вестник МГЛУ. Сер. 2, Педагогика, психология, методика преподавания иностранных языков. 2008. №2. С. 81–89.
3. Болонский процесс. Глобализация. [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: http://ru.wikipedia.org/wiki/Болонский_процесс.
4. Конкретно-методологические принципы педагогических исследований: антропологический подход [Электронный ресурс]. Интернет-адрес: <http://www.pedpro.ru/basic/6/77.htm>.
5. *Титовец Т. Е.* Теоретико-методические основы интеграции содержания педагогического образования: монография. Минск: БГПУ, 2007.
6. *Walo H.* Key competencies for Europe / H. Walo // Report of the Symposium Berne, Switzerland 27–30 March, 1996. Council for Cultural Co-operation (CDCC) // Secondary Education for Europe. Strasburg, 1997.

ТРИЗ КАК УСЛОВИЕ ОРГАНИЗАЦИИ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

Ю. М. Углик

Научно-технический прогресс, информатизация общества требуют от современного человека таких качеств, как инициативность, изобре-

тательность, предприимчивость, способность быстро и безошибочно принимать решения, а это невозможно без умения работать творчески, самостоятельно. Эти идеи в дидактике разрабатывались в трудах А.В. Хуторского, А.И. Андреева, М.М. Левиной, В.А. Крутецкого, Л.М. Фридмана, Е.Н. Турецкого и нашли свое воплощение в системе эвристического обучения, в котором активно используются проблемно-исследовательские методики.

В эвристическом обучении приоритетные позиции занимает учебно-поисковая деятельность учащихся и создание ими образовательного продукта как результата обучения. Главной особенностью эвристического обучения является активизация учебной работы учащихся и придание ей исследовательского, творческого характера, что способствует передаче школьникам инициативы в организации своей поисково-познавательной деятельности. В процессе такой учебно-поисковой деятельности у них развиваются такие универсальные умения, как анализировать, выдвигать гипотезы, находить решения проблем, сотрудничать, самостоятельно учиться.

Эффективной технологией обучения творчеству в процессе эвристического обучения выступает ТРИЗ-технология.

ТРИЗ (теория решения изобретательных задач) имеет полувековую историю. Автор этой теории, бакинский инженер Г.С. Альтшуллер в середине сороковых годов прошлого века нашел узловой элемент целенаправленного разрешения технических противоречий – обратную последовательность решения задачи.

В основе ТРИЗ-технологии лежит функционально-системный подход, использование которого обеспечивает выявление причинно-следственных связей, скрытых зависимостей, анализ ситуаций и объектов, поиск информации и рефлексии [1].

Особенность ТРИЗ-технологии заключается в том, что она базируется на алгоритмических методах, которые направлены на эффективный процесс мыследеятельности личности и развитие культуры мышления. В результате у учащихся формируется системное мышление, которое позволяет оперировать наиболее общими фундаментальными закономерностями, осваивать на их основе частные законы различных наук и объяснять явления окружающей действительности.

Долгое время единственным инструментом решения творческих задач (задач, не имеющих четких механизмов решения) был «метод проб и ошибок» («метод научного тыка»). Сравнивая ТРИЗ с этим традиционным методом проб и ошибок, можно убедиться, что пройти путь решения в обратном направлении существенно легче. Представив себе, что задача идеально решена, мы как бы перемещаемся в точку X –

решение задачи и ищем из нее исходное и известное нам положение С. Пройдя по этому пути из точки С в точку Х, мы находим алгоритм решения задачи. Алгоритм изобретения представляет собой последовательность вопросов, отвечая на которые исследователь концентрирует внимание на том или ином существенном для решения задачи элементе, синтезируя таким образом решение.

Принципы, лежащие в основе ТРИЗ:

- **принцип объективности законов развития систем** – строение, функционирование и смена поколений систем подчиняются объективным законам;

- **принцип противоречия** – под воздействием внешних и внутренних факторов возникают, обостряются и разрешаются противоречия. Проблема трудна потому, что существует система скрытых и явных противоречий. Системы эволюционируют, преодолевая противоречия на основе объективных законов, закономерностей, явлений и эффектов;

- **принцип конкретности** – каждый класс систем, как и отдельные элементы внутри этого класса, имеют конкретные особенности, облегчающие или затрудняющие изменение конкретной системы. Эти особенности определяются внутренними ресурсами, с помощью которых строится система, и внешними – той средой и ситуацией, в которой находится система [1].

Нами проведен в 6-ых классах СШ №165 г. Минска педагогический эксперимент по использованию ТРИЗ-технологии в системе эвристического обучения школьников математике. Результаты эксперимента показывают, что на 45 % увеличилось количество учащихся, которым нравятся уроки математики; на 30 % – количество учащихся, успешно решающих творческие эвристические задачи.

Нами разработана серия эвристических задач творческой направленности, решение которых школьники находили путем ТРИЗ-технологии.

На уроках математики шестиклассники собирали копилку геометрических фигур, а затем на основе ее анализа конструировали определение многоугольника и разбивали многоугольники на группы. В итоге такой работы каждый ученик составил «морфологический ящик» геометрических фигур. Дальнейшая работа учащимися проводилась по классификации каждой подгруппы многоугольников. Например, на основе собранных копилки четырехугольников были введены понятия прямоугольника, квадрата, ромба, трапеции; рассмотрены их существенные признаки. Затем учащиеся, используя приобретенные ранее знания, обосновали классификацию треугольников по видам углов и сторон и с ее помощью ввели понятия равнобедренного, равно-

стороннего, разностороннего треугольников, а также остроугольного, тупоугольного и прямоугольного треугольников. Это позволило усвоить учащимся понятие «многоугольник», повысить их познавательную активность на уроках математики. Учащиеся стали активно искать в окружающих их предметах многоугольники; пытались преобразовывать многоугольники в многогранники и интересовались, как называется такой вид многогранника (например, если сделать объемную фигуру, состоящую из трапеций или ромбов).

В результате нами были обоснованы следующие требования к деятельности учителя по использованию ТРИЗ-технологии на уроках математики:

- уметь находить в окружающей действительности и ставить перед учащимися реальные учебно-исследовательские задачи прикладной направленности в доступной для школьников форме;
- уметь осуществлять функции координатора и партнера в исследовательском поиске учащихся, при этом предоставлять им возможность для регулярных отчетов рабочих групп и обмена мнениями в ходе открытых общих обсуждений;
- уметь быть терпимым к ошибкам учеников, допускаемым ими в попытках найти собственное решение. Предлагать свою помощь или адресовать к нужным источникам информации в тех случаях, когда учащийся испытывает затруднения;
- уметь создавать как на уроках, так и во внеурочное время организационно-педагогические условия для проведения наблюдений, экспериментов и разнообразных «полевых» исследований;
- умение включать учащихся в рефлексию полученных результатов и самого процесса решения задач;
- обладать методами и приемами мотивации и стимулирования учащихся к выдвижению новых идей, оригинальных решений.

Литература

1. *Альтшуллер Г. С.* Как стать гением / Г. С. Альтшуллер, И. М. Верткин. Минск: Беларусь, 1999.

ПОВЫШЕНИЕ МОТИВАЦИИ УЧАЩИХСЯ НА УРОКАХ МАТЕМАТИКИ

А. О. Черкас

Активная учебно-познавательная деятельность учащихся на уроках математики возможна лишь при наличии у них устойчивой мотивации к учению и интереса к математике как науки. Результаты проведенного

нами анкетирования школьников ГУО «Дубовлянская средняя школа» показывают, что мотивация учащихся на уроках математики низкая. Более 20 % опрошенных учеников считают, что математика не нужна в повседневной жизни; 13,3 % – математика является скучным предметом. Около 20 % опрошенных школьников отмечают, что отсутствие у них интереса к изучению математики связана со сложностью данной дисциплины (недоступное объяснение учителем материала, сложные формулировки в учебниках); 17,2 % – указывают на отсутствие у них способности к изучению данного предмета (поэтому они не стремятся в полной мере освоить школьный курс математики); лишь 33,8 % – признают, что математика – интересный и важный для жизни и будущей профессии предмет.

Указанные результаты анкетирования школьников актуализируют проблему повышения мотивации учащихся к изучению математики. В ходе проводимого педагогического эксперимента ими обоснованы следующие педагогические условия, способствующие стимулированию познавательной активности и усилению мотивации на уроках математики:

1. Придание учебному материалу по математике социокультурного, прикладного характера через включение в содержание урока актуальных прикладных междисциплинарных задач-ситуаций. Разработка школьниками таких задач показывает значимость математических знаний в личной жизнедеятельности и будущей профессии.

2. Участие школьников во внеурочной учебно-исследовательской деятельности (участие в олимпиадах, научно-исследовательских проектах, неделях математики и др.).

3. Реализация учителем стратегий активного и коллективного обучения с использованием информационных технологий. Это предполагает использование в учебном процессе активных форм и методов обучения, базирующихся на рефлексивно-деятельностной основе (игра, мозговой штурм, кейс-метод, дискуссия и др.), коллективных способов обучения (технология сотрудничества, работа в парах сменного состава, работа в команде и др.). Например, эффективно зарекомендовал себя игровой тренинг, в основе которого лежат инновационные и организационно-деятельностные игры. В таких играх происходит переход от частных к обобщенным знаниям об объекте, его моделирование с выявлением ведущих закономерностей или противоречий, приобретение навыков принятия решения, а не просто усвоение готовых знаний.

4. Создание организационно-педагогических условий для включения учеников в рефлексию (самоанализ, самоконтроль, самооценка) как

полученных образовательных, так и самого процесса учения, коллективной учебной деятельности.

5. Активное использование учителем мотивирующих факторов контроля знаний (накопительные оценки, рейтинг, тесты, нестандартные зачетные процедуры и др.). Эти факторы, как показывает наш опыт, могут способствовать стремлению учащихся к разумной самостоятельности, что само по себе является сильным мотивационным условием самосовершенствования школьников.

6. Создание учителем ситуации успеха; поощрение учащихся за достижения в учебе и творческой деятельности (поощрительные баллы, призы) и санкции за низкие показатели в учебе.

7. Разработка дифференцированных заданий по математике, выполняемых как в классе, так и в качестве домашнего задания, и выбор их учащимися.

8. Учитель в совместной учебно-поисковой деятельности должен в большей мере выполнять функции организатора, консультанта, модератора, игротехника. При этом педагог должен помочь ученику определить индивидуальную-образовательную траекторию, определить перспективу своего внутреннего роста и создать условия для развития его творческого потенциала.

В ходе проводимого педагогического эксперимента нами были разработаны обобщенные задачи по математике актуальной социальной и прикладной направленности. Включение учащихся в решение таких задач с помощью активных и коллективных методик способствовало более осознанному освоению математических знаний, повышению мотивации к учению, интереса к математике. Более того, учащиеся демонстрировали понимание и навыки использования математических знаний в различных областях; видели пути их использования для решения важных научно-прикладных и жизненных проблем (зеленая экономика, устойчивое развитие и др.).

В заключение приведем несколько примеров таких обобщенных математических задач.

Задача 1. Бактерия, попав в живой организм, к концу 20-ой минуты делится на две бактерии, каждая из них к концу следующих 20 минут делится опять на 2 и т.д.

Задание 1. Найти число бактерий, образующихся из 1-ой бактерии к концу суток.

Задание 2. Каким образом, на ваш взгляд, можно бороться с распространением бактерий?

Задача 2. Вспомните, с какого года вы начали играть в компьютер. Сколько времени в среднем в день вы время за компьютером? Используя

формулу арифметической прогрессии, посчитайте, сколько вы потратили времени на компьютер с момента начала его использования до сегодняшнего дня.

Литература

1. *Можар Е. Н.* Стимулирование учебно-познавательной активности учащихся старших классов/ Е.Н.Можар. Минск: РИВШ, 2007.
2. *Фабер А.* Как говорить с детьми, чтобы они учились / Адель Фабер, Элейн Мазлиш; [пер. с англ. Т. Новиковой]. М.: Эксмо, 2013.

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Волос Ю. Ю., Ходосовская А. М. Выявление генов эффекторных белков <i>crn1</i> и <i>crn2</i> в различных изолятах <i>Phytophthora infestans</i>	3
Дзюбан О. В. Молекулярно-генетический полиморфизм редких видов растений Беларуси на примере <i>Polypodium vulgare L.</i> и <i>Allium ursinum L.</i>	9
Другакова А. Д., Минец М. Л. Научно-исследовательская работа школьников: проблемы и перспективы	14
Кирсанова О. Д., Мигас А. А. Анализ структурного разнообразия РНК-транскриптов гибридного онкогена RUNX1/RUNX1T1	18
Комар Е. И., Шавель М. И. Штаммы <i>Pectobacterium</i> , вызывающие гнили картофеля в Беларуси	21
Минченко Д. П. Цикадовые (Homoptera, Auchenorrhyncha), связанные с видами рода <i>Artemisia</i> на территории Беларуси	25
Петрова С. М., Масный А. А. Оксипростаноиды группы В как потенциальные гепатопротекторы	27
Савицкая К. Л. Парциальная активность видов макрофитов разнотипных водных объектов	31
Сетракова Е. М., Семёнова А. А. Чешуекрылые (Lepidoptera) и цикадовые (Homoptera, Auchenorrhyncha), как элемент консорции дуба черешчатого (<i>Quercus Robur L.</i>) на территории Беларуси	35
Сулимова О. С., Жукова А. А., Адамович Б. В. Содержание сестона и хлорофилла в водоисточниках и сбросных водах рыбоводческих хозяйств Беларуси	37
Сухаревич А. С. Жуки-листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) заказника «Званец»	41
Трофимович С. Ю. Идентификация возбудителя парши, выделенного с восприимчивых сортов груши европейской (<i>Pyrus Communis L. var Sativa De Condale</i>), на основе анализа рДНК	45

ГЕОГРАФИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Буйко И. И. Роль озер в организации экологической сети Белорусского Поозерья	49
---	----

Буйницкая М. В., Кольмакова Е. Г. Анализ превышения допустимого загрязнения вод магистральной реки Припять	52
Голушко Д. И. Геология и перспективы освоения калийных солей в Припятском прогибе.....	56
Довидовская А. А. Базовый геоинформационный ресурс для картографического обеспечения ГИС управления территориями.....	60
Костровский В. Ю. Факторы формирования территориальной структуры туристского обслуживания Мстиславского района	64
Митько М. А. Мониторинг динамики лесного фонда методами ГИС-технологий.....	68
Ракса Н. А. Оценка агроэкологического потенциала административных районов Беларуси применительно к возделыванию озимой ржи	72
Санкевич И. Н. Динамика видов земель национального парка «Беловежская пуца» по данным дистанционного зондирования	75
Синяк А. К. Географические особенности брачности и разводимости населения Республики Беларусь	79
Титов А. Н. Пространственно-временные сдвиги в структуре маятниковой миграции населения Беларуси (на примере Полоцка и Новополоцка)	83
Хітрыкаў М. А. Электрычнасць у атмасферы і воблаках.....	87
Шавель А. Н. Территориальные сдвиги во внешней торговле Беларуси: континентальные направления.....	90

МЕХАНИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Белуга П. В. Задача о радиальном течении жидкости в области со стенками.....	95
Воробей П. Н. О топологиях равномерной сходимости на пространстве отображений	97
Дубовик П. А., Балащенко В. В. Левоинвариантные f-структуры на нильпотентных группах Ли индекса 2	101
Зайцев В. С. Аппаратное ускорение цифрового моделирования	105
Кельин В. А. Свободные колебания сжатой двухпролетной балки в случае смещения внутренней упругой опоры	109
Романовский П. С. Разработка малошумящего усилителя и исследование его параметров	111
Рудой М. О. Обтекание пластины, помещенной в плоский канал.....	115

Устилко Е. В. Использование языка VHDL для подготовки модели нейронной сети.....	117
Шейко А. Н. Исследование собственных колебаний двустенной углеродной нанотрубки, основанное на нелокальной теории ортотропных оболочек.....	121

ФИЗИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Горлач М. А. Радиочастотное излучение при электрическом взрыве проводников.....	126
Дадашзадех Н., Орловская Д. Д. Распространение световых импульсов в слоистых средах: оптические аналогии квантовых явлений	130
Куницкая Ю. Н., Голубева Е. Н. Равновесный трансмембранный потенциал опухолевых клеток линий С6, Нер-2с и НЕК при пролиферации	134
Курбако С. О. ЭСР в пиролитическом графите, модифицированном импульсными пучками углерод-водородной плазмы	137
Нгуен Тхи Тхань Бинь Перестройка радиационных дефектов при отжиге кремниевых диодов с $p^+ - n$ переходом, облученных высокоэнергетическими ионами золота.....	143
Ровбуть А. Ю. Структура, элементный и фазовый состав системы Ti-Zr-Al-N при отжиге в вакууме.....	147
Ширяева А. Д. Формирование случайных числовых последовательностей гарантированного качества на физическом источнике шума.....	152
Яковец И. В. Исследование межхромовых взаимодействий м-ТГФХ и м-ТГФБХ в мицеллярных системах.....	155

ФАКУЛЬТЕТ ПРИКЛАДНОЙ МАТЕМАТИКИ И ИНФОРМАТИКИ

Агеева Е. С. Проверка сложных гипотез для множественной регрессии при наличии классификации наблюдений	160
Варивончик А. О. Применение нейронных сетей в анти-спам технологиях	164
Горбачева Ю. Н. Применение сплайн-схемы для численного решения задачи о капле, свисающей с кромки капилляра	167

Губін А. А. Ацэнка эфектыўнасці мадэлі Блэка-Літэрмана пры наяўнасці неаднастайных чаканняў інвестараў	171
Гугля О. В., Малюгин В. И. Анализ кредитоспособности компаний на основе логит-модели по панельным данным	174
Журак М. К. Статистическое оценивание параметров на основе пространственно-временных данных	179
Жураховский И. В. Конвейерные вычисления с обратными связями	183
Иржавский П. А. Гамильтоновость локально связанных графов.....	186
Калашников И. А. Обеспечение безопасности удаленного доступа к данным	191
Клименкова Н. Ю. Методы извлечения и представления знаний для задач медицинской диагностики на основе медицинских снимков.....	194
Костюкович С. Н. Вопросы реализации опорных методов решения динамических транспортных сетевых задач	198
Лобан И. А. Статистический анализ сетевого трафика	203
Логинов А. И. Система поиска плагиата	207
Новиков А. С. Создание полнофункционального приложения для моделирования стрельбы из миномета.....	211
Новопольцев А. Ю. Анализ и моделирование кредитоспособности компаний в условиях марковской модели зависимости рейтингов.....	215
Палуха В. Ю. Распознавание криптографических генераторов по выходным последовательностям.....	219
Парака И. А. Неориентированные графы и конъюнктивные нормальные формы, их задающие.....	222
Полещук М. А. Оценка объема памяти, требуемой для выполнения макрооперации вычислительного алгоритма.....	226
Рудаковская А. В. Авторегрессионные временные ряды при наличии классификации наблюдений.....	231
Рыжиков А. И. Локальные свойства ориентированных графов.....	235
Силаев С. В. Разработка и исследование моделей распознавания, основанных на принципе подобия, и их практическое применение	238
Стречко А. С. Исследование алгоритмов хеджирования риска на основе процентных своп-контрактов	242

ФАКУЛЬТЕТ РАДИОФИЗИКИ
И КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Arlou Y., Maly S., Sinkevich E. Computationally-effective worst-case model of thin-wire radiation source for analysis of electromagnetic compatibility in frequency range 1 Hz–40 GHz	247
Антоненко М. В. Разработка моделей и методов анализа данных с учетом особенностей метода восстановления флуоресценции после фотообесцвечивания	251
Звягин И. Ю. Получение изображения источников рентгеновского излучения и их компьютерная обработка	255
Карим Д. Ф. Использование элементов VBA в компьютерной графике.....	258
Корзун В. Ю., Мулярчик К. С. Анализ применения современных технологий обнаружения вторжений для «облачных» инфраструктур.....	260
Лесневский Г. В., Петруша С. В. Моделирование электрокинетического переноса в микрочиповых устройствах.....	265
Мартинов А. О. Разработка алгоритма классификации спектральных данных дистанционного зондирования Земли	269
Минкевич И. И. Распознавание мелодий на базе скрытых марковских моделей.....	272
Пильгун А. В., Коржуков П. П. Разработка системы шифрации на базе RISC микроконтроллеров NEC V850.....	276
Савицкий С. Г. Анализ режима автопульсаций излучения в полупроводниковом инжекционном лазере при внешней оптической синхронизации	280
Сорока А. М., Ковалец П. Е. Оптимизация параметров базовой вейвлет-функции для построения признакового описания речевых сигналов.....	283
Хлебородов Н. Р. Волоконно-оптическая динамическая память регенеративного типа для наземного сегмента спутниковых сетей связи.....	288
Хомич В. В., Шишкина Т. В. Рождение пар заряженных бозонов в процессах аннигиляции лептонов в рамках стандартной теории электрослабого взаимодействия и расширенных калибровочных теорий с дополнительным слабым бозоном	292
Черницын Д. А. Разработка алгоритмов 3D моделирования систем раковых клеток	296

Шевцова В. И., Антонович М. Л., Боровой М. Р., Новиков А. Г. Металлические наночастицы как эффективные рассеивающие центры для фотовольтаики	300
Шитик М. М. Разработка алгоритма отслеживания эмбриональных клеток мыши	304
Яскевич Ю. Р., Серикова Н. В., Петров П. В., Кольчевский Н. Н., Мудрецов И. Л. Моделирование распространения рентгеновского излучения в преломляющих структурах методом Монте-Карло	308

ХИМИЧЕСКИЙ ФАКУЛЬТЕТ

Близнюк Е. С., Асташко Д. А. Синтез C1-C6 строительных блоков эпотиллона и сагопиллона	313
Бузук А. Г., Юрченко Р. А., Винарский В. А., Бузук Г. Н. Изменчивость состава эфирного масла травы душицы, произрастающей на территории Республики Беларусь	317
Веретенникова Е. А., Воробьева Т. Н. Электрохимическое осаждение покрытий из бронзы на алюминий	322
Волобуева В. В., Самович С. Н., Шадыро О. И. Влияние ретиноидов на радиационно-индуцированные превращения этанола и гексана.....	326
Гриб И. В., Жавнерко Г. К. Получение хитозановых частиц с мирамистином методом распылительной сушки	330
Григорьева О. Ю., Воробьева Т. Н. Получение ультрадисперсного порошка Sn–Cu осаждением из раствора.....	337
Игнатович Л. В. Сравнительный терапевтический эффект отечественных и импортных препаратов железа для парентерального введения в лечении железодефицитной анемии.....	341
Кожемякина А. Н., Ковалев И. А., Свердлов Р. Л., Бринкевич С. Д. Влияние производных индола на радиационно-химические превращения насыщенного кислородом этанола.....	345
Лишай А. В. Оптимизация состава основообразующих компонентов мягких лекарственных форм бутаминофена	349
Петрова Е. Г., Котиков Д. А., Паньков В. В. Магнитные частицы для контрастирующих материалов в магниторезонансной томографии.....	353

Попеня М. В., Ильюкевич О. А., Станкевич С. И., Черкас А. В. Состояние и биологическая доступность урана в почвенно-растительных комплексах Беларуси	357
Резников И. В., Савицкая Т. А. Особенности структуры и свойств дисперсий лигнина в нефтепродуктах.....	361
Резцов И. А., Бринкевич С. Д., Шадыро О. И. Взаимодействие α -гидроксиэтильных радикалов с карбонилсодержащими производными фурана и циклопентана.....	366
Шахно Е. А., Савицкая Т. А. Модификация цефалоспориновых и аминогликозидных антибиотиков водорастворимыми производными целлюлозы и хитина.....	370
Шахно О. В. Состав комплексных соединений в полиэлектролитных гидрогелях на основе сульфонируемого полиакриламида.....	374
Короткая А. Г. Влияние состава мембраны на рабочий диапазон функционирования Н ⁺ -СЭ на основе нейтральных переносчиков аминного характера.....	378

КАФЕДРА ПЕДАГОГИКИ И ПРОБЛЕМ
РАЗВИТИЯ ОБРАЗОВАНИЯ

Алексеев Ю. А., Макеева Ю. А., Юркевич О. Ю. Применение этнопедагогических технологий при формировании национальной культуры личности на уроках истории.....	383
Березюк С. И., Фалей А. В. Интерактивная образовательная семья «qualime»	388
Глод А. А. Имидж современного преподавателя высшей школы	391
Громова В. С., Павлють О. А. Интерактивный электронный учебно-методический комплекс по высшей математике как средство активизации самостоятельной работы студентов.....	394
Захарэвіч А. А. Слуцкая школа як беларускі асветніцкі праект	398
Коваленко Н. В. Белорусские этнокультурные традиции в современной образовательной практике	400
Концевой Н. В., Карпенко А. Д. Современные инвестиции в высшее образование: проблемы и перспективы развития.....	403
Кузьмич А. В. Студенческая мобильность как условие повышения качества высшего образования	407

Кульбицкая Е. Н. Активизация познавательной деятельности учащихся на уроках истории	409
Куценкова Т. Г. Теоретико-практические основы эвристического обучения школьников	414
Лукина А. М. Интеграция учебных предметов как условие реализации компетентностного подхода в школе	418
Насонова Д. И., Антонова А. А. Роль фундаментальных дисциплин в профессиональной подготовке студентов	422
Натаров В. О. Педагогические условия формирования интереса старшеклассников к изучению химии	426
Немогаева И. С. Отношение студенческой молодежи к институту брака и семьи	430
Подберезкин Ф. Д. Использование обучающего потенциала компьютерных игр для развития навыков работы с картой на уроках истории	434
Савицкая К. Л. Междисциплинарная интеграция как условие подготовки студентов к решению глобальных проблем человечества.....	438
Сафронова Е. А. Академическая мобильность как условие повышения качества подготовки будущих специалистов	441
Симкин А. Д. Возможности и перспективы применения голографических технологий в образовании	444
Ставер Е. В. Проблемы и перспективы использования социальных сетей в образовательном процессе вуза	448
Турова О. В. Интеграция иноязычного и специального образования с позиции антропологического подхода	451
Углик Ю. М. ТРИЗ как условие организации эвристического обучения на уроках математики	453
Черкас А. О. Повышение мотивации учащихся на уроках математики	456