



ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

*Сборник статей по материалам
XXXIX международной научно-практической конференции*

№ 2 (37)
Февраль 2016 г.

Издается с декабря 2012 года

Новосибирск
2016

УДК 50
ББК 20
Е 86

Ответственный редактор: Васинович М.А.

Председатель редакционной коллегии:

Козьминых Владислав Олегович – д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии естественнонаучного факультета Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета.

Редакционная коллегия:

Елисеев Дмитрий Викторович – канд. техн. наук, доцент, бизнес-консультант Академии менеджмента и рынка, ведущий консультант по стратегии и бизнес-процессам, «Консалтинговая фирма «Партнеры и Боровков»;

Зеленская Татьяна Евгеньевна – канд. физ.-мат. доц. кафедры высшей математики Югорского государственного университета;

Корвет Надежда Григорьевна – канд. геол.-минерал. наук, доц. кафедры грунтоведения и инженерной геологии Геологического факультета Санкт-Петербургского Государственного Университета;

Королев Владимир Степанович – канд. физ.-мат. наук, доц. кафедры механики управляемого движения факультета прикладной математики – процессов управления Санкт-Петербургского государственного университета;

Ларионов Максим Викторович – д-р биол. наук, проф. кафедры биологии и экологии Балашовского института (филиала) Саратовского государственного университета, член-корреспондент Российской Академии Естествознания, г. Балашов;

Романова Алла Александровна – канд. техн. наук, доц. инженерных дисциплин Санкт-Петербургского государственного экономического университета;

Рымкевич Павел Павлович – канд. физ.-мат. наук, доц., проф. кафедры физики Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург, чл.-кор. Международной академии наук экологии, безопасности человека и природы, член Экспертного совета по энергоэффективности зданий и сооружений Санкт-Петербурга;

Сулеймен Ерлан Мэлсұлы – д-р филос. наук, канд. хим. наук, директор института прикладной химии при Евразийском национальном университете им. Л.Н. Гумилева;

Харченко Виктория Евгеньевна – канд. биол. наук, ст. науч. сотр. отдела флоры Дальнего Востока, Ботанический сад-институт ДВО РАН;

Яковишина Татьяна Федоровна – канд. с.-хоз. наук, доц., заместитель заведующего кафедрой экологии и охраны окружающей среды Приднепровской государственной академии строительства и архитектуры, член Всеукраинской экологической Лиги.

Е 86 Естественные и математические науки в современном мире / Сб. ст. по материалам XXXIX междунар. науч.-практ. конф. № 2 (37). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2016. 162 с.

Учредитель: АНС «СибАК»

Сборник статей «Естественные и математические науки в современном мире» включен в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ).

При перепечатке материалов издания ссылка на сборник статей обязательна.

Оглавление

Биология	8
Секция «Биологические аспекты сельского хозяйства»	8
ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ	8
Чайковская Людмила Александровна Баранская Марина Ивановна Овсиенко Ольга Леонидовна Клименко Нина Николаевна	
ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ NO-TILL НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ	15
Мельничук Татьяна Николаевна Алексеенко Надежда Владимировна Абдурашитов Сулейман Февзиевич Якубовская Алла Ивановна Томашова Ольга Леонидовна	
Секция «Биохимия»	22
АРГИНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ У ПЛЕСНЕВОГО ГРИБА ASPERGILLUS NIGER R-3	22
Оганесян Софик Петросовна	
Секция «Ботаника»	28
НОВЫЕ И ИНТЕРЕСНЫЕ НАХОДКИ ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»	28
Маленкова Анна Сергеевна Сафонов Максим Анатольевич	
РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГРИБОВ РОДА <i>ROSTIA</i> FR. В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ	32
Сафонов Максим Анатольевич	

Секция «Экология и природопользование»	37
ВЛИЯНИЕ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРИРОСТ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ВИРГИНСКОГО В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ ГОРОДА ОШ Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович Абсатаров Равшанбек Ракманалиевич	37
АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН Беянина Яна Павловна Денисова Янина Вячеславовна	45
САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА Ерофеевская Лариса Анатольевна	52
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ Тобоев Вячеслав Андреевич Кириллов Алексей Васильевич Евсеев Артем Сергеевич	57
Информационные технологии	67
Секция «Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами»	67
ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТЫ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ Кувыкин Вячеслав Иванович Колпакова Елена Валерьевна	67
Секция «Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей»	73
РАЗРАБОТКА ЭУМК С ПОМОЩЬЮ DOSBOOK Миндалев Игорь Викторович	73

Секция «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»	79
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MAPLE	79
Голанова Анна Викторовна Голикова Екатерина Ивановна	
Математика	89
Секция «Математическая логика, алгебра и теория чисел»	89
КАТЕГОРИЧНОСТЬ СИЛЬНО МИНИМАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ ЙОНСОНОВСКИХ МНОЖЕСТВ	89
Ешкеев Айбат Рафхатович Шаматаева Назгуль Куанышовна Меженина Радмила Олеговна	
КЛАССИФИКАЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО КОСЕМАНТИЧНОСТИ ФРАГМЕНТОВ ЙОНСОНОВСКИХ МНОЖЕСТВ В ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНО ПРОСТЫХ ВЫПУКЛЫХ ЙОНСОНОВСКИХ ТЕОРИЯХ	100
Ешкеев Айбат Рафхатович Шаматаева Назгуль Куанышовна Жумакаева Кульбан Нигметовна	
Науки о Земле	109
Секция «Геофизика»	109
МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА	109
Подшивалов Андрей Игоревич Шеуджен Александр Шхамирзович	
Секция «Геоэкология»	114
ОЦЕНКА СЕЛИТЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА ЛАНДШАФТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН	114
Белянина Яна Павловна	

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ НЕРУДНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В РОССИИ	119
Майоров Евгений Сергеевич Горбунов Евгений Юрьевич Маликова Кристина Сергеевна Нагимулина Татьяна Дмитриевна	
Секция «Общественная география»	124
ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ	124
Котляров Дмитрий Анатольевич	
Физика	132
Секция «Механика жидкости, газа и плазмы»	132
ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МГД УПРАВЛЕНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ В СРЕДЕ OPENFOAM	132
Ряховский Алексей Игоревич Шмидт Александр Александрович	
Секция «Физика конденсированного состояния»	140
ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛМАЗА	140
Хайдаров Камбарали Минбаева Баарыгул Донбаевна	
К ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ БРЭГГОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ ИЗОГНУТЫМИ КРИСТАЛЛАМИ	146
Чен Тэсик	
Химия	152
Секция «Аналитическая химия»	152
СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ ИК – СПЕКТРОСКОПИИ	152
Ковтунова Елена Вячеславовна Лысенкова Екатерина Сергеевна Кузьмин Андрей Петрович	

Секция Неорганическая химия **158**

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРИСТОЙ МЕДИ С ВЫСОКИМ 158
ПРОЦЕНТОМ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА

Сарин Виктор Анатольевич

Козлова Дарья Игоревна

БИОЛОГИЯ

СЕКЦИЯ

«БИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА»

ВЛИЯНИЕ ИНОКУЛЯЦИИ НА СОДЕРЖАНИЕ ХЛОРОФИЛЛОВ В ЛИСТЬЯХ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ ПРИ ЗАГРЯЗНЕНИИ ПОЧВЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Чайковская Людмила Александровна

*д-р с.-х. наук, гл. науч. сотр. лаб. растительно-микробного
взаимодействия Федерального государственного бюджетного
учреждения науки «НИИСХ Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: ludachaika@mail.ru*

Баранская Марина Ивановна

*канд. с.-х. наук, зав. лаб. растительно-микробного взаимодействия
ФГБНУ «НИИСХ Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: baranskaya@rambler.ru*

Овсиенко Ольга Леонидовна

*научный сотрудник лаб. растительно-микробного взаимодействия
ФГБНУ «НИИСХ Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: olovsien@mail.ru*

Клименко Нина Николаевна

*научный сотрудник лаб. растительно-микробного взаимодействия
ФГБНУ «НИИСХ Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: ninaklymenko@yandex.ru*

INOCULATION INFLUENCE ON CHLOROPHYLL'S CONTENT IN WINTER WHEAT LEAVES WHEN SOIL POLLUTION'S BY HEAVY METALLS

Ludmila Chaikovska

*doctor of Agriculture Science, Senior staff scientist, department
of plant-microbe interaction, Federal state budgetary institution of science
“Scientific Research Institute of agriculture of Crimea”,
Russia, Simferopol*

Marina Baranskaya

*candidate of agricultural sciences, PhD, Head of plant-microbe
interaction department, FSBIS “SRIAC of Crimea”,
Russia, Simferopol*

Olga Ovsienko

*scientific researcher, Dep. of plant-microbe interaction,
FSBIS “SRI AC of Crimea”,
Russia, Simferopol*

Nina Klymenko

*scientific researcher, Dep. of plant-microbe interaction,
FSBIS “SRI AC of Crimea”,
Russia, Simferopol*

АННОТАЦИЯ

Исследовано влияние предпосевной инокуляции семян на количественное содержание хлорофиллов в листьях пшеницы озимой на ранних этапах онтогенеза растений и на повышение устойчивости пшеницы к стрессовому воздействию тяжелых металлов (ТМ) (Cr, Cu, Pb). Установлено положительное воздействие Диазофита на возрастание количества хлорофиллов (a+b) в листьях пшеницы озимой как в контроле, так и на фоне загрязнения почвы ТМ. Содержание пигментов в листьях бактеризованных растений в контроле и на различных уровнях ПДК ТМ превышало значения небактеризованных растений на 15 % и 7–15 % соответственно. Выявлено, что инокуляция снижает стрессовое воздействие ТМ: фитомасса бактеризованных растений при загрязнении почвы на уровне 1 ПДК возросла на 42 % по сравнению с растениями, выросшими из неинокулированных семян, а на уровне 2,5 и 5 ПДК –

на 25 % и 90 % соответственно. Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о позитивном влиянии Диазофита на количество хлорофиллов ($a+b$) в листьях пшеницы озимой в ранние этапы онтогенеза растений, что способствует повышению их продуктивности и роста благодаря смягчению стрессового воздействия ТМ.

ABSTRACT

It was studied the influence of presowingseeds inoculation on the quantitative content of chlorophylls in winter wheat leaves on the early stages of plant ontogenesis and improvement of wheat resistance to stressful effect of HM (Cr, Cu, Pb). Was found the positive impact of Diazofit on increase the amount of chlorophyll ($a+b$) in leaves of winter wheat in the control and in the background of soil contaminated with the HM. The content of pigments in the leaves of inoculated plants in control and at different levels of HM MPC of none inoculated exceeds the value of the plant by 15 % and 7–15 %, respectively. It was revealed that inoculation reduces the stress effect of HM: phytomass of inoculated plants on contaminated soil at 1 MPC has increased by 42 % as compared to plants grown from uninoculated seeds, and at 2,5 and 5 MPC on 25 % and 90 %, respectively. Thus, the results indicate a positive influence of Diazofit on chlorophyll ($a+b$) in leaves of winter wheat in the early stages of plants ontogeny, thereby increasing productivity and growth through mitigation of HM stress.

Ключевые слова: инокуляция; Диазофит; озимая пшеница; хлорофиллы; тяжелые металлы.

Keywords: inoculation; Diazofit; winter wheat; chlorophyll; heavy metals.

Увеличение антропогенной нагрузки на окружающую среду оказывает все более негативное влияние на различные биологические объекты. Одним из распространенных загрязнителей, которые наносят значительный вред различным компонентам природной среды, являются тяжелые металлы (ТМ). Попадая в трофические цепи, ТМ могут значительно изменять интенсивность метаболических процессов растений (в частности фотосинтеза), что снижает их продуктивность и качество урожая. Так, выявлена позитивная корреляция между зерновой продуктивностью сельскохозяйственных растений и интенсивностью фотосинтеза [7, с. 60–66; 8, с. 411–415]. В почвах, загрязненных ТМ, нарушается интенсивность биологических процессов и снижается количество полезных микроорганизмов, что может негативно влиять на культурные растения [6, с. 60–66].

В то же время известно, что симбиотрофные микроорганизмы являются посредниками между эдафическими условиями (в том числе и токсичностью ТМ) и растениями, и способствуют значительному повышению устойчивости макросимбионта к стрессу [1, с. 17–22]. Именно поэтому поиск способов, которые снижают негативное воздействие ТМ на продуктивность растений и качество продукции является актуальным и своевременным. Исследователями созданы эффективные микробные препараты, которые успешно применяют в технологиях выращивания сельскохозяйственных культур в различных агроклиматических зонах. Установлено, что биопрепараты улучшают питание растений, повышают их урожайность и способствуют получению экологически чистой продукции [5, с. 352–375; 2, с. 15–300]. В наших предыдущих исследованиях выявлено положительное влияние предпосевной бактеризации (на примере микробного препарата Фосфоэнтэрин) на состав фотосинтезирующих пигментов и продуктивность растений при загрязнении почвы ТМ [9, с. 32–35].

Учитывая вышеизложенное, цель наших исследований состояла в изучении влияния предпосевной инокуляции семян на количественное содержание хлорофиллов в листьях на ранних этапах онтогенеза растений и повышение устойчивости пшеницы озимой к стрессовому воздействию ТМ (Cr, Cu, Pb).

Вегетационные опыты проведены в теплице, культура: пшеница озимая *Triticum durum*L. Для предпосевной инокуляции семян использован микробный препарат Диазофит (основа *Agrobacterium radiobacter* 204), контроль – без инокуляции. Растения выращивали в пластиковых сосудах (объем 0,5 л) в течение 6 недель, почва: чернозем южный. Повторность опытов пятикратная. При закладке опытов в сосуды вносили по 380 г воздушно-сухой почвы. В каждый сосуд были внесены и тщательно перемешаны с почвой растворы солей ТМ: Pb (CH₃COO)₂, CuSO₄, K₂CrO₄ из расчетов, которые соответствовали следующим уровням загрязнения: **1 ПДК, 2,5 ПДК, 5 ПДК**. В контрольном варианте ТМ не вносили. Экстракцию фотосинтезирующих пигментов проводили при помощи этилового спирта, а их количественное содержание в листьях растений определяли колориметрическим методом [3, с. 127–134]. Вегетационные опыты и математическая обработка полученных результатов проведены согласно общепринятых методик [4].

Результаты исследований, полученные в условиях вегетационных опытов, показали, что загрязнение почвы ТМ снижает содержание фотосинтезирующих пигментов в листьях пшеницы озимой на ранних этапах онтогенеза (рис. 1). Так, содержание суммы хлорофиллов ($a + b$)

в листьях растений, выросших на незагрязненной почве, достигало 3,40 мг/г сырой фитомассы, а внесение в грунт ТМ снижало эти показатели до 3,24 мг/г.

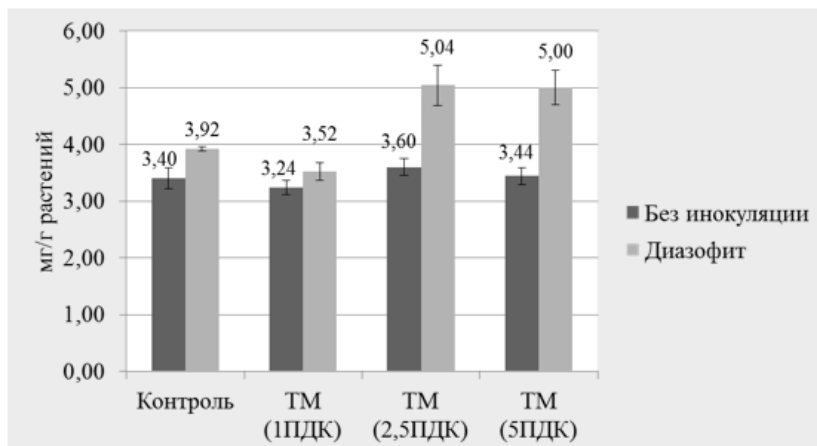


Рисунок 1. Влияние инокуляции на содержание хлорофиллов (a+b) в листьях пшеницы озимой при загрязнении почвы ТМ (Cr, Cu, Pb)

Анализ полученных результатов свидетельствуют о положительном воздействии предпосевной бактериализации семян на возрастание количества хлорофиллов в листьях пшеницы озимой как в контроле, так и на фоне загрязнения почвы ТМ. Содержание пигментов в листьях бактеризованных растений достигало 3,92 мг/г фитомассы (контроль) и 3,52–5,04 мг/г (различные уровни ПДК ТМ), что превышало значения небактеризованных растений на 15 % и 7–15 % соответственно.

Нарушение функционирования пигментного комплекса пшеницы озимой при загрязнении почвы ТМ снижает продуктивность растений: их фитомасса уменьшилась на уровне 1 и 2,5 ПДК на 7 %, а на уровне 5 ПДК – в 2,3 раза по сравнению с контролем (табл. 1). Использование Диазофита для предпосевной инокуляции семян способствовало увеличению фитомассы пшеницы как в контрольном варианте (на 19 %), так и при загрязнении почвы ТМ. Установлено, что бактериализация снижает стрессовое воздействие ТМ: фитомасса бактеризованных растений при загрязнении почвы на уровне 1 ПДК возросла на 42 % по сравнению с растениями, выросшими

из инокулированных семян, а на уровне 2,5 и 5 ПДК – на 25 % и 90 % соответственно.

Таблица 1.

Влияние инокуляции на продуктивность и высоту пшеницы озимой при загрязнении почвы ТМ (чернозем южный, вегетационный опыт)

Вариант	Фитомасса		Высота	
	г/растение	%	см	%
<i>Контроль (без внесения ТМ)</i>				
Без инокуляции	0,26	100	13,6	100
Диазофит	0,31	119	13,6	100
НСР ₀₅	0,050		1,00	
<i>ТМ (1 ПДК)</i>				
Без инокуляции	0,24	100	14,6	100
Диазофит	0,34	142	17,4	119
НСР ₀₅	0,030		1,00	
<i>ТМ (2,5 ПДК)</i>				
Без инокуляции	0,24	100	12,8	100
Диазофит	0,30	125	15,2	119
НСР ₀₅	0,060		1,29	
<i>ТМ (5 ПДК)</i>				
Без инокуляции	0,11	100	10,9	100
Диазофит	0,21	190	15,6	143
НСР ₀₅	0,060		2,17	

Необходимо отметить также положительное воздействие Диазофита на высоту пшеницы, выросшей на загрязненной почве: она превышала рост небактеризованных растений на 19–43 % в зависимости от уровня ПДК ТМ.

Таким образом, полученные результаты свидетельствуют о позитивном влиянии предпосевной инокуляции семян (Диазофит) на количественный состав суммы хлорофиллов ($a+b$) в листьях пшеницы озимой в ранние этапы онтогенеза растений, что способствует повышению их продуктивности и роста благодаря смягчению стрессового воздействия ТМ.

Список литературы:

1. Белимов А.А., Тихонович И.А. Микробиологические аспекты устойчивости и аккумуляции тяжелых металлов у растений // Сельскохозяйственная биология. – 2011. – № 3. – С. 17–22.

2. Волкогон В.В. Мікробніпрепарати у землеробстві. Теорія і практика / В.В. Волкогон, О.В. Надкернична, Т.М. Ковалевська та ін. – К.: Аграрна наука, 2006. – 312 с.
3. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учебное пособие. – М.: Высшая школа, 1975. – С. 127–134.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Иутинская Г.А. Биорегуляция микробно-растительных систем: Монография / Г.А. Иутинская, С.П. Пономаренко, Е.И. Андреюк и др. – К.: Ничлава, 2010. – С. 352–375.
6. Иутинская Г.А., Колпа Ю.В., Степашко В.С. Моделирование динамики численности микроорганизмов в почве, загрязненной тяжелыми металлами // Мікробіологічний журнал. – 2002. – Т. 64, № 3. – С. 59–67.
7. Прядкина Г.А., Шадчина Т.М. Связь между показателями мощности развития фотосинтетического аппарата и зерновой продуктивностью озимой пшеницы в разные по погодным условиям годы // Физиология и биохимия культурных растений. – 2009. – Т. 41, № 1. – С. 59–68.
8. Шадчина Т.М., Прядкіна Г.О., Моргун В.В. Зв'язки між характеристиками фотосинтетичногоапарату та зерною продуктивністю у різних сортів озимої пшениці // Досягнення і проблеми генетики, селекції і біотехнології. Зб. наук. праць. – К.: Логос, 2007. – Т. 2. – С. 410–415.
9. Чайковская Л.А., Сологуб Н.А., Баранская М.И. Влияние бактеризации на развитие *Sorghum sudanense* (Piper.) Stapf. и ризосферную микрофлору при воздействии тяжелых металлов // Промышленная ботаника. Сб. науч. трудов. – Донецк: Донецкий ботсад НАН Украины, 2011. – С. 32–35.

ВЛИЯНИЕ СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ NO-TILL НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ АКТИВНОСТЬ РИЗОСФЕРЫ ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ

Мельничук Татьяна Николаевна

*д-р с.-х. наук, ст. науч. сотр., глав. науч. сотр. отдела
сельскохозяйственной микробиологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: melnichuk7@mail.ru*

Алексеенко Надежда Владимировна

*канд. с.-х. наук, зав. лабораторией молекулярной и клеточной биологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: alekseenko27@mail.ru*

Абдурашитов Сулейман Февзиевич

*научный сотрудник лаборатории молекулярной и клеточной биологии
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: asuleyman83@rambler.ru*

Якубовская Алла Ивановна

*научный сотрудник лаборатории экологии
и физиологии микроорганизмов
Федерального государственного бюджетного учреждения науки
«Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»,
РФ, г. Симферополь
E-mail: yakubovskaya_alla@mail.ru*

Томашова Ольга Леонидовна

*канд. с.-х. наук, доц. кафедры земледелия и агрономической химии
Академии биоресурсов и природопользования
Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского,
РФ, г. Симферополь
E-mail: tomluts@ya.ru*

INFLUENCE OF NO-TILL FARMING SYSTEM ON BIOLOGICAL ACTIVITY OF WINTER WHEAT RHIZOSPHERE

Tatyana Melnichuk

*doc. of agricultural Science, senior researcher, chief researcher
of Agricultural Microbiology department of Federal State budget Institution
of Science “Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea”,
Russia, Simferopol*

Nadezhda Alekseenko

*candidate of agricultural Science, Head of Molecular and Cellular Biology
laboratory of Federal State budget Institution of Science
“Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea”,
Russia, Simferopol*

Suleiman Abdurashytov

*researcher of Molecular and Cellular Biology laboratory
of Federal State budget Institution of Science
“Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea”,
Russia, Simferopol*

Alla Yakubovskaya

*researcher of Ecology and Physiology of Microorganisms laboratory
of Federal State budget Institution of Science
“Scientific Research Institute of Agriculture of the Crimea”,
Russia, Simferopol*

Olga Tomashova

*candidate of agricultural Science, assistant professor of assistant professor
of Agriculture and agronomic Chemistry department of the Academy of Life
and Environmental of V.I. Vernadsky Crimean Federal University,
Russia, Simferopol*

АННОТАЦИЯ

Определено влияние традиционной системы земледелия и ресурсосберегающей No-till на биологическую активность ризосферы пшеницы озимой (*Triticum aestivum* (L.)) при ее выращивании в условиях Степи Крыма. Активность окислительно-восстановительных ферментов почвы ризосферы (полифенолоксидазы,

пероксидазы) определяли методом титрования и фотоэлектроколориметрии. Установлено изменение биологической активности почвы ризосферы пшеницы озимой под воздействием традиционной системы земледелия и No-till, которое зависело от фазы развития растения.

ABSTRACT

Influence of conventional farming systems and resource-saving No-till practice on the biological activity of the rhizosphere of winter wheat (*Triticum aestivum* (L.)) during its cultivation in the Steppe Crimea has been determined. The activity of enzymes in the rhizosphere soil (polyphenol oxidase, peroxidase) has been determined by titration method and by using of photoelectrocolorimeter. The changes in the biological activity of the winter wheat rhizosphere under the influence of conventional farming systems and No-till have been defined, that depended on the phase of plant development.

Ключевые слова: система земледелия; No-till; активность ферментов; ризосфера; пшеница озимая.

Keywords: farming system; No-till; enzyme activity; rhizosphere; winter wheat.

Агротехнологии в условиях современного земледелия являются решающим фактором, определяющим активность и направленность биологических процессов, в том числе и в микробоценозе почвы [5, с. 53]. Сегодня во многих странах получила широкое распространение ресурсосберегающая система земледелия No-till, которая требует изучения в условиях южной Степи [1; 7].

Почвенные микроорганизмы создают большой и динамичный источник элементов питания во всех экосистемах, играют главную роль в разложении растительных остатков и круговороте питательных веществ, поддержании структуры почвы, биологической азотфиксации, уменьшении числа фитопатогенов и других изменениях свойств почв, влияющих на развитие растений.

Цель исследований состояла в определении влияния традиционной системы земледелия и ресурсосберегающей No-till на биологическую активность ризосферы пшеницы озимой при ее выращивании в условиях Степи Крыма.

Исследования проводили в условиях стационарного полевого опыта по изучению эффективности применения современной ресурсосберегающей системы земледелия No-till в сравнении с традиционной, который был заложен в 2013 году всеми полями севооборота.

Технологией возделывания озимой пшеницы (*Triticum aestivum* (L.)) на черноземе южном Степи Крыма запланирован сорт Заграва Одесская.

Традиционная система земледелия включала следующие агротехнические мероприятия: обработку почвы на 10–12 см, посев сеялкой СН-16, ширина междурядья – 15 см. Срок сева 15–16 октября 2014 г. норма высева семян составила 5 млн.шт./га. Уход за посевами пшеницы озимой включал в себя весеннюю обработку в фазу кушения (11 апреля 2015 г.) баковой смесью гранат – 0,012 г/га + фенизан – 0,12 л/га.

При системе земледелия No-till посев осуществлялся сеялкой JOHN DEERE 1590, ширина междурядья – 19 см. Уход за посевами озимых культур включал осеннюю обработку глифосатом 29 сентября 2014 (за 2 недели до сева) препаратом ураган-форте 2 л/га (расход рабочей жидкости 100 л). Весенняя обработка гербицидами в фазу кушения (11 апреля 2015 г.) проведена также, как и при традиционной системе – баковой смесью препаратов гранат – 0,012 г/га + фенизан – 0,12 л/га.

Для анализа проводили отбор почвы ризосферы (прикорневой слой до 0,5 см) в следующие фазы развития растений: кушение, колошение, созревание. Определяли активность окислительно-восстановительных ферментов почвы ризосферы (полифенолоксидаз, пероксидаз), используя методы титрования и фотоэлектроколориметрии [3, с. 228; 229], а также содержание зеленых пигментов (сумма хлорофиллов а и b) в листьях в фазу кушения растений [3, с. 21].

Обработку полученных результатов проводили статистическими методами (дисперсионного и корреляционного анализа) [4] с использованием пакета анализа Excel.

Активность почвенных ферментов служит одним из показателей биологической активности и плодородия почв. Ферменты класса оксидоредуктаз катализируют окислительно-восстановительные реакции, лежащие в основе биологического окисления. Представители этого класса пероксидазы и полифенолоксидазы являются катализаторами реакций, связанных с превращениями компонентов гумуса в почве. В условиях 2015 года использование No-till способствовало увеличению активности полифенолоксидаз в фазы колошения и созревания пшеницы озимой в сравнении с традиционной системой земледелия, тогда как повышение активности пероксидаз отмечено в более ранний период развития растений – фазы кушения и колошения (табл. 1).

Таблица 1.

Влияние разных систем земледелия на ферментативную активность почвы ризосферы пшеницы озимой сорта Заграва Одесская по фазам развития растений

Вариант опыта	Активность ферментов почвы ризосферы по фазам развития пшеницы озимой		
	кущение	колошение	созревание
Пероксидаз, мкмоль $C_7H_8O_2/100$ г а.с.п.			
Традиционная	0,81	40,5	0,59
No-till	1,57	62,6	0,59
НСП ₀₅	0,46	10,57	0,17
Полифенолоксидаз, мл 0,01 н КЮ ₃ /100 г а.с.п.			
Традиционная	1,51	0,89	0,45
No-till	0,48	1,36	1,43
НСП ₀₅	0,17	0,12	0,10

Соотношение показателей активности ферментов полифенолоксидаз и пероксидаз позволяет получить условный коэффициент гумусообразования [2, с. 536; 6, с. 35]. Применение системы земледелия No-till при выращивании пшеницы способствовало усилению процессов гумусообразования в фазу созревания (рис. 1).

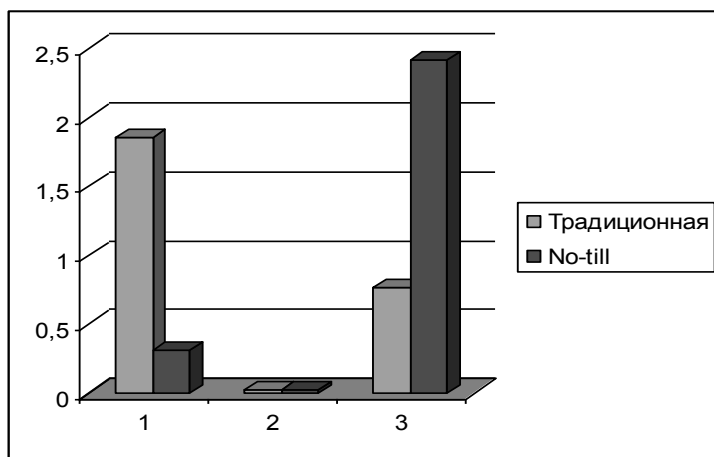


Рисунок 1. Условный коэффициент гумусообразования (примечание: фазы развития растений: 1 – кущение, 2 – колошение, 3 – созревание)

Содержание зеленых пигментов (сумма хлорофиллов а и b) в растении зависит от условий минерального питания, особенно от содержания азота в почве. Нами установлено, что применение No-till способствовало увеличению суммы хлорофиллов а и b в листьях растений в фазу кушения пшеницы (рис. 2). Превышение показателей содержания хлорофиллов на озимой пшенице составило 10 %.

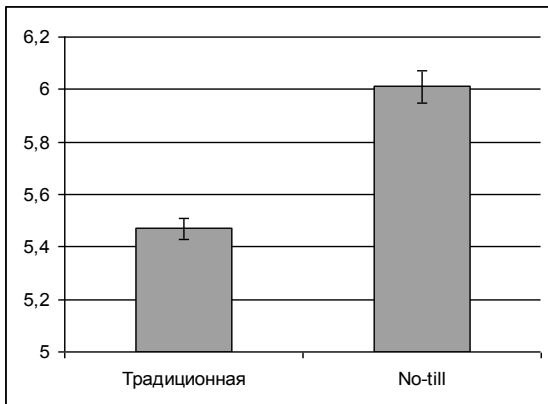


Рисунок 2. Содержание хлорофилла (a + b) в листьях растений в фазу кушения пшеницы озимой, мг/г сырого вещества

Таким образом, результаты исследований свидетельствуют об изменении биологической активности почвы ризосферы пшеницы озимой под воздействием традиционной системы земледелия и No-till, которое зависело от фазы развития растения.

Список литературы:

1. Адамень Ф.Ф., Паштецкий В.С., Сидоренко А.В. Агроэкологические особенности аграрного производства в Крыму. Клепинино. ИСХ Крыма, 2011. 104 с.
2. Анилова Л.В., Куранова В.В., Клименкова П.О. Гумусообразование и гумус черноземов ассиметричных склонов общего сырта // Вестник ОГУ. 2009. № 6 (100). С. 534–536.
3. Грицаенко З.М., Грицаенко А.О., Карпенко В.П. Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин та ґрунтів. – К.: Нічлава, 2003. 320 с.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.

5. Иутинская Г.А., Пономаренко С.П., Андреюк Е.И. и др. Биорегуляция микробно-растительных систем. – К.: Ничлава, 2010. 464 с.
6. Надежкин С.М. Изучение взаимосвязи органического вещества с продуктивностью культур и моделирование гумусного состояния почв лесостепи Среднего Поволжья // Методы исследования органического вещества почв. – М.: Россельхозакадемия, ГНУ ВНИПТИОУ, 2005. С. 29–43.
7. Томашова О.Л., Томашов С.В. Новая система земледелия в Крыму // Умное земледелие. 2014. № 1. С. 11–14.

СЕКЦИЯ

«БИОХИМИЯ»

АРГИНАЗНАЯ АКТИВНОСТЬ У ПЛЕСНЕВОГО ГРИБА ASPERGILLUS NIGER R-3

Оганесян Софик Петросовна

*д-р биол. наук, проф. ЕГУ, РА,
Республика Армения, г. Ереван*

E-mail: SophikHovhannisyan@yahoo.com

THE ACTIVITY OF ARGINASE IN MOLD FUNGI OF ASPERGILLUS NIGER R-3

Sophik Hovhannisyan

*doctor of biological sciences, professor of Yerevan State University,
Armenia, Yerevan*

АННОТАЦИЯ

Изучалась активность фермента аргиназы у плесневого гриба *Aspergillus niger*-R3. Показано, что при выращивании его на питательной среде, содержащей сульфат аммония, L-аргинин резко стимулирует активность ферментов в присутствии субстрата – L-аргинин. Фермент имеет цитоплазматическую локализацию и обладает субстратной специфичностью.

ABSTRACT

We have studied the arginase enzyme activity of *Aspergillus Niger* R3. It is shown that when growing it on a nutrient medium containing ammonium sulfate, L-arginine strongly stimulates enzyme activity in the presence of the substrate L-arginine. The enzyme has a cytoplasmic localization and a substrate specificity.

Ключевые слова: аргиназа; пероксисомы; плесни; L-аргинин.

Key words: arginase; peroxisome; fungi; L-arginine.

Содержание аргинина в органах и тканях в основном лимитируется аргиназой, которая расщепляет его на орнитин и мочевину, и представлена двумя формами- цитоплазматической и митохондриальной. Последние работы свидетельствуют об участии этого фермента в механизмах иммуносупрессии и подавлении противоопухолевого ответа [1].

Имеется множество литературных данных о содержании различных изоферментов аргиназы у животных и микроорганизмов. Общеизвестно, что уреотелическая аргиназа в печени млекопитающих участвует в обезвреживании аммиака, а отдельные ферменты орнитинового цикла имеют своё самостоятельное место в метаболизме клетки [3].

Очевидно, что обнаружение ферментов служит для обеспечения оптимальных концентраций в клетках аргинина, биосинтеза глутамина, обеспечивающего биосинтез важнейших азотсодержащих компонентов клетки (пуриновые и пиримидиновые нуклеотиды, гексозамины, гистидин, триптофан), которые вызывают индукцию белков и, в том числе ферментов.

Относительно существования орнитинового цикла у микроорганизмов в литературе имеются немногочисленные данные, касающиеся *N. crassa*, *Sach. cerevisiae*, *Vac. Licheniformis*, *Vac. subtilis* и др. [2]. В литературе отсутствуют данные относительно наличия ферментов орнитинового цикла, в особенности, аргиназы у плесневого гриба *Aspergillus niger* R-3

Целью данной работы является исследование аргиназы у *Asp. niger* R-3, в частности, выявление ее активности и изучение некоторых регуляторных свойств.

Объект и методы исследования. В качестве объекта исследования служит плесневой гриб *Asp. niger* R-3, который используется в производстве лимонной кислоты [5], приведенный из института Микробиологии Санкт-Петербурга.

Состав питательной среды роста грибов – гриб выращивали в синтетической среде Ролена, 100 мл которого (рН-7.0) содержат следующие компоненты, растворенные в 100 мл водопроводной воды: глюкоза (Sigma) – 2 г., KH_2PO_4 (Sigma) – 0.05 г, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ (Sigma) – 0.005 г, MgSO_4 (Sigma) – 0.05 г, L-аланин – 0,4 г артинин – 1,1 г, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,35 г (Renal Hungary) в качестве источника азота.

Посев производился в 100 мл среды, в стерильных условиях, при температуре 42°C, а выращивание – при 32°C в ультратермостате (УТ-15) в течении 4 дней.

Приготовление плесневого экстракта – 4-х дневную выращенную культуру *Asp. niger* R-3 обезвоживали на фильтровальной бумаге, взвешивали и подвергали гомогенизации в дистиллированной воде в гомогенизаторе типа Поттера-Эльведжема (6 минут), 10 % гомогенат центрифугировали (центрифуга СЛ-1) со скоростью (3000 об/мин) 600–700 g при температуре 0–4°C 10 минут для удаления ядерной фракции.

Определение аргиназной активности – аргиназную активность определяли методом Ратнера с небольшими изменениями (Rathner et al., 1949). К 1 мл исследуемого экстракта плесневого гриба добавляли 5 мкМ $MnCl_2$, 0.04 М глицинового буфера (pH-9.5) и 50 мкМ, L – аргинина. После часовой инкубации реакцию остановили добавлением 15 % ТХУ. Спустя 20 минут экстракт подвергли центрифугированию, и в надосадочной жидкости определили мочевины. Активность фермента выражалась в микромолях (мкМ) образовавшейся мочевины на 1 г мицелия [4].

Статистическая обработка результатов исследований – осуществляли, применяя метод достоверности Стьюдент-Фишера (Гиурман 1997). Достоверность различий средних (\bar{p}) величин определяли с помощью t-критерия Стьюдента (Рокицкий, 1973).

Таблица 1.

Аргиназная активность гриба *Aspergillus niger* при росте на синтетической среде с различными источниками азота

N	(NH ₄)SO ₄			L-аргинин		
	кол-во белка (мг)	общая активность	уд. акт. на 1 мг белка	кол-во белка (мг)	общая активность	уд. акт. на 1 мг белка
1	20.5	44.8	2.18	22.8	180.8	7.92
2	18.8	58.7	3.12	20.3	215.4	10.61
3	22.4	62.3	2.78	19.8	195.7	9.88
4	21.1	48.5	2.3	18.2	200.7	11.02
5	23.5	65.8	2.8	20.3	175.8	8.66
6	22.8	68.4	3	32	166.5	5.2
M±m	25.23±2.25	58.1±4.76	2.7±0.2	22.23±2.5	189.15±9	8.88±2.33

Результаты исследования: В I-ой серии эксперимента исследовали аргиназную активность при росте гриба в синтетической среде с различными источниками азота ((NH₄)₂SO₄ и L-аргинин). Данные таблицы 1 показывают, что при росте на среде с сульфатом аммония, активность фермента, в среднем, составляет 58,1 мкМ, удельная активность – 2,7 мкМ. А при росте на среде с L-аргинином

в качестве источника азота, активность аргиназы резко увеличивается (приблизительно в 3 раза): общая активность равна 189,2 мкМ, а удельная активность – 8,8 мкМ. Эти данные свидетельствуют о субстратной индукции аргиназы. В литературе имеются данные о субстратной индукции аргиназы у ряда микроорганизмов: дрожжи рода *Candida*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae*, *Aspergillus vidulans* [2].

В следующей серии экспериментов исследовалась внутриклеточная локализация аргиназы. Известно, что локализованные в цитоплазме некоторые растворимые ферменты могут находиться в определенных внутриклеточных структурах, каковыми могут быть различные популяции пероксисом, в которых находятся D- и L-аминокислотные оксидазы, каталаза, уратоксидаза и др. [6].

Методом изопикнического центрифугирования в градиенте 0,25 М сахарозы и 15 % перколлы из гомогената плесневого гриба *Aspergillus niger* R-3 были выделены 4 пероксисомальные фракции, в которых была определена аргиназная активность. Данные таблицы 2 свидетельствуют о том, что активность аргиназы локализована в основном в III-ей и IV-ой фракциях пероксисом. Далее исследовалось влияние некоторых аминокислот (L-орнитин, L-лизин, L-пролин) на активность аргиназы *Aspergillus niger* R-3. Литературные данные относительно влияния этих аминокислот у различных организмов несколько противоречивы. Так L-орнитин не влияет на аргиназную активность *Bacillus subtilis*, а у аэробных инфузорий высокомолекулярный изоэнзим аргиназы ингибируется L-орнитином и L-пролином, но не L-лизином. L-орнитин является конкурентным ингибитором аргиназы дрожжей *Saccharomyces cerevisiae* и грибов *Neurospora crassa*.

Таблица 2.

Аргиназная активность гриба *Aspergillus niger* в различных пероксисомальных фракциях

Варманты	Активность	
	мкМ мочевины на 1 г мицелия	%
Экстракт	166,5	100
Фракции		
I	0	0
II	15.0	9
III	66.9	40.2
IV	79.6	47.8

Таблица 3.

**Влияние аминокислот на аргиназную активность
гриба *Aspergillus niger* R-3**

Варианты	Активность	
	мкМ мочевины на 1 г мицелия	% ингибиции
Экстракт	166,4	100
+ L-орнитин	39,5	76,3
+ L-лизин	55,1	66,9
+ L-пролин	121,5	27,0
Таблица 3 (продолжение)		
III фракция	66,8	100
+ L-орнитин	29,7	55,6
+ L-лизин	35,8	46,5
+ L-пролин	53,2	20,8
IV фракция	79,6	100
+ L-орнитин	13,5	83,1
+ L-лизин	42,0	47,2
+ L-пролин	60,3	24,3

Данные таблицы 3 показывают, что все исследуемые аминокислоты (50 мкн) имеют ингибирующее влияние на аргиназную активность как в общем гомогенате, так и в отдельных пероксисомальных фракциях. Наивысшее ингибирующее влияние оказывает L-орнитин (76 %), чуть слабее – L-лизин (60 %). Сравнительно слабое ингибирующее влияние оказывает L-пролин (27 %). Этот факт представляет некоторый интерес, свидетельствуя о том, что, аргиназа плесневого гриба *Aspergillus niger* R-3 является неуреотелической и может функционировать в системе биосинтеза пролина и аргинина.

Развивается точка зрения о том, что в зависимости от состава питательной среды образуются различные популяции пероксисом с различными наборами окислительных ферментов, обеспечивающих адаптацию гриба к условиям внешней среды.

Кроме того, плесневая аргиназа является регулируемым ферментом и подвергается субстратной индукции.

Список литературы:

1. Авакян О.Х. – Антиоксидантная активность *E. coli* и метаболический профиль L-аргинина и креатина при асцитной карциноме Эрлиха, автореф. – Ереван, Армения 2015.

2. Габриелян Г.А. – Ферменты орнитинового цикла у дрожжей *S. guilliermondii* ВКМ-У-42, автореф. – Ереван, Армения.
3. Давтян М.А. – Эволюционные аспекты образования и нейтрализации аммиака. III Сисакяновские чтения – Ереван, Армения 2004 – С. 106–155.
4. Давтян Р.М., Оганесян С.П. и др. – Влияние перекиси водорода на активность ферментов орнитинового цикла у плесневого гриба *Asp.niger* R-3 – Биолог.журнал Армении LXV3,2013 – С. 46–50.
5. Журавский Г.И. и др. – Производство пищевых кислот. – М,1953, С. 1–234.
6. Baudhuin P. – Liver peroxisomes, citozoly and function. *Ann NY Acad – Sci*168, 1969 – P. 209–381.

СЕКЦИЯ
«БОТАНИКА»

НОВЫЕ И ИНТЕРЕСНЫЕ НАХОДКИ
ДРЕВОРАЗРУШАЮЩИХ БАЗИДИОМИЦЕТОВ
В НАЦИОНАЛЬНОМ ПАРКЕ «БУЗУЛУКСКИЙ БОР»

Маленкова Анна Сергеевна

*канд. биол. наук, старший преподаватель,
Оренбургский государственный педагогический университет,
кафедра общей биологии, экологии и методики обучения биологии,
РФ, г. Оренбург
E-mail: makenkova.an@yandex.ru*

Сафонов Максим Анатольевич

*д-р биол. наук, доц.,
Оренбургский государственный педагогический университет,
кафедра общей биологии, экологии и методики обучения биологии,
РФ, г. Оренбург
E-mail: safonovmaxim@yandex.ru*

NEW AND INTERESTING FINDS OF WOOD-DESTROYING
BASIDIOMYCETES IN NATIONAL PARK
“BUZUKUKSKYI BOR”

Anna Malenkova

*candidate of biological sciences,
lecturer Orenburg State Pedagogical University,
Department of common biology, ecology and methods of teaching biology,
Russia, Orenburg,*

Maxim Safonov

*doctor of biological sciences, docent, Orenburg State Pedagogical
University, head of the department of common biology,
ecology and methods of teaching biology,
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные о 27 новых и интересных находках древоразрушающих базидиальных грибов, отмеченных на территории национального парка «Бузулукский бор»; 16 видов впервые отмечены для территории региона. Предполагается дальнейшее расширение списка видов грибов за счет охвата исследованиями других частей региона.

ABSTRACT

The article presents data on 27 species of wood-destroying basidiomycetes interesting and new for region? which were marked at the territory of “Buzulukskiy Bor” National Park. The acceleration of list of species can be reached by enlarging the territories of investigations.

Ключевые слова: древоразрушающие грибы, национальный парк «Бузулукский бор», биоразнообразии микобиоты, новые виды.

Keywords: wood-destroying fungi, national park “Buzulukskiy Bor”, mycobiota biodiversity, new species.

Древоразрушающие базидиальные грибы достаточно многочисленная группа редуцентов, объемы которой варьируют от 200 до 800 видов в зависимости от региона. В Оренбургской области разнообразии этой группы по разным оценкам варьирует от 400–500 видов до 800 [2; 3]. В настоящее время в пределах региона выявлено более 300 видов ксилотрофных базидиальных грибов [3], что позволяет утверждать, что основное видового разнообразии микобиоты на настоящий момент выявлено, однако продолжающиеся исследования ежегодно приносят данные о новых локалитетах ранее единично встречавшихся видов, а также находки видов, ранее не отмеченных в регионе.

Большой пул не обнаруженных ранее видов, вероятно, находится на территории Национального парка «Бузулукский бор», являющегося рефугиумом многих редких, реликтовых видов и сообществ [3].

Ранее проведенные нами исследования позволили выявить в микобиоте бора 85 видов древоразрушающих базидиальных грибов [1]. Дальнейшие исследования позволили выявить ряд видов, новых не только для территории бора, но и для региона в целом.

Ниже приводится аннотированный список видов, отмеченных при изучении видового разнообразии ксилотрофных грибов, проведенных на территории Национального парка «Бузулукский бор».

Список новых и интересных видов ксилотрофных грибов, отмеченных в НП «Бузулукский бор».

Amylocorticiellum molle (Fr.) Spirin & Zmitr. – первая находка вида в регионе, отмечен на мелкоразмерном валеже сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Amylocorticiellum subillaqueatum (Litsch.) Spirin & Zmitr. – вид однократно отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 04.08.2014.

Amylocystis lapponica (Romell) Bondartsev & Singer – первая находка вида в регионе; отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Antrodia sinuosa (Fr.) P. Karst. – обычный вид для сосновых лесов, особенно естественного происхождения, обитает на крупномерном валеже. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014. [2].

Antrodia albobrunnea (Romell) Ryvardeu – первая находка вида в регионе, отмечен на валежной ветви сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Botryobasidium subcoronatum (Höhn. & Litsch.) Donk – первая находка вида в регионе, отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Bulbillomyces farinosus (Bres.) Jülich – первая находка вида в регионе, отмечен на мелкоразмерном валеже калины в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Ceraceomyces sulphurinus (P. Karst.) J. Erikss. & Ryvardeu – первая находка вида в регионе, отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Coniophora arida (Fr.) P. Karst. – широко распространенный, массовый вид во многих искусственных и естественных насаждениях сосны. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Coniophora hanoiensis Pat. – первая находка вида в регионе, отмечен на мелкоразмерном валеже сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Coniophora olivaceae (Fr.) P. Karst. – обычный вид для естественных и искусственных сосняков региона. Отмечен на валеже сосны в окрестностях г. Кумертау, 08.09.2014.

Diplomitoporus flavescens (Bres.) Domanski – вид широко распространен в старовозрастных естественных и искусственных насаждениях сосны в регионе, как правило – на крупномерном валеже сосны. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014 [2].

Exidia pithya (Alb. & Schwein.) Fr. – обычный вид для НП «Бузулукский бор», отмечен на мелкомерном валеже сосны.

Gloeoporus taxicola (Pers.) Gilb., & Ryvardeu – широко распространенный в регионе вид, поселяется на валеже разного

размера в естественных и искусственных насаждениях сосны, реже лиственницы [3]. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Hypoderma setigerum (Fr.) Donk – вид широко распространен на валеже разных видов древесных растений в разных частях региона. Отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор» 04.08.2014.

Hypoderma involutum (H.S. Jaks. & Dearden) Hjortstam & Ryvarde – первая находка вида в регионе, отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Hypodontia arguta (Fr.) J. Erikss. – вид встречается часто, но не многочисленно на лиственных древесных породах в разных частях региона, особенно часто – на валеже березы. Отмечен на мелкоразмерном валеже калины в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Leptosporomyces galzinii (Bourdot) Jülich – первая находка вида в регионе, отмечен на сухостойной ветви калины в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Leucogyrophana montana (Burt) Domański – первая находка вида в регионе, отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Leucogyrophana sororia (Burt) Ginns – первая находка вида в регионе, отмечен на валежной ветви сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Oligoporus leucospongia (Cooke & Harkn.) Gilb. & Ryvarde – первая находка вида в регионе, отмечен на мелкоразмерном валеже сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Phanerochaete sanguinea (Fr.) Pouzar – на мелком веточном валеже в естественных и искусственных насаждениях сосны. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Piloderma byssinum (P. Karst.) Jülich – вид однократно отмечен на валежной ветви сосны в НП «Бузулукский бор» 04.08.2014.

Thelephora terrestris Ehrh. – широко распространенный в естественных и старовозрастных искусственных насаждениях сосны. Отмечен в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Tomentella asperula (P. Karst.) Höhn. & Litsch. – первая находка вида в регионе, отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Tubulicrinis effugiens (Bourdot & Galzin) Oberw. – первая находка вида в регионе; отмечен на валеже сосны в НП «Бузулукский бор», 4.08.2014.

Tubulicrinis strangulatus K.H. Larss. & Hjortstam – первая находка вида в регионе, отмечен на мелкоразмерном валеже сосны в НП «Бузулукский бор» 4.08.2014.

Таким образом, продолжение работ по изучению видового состава ксилотрофных грибов региона дает большие перспективы в плане расширения видового списка региональной микобиоты.

Список литературы:

1. Сафонов М.А. Древоразрушающие грибы Бузулукского Бора (Оренбургская область) // Микология и фитопатология. Т. 36. Вып. 6. 2002. С. 23–35.
2. Сафонов М.А., Маленкова А.С. Древоразрушающие грибы искусственных хвойных насаждений в Южном Приуралье // Вестник ОГУ, № 12 (131), декабрь 2011. – С. 140–143.
3. Сафонов М.А. Список древоразрушающих базидиальных грибов Оренбургского Приуралья (Россия) // Вестник Оренбургского Государственного Педагогического Университета. – Электронный научный журнал (Online). ISSN 2303-9922. <http://www.vestospu.ru>, 2015. № 2 (14). – С. 11–28.
4. Степанова Н.Т. Основы экологии древоразрушающих грибов / Н.Т. Степанова, В.А. Мухин. – М.: Наука, 1979. – 100 с.

РАЗНООБРАЗИЕ И РАСПРОСТРАНЕНИЕ ГРИБОВ РОДА *POSTIA* FR. В ЮЖНОМ ПРЕДУРАЛЬЕ

Сафонов Максим Анатольевич

д-р биол. наук, доц., Оренбургский государственный педагогический университет, заведующий кафедрой общей биологии, экологии и методики обучения биологии,

РФ, г. Оренбург

E-mail: safonovmaxim@yandex.ru

DIVERSITY AND DISTRIBUTION OF FUNGI OF GENUSE *POSTIA* FR. IN THE SOUTHERN PREURALS

Maxim Safonov

*doctor of biological sciences, docent,
Orenburg State Pedagogical University, head of the department of common
biology, ecology and methods of teaching biology
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся данные о видовом составе грибов рода *Postia*, отмеченных на территории Южного Приуралья. Предоставлены данные об экологии 14 отмеченных видов. Приводятся описания макро- и микроскопических характеристик видов, впервые отмеченных на территории региона: *Postia leucospongia*, *P. guttulata*.

ABSTRACT

The article presents data on the species of fungi of genus *Postia*, marked in the Southern Urals. The data about the environment of 14 selected species is given. Descriptions of macro- and microscopic characteristics of species, marked the first time in the region: *Postia leucospongia*, *P. guttulata* are given.

Ключевые слова: древоразрушающие грибы, *Postia*, *Tyromyces*, экология грибов; Южное Предуралье, *Postia leucospongia*, *P. guttulata*.

Keywords: wood-destroying fungi, *Postia*, *Tyromyces*, ecology of fungi; Southern Urals, *Postia leucospongia*, *P. guttulata*.

Древоразрушающие базидиальные грибы представляют собой весьма многочисленную внесистематическую группу. Они отличаются по морфологии плодовых тел, их окраске, отсутствию или наличию хламидоспор, форме гименофора, структурным элементам гимения, представленности гиф разных типов; главная черта их сходства – способность разлагать лигнин-целлюлозные соединения за счет выработки специальных ферментов.

Одним из широко распространенных родов древоразрушающих базидиомицетов является род *Postia*. Этот род в разных источниках рассматривается как *Oligoporus* или как *Postia*. В некоторых случаях границы рода еще более расплывчаты, так как часть видов рода рассматривают в качестве представителей рода *Tyromyces*. Это связано с тем, что их плодовые тела достаточно сходны по морфологии и анатомии. У обоих родов базидиомы однолетние, распростертые, распростерто-отогнутые до полностью отогнутых, беловатые или меняющие свою окраску с возрастом или при повреждении. Представители обоих родов – мономитики, в гимении которых присутствуют или отсутствуют цистиды и другие стерильные элементы. Некоторые отличия есть по форме спор – в роде *Postia* чаще встречаются виды с аллантоидными спорами, а у видов рода *Tyromyces* – споры от цилиндрических до почти шаровидных [1].

Важнейшее отличие между двумя этими родами – тип гнили, которые они вызывают. Виды рода *Postia* определяют бурую гниль, а виды рода *Tyromyces* – белую [7].

К роду *Postia* относят около 48 видов, из которых 24 встречаются в России; также отмечено 6 видов рода *Tyromyces* [Бондарцева, 1998]. В Оренбургской области ранее было отмечено 4 вида рода *Tyromyces*: *Tyromyces chioneus* (Fr.: Fr.) P. Karst., *T. fissilis* (Berk. & M.A. Curtis) Donk., *T. fumidiceps* G.F. Atk., *T. kmetii* (Bres.) Bod. & Sing., три из которых являются редкими и занесены в региональную красную книгу [2].

Согласно имеющимся данным, в микобиоте Южного Приуралья, к которому относится Оренбургская область, отмечено 14 видов рода *Postia* [4].

Распространение большинства этих видов приурочено к сосновым насаждениям разного генезиса. На крупных валежных стволах сосны достаточно часто встречаются *Postia caesia* (Schrad.) P. Karst., *P. fragilis* (Fr.) Jülich, *P. lateritia* Renvall, *P. leucomallella* (Murrill) Jülich, *P. septentrionalis* (Vampola) Renvall, *P. stiptica* (Pers.) Jülich.

Значительно меньше видов встречено на валеже лиственных древесных растений. Так, *Postia simanii* (Pilát) Jülich обнаружен однократно на валеже *Acer platanoides*; *Postia subcaesia* (A. David) Jülich – на валеже *Acer platanoides*, *Tilia cordata*, *Ulmus laevis* в лесостепных районах области.

Некоторые виды способны заселять валежную древесину как лиственных, так и хвойных деревьев (*Postia hibernica* (Berk. & Broome) Jülich – на валеже *Acer platanoides*, *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*, *Ulmus laevis*; *Postia sericeomollis* (Romell) Jülich – на валеже *Acer platanoides*, *Pinus sylvestris*; *Postia undosa* (Peck) Jülich – на валеже *Betula pendula*, *Pinus sylvestris* [5]; *Postia rennyi* (Berk. & Broome) Rajchenb. – на валеже *Betula pendula*, *Pinus sylvestris*).

Один из наиболее распространённых видов в регионе, встречающийся во многих районах в широколиственных лесах и в сосняках Бузулукского бора – *Postia tephroleuca* (Fr.) Jülich.

Отдельно хотелось бы остановиться на находках двух видов, однократно отмеченных в регионе.

Postia leucospongia (Cooke & Harkn.) Jülich была однократно обнаружена на валежной ветви *Pinus sylvestris* в Национальном парке «Бузулукский бор» 4.VIII.2014 г. Плодовое тело распростёртое, протяжённое вдоль субстрата, верхняя поверхность шляпки серовато-белая, сухая, покрытая мелкими ворсинками; поверхность гименофора

беловатая, поры угловатые, 2–4 мм, контекст волокнистый, беловатый. Гифальная система мономитическая, гифы септированные, до 5 мкм в диаметре. Стерильные элементы в гимении отсутствуют. Базидии булавовидные 4–5 x 14 (15) мкм, с базальной пряжкой. Базидиоспоры гиалиновые, аллантаидные, гладкие, 1,2–1,5 x 6–7 мкм. Редкость нахождения этого вида, вероятно, определяется специфическими условиями Бузулукского бора, являющегося единственным крупным реликтовым хвойным массивом в пределах Оренбургской области [3].

Еще один интересный представитель рода *Postia* в Южном Предуралье – *Postia guttulata* (Sacc.) Jülich. Ее плодовые тела ежегодно массово отмечаются в конце сентября – начале октября в единственной локации в кривоствольном березняке в пределах Троицкого заказника Тюльганского района Оренбургской области. Ниже приводится оригинальное описание собранных и идентифицированных нами образцов плодовых тел.

Базидиомы округлые, оттянутые в более-менее выраженную ножку, размеры 2 x 5 x 10 см, имеет белый или белесый. Край базидиомы подвернут и выглядит темнее основной поверхности, вплоть до умбрового у старых образцов. Преимущественно в центральной части шляпки имеются углубления с желтоватыми каплями диаметром 0,5–1 мм. Поверхность гименофора беловатая, поры угловатые, 4–5 на 1 мм, у молодых образцов отсвечивающие, с возрастом сливающиеся до 2 на мм, края трубочек с возрастом становятся зубчатыми. С возрастом поверхность гимения становится более желтой и отвердевает. Гифы частично инкрустированы смолистым веществом и мелкими кристаллами. Гифы гиалиновые, с мелкими пряжками 2,5–3 мкм в диаметре. Базидии булавовидные, 5x1 мкм, цистиды отсутствуют. Споры гиалиновые, неамилоидные, эллипсоидные, гладкие, 4,5–5 x 1,5–1,8.

Локальное распространение популяции данного вида, его устойчивая численность в течении многолетних наблюдений позволяет рассматривать этот вид, в качестве кандидата для включения в список редких видов грибов региона. Тем более, что в Европе этот вид является индикатором старовозрастных лесов с неким уровнем антропогенной нагрузки [6].

Список литературы:

1. Бондарцева М.А. Определитель грибов России: (порядок Афиллофоровые) / М.А. Бондарцева. – Л.: Наука, 1998. – Вып. 2. – 391 с.

2. Маленкова А.С. Представленность видов рода *Tygomycetes* в микобиоте Южного Приуралья // Вестник Оренбургского Государственного Педагогического Университета. – Электронный научный журнал (Online). ISSN 2303-9922. <http://www.vestospu.ru>, 2014. № 1 (9). С. 26–30.
3. Сафонов М.А. Деворазрушающие грибы Бузулукского Бора (Оренбургская область) // Микология и фитопатология. Т. 36. Вып. 6. 2002. С. 23–35.
4. Сафонов М.А. Список деворазрушающих базидиальных грибов Оренбургского Приуралья (Россия) // Вестник Оренбургского Государственного Педагогического Университета. – Электронный научный журнал (Online). ISSN 2303-9922. <http://www.vestospu.ru>, 2015. № 2 (14). – С. 11–28.
5. Сафонов М.А., Дубский Е.В. Новые находки видов ксилотрофных базидиальных грибов в Оренбургской области // Труды Ин-та биоресурсов и прикладной экологии. Вып. 6. Оренбург: Изд-во ОГПУ, 2007. – С. 49.
6. Kotiranta H. Uhanalaiset käävät Suomessa. Toinen, uudistettu painos / H. Kotiranta, T. Niemelä. – Helsinki, 1996. – 184 p.
7. Ryvarden L. The Polyporaceae of Europe / L. Ryvarden, R.L. Gilbertson. – Oslo: Fungiflora, 1992–1994. – V. 1–2. – 684 p.

СЕКЦИЯ

«ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ»

ВЛИЯНИЕ СРЕДНЕГОДОВОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ НА ПРИРОСТ МОЖЖЕВЕЛЬНИКА ВИРГИНСКОГО В УРБАНИЗИРОВАННОЙ СРЕДЕ ГОРОДА ОШ

Шамшиев Бакытбек Нуркамбарович

*д-р с.-х. наук, проф., проректор по науке
Ошского технологического университета,
Кыргызская Республика, г. Ош
E-mail: shamshiev@list.ru*

Абсатаров Равшанбек Ракманалиевич

*магистр экологии, ст. преподаватель кафедры «Экологии и туризма»
Ошского гуманитарно-педагогического института,
Кыргызская Республика, г. Ош
E-mail: rrr_51@mail.ru*

EFFECT OF GROWTH MEAN ANNUAL TEMPERATURE OF JUNĪPERUS VIRGINIĀNA IN THE URBAN ENVIRONMENT THE CITY OF OSH

Bakytbek Shamshiev

*doctor of Agricultural Sciences, Professor,
Vice Rector for Research of the Osh “Technological University”,
Kyrgyzstan, Osh*

Ravshanbek Absatarov

*master of Ecology, senior lecturer of the department
“Ecology and tourism” Osh Humanitarian Pedagogical Institute,
Kyrgyzstan, Osh*

АННОТАЦИЯ

Целью данного исследования, было, выявить зависимости годичного прироста можжевельника виргинского от среднегодовой температуры в городе Ош. Исследования проводилась по стандартным методикам, принятым в дендрохронологии. Результаты исследования показало высокую зависимость от температуры в трех участках города: в дендропарке Табият-Ош, микрорайоне Дом-Быта и проспекте имени И. Раззакова.

ABSTRACT

The aim of this study was to identify the dependence of annual growth of juniper virgin mean annual temperature in the city of Osh. The study was conducted according to standard procedures adopted in dendrochronology. Results of the study showed a high dependence on the temperature of the three sites in the city: arboretum Tabiyat-Osh district Dom-Byta and the prospectus Razzakov.

Ключевые слова: Можжевельник виргинский, годичный прирост, регрессия, корреляционное отношение, средние значения.

Keywords: Juniperus virginiana, annual increment, regression, correlation ratio, average values.

Введение

Большой интерес представляет сопоставление прироста городских насаждений по годам с данными метеостанций, расположенных на разных участках города. Сопоставление прироста различных древесных пород и геофизических явлений с метеоданными по циклам довольно широко применяется в дендроклиматологии [2, с. 85].

Город Ош, находится в климатическом поясе с явно выраженными зимой и летом. Средние из годовых минимумов температур воздуха изменяются от -15°C до -20°C , с абсолютным минимумом -31°C . Средние из абсолютных годовых максимумов температур воздуха изменяются от $+34^{\circ}\text{C}$ до $+38^{\circ}\text{C}$, с абсолютным максимумом $+40^{\circ}\text{C}$. Среднегодовое количество осадков изменяется от 300 до 400 мм. Число дней со снежным покровом изменяется от 50 до 100 дней, а высота снежного покрова от 20 до 40 см, при максимальной высоте до 41 см. Снеговая нагрузка изменяется от 40 до 50 кг/м². Максимальные скорости ветра вероятные 1 раз в год составляют 19 м/сек, в 5 лет – 24 м/сек, в 10 лет – 25 м/сек, в 15 лет – 26 м/сек, здесь распространены платановые, тополевые, ивовые, еловые и можжевельниковые насаждения [3]. Согласно оценке, на 1 января 2015 г. население города составляло 311400 человек.

Материал и методика исследований

Объект нашего исследования можжевельник Виргинский – принадлежит к роду можжевельники, семейству Кипарисовые (*Cupressaceae*), порядку Хвойные (*Pinales* или *Coniferales*), подклассу Хвойные (*Pinidae*), классу Хвойные (*Pinopsida*), отделу Голосеменные (*Gymnospermae*). Можжевельник виргинский – вечнозеленое хвойное растение, в естественных условиях произрастающее в Северной Америке, от Канады до штата Флорида. Встречается в разнообразных ландшафтных зонах: на склонах гор, на скалах, на океанском побережье и речных террасах [1, с. 374].

Материал для дендрохронологического исследования отбирали в разных участках города Ош (из Дендропарка Табият-Ош, района Дом-Быта, проспекта Раззакова и парка имени А. Новаи). Образцы древесины отбирали в виде кернов с помощью приростного бурава на высоте 1,3 м.

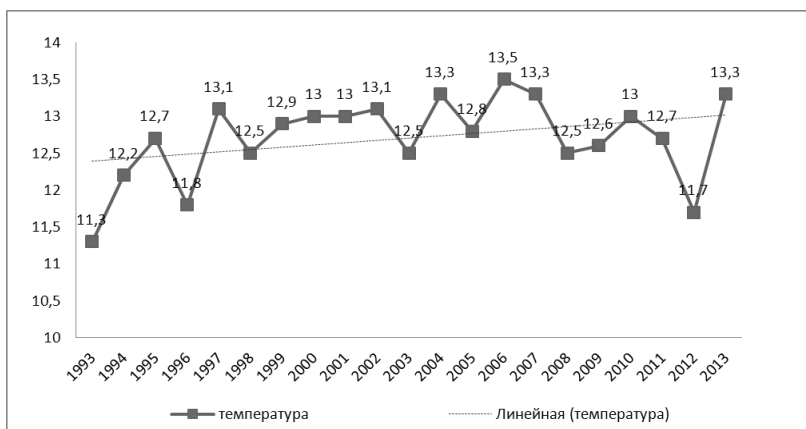


Рисунок 1. Среднегодовая температура г. Ош в разные годы

Сбор, транспортировку и первичную обработку кернов проводили по стандартным методикам, принятым в дендрохронологии. Для оценки влияния среднегодовой температуры на динамику прироста деревьев использовали ежегодные средне-климатические данные метеостанции г. Ош по приземной температуре воздуха. Анализы и корреляционные отношения, характеризующие зависимости сделано, в онлайн калькуляторе сайта semestr.ru.

Как показано на рисунке № 1 наблюдается повышения среднегодовой температуры г. Ош (рис. 1).

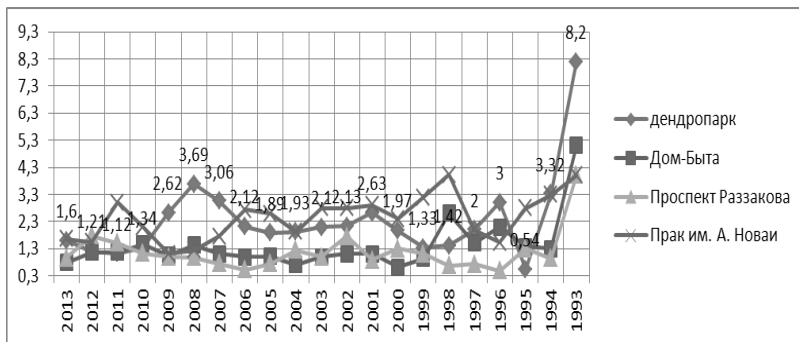


Рисунок 2. Прирост можжевельника виргинского г. Ош в разные годы

Для выяснения особенностей роста можжевельника виргинского был проведён анализ радиального прироста (рис. 2). Графические данные сделано с использованием программы MS Excel 2010.

Результаты и их обсуждение

Из представленных на рисунке 3 графиков следует, что в зависимости от среднегодовой температуры чётко прослеживается снижение радиального прироста можжевельника виргинского. Это может объясняться следующей закономерностью – чем выше температура, тем засушливее и, следовательно, неблагоприятное условия роста.

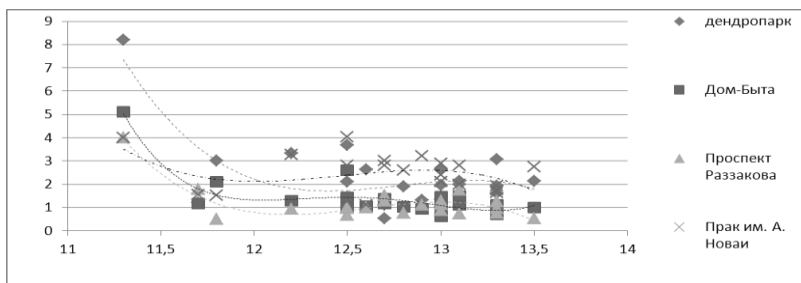


Рисунок 3. Влияние температуры на прирост можжевельника виргинского

По методу аналитического выравнивания в построении уравнения регрессии, характеризующего зависимостей уровней ряда от временной переменной, насаждения можжевельника виргинского

по однофакторному дисперсионному анализу показали следующие результаты по районам города:

Уравнение тренда имеет вид $y = a_2t^2 + a_1t + a_0$

Находим параметры уравнения методом наименьших квадратов.

Система уравнений МНК:

$$\begin{aligned} a_0n + a_1\sum t + a_2\sum t^2 &= \sum y, & a_0\sum t + a_1\sum t^2 + a_2\sum t^3 &= \sum yt, \\ a_0\sum t^2 + a_1\sum t^3 + a_2\sum t^4 &= \sum yt^2 \end{aligned}$$

1. По дендропарку Табият-Ош

Средние значения

$$\begin{aligned} \bar{t} &= \frac{\sum t_i}{n} = \frac{266.8}{21} = 12.7 & \bar{y} &= \frac{\sum y_i}{n} = \frac{49.22}{21} = 2.34 \\ \bar{t} \cdot \bar{y} &= \frac{\sum t_i y_i}{n} = \frac{615.88}{21} = 29.33 \end{aligned}$$

Дисперсия

$$\begin{aligned} D(t) &= \frac{\sum t_i^2}{n} - \bar{t}^2 = \frac{3396.14}{21} - 12.7^2 = 0.31 \\ D(y) &= \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2 = \frac{163.79}{21} - 2.34^2 = 2.31 \end{aligned}$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = \sqrt{0.31} = 0.56 \quad \sigma(y) = \sqrt{D(y)} = \sqrt{2.31} = 1.52$$

Коэффициент эластичности

$$\begin{aligned} E &= \frac{\partial y}{\partial t} \frac{t}{y} = (b + 2a_1t) \frac{t}{y(t)} \quad E = (-53.864 + 2 \cdot 2.105 \cdot 12.7) \frac{12.7}{29.33} = -2.8 \\ \eta &= \sqrt{\frac{\sum (\bar{y} - y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{26.01}{48.431}} = 0.733 \end{aligned}$$

где

$$\sum (\bar{y} - y_i)^2 = 48.431 - 22.421 = 26.01$$

Индекс детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y_i - y_i)^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} \quad R^2 = 1 - \frac{22.421}{48.431} = 0.537$$

Дисперсия

$$D(t) = \frac{\sum t_i^2}{n} - \bar{t}^2 = \frac{3213.89}{20} - 12.67^2 = 0.29 \quad D(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2 = \frac{39.81}{20} - 1.21^2 = 0.52$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = \sqrt{0.29} = 0.54 \quad \sigma(y) = \sqrt{D(y)} = \sqrt{0.52} = 0.72$$

Коэффициент эластичности

$$E = \frac{\partial y}{\partial t} \frac{t}{y} = (b + 2a\bar{t}) \frac{\bar{t}}{y(\bar{t})} E = (-30.919 + 2 \cdot 1.219 \cdot 12.67) \frac{12.67}{15.16} = -0.44$$

Эмпирическое корреляционное отношение

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum(\bar{y} - y_t)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{5.945}{10.383}} = 0.757$$
$$\sum(\bar{y} - y_t)^2 = 10.383 - 4.439 = 5.945$$

где

Индекс детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - y_t)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} R^2 = 1 - \frac{4.439}{10.383} = 0.573$$

4. Парк имени А. Новак

Средние значения

$$\bar{t} = \frac{\sum t_i}{n} = \frac{266.8}{21} = 12.7 \quad \bar{y} = \frac{\sum y_i}{n} = \frac{51.37}{21} = 2.45 \quad \bar{t} \cdot \bar{y} = \frac{\sum t_i y_i}{n} = \frac{650.94}{21} = 31$$

Дисперсия

$$D(t) = \frac{\sum t_i^2}{n} - \bar{t}^2 = \frac{3396.14}{21} - 12.7^2 = 0.31$$
$$D(y) = \frac{\sum y_i^2}{n} - \bar{y}^2 = \frac{139.46}{21} - 2.45^2 = 0.66$$

Среднеквадратическое отклонение

$$\sigma(t) = \sqrt{D(t)} = \sqrt{0.31} = 0.56 \quad \sigma(y) = \sqrt{D(y)} = \sqrt{0.66} = 0.81$$

Коэффициент эластичности

$$E = \frac{\partial y_t}{\partial t \bar{y}} = (b + 2a\bar{t}) \frac{\bar{t}}{y(\bar{t})} E = (-2.426 + 2 \cdot 0.087 \cdot 12.7) \frac{12.7}{31} = -1.14$$

Эмпирическое корреляционное отношение

$$\eta = \sqrt{\frac{\sum(\bar{y} - y_t)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2}} = \sqrt{\frac{0.465}{13.794}} = 0.184 \quad \sum(\bar{y} - y_t)^2 = 13.794 - 13.33 = 0.465$$

Индекс детерминации

$$R^2 = 1 - \frac{\sum(y_i - y_t)^2}{\sum(y_i - \bar{y})^2} R^2 = 1 - \frac{13.33}{13.794} = 0.0337$$

Выводы

1. Связи между среднегодовой температурой и приростом можжевельника виргинского в трех участках (дендропарк Табият-Ош, микрорайон Дом-Быта и проспект имени И. Раззакова) города почти одинаково. По эмпирическому корреляционному отношению влияние температуры на прирост по шкале Чеддока высокое.

2. Коэффициент эластичности во всех исследуемых участках больше 1, т. е. изменение температуры существенно влияет.

3. По индексу детерминации более 53 % случаев среднегодовая температура влияет на первых трех участках изменению годовичного прироста. Точность подбора уравнения тренда здесь – средняя.

4. По эмпирическому корреляционному отношению в насаждениях можжевельника виргинского парковой зоне (парк имени А. Новаи) температура не влияет на прирост. А по индексам детерминации здесь показывает величину 3,37 %, т. е. точность подбора уравнения тренда – низкая.

Список литературы:

1. Деревья и кустарники СССР. – М. – Л., Издательство АН СССР, 1949–1962, т. 1 – 463 с.
2. Молчанов А.А. Дендроклиматические основы прогнозов погоды. – М.: Наука, 1976, 168 с.
3. Бюллетень № 1 «Текущее состояние и изменение климата в Кыргызской Республике» – Б: 2015, 35 с.

АНАЛИЗ ВИДОВОГО РАЗНООБРАЗИЯ РЕДКИХ И ОХРАНЯЕМЫХ РАСТЕНИЙ И ЖИВОТНЫХ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ПРИРОДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

Белянина Яна Павловна

*старший преподаватель кафедры геологии и природопользования
Сахалинского государственного университета,
РФ, г. Южно-Сахалинск
E-mail: yana-b@inbox.ru*

Денисова Янина Вячеславовна

*канд. биол. наук, доц. кафедры геологии и природопользования
Сахалинского государственного университета,
РФ, г. Южно-Сахалинск
E-mail: deyan4@mail.ru*

THE ANALYSIS OF A SPECIFIC VARIETY OF THE RARE AND PROTECTED PLANTS AND THE ANIMAL ESPECIALLY PROTECTED NATURAL TERRITORIES OF SOUTHEAST PART OF THE ISLAND OF SAKHALIN

Yana Belyanina

*senior lecturer Sakhalin State University,
Russia, Yuzhno-Sakhalinsk*

Yanina Denisova

*candidate of biological sciences, associate professor
Sakhalin State University,
Russia, Yuzhno-Sakhalinsk*

АННОТАЦИЯ

В статье проведены исследования видового разнообразия редких и находящихся под угрозой исчезновения видов растений и животных особо охраняемых природных территорий (далее ООПТ) юго-восточной части о. Сахалин. Проведен анализ приуроченности редких видов к категориям ООПТ и предложены мероприятия по рациональному использованию.

ABSTRACT

In article researches of a specific variety of the rare and being under the threat of disappearance species of plants and the animal especially protected natural territories of southeast part of Sakhalin Island are conducted. The analysis of a priurochennost of rare species to categories EPNT is carried out and also actions for rational use are offered.

Ключевые слова: биоразнообразие; охраняемые растения; охраняемые животные; юг остров Сахалин.

Keywords: a biodiversity; the protected plants; the protected animals; South island of Sakhalin.

Юго-восточная часть Сахалина, как и многие районы острова, интересна биологическим разнообразием. К сожалению, нарастающая антропогенная нагрузка на южную часть острова приводит к нарушению уникальных природных ландшафтов. Одной из ответных реакций природы на данные нарушения является сокращение численности отдельных видов растений и животных.

В настоящее время, в районе исследования функционирует 8 особо охраняемых природных территорий, из них: 1 заказник, 6 памятников природы регионального значения 1 лечебно-оздоровительная местность и курорт федерального значения.

Биофлота юго-восточной части о. Сахалин имеет богатое видовое разнообразие. Она представлена 703 видами растений и 256 видами животных. Среди этого биологического многообразия есть немало видов, отнесенных к редким и охраняемым. Всего на территории юго-восточной части о. Сахалин насчитывается 46 видов растений, 3 вида грибов и 56 видов животных, занесенных в Красную книгу Сахалинской области (таблица 1). Среди них: 33 вида *Magnoliophyta*, 4 вида *Gymnospermae*, 1 вид *Polypodiophyta*, 1 вид *Lycopodiophyta*, 3 вида *Bryophyta*, 4 вида *Lichenes*, 3 вида *Mycota*, 4 вида *Mammalia*, 45 видов *Aves*, 1 вид *Pisces* и 6 видов *Invertebrata* [1; 2]. В целом, количество редких и охраняемых видов растений юго-восточной части о. Сахалин составляет 46 видов или 6,5 % от общего числа видов растений исследуемой территории; животных – 56 видов и 22 % соответственно.

Таблица 1.

**Количество видов редких и охраняемых растений и животных
 в таксономических группах**

Таксон	Кол-во видов	% от общего количества редких и охраняемых видов растений, животных и грибов о. Сахалин	% от общего количества редких и охраняемых видов растений, животных и грибов Сахалинской области
Растения	46	16,55	10,98
Животные	56	20,14	13,36
Грибы	3	1,08	0,71

Видовой состав редких и охраняемых видов растений, грибов и животных, и их приуроченность к ООПТ юго-восточной части о. Сахалин предоставлен в таблице 2.

Таблица 2.

**Приуроченность редких и охраняемых видов растений
 и животных к ООПТ юго-восточной части о. Сахалин**

Таксон	Название ООПТ							
	Озеро Добрецкое	Озеро Изменчивое	Бухта Чайка	Озеро Тунайча	Лагуна Буссе	Озерский ельник	Мыс Великан	Корсаковский ельник
РАСТЕНИЯ (PLANTAE)								
Отдел Покрытосеменные (Magnoliophyta)								
<i>Ilex sugerokii</i> Maxim.								
<i>Aralia cordata</i> Thunb.	+		+	+	+	+	+	+
<i>Aralia elata</i> (Miq.) Seem.					+	+		+
<i>Diphylleia grayi</i> Fr. Schmidt			+	+			+	
<i>Heloniopsis orientalis</i> (Thunb.) C. Tanaka								
<i>Rhodiola rosea</i> L.			+				+	
<i>Tillaea aquatica</i> L.								
<i>Hydrangeapetiolaris</i> Sieboldet Zucc.								
<i>Cardiocrinum glehnii</i> (Fr.Schmidt) Makino								+

<i>Lilium lancifolium</i> Thunb.					+	+		
<i>Nuphar pumila</i> (Timm.) DC.						+		
<i>Nymphaea tetragona</i> Georgi						+		
<i>Calypso bulbosa</i> (L.) Oakes								
<i>Cremastra variabilis</i> (Blume) Nakai								
<i>Cypripedium calceolus</i> L.					+			
<i>Cypripedium macranthos</i> Sw.					+	+	+	+
<i>Ephippianthus sachalinensis</i> Reichenb. fil.								+
<i>Epipogium aphyllum</i> (F.W. Schmidt) Sw.								
<i>Hammarbya paludosa</i> (L.) O. Kuntze						+		
<i>Liparis sachalinensis</i> Nakai								
<i>Neottianthe cucullata</i> (L.) Schlechter			+					
<i>Platanthera camtschatica</i> (Cham. EtSchlecht.) Makino					+			
<i>Platanthera ophrydioides</i> Fr. Schmidt								
<i>Paeonia obovata</i> Maxim.					+	+	+	+
<i>Paeonia oreogeton</i> S. Moore								
<i>Brylkiniaacaudata</i> (Munro) Fr. Schmidt								
<i>Poa radula</i> Franch. etSavat.						+		
<i>Paduss siori</i> (Fr. Schmidt) C.K. Schneid.								+
<i>Rubus pseudojaponicus</i> Koidz.								
<i>Phellodendron sachalinense</i> (Fr. Schmidt) Sarg.								
<i>Daphne jezoensis</i> Maxim.								
<i>Trillium smallii</i> Maxim.						+		
<i>Trilliumts chonoskii</i> Maxim.						+		
Отдел Голосеменные (Gymnospermae)								
<i>Juniperus conferta</i> Parl.								+
<i>Juniperus sargentii</i> (A.Henry) TakedaexKoidz.					+			+
<i>Picea glehnii</i> (Fr. Schmidt) Mast.						+	+	+
<i>Taxus cuspidate</i> SieboldetZucc. ExEndl.		+			+	+	+	+

Отдел папоротниковидные (Polypodiophyta)								
<i>Arachniodes mutica</i> (Franch. EtSavat.) Ohwi								
Отдел Плауновидные (Lycopodiophyta)								
<i>Isoetes asiatica</i> (Makino) Makino				+	+			
Отдел Моховидные (Bryophyta)								
<i>Isoetecium hakkodense</i> Besch.			+					
<i>Dicranum drummondii</i> C. Muell.	+				+			
<i>Plagiothecium obtusissimum</i> Broth.					+			
Лишайники (Lichenes)								
<i>Lobaria retigera</i> (Bory) Trevis.								+
<i>Asahineas cholanderi</i> (Llano) W.L. Cuib.etC.F. Culb								
<i>Hypogymnia fragillima</i> (Hillm.) Rassad								
<i>Hypogymnia hypotriza</i> (Nyl.) Rassad								+
Грибы (Mycota)								
<i>Ganoderma lucidum</i> (Fr.) P. Karst.					+	+		
<i>Sparassis crispa</i> (Wulfen: Fr.) Fr.								
<i>Catathelasma imperial</i> (Fr.) Singer					+	+		
ЖИВОТНЫЕ (ANIMALIA)								
Млекопитающие (Mammalia)								
<i>Moschus moschiferus sachalinensis</i> Flerov, 1929	+	+	+	+			+	+
<i>Neomys fodiens</i> Pennant, 1771	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Myopus schisticolor</i> Lilljeborg, 1844			+	+	+	+	+	+
<i>Eumetopiasy ubatus</i> Schreber, 1776				+				
Птицы (Aves)								
<i>Gavia adamsii</i> (G.R. Gray), 1859		+	+	+	+			
<i>Tachybaptus ruficollis poggei</i> (Reichenow), 1902		+			+			
<i>Phalacrocorax filamentosus</i> (Temm.EtSchleg.), 1850				+		+		+
<i>Botaurus stellaris</i> (L.), 1758						+		
<i>Bubulcus ibis coromandus</i> (Bodd.), 1783					+			
<i>Egretta alba</i> (L.), 1758					+	+		
<i>Cygnus cygnus</i> (L.), 1758	+	+				+	+	

<i>Cygnus bewickii</i> Yarr., 1830	+	+			+	+		
<i>Anas poecilorhyncha zonorhyncha</i> Swinh., 1866	+			+	+			
<i>Anas formosa</i> Georgi, 1775		+		+	+	+		
<i>Aix galericulata</i> (L.), 1758	+	+		+	+	+		
<i>Pandion haliaetushaliaetus</i> (L.), 1758	+	+		+	+		+	
<i>Circus aeruginosus spilonotus</i> Kaup., 1847		+		+		+		
<i>Accipiter gularisgularis</i> (Temm. EtSchleg.), 1844				+	+	+		+
<i>Spizaetus nipalensis</i> (Hodgson), 1844								
<i>Aquila chrysaetos</i> (L.), 1758				+				
<i>Haliaeetus albicillaalbicilla</i> (L.), 1758	+	+	+	+	+	+	+	+
<i>Haliaeetus pelagicus</i> (Pall.), 1811	+	+	+	+	+		+	
<i>Falco peregrinusjaponensis</i> Gm., 1771		+		+	+		+	+
<i>Falco subbuteo</i> L., 1758		+	+	+	+	+		+
<i>Coturnix japonica</i>					+	+		
<i>Porzana pusillapusilla</i> (Pall.), 1776					+			
<i>Gallinula chloropuschloropus</i> (L.), 1758								
<i>Fulica atraatra</i> L., 1758					+			
<i>Charadrius alexandrinusdealbatus</i> (Swinh.), 1870				+	+			
<i>Himantopusostralegusosculans</i> Swinh., 1871	+	+		+				
<i>Tringa ochropus</i> L., 1758					+			
<i>Phalaropus lobatus</i> (L.), 1758				+	+			
<i>Erynorhynchus pygmeus</i> (L.), 1758					+			
<i>Calidris sub minuta</i> (Midd.), 1851				+	+			
<i>Calidris ferruginea</i> (Pontopp.), 1763				+	+			
<i>Calidris acumnata</i> (Horsf.), 1821				+	+			
<i>Limicola falcinellussibirica</i> Dresser, 1876					+		+	
<i>Gallinago hardwickii</i> (Gray), 1831	+	+		+	+	+	+	
<i>Numenius madagascariensis</i> (L.), 1766				+	+	+		
<i>Sterna camtschatica</i> Pall., 1811				+	+			

<i>Brachyramphus marmoratusperdx</i> (Pall.), 1811				+	+		+	
<i>Nyctea scandiaca</i> (L.), 1758				+	+			
<i>Bubobuboborissowi</i> Hesse, 1915	+		+	+	+	+	+	+
<i>Aegolius funereussibiricus</i> (But.), 1910			+			+		
<i>Sturnia philippensis</i> (Forster), 1781					+			
<i>Bombycilla japonica</i> (Siebold), 1826				+	+			
<i>Luscinia (Icoturus) akahigeakahige</i> (Temm.), 1835		+		+	+	+		
<i>Passer rutilans rutilans</i> (Temm.), 1835		+		+		+		
<i>Emberiza schoenicluspyrrhulina</i> (Swinh.), 1758	+			+	+			
Рыбы (Pisces)								
<i>Parahucho perryi</i> , Brevoort, 1856				+	+	+		
Беспозвоночные (Invertebrata)								
Насекомые:								
<i>Carabus Lopatini</i> Morawitz								+
<i>Carabusavinovi Semenovet Znoiko</i>						+	+	
<i>Papiliobianor Matsumura</i>						+		
Моллюски:								
<i>Dahurinaiakurilensis</i> <i>ZatrawkinetStarobogotov</i> , 1984					+			
<i>Akiyoshiasachalinensis</i> <i>ZatrawkinetBogotov</i> , 1988				+	+			
<i>Bradybaenaduiensis</i> (Westerlund, 1897)				+	+			
ВСЕГО	16	21	16	51	52	31	19	18

Анализ данных приуроченности редких и охраняемых видов биофилоты юго-восточной части о. Сахалин к особо охраняемым природным территориям показал, что наибольшее число видов отмечено для памятника природы «Лагуна Буссе» (52 вида) и памятника природы «Озеро Тунайча» (51 вид). Флора и фауна редких и охраняемых видов памятника природы «Озерский ельник» насчитывает 31 вид, лечебно-оздоровительной местности «Озеро Изменчивое» – 21 вид, памятника природы «Мыс Великан» – 19 видов, памятника природы «Корсаковский ельник» – 18 видов, заказника «Озеро Добрецкое» и памятника природы «Бухта Чайка» – по 16 видов.

В целом, важно отметить, что в настоящее время на природных территориях ООПТ юго-восточной части о. Сахалин охранный режим осуществляется не в полном объеме, периодически отмечаются несанкционированные рубки леса и сброс твердых бытовых отходов, браконьерский промысел животных.

Для сохранения биоразнообразия ООПТ необходимо проведение комплексного обследования, зонирования и картирования территорий. Совершенствование системы мониторинга, а также пропагандировать в средствах массовой информации правила поведения на территориях.

Список литературы:

1. Красная книга Сахалинской области: Животные. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2000. – 190 с.
2. Красная книга Сахалинской области: Растения / Отв. ред. В.М. Еремин. – Южно-Сахалинск: Сахалинское книжное издательство, 2005. – 348 с.

САМОВОССТАНОВЛЕНИЕ НЕФТЕЗАГРЯЗНЕННОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ХОЛОДНОГО КЛИМАТА

Ерофеевская Лариса Анатольевна

*научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное
учреждение науки Институт проблем нефти и газа
Сибирского отделения РАН,
РФ, Республика Саха (Якутия), г. Якутск
E-mail: lora-07.65@mail.ru*

SELF-HEALING OIL-CONTAMINATED SOIL IN COLD CLIMATES

Larisa Erofeevskaya

*research scientific, The Institute of Oil and Gas Problems,
Siberian Branch Russian Academy of Science,
Russia, Republic of Sakha (Yakutia), Yakutsk*

АННОТАЦИЯ

Представлены результаты 6-ти летнего микробиологического мониторинга почв аварийных объектов нефтегазового комплекса

Якутии. Установлено, что в процессе самовосстановления, почвы недостаточно очистились от углеводородного загрязнения и находятся в экологической напряженности. Признаками деградации земель служат изреженность или отсутствие растительного покрова, фитотоксичность, изменения физико-химических свойств почвы: образование глыбистости почвенной структуры, гидрофобность, засоленность, высокие значения рН, недостаток подвижного фосфора, азота нитратов, азота аммиака, фитотоксичность.

ABSTRACT

Results 6 summer researches of soil ecosystems of emergency objects of an oil and gas complex of Yakutia are presented. It is established that in the course of self-restoration, soils were insufficiently cleared of hydrocarbonic pollution and are in ecological intensity. As signs of degradation of the earths serve rarity or absence of a vegetative cover, phytotoxicity, changes of physical and chemical properties of soil: formation locks soil structure, water repellency, salinity, high values pH, a lack of mobile phosphorus, nitrogen of nitrates, ammonia nitrogen, phytotoxicity.

Ключевые слова: нефть, микрофлора, бактерии, грибы, экологическая безопасность, нефтепродукты, деградация, микроорганизмы, экология, биопрепараты, почва, углеводородное загрязнение.

Keywords: oil, microflora, bacteria, fungi, environmental safety, oil products, degradation, microorganisms, ecology, biological products, soil, hydrocarbonic pollution.

Нефтегазовая отрасль Республики Саха (Якутия) развивается в условиях легко ранимой и с трудом восстанавливаемой природной среды. Проблема восстановления нарушенных экосистем в результате аварийных разливов нефти и нефтепродуктов в регионе актуальны и связаны, главным образом, с природно-климатическими условиями. Самоочищение нарушенных экосистем здесь идет не месяцы и не годы, а многие десятки лет. Причиной этому служат наличие многолетнемерзлых почвогрунтов, низкие температуры, слабая минерализация органических веществ, короткий вегетационный период, нарушение биологической активности почв.

Одним из экологически обоснованных и наиболее эффективных методов восстановления почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами в настоящее время признан микробиологический метод, основанный на активации почвенных микроорганизмов, способных к утилизации нефтяных углеводов. Для мерзлотных почв Якутии

выбор нефтедеструкторов, эффективно работающих в климатических условиях севера, требует специальных исследований и мониторинга за процессами трансформации и биологической деструкции нефтезагрязнений.

Цель работы: Исследовать влияние почвенного микробоценоза на деградацию нефтезагрязнения микробиологическую активность мерзлотных почв Якутии в условиях нефтяного разлива.

Материалы и объекты исследований:

- нефтезагрязненные и условно чистые почвы и грунты;
- почвенные микроорганизмы.

Методы исследований.

Пробы техногенно загрязненных и фоновых почв отбирали на глубине 0–10 см, 10–20 см, в некоторых точках – 40, 60, 100 см.

Культивирование и определение нефтеокисляющей активности УОМ осуществляли методом жидких накопительных культур в мезофильном и психрофильном режимах на минеральной среде Мюнца [1, с. 1024–1030]. Посевы инкубировали в термостатированных качалочных установках «УВМТ-12-250». Рост УОМ оценивали методом предельных разведений с последующим подсчётом выросших колоний.

Натурные эксперименты по самоочищению мерзлотных почв от нефти и НП проводили в условиях открытой экосистемы в опытных участках, разбитых на аварийных площадках НГК Якутии.

Результаты и обсуждения:

Микробиологические исследования позволили выяснить динамику развития количественного и родового состава углеводородокисляющих микроорганизмов (УОМ) на опытных участках и их способность к деструкции нефти. Исследования показали, что общая численность почвенных микроорганизмов по мере деструкции нефтепродуктов (НП) увеличивалась на несколько порядков и составляла в начале экспериментов в среднем не менее 1 млрд. кл/г АСВ.

Численность олигонитрофильных бактерий, способных расти в условиях незначительного количества связанного азота в окружающей среде, в опытных делянках была ниже, чем в фоновых почвах и составляла в условно – чистых почвах не менее 3 млн. кл/г АСВ, в нефтезагрязнённых почвах не более 35 тыс. кл/г АСВ. При этом, с глубиной их численность возрастала.

Гетеротрофы, использующие для своего питания готовые органические вещества, были обнаружены в большем количестве и главным образом в верхнем горизонте и лесных подстилках.

Численность УОМ в фоновых почвах практически не изменялась на протяжении всего периода наблюдений. Однако в опытных делянках

с различными вариантами активации почвенной микрофлоры через неделю после внесения аборигенных УОМ наблюдалось снижение численности, как бактерий, так и грибов. Вероятно, это было связано, с адаптацией вносимых в опытные участки микробных культур, поскольку, через год количество микрофлоры увеличивалось во всех опытах и оставалось стабильным в течение всей продолжительности постановки экспериментов.

Исследования показали, что большинство аборигенных бактерий и грибов, выделенных из нефтезагрязнённых мерзлотных почв Якутии, обладали активностью, по отношению к сырой нефти и зимнему дизельному топливу. При этом на участке, загрязнённом сырой нефтью, показатель деструкции загрязнений в течение 1 вегетационного периода соответствовал значениям 54,28–76,70 %.

Наибольшую активность проявили неферментирующие углеводородокисляющие бактерии рода *Pseudomonas*. Деструкция дизельного топлива под действием УОМ за 1 северное лето составила 91,71 %.

После приемов микробиологической очистки почв от нефтезагрязнений, в экспериментальные участки был проведён высев растений. В качестве фитомелиорантов испытаны овёс обыкновенный (*Аvéna sátiva*) и пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*).

Установлено, что рост и развитие *Аvéna sátiva* напрямую связаны с механическим составом почвы и видом загрязняющего вещества. Так, семена овса, посеянные в супесчаные почвы, загрязнённые сырой нефтью, на территории Амгинской нефтебазы, взошли практически на всех участках, однако в начале фазы колошения, остановились в своем развитии, пожелтели и засохли. Колосья не оформились. Снижение надземной массы к осени составило не менее 50–60 % от контроля без внесения нефти.

Всхожесть овса в глинистой почве, загрязнённой зимним дизельным топливом, на территории ДЭС с. Чапчылган составил 0 %. Полное отсутствие всходов отмечено и в болотистой почве. В то время, как в контрольной условно-чистой таёжно-торфяной почве всхожесть овса составила не менее 80 %.

Elymus sibiricus в экспериментах был более толерантным к загрязнению нефтепродуктами, чем *Аvéna sátiva*, и взошёл на всех опытных площадках.

При норме высева семян 20 г на 1 кв. м, всходы пырейника сибирского за 1,5 месяца составили не менее 90 %. Растения росли интенсивно и к следующему сезону набирали большую биомассу, приближаясь по этому показателю к растениям, выращенным в фоновых почвах.

Исследованиями установлено, что колонизация микроорганизмами околокорневой системы *Elymus sibiricus* выше, чем у овса. Численность ризосферных микроорганизмов, в т. ч. азотфиксирующих, была выше в опытных делянках, обработанных биопрепаратами на основе монокультур бактерий рода *Pseudomonas* и *Bacillus*, в сравнении с участками, обработанными смесью бактерий и грибов. Вероятно, здесь срабатывал эффект симбиоза и бактериофагии, что требует дополнительных исследований, поскольку в почвогрунтах, не загрязнённых нефтепродуктами, количество ризосферной микрофлоры было выше, чем в контрольной почве.

Установлено, что районированный сорт травянистого растения Пырейник сибирский (*Elymus sibiricus*) – нефтеустойчивое и быстронакапливающее вегетативную массу растение и может рассматриваться как потенциальный фиторемедиатор нефтезагрязнённых мерзлотных почв.

В результате проведенных опытов выделены бактерии, которые в определенной степени стимулируют рост растений, на нефтезагрязненной почве.

Работа в этом направлении должна быть продолжена с целью накопления фактического материала, необходимого для разработки эффективной системы биоремедиации нефтезагрязнённых мерзлотных почв в условиях Якутии с применением микробно-растительных систем.

Установлена высокая эффективность восстановительных работ при внесении УОМ и одновременном высевании районированных травянистых растений, главным образом, пырейника сибирского (*Elymus sibiricus*), который может рассматриваться как потенциальный фиторемедиатор нефтезагрязнённых мерзлотных почв.

Исследования показали, что метод биоремедиации нефтезагрязнённых мерзлотных почв в условиях Якутии с применением микробно-растительных систем является перспективным для проведения биорекультивации нефтезагрязнённых мерзлотных почв на различных объектах нефтегазового комплекса.

Научная работа выполнена в рамках госбюджетного научного проекта VII.59.2.4.: «Геолого-геохимические условия и история формирования месторождений нефти и газа в Лено-Вилуйском осадочном бассейне» на 2010–2012 гг.

Список литературы:

1. Керстен Д.К. Морфологические и культуральные свойства индикаторных микроорганизмов нефтегазовой съемки // Микробиология, № 5, 1963. – С. 1024–1030.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТОВ ВОЗДЕЙСТВИЯ ЭМИ СОТОВЫХ ТЕЛЕФОНОВ НА ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТЬ ПЧЕЛИНЫХ СЕМЕЙ

Тобоев Вячеслав Андреевич

*д-р биол. наук, проф. Чувашского государственного университета,
РФ, г. Чебоксары
E-mail: stoboev@gmail.com*

Кириллов Алексей Васильевич

*магистрант Чувашского государственного университета,
РФ, г. Чебоксары
E-mail: leshkin1993@yandex.ru*

Евсеев Артем Сергеевич

*студент Чувашского государственного университета,
РФ, г. Чебоксары
E-mail: sumerh@mail.ru*

EXPERIMENTAL RESEARCH OF EFFECTS ACTION EMR OF MOBILE PHONES ON ABILITY TO LIVE OF BEER COLONIES

Vyacheslav Toboev

*doctor of biological sciences, professor of Chuvash State University,
Russia, Cheboksary*

Aleksey Kirillov

*student of Chuvash State University,
Russia, Cheboksary*

Artem Evseev

*student of Chuvash State University,
Russia, Cheboksary*

Исследование выполнено в рамках базовой части государственного задания Министерства Образования и Науки РФ.

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены особенности реагирования медоносных пчел (*Apis mellifera* L.) на электромагнитное излучение сотовых телефонов. Показано, что эффекты воздействия ЭМИ дециметрового диапазона зависят от функционального состояния пчел на момент воздействия.

ABSTRACT

Features of reaction of honey bees on electromagnetic radiation of mobile phones are viewed. It is shown, that effects of action EMR of a decimeter gamut depend on the functional state of bees at the moment of action.

Ключевые слова: пчелиная семья; вибрационная и электромагнитная стимуляция; акустический отклик; спектр; функция обобщенного среднего.

Keywords: bee colony, vibrational and electromagnetic stimulation, acoustic response, spectrum, generalized mean value function.

В последние годы во всем мире по неизвестным причинам наблюдается массовая гибель пчелиных семей. Пчелы стали исчезать повсеместно, зимой и летом и с такой большой скоростью, что это явление, не имеющее научного объяснения, получило название «коллапс пчел» (Colony Collapse Disorder, CCD) [2–5; 10; 11].

Ученые, занимающиеся проблемами пчеловодства, полагают, что причин гибели пчел несколько. При этом самыми вероятными называются: инвазивный клещ *варгоса*; отравление пестицидами, применяемыми для борьбы с сорняками; возможный стресс, подавляющий иммунитет пчел, вызываемый одним или сочетанием нескольких факторов, таких как нехватка пыльцы или нектара, тесное расположение ульев на пасеке, опыление растений с низкой питательной ценностью и другие; возделывание монокультур; генетически модифицированные культуры; перенос патогенных микроорганизмов.

Недавно были сделаны попытки изучить другую возможную причину гибели пчел – повсеместное распространение сотовой связи (электромагнитные излучения сотовых телефонов и базовых станций) [6; 7; 9]. Результаты, полученные в этих исследованиях, очень противоречивы. Так в работах [7; 9] исследования выполнены с применением радиотелефонов, расположенных на дне ульев. Авторы считают, что подвергавшиеся их воздействию пчелы-фуражиры теряли ориентацию при возвращении в улей. Описываются эксперименты, в которых из-за потери навигации пчелам не удавалось вернуться

в ульи, что приводило к гибели пчелиных семей, так как в ульях оставались только матки, молодые пчелы и расплод разного возраста. В работе [6] обнаружено резкое гудение пчел при включении расположенных в улье (над гнездом пчел) двух сотовых телефонов в режим разговора. Такое поведение пчел регулярно наблюдалось примерно через 25–40 минут после начала мобильной телефонной связи. Возбуждение, которое контролировалось по интенсивности и частоте звуков, происходило только после перевода телефонов в режим активной связи и сохранялось до 12 часов после окончания продолжительной мобильной телефонной связи. Автор отмечает, что пчелы не возбуждались, если телефоны находились в режиме ожидания.

На основании этих данных можно констатировать сам факт влияния излучения мобильных телефонов на функционирование систем жизнеобеспечения медоносных пчел, однако механизмы данного вида воздействий остаются неопределенными. Есть основание считать, что термические воздействия, которые опосредованы в основном высокочастотными излучениями мобильных телефонов не проявляются из-за малой их интенсивности при организации связи системы «телефон – базовая станция». Дистанционный и отсроченный (кумулятивный) характер воздействий, наблюдаемый в работах некоторых авторов, может быть следствием низкочастотных модуляций излучений телефонов на частотах 217 и 8.35 Гц, используемых в стандарте GSM.

В связи с этим целью данной работы является выявление особенностей воздействия электромагнитного поля, излучаемого мобильным телефоном, на функционирование пчелиных семей в разные периоды их жизнедеятельности.

Материалы и методы. Эксперименты проведены в весенне-летний и осенне-зимний периоды с семьями, находившимися в стандартных ульях Дадана-Блатта и изолированными скоплениями пчел, численностью 250...450 особей в энтомологических садках. В улей помещались телефоны, работающие в режиме приема, дозвона и активной связи. В последнем случае два телефона размещались над гнездом пчел и после 25 минут нахождения в режиме ожидания переводились на 60 минут в режим разговора. По окончании, которого телефоны опять переводились в режим ожидания и запись продолжалась еще 2 часов. Воздействие производилось с помощью стандартных мобильных телефонов HTC one S и Phillips X333. Заявленные фирмами производителями значения SAR (удельная поглощаемая мощность) для этих телефонов соответственно равны

1,00 и 0,633 Вт/кг. Электромагнитное излучение мобильных телефонов, работающих в стандарте GSM с несущей частотой в диапазоне 890–915 МГц, является импульсным с частотой следования импульсов 217 Гц и, кроме того, «модулировано» человеческим голосом. Поэтому были проведены измерения и расчеты показателей плотности потока энергии (ППЭ) излучения ($\text{мкВт}/\text{см}^2$) и низкочастотных магнитных и электрических полей (нТл и $\text{В}/\text{м}$), генерируемых телефонами. Для измерения ППЭ использовался измеритель ЭМП ПЗ-33 М, а для измерения магнитного и электрического поля – ПЗ-80 с цифровым преобразователем ПЗ-80-ЕН500. Средние значения плотности потока энергии (ППЭ) на расстоянии 5 см от телефонов (в ближнем поле) на месте проведения экспериментов составляли 11.3 ± 0.3 и $13.2 \pm 0.5 \text{ мкВт}/\text{см}^2$. С увеличением расстояния ППЭ телефонов выравниваются и составляют 5.0 ± 0.4 , 0.8 ± 0.3 и $0.2 \pm 0.1 \text{ мкВт}/\text{см}^2$ соответственно при удалении на 10, 20 и 30 см.

Для записи звука использовался микрофонный капсюль МК 265 (Россия) в составе анализатора спектра «Экофизика 110А». Кроме звука контролировалась температура в разных зонах локализации пчел в ульях и садках. Температуру измеряли микротермодатчиками (КТУ-21-6, фирма Siemens, Германия). Статистический анализ полученных данных проведен с использованием пакета Systat 10.2. Результаты значимы на уровне $P \leq 0.05$ (t – статистика).

Результаты и обсуждения. В процессе экспериментальных исследований было реализовано от 5 до 12 серий измерений температурных значений и получены осциллограммы акустических сигналов в разные периоды жизнедеятельности пчелиных семей. На первом этапе анализа акустических данных выделялись статистические однородные участки. Эти участки сигнала имеют одинаковую временную структуру и не содержат звуков отдельных пчел, т. е. локальных участков с резкими и нехарактерными особенностями [1]. На следующем этапе статистически однородные участки подвергались спектральному анализу с целью выявления акустического отклика пчелиных семей на излучения мобильных телефонов. Для этого выделенный участок заменялся конечным набором гармоник, содержащим ограниченную совокупность ($K < 35$) не кратных друг другу частот, заключенных в интервале $\omega_{\min} \leq \omega_k \leq \Omega_{\max}$ [8]. Затем производилось сравнение спектральных данных для пчелиных семей, подверженных воздействию излучения мобильных телефонов, со спектральными характеристиками других семей, которые не были подвержены внешнему воздействию, а выполняли функцию контроля. Для каждого измерения выделялись основные

частоты, используемые в качестве дискриминирующих признаков. Сравнение исследуемых спектров акустических сигналов со спектрами контрольных семей проводилось с привлечением функций обобщенного среднего [1].

Скопления, образованные относительно небольшим количеством пчел, отвечают плавным повышением температуры в центральной части на активацию мобильных телефонов (рисунок 1).

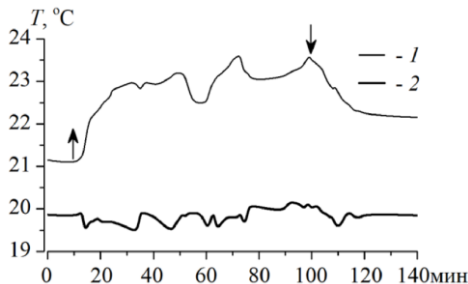


Рисунок 1. Изменение температуры (1) в скоплении пчел (250 ± 6) после активации сотовых телефонов (стрелка вверх – момент включения телефонов в режим разговора, стрелка вниз – прекращение разговорного режима и перевод в режим ожидания): 2 – внешняя температура

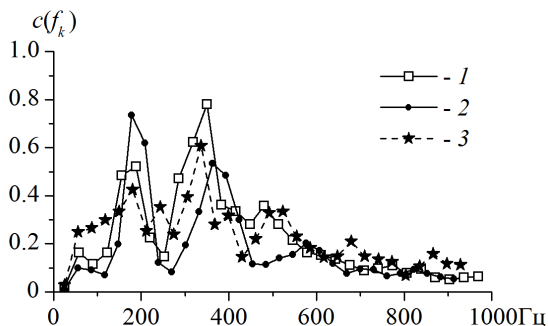


Рисунок 2. Амплитудно-частотные спектры выделенных участков акустического сигнала пчел длительностью по 30 мс:

1 – телефоны находятся в режиме ожидания (соответствует 10 мин. на температурной кривой); 2 – в режиме активной связи (соответствует 40 мин); 3 – телефоны снова переведены в режим ожидания (соответствует 130 мин)

Под влиянием электромагнитного излучения антенн телефонов в течение первых 10 мин. температура в центре скопления (250...450 особей) повышалась в среднем на 2.1°C. Активации телефонов влияет на спектральные характеристики акустических сигналов, генерируемых пчелами в диапазоне частот от 50 до 600 Гц (рисунок 2).

В частности, в полосе частот от 50 до 250 Гц интенсивность звуков может увеличиться на 6–10 дБ и сохраниться на этом уровне до выключения режима активной связи телефонов. Во всех сериях измерений в спектральном диапазоне 350...450 Гц наблюдается сдвиг интенсивной составляющей на 20 ± 5.6 Гц в сторону высоких частот.

В данной работе обнаружилось неоднозначная картина реагирования пчелиных семей на воздействие ЭМИ сотовых телефонов в разные периоды жизнедеятельности пчел. В стандартных ульях температурные кривые возбуждения пчел в летний и осенний периоды во многом схожи (рисунок 3). В весенний период у 3 семей ($n=15$) обнаружилось усиление реакции (кумуляция эффекта) на длительное воздействие ЭМИ (рисунок 4). Латентный период составляет 28...55 мин. Пчелы могут находиться в возбужденном состоянии до 2.5 часа при температуре в центральной части гнезда 41.4 ± 2.1 °C. Значительное уменьшение температуры наблюдается только через 1.5...3 часа после перевода телефонов в режим ожидания. Последствия такого воздействия для этих семей печальны: все они к осени погибли.

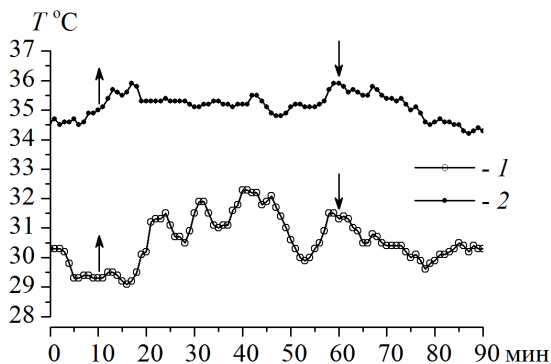


Рисунок 3. Типичная картина изменения внутригнездовой температуры в зимнем скоплении пчел после активации сотовых телефонов (телефоны помещены на холстик на расстоянии 15–25 см друг от друга): 1 – май, 2 – октябрь

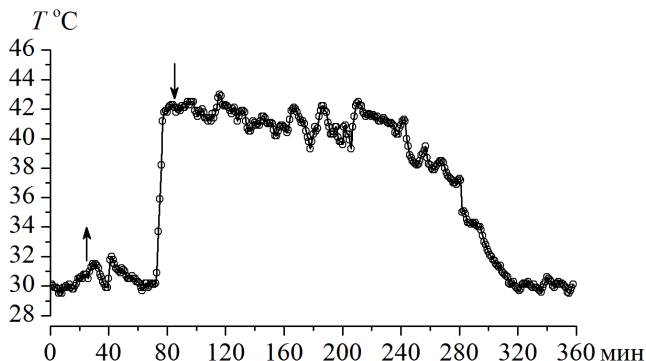


Рисунок 4. Изменение внутригнездовой температуры в пчелиной семье численностью около 25 тыс. пчел до и после активации сотовых телефонов (стрелка вверх – момент включения телефонов в режим разговора, стрелка вниз – прекращение разговорного режима и перевод в режим ожидания)

В отличие от температурных изменений, интенсивность генерируемых пчелами звуков начинает увеличиваться постепенно с момента включения сотовых телефонов в режим разговора (рисунок 5). Спектральный анализ записанных сигналов показывает незначительное изменение основных дискриминирующих частот (рисунок 6).

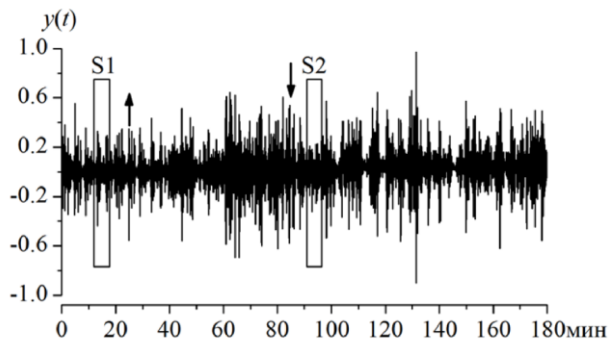


Рисунок 5. Запись звуков пчел до и после активация сотовых телефонов (стрелка вверх – момент активации телефонов, стрелка вниз – момент перевода телефонов в режим ожидания)

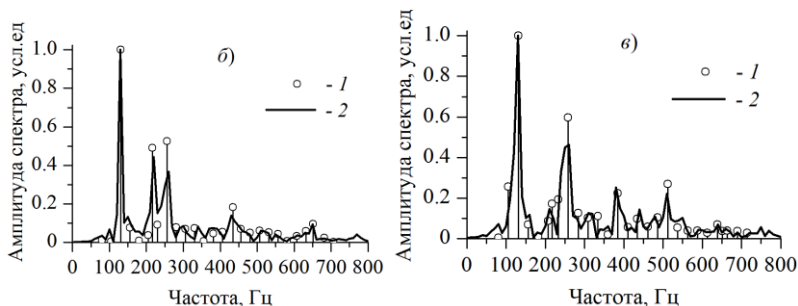


Рисунок 6. Амплитудно-частотные спектры выделенных участков S1 (а) и S2 (б)

Анализ полученных результатов по динамике изменения температуры и спектральных характеристик акустических шумов пчел при активации мобильных телефонов позволяет констатировать наличие выраженных закономерностей. На данном этапе исследований эти закономерности можно сформулировать следующим образом: дестабилизирующее действие электромагнитного излучения проявляется в увеличении флуктуаций тепловых и акустических процессов в скоплениях пчел и смещении основных частот акустического сигнала в сторону возрастания на 20–30 Гц. Степень выраженности ответных реакций пчел при сохранении интенсивности воздействия варьирует от весны к осени. С наступлением летнего периода, соответствующего накоплению большого количества пчел в семьях, невоспроизводимость биологических эффектов воздействия ЭМИ возрастает, достигая 75 %. Ближе к осени характерные черты ответных реакций в области частот сотовой связи проявляются слабо. Причины отсутствия или слабой выраженности эффектов неоднозначны: это может быть связано с повышенной резистентностью осенних пчел, отсутствием расплода в гнездах и мотивации накопления кормовых запасов.

Еще одной причиной разнонаправленности эффектов воздействия ЭМИ может являться тот факт, что в действительности сигналы GSM никогда не являются постоянными. Всегда присутствуют вариации интенсивности и частоты этих сигналов. Электромагнитные поля с изменяющимися параметрами обычно являются более биологически активными, чем поля с постоянными параметрами. Возможно, по этой причине пчелам труднее к ним адаптироваться. Можно, конечно, провести эксперименты с постоянными GSM сигналами, но они не имитируют реальные условия. Для имитации реальных условий

мы использовали в наших экспериментах обычный телефон стандарта связи GSM.

В реальных условиях пчелиные семьи не подвергаются воздействию ближнего поля сотового телефона, аналогичному тому, которому подвергается пользователь телефона и пчелы в наших экспериментах. Это дает основание полагать, что импульсное радиочастотное излучение с частотой повторения импульсов 217 Гц, испускаемое телефонами стандарта GSM не может быть причиной коллапса пчел. Однако неоднозначность полученных результатов и, особенно, наличие кумуляции эффекта говорят о необходимости продолжения исследований, связанных с рассмотрением вопросов влияния ЭМИ дециметрового диапазона на развивающихся пчел, находящихся на разных стадиях онтогенеза, и на репродуктивную способность маток.

Список литературы:

1. Еськов Е.К., Тобоев В.А. Анализ статистически однородных фрагментов акустических шумов, генерируемых скоплениями насекомых // Биофизика. 2010. Т. 55. Вып. 1. С. 113–125.
2. Лебедев В.И. Причины гибели семей пчел в период осени 2002 и зимы 2002–2003 гг. // Пчеловодство. 2003. № 5. С. 34–35.
3. Chen Y., Evans J.D., Smith I.B., Pettis J.S. Nosema ceranae is a long-present and wide-spread microsporidian infection of the European honey bee (*Apis mellifera*) in the United States // Journal of Invertebrate Pathology. 2008. V. 97. P. 186–188.
4. Cox-Foster D.L., Conlan S., Holmes E.C. et al. A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder // Science. 2007. 12.318 (5848). P. 283–287.
5. Dainat B., Vanengelsdorp D., Neumann P. 2012. Colony collapse disorder in Europe // Environmental Microbiology Reports. 2012. V. 4. P. 123–125.
6. Favre D. Mobile phone-induced honeybee worker piping // Apidologie. 2011. V. 42. P. 270–279.
7. Harst W., Kuhn J., Stever H. Can electromagnetic exposure cause a change in behaviour? Studying possible non-thermal influences on honey bees—an approach within the framework of educational informatics. 2006. [http://agbi.uni-landau.de/material_download/ IAAS_2006.pdf](http://agbi.uni-landau.de/material_download/IAAS_2006.pdf). Accessed 15 Sept 2009.
8. Nigmatullin R.R., Osokin S.I., Toboev V.A. NAFASS: Discrete spectroscopy of random signals // Cyaos, Solitons & Fractals 2011. V. 44. № 4-5. P. 226–240.

9. Stever H., Harst W., Kimmel S. et al. Change in behaviour of the honeybee *Apis mellifera* during electromagnetic exposure—followup study 2006 (Unpublished research report). 2007. [http:// agbi.uni-landau.de/material_download/elmagexp_ bienen_06.pdf](http://agbi.uni-landau.de/material_download/elmagexp_bienen_06.pdf). Accessed 15 Sept 2009.
10. Vanengelsdorp D., J. Hayes Jr., R.M. Underwood and J. Pettis. A Survey of Honey Bee Colony Losses in the U.S., Fall 2007 to Spring 2008. 2008. PLoS ONE. 3: e4071.
11. Vanengelsdorp D., Meixner M.D. A Historical Review of Managed Honey Bee Populations in Europe and the United States and the Factors That May Affect Them // *Journal of Invertebrate Pathology*. 2010. V. 103. P. 80–95.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

СЕКЦИЯ

«АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ»

ПРОГРАММНЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАБОТЫ НЕФТЕПЕРЕРАБАТЫВАЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Кувыкин Вячеслав Иванович

*д-р физ.-мат. наук, начальник Планово-экономического отдела
ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»,*

РФ, г. Кстово

E-mail: Vyacheslav.Kuvykin@lukoil.com

Колпакова Елена Валерьевна

*экономист Планово-экономического отдела
ООО «ЛУКОЙЛ-Нижегороднефтеоргсинтез»,*

РФ, г. Кстово

E-mail: Elena.Kolpakova@lukoil.com

PROGRAM SOLUTIONS FOR REFINERY PRODUCTION FORECASTING

Viacheslav Kuvykin

*dr. Sc. (Phys.-Math.), Head of economic department
OOO LUKOIL-Nizhegorodnefteorgsintez,*

Russia, Kstovo

Elena Kolpakova

*economist of economic department OOO LUKOIL-Nizhegorodnefteorgsintez,
Russia, Kstovo*

АННОТАЦИЯ

Рассмотрены задачи прогнозирования производства в нефтеперерабатывающей отрасли. Построен автоматизированный программный комплекс для расчета выработки продукции с использованием модели линейного программирования и исторических данных. Приведены результаты внедрения полученных решений для календарного планирования и конкурентные преимущества комплекса.

ABSTRACT

The aims of refinery production forecasting are considered. The software complex is designed for calculation of output using linear programming models and historical data. The results of the implementation of schedule solutions and the software complex competitive advantages are provided.

Ключевые слова: нефтепереработка, математическое моделирование, календарное планирование, информационные технологии, автоматизация в промышленности.

Keywords: refining, mathematical modeling, scheduling, IT, automation in industry.

Для эффективного управления производственным процессом необходима информационная система, аналогичная навигационной системе, которая отображает производство продукции и производит сравнение с оптимальными плановыми значениями [2]. Обычные для навигации вопросы «Где мы находимся?» и «Куда направляемся?» могут быть решены специальными программными комплексами. Системы учета и планирования существуют на всех заводах, поскольку они являются необходимым звеном управления производством и позволяют увеличить экономическую эффективность [1]. Не всегда они объединены в единую систему и зачастую не позволяют построить быстрый прогноз за то короткое время, которое отводится для принятия управленческих решений. Чем быстрее и качественней выполняется прогноз, тем более конкурентоспособным является предприятие.

На нефтеперерабатывающих заводах (НПЗ) широко используются процессы автоматизации бизнес-процессов для решения задач согласования материального баланса и планирования производства на основе модели линейного программирования [6]. Воспользуемся данными этих систем для построения прогноза.

В настоящее время на российских НПЗ уделяется большое внимание к автоматизированным системам расчета календарного плана производства, но внедрение таких систем идет с большим

трудом. Одной из причин, замедляющей темпы автоматизации, является сложность системы и необходимость увеличения персонала на их поддержку [7]. Кроме того, следует отметить, что специализированные программы зачастую имеют слишком сильный отпечаток представлений разработчиков о том, как такие задачи должны решаться, не учитывают специфику работы персонала. Поскольку изменение экономических условий часто требует новых подходов, такие программы, как правило, не дают полной свободы действий, требуют постоянной поддержки внешними программистами, заменяются новыми версиями, имеют высокую стоимость и требуют значительных трудозатрат.

Увеличить скорость прогнозирования и провести оценку работы НПЗ в последующие периоды можно без специализированных систем. Концепция построения систем сбора и обработки данных заключается в применении двух модулей, один из которых осуществляет объединение данных, а второй – обеспечивает математическую обработку с представлением информации в удобном виде [5]. Применение распространенного пакета MS Office и языка программирования Visual Basic упрощает процедуру сопровождения и не требует поддержки профессиональными программистами, позволяя быстро вносить изменения в программу и менять интерфейс.

Используем концепцию интеграции систем планирования и учета [2; 6] для прогнозирования и задач календарного планирования производства. На рисунке представлена схема работы системы “Forecast” [4]. Основой ее работы является сбор, консолидация и математическая обработка данных с дальнейшим прогнозированием выработки нефтепродуктов на основе линейной модели.

Работа комплекса начинается с того, что клиент выбирает период и вид отчета. Далее направляются SQL-запросы на выборку данных из систем, содержащих плановые и фактические данные по производству. На предприятии применяются программные продукты компании “Honeywell”: система оптимального планирования RPMS позволяет хранить данные в MS Access, а система учета Production Balance использует для этих целей базу данных Oracle.

Базы данных содержат суточную информацию по измерениям и плановым значениям массы сырья и нефтепродуктов технологических установок, узлов смешения и резервуарного парка, которая достаточна для план-факт анализа выработки нефтепродуктов и осуществления календарного планирования [3]. Необходимо подчеркнуть, что совокупность данных организована в соответствии

с концептуальной моделью движения нефтепродуктов на НПЗ, которая описана в работе [5].

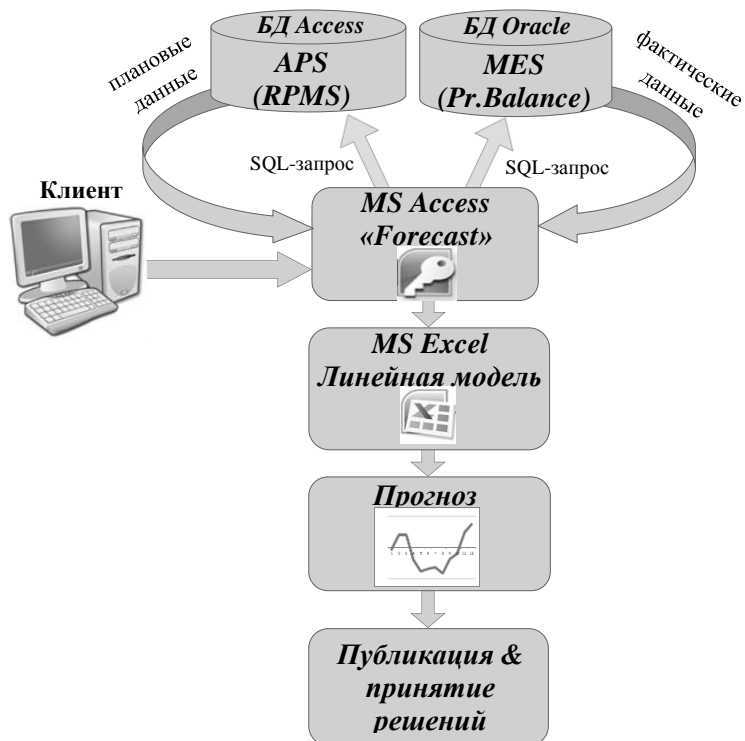


Рисунок 1. Схема процесса построения прогноза

Данные накапливаются в едином блоке, базирующемся на MS Access, после чего поступают на обработку во второй блок, который реализован на основе MS Excel. В системе MS Excel построена линейная модель с постоянными коэффициентами для прогнозирования выработки продукции. Система позволяет строить прогноз с учетом работы по последним суткам или линейной комбинации данных последних суток. Кроме того, модель дает возможность учесть изменение объема переработки, перераспределение загрузок производственных мощностей и, таким образом, построить различные сценарии работы установок и выпуска продукции.

Построенный прогноз направляется всем заинтересованным лицам для принятия управленческих решений в части принятия мер по ликвидации отставания или корректировки плана.

Достоинством такого подхода является отсутствие трудозатрат высококвалифицированных программистов, гибкость настройки аналитических отчетов пользователем в привычной для него форме.

Изложенный подход обеспечивает высокую скорость работы (формирования прогноза и отчетов составляет 90 секунд), низкую стоимость программного обеспечения и сопровождения. Программный комплекс дает возможность оперативно контролировать производство. Благодаря применению инновационных решений повышается оперативность анализа производственных показателей и эффективность принимаемых решений.

Таким образом, описана методика построения быстродействующих программ для прогнозирования производства нефтепродуктов и календарного планирования. Используются данные фактической выработки и плановые значения из баз данных различной структуры. Автоматически осуществляется консолидация данных и аппроксимация на последующий период посуточно в специальные шаблоны. Программный комплекс позволяет увеличить эффективность управления производством за счет уменьшения неопределенности при построении прогнозов производства и управления мощностями. Имеется возможность визуально и быстро идентифицировать проблемы, рассмотреть различные сценарии работы с желаемой детализацией.

Приведенные в данной статье концепции построения математических моделей используются на практике при построении прогнозов и принятия решений по управлению производством.

Список литературы:

1. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Вережкин А.П., Докучаев Е.С., Малышев Ю.М. Технология, экономика и автоматизация процессов переработки нефти и газа. – М.: Химия, 2005. – 736 с.
2. Кувыкин В.И. Использование моделей бизнес-процессов НПЗ в системах планирования и учёта // Мир нефтепродуктов. Вестник нефтяных компаний. – 2013. – № 7. – С. 47–48.
3. Кувыкин В.И., Логунов П.Л., Мелешкевич М.А., Шишмарева Е.В. Данные календарного планирования Forecast. // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. – 2014. – № 9. – С. 78.
4. Кувыкин В.И., Логунов П.Л., Сапелкина С.А., Мелешкевич М.А., Шишмарева Е.В. “Forecast”. // Программы для ЭВМ. Базы данных. Топологии интегральных микросхем. – 2014. – № 9. – С. 576.

5. Кувькин В.И., Мелешкевич М.А. Интеграция систем планирования и учета нефтеперерабатывающих предприятий // *Инновации в науке.* – 2015. – № 52. Ч. 1. – С. 19–25.
6. Кувькин В.И. Организация автоматизированных систем планирования и материального баланса // *Автоматизация в промышленности.* – 2014. – № 8. – С. 29–33.
7. Петухов М.Ю. Об актуальности внедрения автоматизированной системы календарного планирования производства и поставок на нефтеперерабатывающем заводе // *Автоматизация в промышленности.* – 2015. – № 8. – С. 8–12.

СЕКЦИЯ

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ И ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ МАШИН, КОМПЛЕКСОВ И КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ»

РАЗРАБОТКА ЭУМК С ПОМОЩЬЮ DOCBOOK

Миндалев Игорь Викторович

*доц. кафедры Информационных систем и технологий в экономике,
ФГБОУ ВО «Красноярский Государственный аграрный университет»,
РФ, г. Красноярск*

E-mail: mindalev@rambler.ru

THE DEVELOPMENT OF ELECTRONIC EDUCATIONAL COMPLEX USING DOCBOOK

Igor Mindalev

*assistant professor of Information systems and technologies in economy,
Krasnoyarsk state agrarian university,
Russia, Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

Сформулированы требования к системе автоматизированной подготовки электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК) дисциплины. В качестве методологической основы такой системы выбран стандарт Docbook. Представлена технология разработки ЭУМК на базе Docbook.

ABSTRACT

The requirements to the system of automated preparation of electronic educational complex discipline. As a methodological basis of the system proposed by the standard Docbook.

Ключевые слова: ЭУМК, XML, docbook, xsltproc, документация.

Keywords: Electronic training complex, XML, Docbook, XSLTProc, Documentation.

Учебно-методический комплекс по дисциплине определяется, как «совокупность учебно-методических материалов по учебной дисциплине конкретного учебного плана по специальности (направлению), необходимых для организации и осуществления с их помощью учебного процесса» [1]. Соответственно при разработке комплекса с применением информационных технологий он принимает форму электронного учебно-методического комплекса (ЭУМК). Учебно-методические материалы (УММ) разрабатываются в соответствии с формами учебной деятельности студентов: лекции, лабораторные занятия, самостоятельная работа. Можно сказать, что ЭУМК – это УММ по определенной учебной дисциплине расположенные на электронных носителях.

В настоящее время разработка и поддержка ЭУМК полностью лежит на плечах преподавателей, по принципу: произошли изменения в учебном плане или в рабочей программе дисциплины – необходимо актуализировать учебно-методический комплекс. УММ представляют собой набор документов формата Microsoft Word, которые хранятся на компьютере преподавателя. А конечные документы комплекса должны быть в формате HTML. Возникают задачи по преобразованию документов из одного формата в другой, по стилевому оформлению.

Для их решения можно обратиться к смежным областям. Например, проблемы, возникающие при ведении технической документации в softверных компаниях [3] совпадают с нашей ситуацией. Тогда допустим, что аналогом разработки ЭУМК в вузе является разработка технической документацию в области программного обеспечения. А разработка технической документации – вполне сформировавшийся сектор ИТ-индустрии.

Сформулируем следующие требования к системе для подготовки ЭУМК, аналогичные требованиям к системе разработки технической документации:

1. лицензия GNU GPL и ей подобные;
2. возможность создания конечного документа в формате HTML и других форматах в автоматическом режиме;
3. поддержка форматирования документа;
4. возможность декомпозиции конечного документа на составные элементы, для повторного использования;
5. соответствие принципу единого источника;
6. текстовый формат хранения документа, не Microsoft Word, чтобы иметь возможность использовать систему управления версиями (VCS).

Первое требование связано с использованием программного обеспечения с лицензией GNU GPL [7], которое дает пользователям возможность на неограниченную установку, а также свободное использование и изменение программ. Кроме этого использование программ с такой лицензией позволяет экономить денежные средства: большая часть их бесплатны.

Второе требование определяет формат выходных документов системы по подготовке ЭУМК – это кроме HTML, еще желательны PDF, CHM. Кроме этого необходима возможность генерации выходных документов в автоматическом режиме.

Реализация третьего требования позволит преподавателям при разработке комплекса иметь возможность настраивать внешний вид выходных документов.

Четвертое требование связано с возможностью декомпозиции документа комплекса на элементы, для повторного использования при разработке ЭУМК похожего направления. Этими элементами могут быть модули, определяемые как «часть учебной дисциплины, по окончании изучения которой осуществляется промежуточный контроль знаний студентов» [2] или дидактические единицы (разделы, подразделы, темы).

Если программа в разных ситуациях должна выполнять одни и те же действия, их оформляют в виде функций или процедур. Если действия одинаковы в общем, но различаются в зависимости от конкретной ситуации, то программист предусматривает возможность передать функции или процедуре определенные аргументы. Для реализации этого программистского подхода к документированию в работе [4] был предложен принцип единого источника, который представлен в пятом требовании. Благодаря этому «можно несмотря на все своеобразие текста «выносить за скобки» одинаковое, параметризовать почти одинаковое и формировать из этих блоков документы в том виде, в котором их предпочитает получать их аудитория» [4].

Формирование документов на основе шаблонов (или модулей в нашем случае) и единого источника – основной принцип, на котором сегодня построены наиболее известные и развитые инструментальные средства для автоматизации документирования.

Шестое требование связано с системой управления версиями (VCS), которая позволяет хранить несколько версий одного и того же документа, при необходимости возвращаться к более ранним версиям, определять, кто и когда сделал то или иное изменение.

Использование такой системы особенно важно для ЭУМК одной кафедры, где читаемые дисциплины взаимосвязаны.

Этим требованиям вполне удовлетворяет Docbook – стандарт консорциума OASIS, семантический язык разметки для технической документации, но он может быть использован для любого другого рода документации, в том числе и для разработки ЭУМК.

Разработка документа в формате Docbook напоминает работу с HTML, только используется свой набор тегов и правил их употребления, которые представлены на сайте проекта [8; 9]. Набор тегов для описания содержимого большой, но в повседневной работе нами использовались не более двадцати.

Первый шаг предлагаемой технологии разработки ЭУМК: это создание документа в формате Docbook.

Второй шаг: чтобы привести документ в пригодный для чтения или печати формат, например, HTML, необходимо использовать XSLT-процессор, который на основе содержимого документа и стилей оформления сформирует конечный документ. Модель XSLT-обработки представлена на рисунке 1.

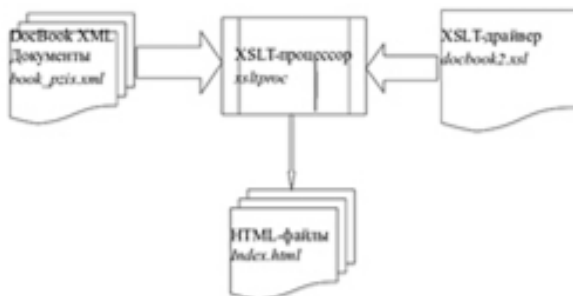


Рисунок 1. XSLT-обработка

Документ в формате Docbook можно создать с помощью текстового процессора, например, LibreOffice Writer, который поддерживает этот формат. Но полученный документ содержит лишь базовые теги Docbook.

Дальнейшее редактирование документа по добавлению необходимых тегов осуществляется с помощью текстового редактора или с помощью XML-редактора, например, Syntex Serna [5]. Также с помощью Syntex Serna удобно выполнять проверку XML-файла на соответствие стандарту Docbook. Полученный файл формата Docbook XML является базовым документом ЭУМК.

В простейшем случае XSLT-процессор получает на входе два документа – входной XML-документ и таблицу стилей XSLT – и создает на их основе выходной документ.

Нами был использован XSLT-процессор XSLTPROC [11] в среде операционной системы ROSA Linux.

Для того чтобы работать над внешним видом выходного документа, понадобится задавать значение целой серии параметров. Делать это через командную строку неудобно, поэтому обычно создают XSL-драйвер, пример содержания которого представлен ниже.

```
<?xml version="1.0" encoding="windows-1251"?>
<xsl:stylesheet version="1.0"
xmlns:xsl="http://www.w3.org/1999/XSL/Transform">
<xsl:import href="/home/mindal/docbook-xsl-
1.78.1/xhtml/chunk.xml"/>
<xsl:param name="chunker.output.encoding" select="windows-
1251"/>
<xsl:param name="chapter.autolabel" select="1"/>
<xsl:param name="110n.gentext.default.language" select="ru"/>
<xsl:param name="section.autolabel" select="1"/>
<xsl:param name="section.label.includes.component.label"
select="1"/>
<xsl:param name="part.autolabel" select="1"/>
<xsl:param name="navig.graphics" select="0"/>
<xsl:param name="base.dir" select="/home/mindal/ek2015/pzis/">
<xsl:param name="html.stylesheet" select="pzis.css"/>
<xsl:param name="chunk.tocs.and.lots" select="1"/>
<xsl:param name="chunk.section.depth" select="4"/>
</xsl:stylesheet>
```

Вопросы настройки Docbook, в том числе параметры, рассматриваются в книге [10].

Стандартные XSL-скрипты Docbook поддерживают специальный вариант трансляции в HTML — для последующего преобразования в Microsoft HTML Help.

Создание выходного документа, например, в виде набора html-файлов, запускается командой: `xsltproc – nonet docbook2.xml book_pzis.xml`, где `docbook2.xml` – XSL-драйвер, `book_pzis.xml` – базовый файл `docbook`.

Разработанный на основе технологии Docbook ЭУМК можно посмотреть на сайте университета [6].

Таким образом, представленная технология на базе Docbook позволяет автоматизировать процесс разработки электронного учебно-

методического комплекса дисциплины. Она позволяет разработчику комплекса «забыть» о форматировании документов и о ручной html-верстке, а сосредоточиться на главном: на содержании комплекса.

Список литературы:

1. Положение об учебно-методическом комплексе дисциплины. КрасГАУ-СМК-П-7.3.1-2013. – [Электронный ресурс] ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ». – Режим доступа – URL: http://kgau.ru/new/student/32/lna/pol_umkd.pdf (Дата обращения: 11.01.16).
2. Положение о модульно-рейтинговой системе подготовки студентов. КрасГАУ-СМК-П-7.5.1-2013. – [Электронный ресурс] ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ». – Режим доступа – URL: http://kgau.ru/new/student/32/lna/pol_mrs.pdf (Дата обращения: 11.01.16).
3. Разработка документации при помощи DocBook. – [Электронный ресурс] Хабрахабр. – Режим доступа – URL: <http://habrahabr.ru/post/212881/> (Дата обращения: 11.01.16).
4. Острогорский М. Разработка технической документации на основе единого источника. – [Электронный ресурс] Компания «Философт». – Режим доступа – URL: <http://www.philosoft.ru/ssht-01.zhtml> (Дата обращения: 11.01.16).
5. Визуальный XML редактор Syntext Serna. – [Электронный ресурс] Хабрахабр. – Режим доступа – URL: <http://habrahabr.ru/post/112371> (Дата обращения: 11.01.16).
6. Теория экономических информационных систем. Электронный учебно-методический комплекс. – [Электронный ресурс] ФГБОУ ВО «Красноярский ГАУ». – Режим доступа – URL: <http://www.kgau.ru/istiki/istiki/teis/index.html> (Дата обращения: 11.01.16).
7. GPLv3: краткое руководство. – [Электронный ресурс] – Операционная система GNU. – Режим доступа – URL: <http://www.gnu.org/licenses/quick-guide-gplv3.ru.html> (Дата обращения: 11.01.16).
8. Docbook – [Электронный ресурс] – Docbook. – Режим доступа – URL: <http://www.docbook.org/> (Дата обращения: 11.01.16).
9. Walsh N., Muellner L. DocBook: The Definitive Guide. – [Электронный ресурс] – Docbook. – Режим доступа – URL: <http://www.docbook.org/tdg/en/html/docbook.html> (Дата обращения: 11.01.16).
10. Stayton B. DocBook XSL: The Complete Guide XSLT processors. – [Электронный ресурс] – Sagehill Enterprises. – Режим доступа – URL: <http://www.sagehill.net/docbookxsl/OptionsPart.html> (Дата обращения: 11.01.16).
11. The xsltproc tool. – [Электронный ресурс] The XML C parser and toolkit of Gnome. – Режим доступа – URL: <http://xmlsoft.org/XSLT/xsltproc2.html> (Дата обращения: 11.01.16).

СЕКЦИЯ

«МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ»

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЗИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ СРЕДСТВАМИ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ MAPLE

Голанова Анна Викторовна

*канд. пед. наук, доц кафедры информатики и вычислительной
математики Ленинградского государственного университета
имени А.С. Пушкина,
РФ, г. Пушкин
E-mail: golanova@yandex.ru*

Голикова Екатерина Ивановна

*канд. пед. наук, доц. кафедры информатики и вычислительной
математики Ленинградского государственного университета
имени А.С. Пушкина,
РФ, г. Пушкин
E-mail: golikova_kat@inbox.ru*

COMPUTER SIMULATION OF PHYSICAL PROCESSES BY MEANS OF COMPUTER ALGEBRA SYSTEM MAPLE

Anna Golanova

*candidate of Science, associate professor of department of computer science
and calculus mathematics of Pushkin Leningrad State University,
Russia, Pushkin*

Ekaterina Golikova

*candidate of Science, associate professor of department of computer science
and calculus mathematics of Pushkin Leningrad State University,
Russia, Pushkin*

АННОТАЦИЯ

В статье описан и реализован в системе компьютерной математики Maple алгоритм решения физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям первого порядка.

ABSTRACT

The article described and implemented in the computer algebra system Maple algorithm for solving physical problems leading to differential equations of the first order.

Ключевые слова: физическая задача, дифференциальное уравнение, компьютерное моделирование, математическая модель.

Keywords: physical problem, differential equation, computer simulation, mathematical model.

Компьютерное моделирование используется для описания и анализа процессов разнообразной природы и является частью научно-исследовательской деятельности. Построение компьютерной модели требует не только знаний в конкретной предметной области, но и знаний в области вычислительной математики и программирования.

Бакалавры, обучающиеся по направлениям 09.03.03 «Прикладная информатика» (профиль подготовки «Прикладная информатика в экономике») и 44.03.05 «Педагогическое образование» (профили подготовки «Математика и информатика», «Информатика»), в рамках дисциплины «Компьютерное моделирование» должны иметь представление о классах программных средств и их назначении, знать инструментарий и владеть технологическими приёмами работы. При изучении этой дисциплины рассматриваются различные физические и геометрические задачи. В процессе решения таких задач возникает необходимость построения их математической и компьютерной моделей. Математическими моделями таких задач очень часто являются обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка с заданными начальными условиями [1; 2].

Процесс решения геометрических и физических задач состоит из последовательности взаимосвязанных этапов. Для геометрической задачи этот процесс был подробно описан в [2]. В данной статье мы остановимся на описании алгоритма решения физической задачи.

Для решения физической задачи, сводящейся к обыкновенному дифференциальному уравнению первого порядка, необходимо:

- 1) построить чертёж в декартовой системе координат;
- 2) записать второй закон Ньютона в векторной форме и найти проекции на оси координат;

- 3) получить дифференциальное уравнение и найти его общее решение;
- 4) найти частное решение дифференциального уравнения, используя исходные данные задачи;
- 5) используя найденное частное решение, найти искомую величину и ответить на поставленный вопрос задачи.

Для нахождения, численного и аналитического решений полученного дифференциального уравнения удобно использовать онлайн калькуляторы (<http://matematikam.ru/calculate-online/differential-equations.php>, <http://reshit-online.ru/diff-equation.html>, <http://math.semestr.ru/math/diffur.php> и др.) и различные системы компьютерной математики (Mathematica, Maple, MatLab, Mathcad, Maxima и др.). Основная задача онлайн калькуляторов – нахождение аналитического решения. Использование систем компьютерной математики направлено, в первую очередь, на нахождение не только аналитического, но численного решения обыкновенного дифференциального уравнения, а также на построение графиков решений.

Для наглядной иллюстрации вышеописанного алгоритма, рассмотрим решение следующей физической задачи.

Снаряд выпущен вертикально вверх с начальной скоростью $v_0 = 100$ м/с. Сопротивление воздуха замедляет его движение, сообщая снаряду отрицательное ускорение, равное $-kv^2$ (где v – мгновенная скорость снаряда, а k – аэродинамический коэффициент). Определить время достижения снарядом наивысшего положения (по [3, с. 111, № 36]).

Для решения данной задачи:

1. Построим чертёж к задаче в декартовых координатах (Рис. 1).

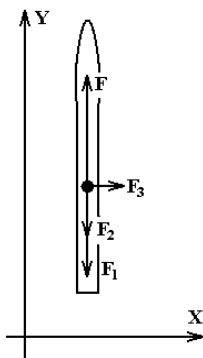


Рисунок 1. Иллюстрация задачи

2. Запишем второй закон Ньютона в векторной форме:

$$m \frac{d\vec{v}}{dt} = \vec{F}_1 + \vec{F}_2 + \vec{F}_3$$

где: m – масса снаряда, F_1 – сила притяжения, F_2 – сила аэродинамического сопротивления, F_3 – сила ветра.

Найдём проекции на оси:

$$\begin{cases} \frac{dv_y}{dt} = -g - k \cdot (\sqrt{v_x^2 + v_y^2})^2 \\ \frac{dv_x}{dt} = \frac{dV_x}{dt} \end{cases}$$

где: g – ускорение свободного падения, V_x – скорость ветра (проекция на ось X).

3. Проинтегрируем второе уравнение системы и подставим результат в первое уравнение:

$$\frac{dv_y}{dt} = -g - k \cdot V_x^2 - k \cdot v_y^2$$

В результате получим уравнение первого порядка с разделяющимися переменными. Его общее решение:

$$v_y(t) = -\frac{tg \left(t \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2} + C \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2} \right) \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2}}{k}$$

4. Для нахождения частного решения воспользуемся начальным условием $v_y(0) = 100$:

$$100 = -\frac{tg \left(0 \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2} + C \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2} \right) \cdot \sqrt{kg + k^2 V_x^2}}{k}$$

Выразим постоянную C :

$$C = -\frac{\operatorname{arctg}\left(\frac{100k}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}}\right)}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}}$$

Таким образом, частное решение имеет вид:

$$v_y(t) = -\frac{\operatorname{tg}\left(t \cdot \sqrt{kg+k^2V_x^2} - \frac{\operatorname{arctg}\left(\frac{100k}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}}\right)}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}} \cdot \sqrt{kg+k^2V_x^2}\right) \cdot \sqrt{kg+k^2V_x^2}}{k}$$

5. В момент достижения снарядом наивысшего положения его скорость равна 0, следовательно:

$$t_{\max} = \frac{\operatorname{arctg}\left(\frac{100k}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}}\right)}{\sqrt{kg+k^2V_x^2}}$$

Зададим значения коэффициентов:

- аэродинамический коэффициент $k = 0,5$ (коэффициент лобового сопротивления для конуса 2:1);
- ускорение свободного падения $g = 9,8 \text{ м/с}^2$;
- скорость бокового ветра $V_x = 2 \text{ м/с}$.

В результате получим: $t_{\max} = 0,6267 \text{ с}$.

Таким образом, время достижения снарядом наивысшего положения составляет $0,6267 \text{ с}$.

Для нахождения, аналитического и численного решений полученного дифференциального уравнения, будем использовать систему компьютерной математики Maple.

1. Найдём аналитическое решение дифференциального уравнения

with(DETools):

with(plots):

de := diff(v(t), t) = -g - k*Vx^2 - k*v(t)^2;

$$\frac{d}{dt} v(t) = -g - k Vx^2 - k v(t)^2$$

dsolve(de, v(t));

$$v(t) = -\frac{\tan\left(t\sqrt{k g + k^2 Vx^2} + _CI\sqrt{k g + k^2 Vx^2}\right)\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}{k}$$

a := rhs(%): b := subs(t=0, a)

$$-\frac{\tan\left(_CI\sqrt{k g + k^2 Vx^2}\right)\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}{k}$$

c := solve(100=b, _CI)

$$-\frac{\arctan\left(\frac{100 k}{\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}\right)}{\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}$$

d := subs(_CI=c, a)

$$-\frac{\tan\left(t\sqrt{k g + k^2 Vx^2} - \arctan\left(\frac{100 k}{\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}\right)\right)\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}{k}$$

solve(%, t)

$$\frac{\arctan\left(\frac{100 k}{\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}\right)}{\sqrt{k g + k^2 Vx^2}}$$

evalf(subs(k=0.5, g=9.8, Vx=2, %))

0.6267023247

2. Найдём численное решение дифференциального уравнения. Численное решение ищем, используя метод Рунге-Кутты четвертого порядка и метод Эйлера.

k := 0.5 : g := 9.8 : Vx := 2 : deqn1 := {diff(v(t), t) = -g - k*Vx^2 - k*v(t)^2, v(0) = 100};

$$\left\{v(0) = 100, \frac{d}{dt} v(t) = -11.8 - 0.5 v(t)^2\right\}$$

seq(0..1, 0.0001):

```
dsol1 := dsolve(deqn1, numeric, method = classical[rk4], output = array([%]))
```

[t v(t)]	
0.	100.
0.0001	99.5013134230898402
0.0002	99.0075642795362825
0.0003	98.5186795476080874
0.0004	98.0345876412416715
.....	
0.6263	0.00475811184006261212
0.6264	0.00357811096560915060
0.6265	0.00239811051337491394
0.6266	0.00121811034411879391
0.6267	0.0000381103186038456165
.....	
0.9996	-6.19481463600467384
0.9997	-6.19791438260502046
0.9998	-6.20101605099756714
0.9999	-6.20411964333643162
1.0000	-6.20722516177885897

```
dsol2 := dsolve(deqn1, numeric, method = classical[foreuler], output = array([[%%]]))
```

$[t \quad v(t)]$	
0.	100.
0.0001	99.4988199999999950
0.0002	98.9976400000000040
0.0003	98.4964599999999990
0.0004	97.9952799999999940
.....	
0.6099	0.0110207170261192103
0.6100	0.00984047999394098427
0.6101	0.00866024296176275828
0.6102	0.00748000592958452532
0.6103	0.00630046546868444704
.....	
0.9996	-6.62383710632628908
0.9997	-6.62711221078163426
0.9998	-6.63038731523697944
0.9999	-6.63366241969232373
1.0000	-6.63693752414766891

3. Построим графики найденных решений.

```
p1 := odeplot(dsol1, [t, v(t), color = black, style = point, symbol = circle, symbolsize = 5],
0..1):
p2 := odeplot(dsol2, [t, v(t), color = red, style = point, symbol = box, symbolsize = 5], 0
..1):
p3 := plot(d, t = 0..1, color = green, thickness = 5):
display(p3, p1, p2)
```

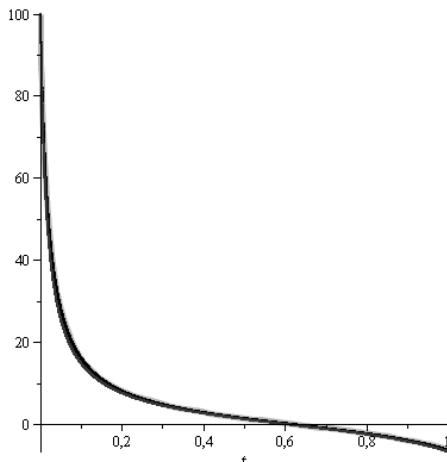


Рисунок 2. Графики аналитического и численного решений дифференциального уравнения

Отметим, что использование системы компьютерной математики Maple позволило найти аналитическое и численное решения полученного дифференциального уравнения и построить их графики в одной системе координат, визуальнo оценить различия аналитического и численного решений.

Оценим погрешность найденного численного решения.

Таблица 1.

Абсолютная и относительная погрешности численных решений

Тип решения	Численное (метод Эйлера)	Численное (метод Рунге-Кутты)
Абсолютная погрешность	0,093	$2,817 \cdot 10^{-10}$
Относительная погрешность	0,00148 %	$4,495 \cdot 10^{-12}\%$

Полученные результаты позволяют сделать вывод о том, что при выбранном количестве разбиений ($n = 1000$), аналитическое и численное решение отличаются весьма незначительно.

Для более тщательного и подробного исследования полученной компьютерной модели, необходимо изменение исходных данных и сравнение полученных результатов. Например, при постоянном значении аэродинамического коэффициента отследить время достижения снарядом наивысшего положения при изменении

начальной скорости или при постоянном значении начальной скорости отследить время достижения снарядом наивысшего положения при изменении аэродинамического коэффициента.

Список литературы:

1. Голанова А.В., Голикова Е.И. К вопросу об отборе содержания лабораторных работ по дисциплине «Компьютерное моделирование» для бакалавров по направлению «Педагогическое образование». // XVIII Царскосельские чтения: материалы междунар. науч. конф. – СПб: ЛГУ им. А.С. Пушкина, 2014. – Т. III. – С. 130–134.
2. Голанова А.В., Голикова Е.И. Применение системы компьютерной математики Maple для решения задач дифференциальной геометрии. // Естественные и математические науки в современном мире: Сб. ст. по материалам XXIII междунар. науч. конф. № 23. – Новосибирск: Изд. «Сибак», 2014. – С. 23–29.
3. Самойленко А.М., Кривошея С.А., Перестюк Н.А. Дифференциальные уравнения: примеры и задачи. Учеб. пособие. – 2-е изд., перераб. – М.: Высш. шк., 1989. – 383 с.

МАТЕМАТИКА

СЕКЦИЯ

«МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ЛОГИКА, АЛГЕБРА И ТЕОРИЯ ЧИСЕЛ»

КАТЕГОРИЧНОСТЬ СИЛЬНО МИНИМАЛЬНЫХ ФРАГМЕНТОВ ЙОНСОНОВСКИХ МНОЖЕСТВ

Ешкеев Айбат Рафхатович

*д-р физ.-мат. наук, проф. Карагандинского государственного университета им. Академика Е.А. Букетова, зав. кафедрой алгебры, математической логики и геометрии им. проф. Т.Г. Мустафина, Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: modth1705@mail.ru*

Шаматаева Назгуль Куанышовна

*докторант 1-го курса, специальность «6D060100-Математика»
Карагандинский государственный университет
им. Академика Е.А. Букетова
преподаватель Карагандинского политехнического колледжа,
Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: naz.kz85@mail.ru*

Меженина Радмила Олеговна

*магистрант 1-го курса, специальность «6M060100-Математика»,
Карагандинский государственный университет
им. Академика Е.А. Букетова,
Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: ester_15@mail.ru*

CATEGORICALLY STRONGLY MINIMAL FRAGMENTS JONSSON SETS

Aibat Yeshkeyev

named after E.A. Buketov Karaganda State University Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Head. Of Department of Algebra, Mathematical logic and Geometry. Named after prof. T.G. Mustafin, Kazakhstan, Karaganda

Nazgul Shamataeva

named after E.A. Buketov Karaganda State University Doctoral student of 1st course, speciality "6D060100-Mathematics" teacher of the Karaganda Polytechnic College, Kazakhstan, Karaganda

Radmila Mezhenina

named after E.A. Buketov Karaganda State University Master of 1st course, speciality "6M060100-Mathematics", Kazakhstan, Karaganda

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассмотрены ВОПРОСЫ счетной и несчетной категоричности фрагментов сильно минимальных йонсоновских множеств в экзистенциально простых выпуклых йонсоновских теориях.

ABSTRACT

This article considered the questions of countable and notcountable categoricity concern of the fragments of Jonsson strongly minimal sets in existential prime convex Jónsson theories.

Ключевые слова: йонсоновский теория, совершенная йонсоновская теория, выпуклая теория, экзистенциально простая теория, сильно минимальное йонсоновское множество, экзистенциально замкнутая модель, алгебраическая простая модель.

Keywords: the Jonsson theory, perfect Jonsson theory, convex theory, existential prime theory, strongly minimal Jonsson set, existentially closed model, algebraically prime model.

В работе [1, с. 53–62] были рассмотрены вопросы счетной и несчетной категоричности для некоторых позитивных подклассов йонсоновских теорий. Данная статья посвящена изучению аналогичных вопросов в более общей ситуации, а именно вопросы

категоричности для фрагментов выпуклой и экзистенциальной простой йонсоновской теории. Понятие йонсоновского множества было определено ранее в работах одного из авторов данной статьи, и программа исследования таких подмножеств семантической модели произвольной йонсоновской теории были доложены в [8, с. 8; 9, с. 99–100; 11, с. 108].

Понятие сильной минимальности, как для множеств, так и для теорий сыграли решающую роль при получении результата об описании несчетно-категоричных теорий [8, с. 79–96].

Хорошо известно, что йонсоновские теории представляют собой естественный подкласс такого широкого класса теорий, как класс индуктивных теорий, который содержит многие классические алгебраические примеры – это, например, теории булевых алгебр, абелевых групп, полей фиксированной характеристики, полигонов и т. д. Все эти примеры важны как в алгебре, так и в различных областях математики. Но перечисленные теории не только индуктивные, но и одновременно йонсоновские. И они, как правила представляют пример неполных теорий. При этом современный аппарат теории моделей развивался в основном для полных теорий, поэтому на сегодняшний день техника изучения неполных теорий заметна беднее, чем для полных теорий.

Как видно, из перечисленного списка сфера применения техники, развитой для изучения йонсоновских теорий, может быть достаточно широка и полезна в смысле развития аппарата изучения неполных теорий.

Таким образом, всё вышесказанное говорит о том, что изучение теоретико-модельных свойств йонсоновских теорий является актуальной задачей.

Из опыта изучения индуктивных теорий [7, с. 67], учитывая, что йонсоновские теории, как подкласс индуктивных теорий, обладает дополнительными интересными свойствами, мы пытаемся найти универсальные способы изучения индуктивных теорий. Одним из таких способов является метод переноса свойств первого порядка центра йонсоновской теории на саму йонсоновскую теорию. Об этом методе и об исследованиях в рамках изучения йонсоновских теорий и имеющих отношения к материалу данной статьи, мы можем отослать читателя к следующим источникам [2, с. 7–65; 4, с. 74–77; 5, с. 117–128].

Напомним основные определения из [2, с. 7], которые связаны с рассматриваемыми понятиями данной статьи.

Пусть задан произвольный счетный язык L .

Теория T называется йонсоновской, если:

- 1) Теория T имеет бесконечные модели;
- 2) Теория T индуктивна;
- 3) Теория T обладает свойством совместного вложения (JEP);
- 4) Теория T обладает свойством амальгамы (AP).

Йонссонская теория T называется совершенной теорией, если семантическая модель насыщена.

Пусть T -йонсоновская совершенная теория полная для экзистенциальных предложений в языке L и ее семантическая модель есть C .

Мы говорим, что множество $X - \Sigma$ -определимо, если оно определимо некоторой экзистенциальной формулой.

а) Множество X называется йонсоновским в теории T , если оно удовлетворяет следующим свойствам:

1. X есть Σ -определимое подмножество C ;
2. $dcl(X)$ есть носитель некоторой экзистенциально-замкнутой подмодели C .

б) Множество X называется алгебраически йонсоновским в теории T , если оно удовлетворяет следующим свойствам:

4. X есть Σ -определимое подмножество C ;
5. $acl(X)$ есть носитель некоторой экзистенциально-замкнутой подмодели C .

Если в случае изучения полных теорий мы имеем в основном дело с двумя объектами, это сама теория и ее модели, то в случае изучения йонсоновской теории мы в качестве моделей рассматриваем класс экзистенциально замкнутых моделей рассматриваемой теории, а также дополнительным условием является некоторая полнота рассматриваемой теории в логическом смысле. Как минимум, рассматриваемая теория должна быть экзистенциально полна.

Дадим определения йонсоновского фрагмента:

Будем говорить, что все $\forall \exists$ -следствия произвольной теории создают йонсоновский фрагмент этой теории, если дедуктивное замыкание этих $\forall \exists$ -следствий есть йонсоновская теория.

Тем не менее в общем случае класс йонсоновских теорий остается достаточно широким, и мы рассмотрим его естественные ограничения. Это будет сделано используя свойство выпуклости и свойство экзистенциальной полноты.

Определение 1. Теория T называется выпуклой, если для любой ее модели \mathfrak{A} и для любого семейства $\{\mathfrak{B}_i \mid i \in I\}$ ее подструктур, которые являются моделями теории T , пересечение $\bigcap_{i \in I} \mathfrak{B}_i$ есть модель теории T . При этом предполагается, что это пересечение

не пусто. Если это пересечение никогда не пусто, то теория называется сильно выпуклой.

Определение 2. Модель теории называется алгебраически простой, если она изоморфно вкладывается в любую модель рассматриваемой теории.

Определение 3. Модель A теории T называется T – экзистенциально замкнутой, если для любой модели B и любой экзистенциальной формулы $\phi(\bar{x})$ с константами из A выполняется $A \models \exists \bar{x}\phi(\bar{x})$ при условии, что A подмодель B и $B \models \exists \bar{x}\phi(\bar{x})$.

Заметим, что если E_T -класс T -экзистенциально замкнутых моделей индуктивной теории T , то он всегда непуст [7, с. 57-61].

Определение 4. Индуктивная теория T называется экзистенциально-простой, если

1. Она имеет алгебраически простую модель (AP), класс ее AP моделей обозначим через T_{AP}
2. Класс (E_T) моделей пересекается с классом AP моделей нетривиально, т.е. $T_{AP} \cap E_T \neq \emptyset$.

На данный момент достаточно хорошо изученными являются совершенные йонсоновские теории. Для них был доказан критерий совершенности [2, с. 7–65], что позволило получить многие теоретико-модельные факты относительно йонсоновской теории и ее центра. Имеются полные описания как центра таких теорий так и классов их моделей.

Основной задачей данной статьи является следующая задача:

В рамках данных нововведенных определений, рассмотреть и описать фрагменты сильно минимальных йонсоновских множеств для класса выпуклых экзистенциально простых йонсоновских теорий. Это в свою очередь повлечет за собой целый ряд новых постановок задач, например уточнение свойств первого порядка для компаньонов фрагментов (используется для доказательства теоремы 5), уточнение теоремы Лахлана-Болдуина о несчетной категоричности в рамках данной нововведенной тематики (используется для доказательства теоремы 6).

Напомним, что йонсоновская теория T имеет семантическую модель \mathfrak{C} достаточно большой мощности. Если эта модель является насыщенной, то данная йонсоновская теория называется совершенной. Семантические модели совершенной йонсоновской теории однозначно определяются своей мощностью. Далее, следуя [6, с. 7–89] так как мы будем иметь дело с совершенными йонсоновскими теориями, то нам

удобно работать внутри некоторой большой семантической экзистенциально замкнутой модели, содержащей все остальные экзистенциально замкнутые модели рассматриваемой совершенной йонсоновской теории. Назовем эту модель универсальной экзистенциальной областью (УЭО).

Ее можно также охарактеризовать следующими условиями.

1. Каждая модель данной теории изоморфна вложима в \mathfrak{C} .

2. Каждый изоморфизм между двумя подмоделями продолжается до автоморфизма модели \mathfrak{C} .

В рассматриваемых результатах, мы будем рассматривать не все подмножества \mathfrak{C} , а только йонсоновские подмножества.

Для любых Σ – определимых подмножеств семантической модели мы имеем, что верно следующий результат.

Лемма 1. [6, с. 31–36].

Σ – определимое подмножество семантической модели определимо над множеством параметров A из семантической модели, если и только если оно инвариантно относительно всех автоморфизмов модели \mathfrak{C} , оставляющих на месте каждый элемент из A .

Отсюда следует, что определимое замыкание $dcl(A)$ йонсоновского множества A , т. е. множество всех элементов, определимых над A , совпадает с множеством элементов, инвариантных относительно всех автоморфизмов над A .

Из леммы 1. вытекает, что элемент b алгебраичен над A , если и только если он имеет лишь конечное число сопряженных над A .

Определим ранг Морли для экзистенциально определимых подмножеств семантической модели.

Мы хотим приписать каждому Σ – определимому подмножеству \mathbb{D} из семантической модели порядковое число (или, возможно, -1 или ∞) – его ранг Морли, обозначаемый через MR . Сначала определим отношение $MR(\mathbb{D}) \geq \alpha$ посредством рекурсии по ординалу α .

Пусть T совершенная йонсоновская теория, C -ее УЭО.

Определение 5. [6, с.31–36].

$MR(\mathbb{D}) \geq 0$, если и только если \mathbb{D} непусто;

$MR(\mathbb{D}) \geq \lambda$, если и только если $MR(\mathbb{D}) \geq \alpha$ при всех $\alpha < \lambda$ (λ – предельный ординал);

$MR(\mathbb{D}) \geq (\alpha + 1)$, если и только если в \mathbb{D} существует бесконечное семейство (\mathbb{D}_i) попарно непересекающихся Σ – определимых подмножеств, таких что $MR(\mathbb{D}_i) \geq \alpha$ при всех i .

Тогда ранг Морли класса \mathbb{D} равен

$$MR(\mathbb{D}) = \sup\{\alpha / MR(\mathbb{D}) \geq \alpha\}$$

Причем будем считать, что $MR(\emptyset) = -1$ и $MR(\mathbb{D}) = \infty$, если 48/ для всех α (в последнем случае будем говорить, что \mathbb{D} не имеет ранга).

Заметим, что Σ -определимый класс имеет ранг -1 , если он пуст; ранг 0 , если он конечен; ранг 1 , если он бесконечен, но не содержит бесконечного семейства непересекающихся бесконечных Σ -определимых классов.

Лемма 2. [6, с. 31–36].

Справедливо соотношение

$$MR(\mathbb{D}_1 \cup \mathbb{D}_2) = \max(MR(\mathbb{D}_1), MR(\mathbb{D}_2)).$$

Определение 6. [6, с. 31–36].

Степень Морли $Md(\mathbb{D})$ йонсоновского подмножества \mathbb{D} из семантической модели, имеющего ранг Морли α , это максимальная длина d его разложения $\mathbb{D} = \mathbb{D}_1 \cup \dots \cup \mathbb{D}_d$ на непересекающиеся экзистенциально определимые подмножества ранга α .

В случае ранга 0 степень экзистенциально определимого подмножества \mathbb{D} — это просто число его элементов. Если экзистенциально определимое подмножество не имеет ранга, то не определена и его степень Морли.

Рассмотрим йонсоновски минимальные множества. Далее под структурой понимается модель сигнатуры или языка \mathcal{L} рассматриваемой йонсоновской теории.

Пусть \mathcal{M} — структура, и пусть $D \subseteq M^n$ бесконечное Σ -определяемое подмножество. Мы говорим, что D является минимальным в \mathcal{M} , если для любого Σ -определяемого $Y \subseteq D$ либо Y конечно, либо $D \setminus Y$ конечно. Если $\phi(\vec{v}, \vec{a})$ является формулой, которая определяет D , то мы также можем сказать, что $\phi(\vec{v}, \vec{a})$ минимальна.

Мы говорим, что D и ϕ йонсоновски сильно минимальны, если ϕ минимальна в любом экзистенциально замкнутом расширении \mathcal{N} из \mathcal{M} .

Будем говорить, что теория T йонсоновски сильно минимальна, если $\forall \mathcal{M} \in E_T$,

M является йонсоновски сильно минимальной.

Рассмотрим пример алгебраического замыкания в нескольких йонсоновски сильно минимальных теориях.

Если K алгебраически замкнутое поле и $A \subseteq K$, то $\text{acl}(A)$ является алгебраическим замкнутым подполем порожденным A .

Следующие свойства алгебраического замыкания верны для любого алгебраически йонсоновского множества D .

I. $\text{acl}(\text{acl}(A)) = \text{acl}(A) \supseteq A$

II. Если $A \subseteq B$, то $\text{acl}(A) \subseteq \text{acl}(B)$.

III. Если $a \in \text{acl}(A)$, тогда $a \in \text{acl}(A_0)$ для некоторого конечного $A_0 \subseteq A$.

Более тонкое свойство верно, если D йонсоновски сильно минимально.

Лемма о Замене. [6, с. 31–36].

Предположим, что D подмножество семантической модели рассматриваемой теории оно йонсоновски сильно минимально, $A \subseteq D$ и $a, b \in D$. Если $a \in \text{acl}(A \cup \{b\}) \setminus \text{acl}(A)$, тогда $b \in \text{acl}(A \cup \{a\})$.

Замечание.

Йонсоновски сильно минимальное множество—это экзистенциально определимое подмножество семантической модели рассматриваемой теории ранга 1 и степени 1 в смысле Морли.

Определение 7. [6, с. 31–36].

1. Йонсоновская теория T йонсоновски totally трансцендентна, если каждый экзистенциально определимое подмножество ее семантической модели имеет ранг Морли.

2. Теория T является йонсоновски ω -стабильной, если число экзистенциальных типов счетно для каждого счетного A подмножества семантической модели.

Теорема 1. [6, с. 31–36].

Йонсоновская теория T йонсоновски totally трансцендентна, если и только если она йонсоновски ω -стабильна.

Лемма 3. [6, с. 31–36].

Пусть a и b произвольные элементы семантической модели. Если элемент b алгебраичен над A и a , где A экзистенциально определимое подмножество семантической модели, то $\text{MR}(b/A) \leq \text{MR}(a/A)$.

Следствие 1. [6, с. 31–36].

Пусть M – некоторая ω -насыщенная экзистенциально замкнутая подмодель семантической модели, а φ –некоторая $L(M)$ – формула ранга α и степени Морли d . Тогда можно разложить φ на $L(M)$ -формулы $\varphi_1, \dots, \varphi_m$ ранга α и степени 1.

Во всяком йонсоновски сильно минимальном множестве, мы можем определить понятие независимости, обобщающее линейную независимость в векторных пространствах и алгебраические независимости в алгебраически замкнутых полях.

Зафиксируем $\mathcal{M} \models T$ и D йонсоновски сильно минимальное множество в \mathcal{M} -экзистенциально замкнутая подмодель семантической модели йонсоновской теории T .

Определение 8. [6, с. 31–36]. Будем говорить, что $A \subseteq D$ независимо, если $a \notin \text{acl}(A \setminus \{a\})$ для всех $a \in A$. Если $C \subset D$,

мы говорим, что A независимо над C , если $a \notin \text{acl}(C \cup (A \setminus \{a\}))$ для всех $a \in A$.

Мы покажем, что бесконечные независимые множества являются множества неразличимых элементов.

Лемма 4. [6, с. 31–36].

Пусть

T есть йонсоновски сильно минимальная теория и $\mathcal{M}, \mathcal{N} \models E_T$, $\phi(v)$ является йонсоновски сильно минимальной формулой с параметрами из A , где либо $A = \emptyset$, либо $A \subseteq M_0$ где $M_0 \models E_T$, $M_0 \prec_1 \mathcal{M}$, и $M_0 \prec_1 \mathcal{N}$. Если $a_1, \dots, a_n \in \phi(\mathcal{M})$ независимы над A и $b_1, \dots, b_n \in \phi(\mathcal{N})$ являются независимыми над A , то полные экзистенциальные типы $tp^{\mathcal{M}}(\bar{a}/A)$, $tp^{\mathcal{N}}(\bar{b}/A)$ равны между собой.

Следствие 2. [6, с. 31–36].

Если $\mathcal{M}, \mathcal{N} \models T$, и $\phi(v)$, как указано выше, B представляет собой бесконечное подмножество $\phi(\mathcal{M})$ независимое над A и C является бесконечным подмножеством $\phi(\mathcal{N})$ независимого над A , тогда B и C являются бесконечными множествами неразличимых того же типа над A .

Поэтому мощность является единственным способом отличить независимые подмножества D .

Определение 9. [6, с. 31–36].

Будем говорить, что A является базисом для $Y \subseteq D$, если $A \subseteq Y$ независимо и $\text{acl}(A) = \text{acl}(Y)$.

Очевидно, что любое максимально независимое подмножество Y является базисом для Y . Так же, как в векторных пространствах и в алгебраически замкнутых полях, любые два базиса имеют одинаковую мощность.

Пусть $I(E_T, \aleph_0)$ обозначает число счетных экзистенциально замкнутых моделей йонсоновской теории T .

Используя технику доказательств для полных теорий и изменяя соответствующие понятия на технику йонсоновских множеств, мы можем доказать йонсоновские аналоги соответствующих результатов о спектре счетных моделей [6].

Следствие 3. [6, с. 31–36].

Если T сильно минимальная йонсоновская теория полная для экзистенциальных предложений, то T является -категорическим для $\kappa \geq \aleph_1$ и $I(E_T, \aleph_0) \leq \aleph_0$.

Следствие 4. [6, с. 31–36].

Если T йонсоновская теория полная для экзистенциальных предложений является несчетно категоричной и в ней есть йонсо-

новски сильно минимальная \mathcal{L} -формула, то либо T \aleph_0 -категорична или $I(E_T, \aleph_0) = \aleph_0$.

Теорема 2. [6, с. 31–36].

Если T йонсоновская теория полная для экзистенциальных предложений является несчетно категоричной, но не \aleph_0 -категоричной, то $I(E_T, \aleph_0) = \aleph_0$.

Определение 10. [6, с. 31–36].

Йонсоновская стабильность (J-Стабильность). Пусть T – йонсоновская теория, $S^J(X)$ -множество всех экзистенциальных полных n -типов над X , в соответствии с T , для любого конечного n . Мы будем говорить, что йонсоновская теория T -J- λ – стабильна, если для любой T -экзистенциально замкнутой модели, для любого подмножества X из A , $|X| \leq \lambda \Rightarrow |S^J(X)| \leq \lambda$.

Теорема 3. [6, с. 31–36].

Если T йонсоновски суперстабильна, но не \aleph_0 -категорична, то $I(E_T, \aleph_0) \geq \aleph_0$.

Пусть X сильно сильно минимальное йонсоновское множество и M экзистенциально замкнутая модель, где $\text{dcl}(X) = M$. Рассмотрим $\text{Th}_{\forall\exists}(M) = T_M$.

Лемма 5. [6, с. 31–36] T_M будет йонсоновской теорией.

Теорема 4. [6, с. 31–36].

Пусть T_M , как описано выше. Если $\lambda \geq \omega$, то следующие условия эквивалентны:

- (1) $T_M - J - \lambda$ – стабильна;
- (2) $T^* - \lambda$ – стабильна, где T^* является центром T .

Пусть T_M есть, как описано выше.

Теорема 5.

Пусть теория T - совершенная экзистенциально простая сильно выпуклая йонсоновская экзистенциально полная теория.

Следующие условия эквивалентны:

- (1) $T_M^* - \omega$ - категорична;
- (2) $T_M - \omega$ - категорична.

Доказательство. Следует из доказательства теоремы 3 из [1], с учетом вышесказанного в рамках рассматриваемых понятий.

Определение 11.

Пусть $A, B \in E_T$ и $A \subset B$. Тогда B называется алгебраически простой расширением A в E_T , если для любой модели $C \in E_T$ таким образом, что если A изоморфно вкладывается в C , то B изоморфно вкладывается в C .

Пусть X сильно минимальное алгебраически йонсоновское множество, $\text{acl}(X) = M$ и M экзистенциально замкнутая модель. T_M есть, как описано выше, T_M^* есть центр T_M

Теорема 6.

Пусть теория T - совершенная экзистенциально простая сильно выпуклая йонсоновская экзистенциально полная теория.

Тогда следующие условия эквивалентны:

(1) $T_M^* - \omega_1$ - категорична;

(2) любое счетное модель E_{T_M} имеет простое алгебраическое расширение в E_{T_M} .

Доказательство. Следует из доказательства теоремы 9 из [1, с. 53–62], с учетом вышесказанного в рамках рассматриваемых понятий.

Все неопределенные в этой статье определения понятий, а также более полную информацию о йонсоновских теориях можно прочитать в [2, с. 1–250].

Список литературы:

1. Ешкеев А.Р. Йонсоновские множества и их некоторые теоретико-модельные свойства. Вестник Карагандинского университета. – Серия математика. – 2014. – № 2 (74). – С. 53–62.
2. Ешкеев А.Р. Йонсоновские теории. – Караганда: КарГУ, 2009. – 250 с.
3. Ешкеев А.Р. Счетная категоричность Δ -PM-теорий. Тезисы. 12-ая Межвузовская конференция по математике, механике и информатике Алматы, 2008 г. С. 67.
4. Ешкеев А.Р., Мейрембаева Н.К. Свойства $(\Sigma_{n+1}^+, \Sigma_{n+1}^+)$ -атомных моделей T - Δ -PM-теории. Вестник КазНУ. – Серия математика, механика, информатика, № 3, Специальный выпуск. – 2008. – С. 74–77.
5. Ешкеев А.Р. О йонсоновской стабильности и некоторых её обобщениях. Фундаментальная и прикладная математика: Вып. 8, МГУ, ЦНИТ, 2008. – С. 117–128.
6. Ешкеев А.Р. Сильно минимальные йонсоновские множества Вестник Карагандинского университета. – Серия Математика. – 2014. – № 4 (76). – С. 31–36.
7. Справочная книга по математической логике: В 4-х частях / Под ред. Дж. Барвайса. – Ч. 1. Теория моделей: пер. с англ. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982, 126 с.
8. Baldwin, John T.; Lachlan, Alistair H. (1971), On Strongly Minimal Sets, The Journal of Symbolic Logic (The Journal of Symbolic Logic, Vol. 36, № 1) 36 (1): 79–96.
9. Yeshkeyev A.R. (On Jonsson sets and some of their properties) Logic Colloquium'14, Vienna, Austria, July 14–19, 2014 The Bulletin of Symbolic Logic. – 2015. – Volume 21. – № 1. – P. 99–100.

10. Yeshkeyev A.R. Jonsson sets and some of their model-theoretic properties. Abstracts Book. International Congress of Mathematicians August 13–21, 2014 Seoul, Korea. P. 8.
11. Yeshkeyev A.R. On Jonsson sets and some their properties. Abstracts BookLogic. Colloquium, Logic, Algebra and Truth Degrees. Vienna Summer of Logic, July 9–24, 2014. P. 108.

КЛАССИФИКАЦИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО КОСЕМАНТИЧНОСТИ ФРАГМЕНТОВ ЙОНСОНОВСКИХ МНОЖЕСТВ В ЭКЗИСТЕНЦИАЛЬНО ПРОСТЫХ ВЫПУКЛЫХ ЙОНСОНОВСКИХ ТЕОРИЯХ

Ешкеев Айбат Рафхатович

*д-р физ.-мат. наук, проф. Карагандинского государственного
университета им. Академика Е.А. Букетова зав. кафедрой алгебры,
математической логики и геометрии им. проф. Т.Г. Мустафина,
Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: modth1705@mail.ru*

Шаматаева Назгуль Куанышовна

*докторант 1-го курса, специальность «6D060100-Математика»,
Карагандинский государственный университет
им. Академика Е.А. Букетова, преподаватель
Карагандинского политехнического колледжа,
Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: naz.kz85@mail.ru*

Жумакаева Кульбан Нигметовна

*магистрант 1-го курса, специальность «6M060100-Математика»,
Карагандинский государственный университет
им. Академика Е.А. Букетова,
Республика Казахстан, г. Караганда
E-mail: azhar0413@mail.ru*

CLASSIFICATION WITH REGARD TO THE COSEMANTICNESS OF FRAGMENTS OF JONSSON SETS IN EXISTENTIAL PRIME CONVEX JONSSON THEORIES

Aibat Yeshkeyev

named after E.A. Buketov Karaganda State University Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Head. Of Department of Algebra, Mathematical logic and Geometry. Named after prof. T.G. Mustafin, Kazakhstan, Karaganda

Nazgul Shamatayeva

named after E.A. Buketov Karaganda State University Doctoral student of 1st course, speciality "6D060100-Mathematics" teacher of the Karaganda Polytechnic College, Kazakhstan, Karaganda

Kulban Zhumakayeva

named after E.A. Buketov Karaganda State University Master of 1st course, speciality "6M060100-Mathematics", Kazakhstan, Karaganda

АННОТАЦИЯ

В этой статье рассмотрены различные способы классификации фрагментов йонсоновских множеств в экзистенциально простых выпуклых йонсоновских теориях относительно косемантичности замыканий этих множеств. Также рассмотрены синтаксические и семантические свойства их моделей через понятие косемантичности для фрагментов рассматриваемых йонсоновских множеств.

ABSTRACT

This article discusses various ways to classify the fragments of Jonsson sets in existential prime convex Jonsson theories regarding a cosemanticness of closures of these sets. Also considered syntactic and semantic properties of their models through the concept cosemanticness for fragments considered Jonsson sets.

Ключевые слова: йонсоновский теория, совершенная йонсоновская теория, выпуклая теория, экзистенциально простая теория, индуктивная теория, йонсоновское множество, экзистенциально замкнутая модель, алгебраически простая модель.

Keywords: the Jónsson theory, perfect Jónsson theory, convex theory, existential prime theory, inductive theory, Jonsson set, existentially closed model, algebraically prime model.

В данной работе мы рассмотрим некоторые теоретико-модельные свойства фрагментов йонсоновских множеств. Такие множества были определены и по их исследованию начата работа [1, с. 53–62; 7, с. 99–100; 8, с. 8; 9, с. 751–752]. В работе [3, с. 48–56], были рассмотрены вопросы счетной и несчетной категоричности для йонсоновских множеств просто йонсоновских теорий. Под такими фрагментами будут рассматриваться специальные замыкания этих множеств. Изучение таких свойств лежит в русле изучения йонсоновских теорий. Йонсоновские теории составляют достаточно широкий класс теорий, которые являются примерами основных классических примеров алгебр. Например, следующие теории есть суть йонсоновские: Группы, абелевы группы, поля фиксированной характеристики, булевы алгебры, решетки, полигоны. С другой стороны, к йонсоновской теории можно легко прийти с помощью естественных обогачений, как скулемизация или морлизация от произвольной полной теории [2, с. 61]. Но при этом йонсоновские теории вообще говоря являются неполными, а аппарат исследования таких теорий недостаточен для современных реалий теории моделей. Таким образом развитие для изучения йонсоновских множеств, является актуальной задачей.

Основной задачей теории моделей является классификация двух понятий – теории и класса её моделей. Модели фиксированной теории между собой классифицируется различными способами, например, изоморфизм, элементарная эквивалентность. Такой подход обычно рассматривается для полных теорий. В случае неполных теорий (а йонсоновские теории в общем случае таковыми являются) понятие элементарной эквивалентности двух моделей было обобщено Т.Г. Мустафиным на понятие йонсоновской эквивалентности, рассмотренной в [4, с. 39–41].

Данная статья связана с классификацией фрагментов в новом классе теорий. А именно, рассмотрены, экзистенциально простые выпуклые йонсоновские теории введенные в [8, с. 8]. Рассмотренная классификация – это косемантичность между фрагментами подмножеств семантической модели рассматриваемой теории.

В дальнейшем в данной статье мы будем придерживаться определений всех устоявшихся атрибутов и методов, присущих изучению йонсоновских теорий и их классов моделей, только лишь

с учетом специфики экзистенциальной простоты и выпуклости рассматриваемого класса теорий и соответственно их классов экзистенциально замкнутых моделей.

Дадим основные предварительные сведения о йонсоновских теориях [5, с. 122–126].

Пусть L является счетным языком первого порядка.

Следующие два определения принадлежат А. Робинсону.

Определение 1. Модель теории называется алгебраически простой, если она изоморфно вкладывается в любую модель рассматриваемой теории.

Существуют теории с разным спектром алгебраически простых моделей, в том числе и с пустым.

Определение 2. Теория T называется выпуклой, если для любой ее модели \mathfrak{A} и для любого семейства $\{\mathfrak{B}_i | i \in I\}$ ее подструктур, которые являются моделями теории T , пересечение $\bigcap_{i \in I} \mathfrak{B}_i$ есть модель теории T . При этом предполагается, что это пересечение не пусто. Если это пересечение никогда не пусто, то теория называется сильно выпуклой.

Выделим следующее понятие йонсоновски теории, характеризующее достаточно широкий подкласс индуктивных теорий.

Определение 3. Теория T называется йонсоновской, если

- 1) T имеет бесконечную модель;
- 2) $T \forall \exists$ - аксиоматизируема;
- 3) T обладает свойством совместного вложения (JEP), то есть любые две модели $A \models T$ и $B \models T$ изоморфно вкладываются в некоторую модель $C \models T$;

- 4) T обладает свойством амальгамируемости (AP), то есть если для любых $A, B, C \models T$ таких, что $f_1: A \rightarrow B$, $f_2: A \rightarrow C$ – изоморфные вложения, существуют $D \models T$, изоморфные вложения $g_1: B \rightarrow D$, $g_2: C \rightarrow D$ такие, что $g_1 f_1 = g_2 f_2$.

Определение 4. Модель C йонсоновской теории T называется семантической моделью теории T , если она ω^+ – однородна – универсальна.

Определение 5. Семантическим пополнением (центром) йонсоновской теории T называется элементарная теория T^* семантической модели C теории T , т.е. $T^* = Th(C)$.

Далее мы предполагаем, что мы работаем с некоторой йонсоновской теорией (ее мы будем называть первоначальной) T

полной для экзистенциальных предложений и ее семантической моделью S .

Определение 6. Модель A теории T называется T – экзистенциально замкнутой, если для любой модели B и любой экзистенциальной формулы $\phi(\bar{x})$ с константами из A выполняется $A \models \exists \bar{x} \phi(\bar{x})$ при условии, что A подмодель B и $B \models \exists \bar{x} \phi(\bar{x})$.

Заметим, что если E_T – класс T – экзистенциально замкнутых моделей индуктивной теории T , то он всегда непуст [3, с. 57–61].

Определение 7. Индуктивная теория T называется экзистенциально-простой, если

3. Она имеет алгебраически простую модель, класс всех ее алгебраически простых моделей обозначим через AP ,

4. Класс (E_T) моделей теории T имеет непустое пересечение с классом, AP , $T_{AP} \cap E_T \neq \emptyset$.

Так как относительно йонсоновских теорий возможны два случая: совершенный и несовершенный, то мы будем придерживаться следующей договоренности. Хорошо известно из [4, с. 17–22], что если йонсоновская теория T совершенна, то класс её экзистенциально замкнутых моделей E_T элементарен и совпадает с $\text{Mod } T^*$, где T^* – её центр. В противном случае, т. е. если теория T несовершенна, мы вместо $\text{Mod } T$ работаем с классом E_T , т. е. предполагается, что все утверждения касаются только экзистенциально замкнутых моделей. В нашем случае мы предполагаем в несовершенном случае, что помимо экзистенциальной замкнутости все рассматриваемые модели являются алгебраически простыми.

Так как йонсоновские теории являются индуктивными, мы можем рассмотреть йонсоновские теории, которые экзистенциально-простые и затем среди них рассмотреть выпуклые. Самый яркий пример показывающий, что таких теорий много это пример теории групп. Этот пример характерен тем, что это пример несовершенной йонсоновской теории. В случае теории абелевых групп, мы имеем совершенный пример выпуклой йонсоновской теории.

Будем говорить, что все $\forall \exists$ – следствия произвольной теории создают йонсоновский фрагмент этой теории, если дедуктивное замыкание этих $\forall \exists$ – следствий есть йонсоновская теория.

Полученная в этом случае йонсоновская теория будет называться йонсоновским фрагментом (в дальнейшем фрагментом) соответственно йонсоновского множества. В обоих случаях мы можем

проводить исследование йонсоновских фрагментов относительно связи с первоначальной теорией, что является новой постановкой задачи исследовании йонсоновских теорией.

Рассмотрим определения:

Пусть T йонсоновская теория полная для экзистенциальных предложений в языке L и ее семантические модель есть S .

Мы говорим, что множество $X - \Sigma$ —определимо, если оно определимо некоторой экзистенциальной формулой.

Множество X называется йонсоновским в теории T , если оно удовлетворяет следующим свойствам:

1) X есть Σ —определимое подмножество S ;

2) $dcl(X)$ есть носитель некоторой экзистенциально-замкнутой подмодели S .

Пусть X йонсоновское множество в теории T и M экзистенциально замкнутая подмодель семантической модели S , рассматриваемой йонсоновской теории T , где $dcl(X) = M$. Тогда пусть $Th_{\forall\exists}(M) = T_M$, T_M — есть йонсоновский фрагмент йонсоновского множества X .

В дальнейшем мы будем рассматривать только йонсоновские множества, являющиеся подмножествами семантической модели S .

Пусть T первоначальная йонсоновская теория в языке L . Пусть X_1, X_2 —йонсоновские множества в теории T . Тогда пусть $M_{X_1} = dcl(X_1)$ есть замыкание йонсоновского множества X_1 , $M_{X_2} = dcl(X_2)$ есть замыкание йонсоновского множества X_2 . Тогда $T_{M_{X_1}}$ — есть фрагмент X_1 , $T_{M_{X_2}}$ — фрагмент есть X_2 .

Определение 8. Модели A и B одной и той же сигнатуры называются йонсоновски эквивалентными, если для любой йонсоновской теории T верно, что $A|_T = T \Leftrightarrow B|_T = T$, и обозначаются через $A \equiv_J B$.

Определение 9. Две йонсоновские теории T_1 и T_2 называются косемантическими (символически $T_1 \triangleright \triangleleft_J T_2$), если они имеют общую семантическую модель.

Получены следующие результаты относительно йонсоновской эквивалентности фрагментов йонсоновских множеств.

Лемма 1. Фрагмент йонсоновского множества всегда йонсоновская теория и сохраняет совершенность первоначальной йонсоновской теории.

Доказательство. Совершенство фрагмента следует из косемантическойности фрагмента и первоначальной теории. Йонсоновость следует из того факта, что M_{X_1}, M_{X_2} являются экзистенциально замкнутыми моделями, а в [4, с. 93–106] доказано, что для любой экзистенциально замкнутой модели множество все универсально–экзистенциальных предложений истинных в этой модели образует йонсоновскую теорию.

Лемма 2. Пусть X_1, X_2 -йонсоновские множества в теории T . Тогда следующие условия эквивалентны:

- 1) $M_{X_1} \equiv_J M_{X_2}$,
- 2) $\forall \exists (M_{X_1}) = \forall \exists (M_{X_2})$.

Доказательство. Следует из леммы 1.

Определение 10. Модели A и B модели сигнатуры σ называются косемантическими (символически $A \triangleright \triangleleft_J B$), если для любой йонсоновской теории T_1 такой, что $A \models T_1$, найдется йонсоновская теория T_2 , косемантическая с T_1 , такая что $B \models T_2$. И наоборот.

Лемма 3. Пусть T первоначальная йонсоновская теория в языке L . Пусть X_1, X_2 -йонсоновские множества в теории T . Тогда для любых X_1, X_2 -йонсоновских множеств в произвольной первоначальной теории T верны следующие импликации:

$$M_{X_1} \equiv M_{X_2} \Rightarrow M_{X_1} \equiv_J M_{X_2} \Rightarrow M_{X_1} \triangleright \triangleleft_J M_{X_2}.$$

Доказательство. Следует из определений и предыдущих лемм.

Из леммы 3 мы можем заключить, что семантическое свойство косемантическойности для фрагментов йонсоновских множеств уточняет классическое понятие теории моделей, как отношение элементарной эквивалентности между моделями произвольной теории, в том числе и неполной теории.

Проблема. Получить описание косемантических йонсоновских алгебр из выше приведенного списка йонсоновских алгебр.

Следствие 1. Пусть $T_{M_{X_1}}$ – есть фрагмент X_1 , $T_{M_{X_2}}$ – фрагмент X_2 , где X_1, X_2 -йонсоновские множества в некоторой первоначальной теории T . Причем C_1 семантическая модель $T_{M_{X_1}}$, C_2 семантическая модель $T_{M_{X_2}}$. Тогда, если

$$\left(T_{M_{X_1}}\right)_{\forall} = \left(T_{M_{X_2}}\right)_{\forall}, \text{ то } T_{M_{X_1}} \triangleright \triangleleft_J T_{M_{X_2}}.$$

На основании вышеуказанных определений и полученных результатов мы можем сформулировать следующие теоремы.

Теорема 1. Пусть $T_{M_{X_1}}$ и $T_{M_{X_2}}$ – фрагменты соответственно йонсоновских множеств X_1, X_2 в совершенной первоначальной йонсоновской теории T . Причем C_1 семантическая модель $T_{M_{X_1}}$, C_2 семантическая модель $T_{M_{X_2}}$. Тогда эквивалентны следующие условия:

- 1) $C_1 \triangleright \triangleleft_J C_2$,
- 2) $C_1 \equiv_J C_2$,
- 3) $C_1 = C_2$.

Теорема 2. Пусть M_{X_1}, M_{X_2} – экзистенциально замкнутые подмодели семантической модели совершенной первоначальной йонсоновской теории. X_1, X_2 -йонсоновские множества в этой теории T . Тогда эквивалентны следующие условия:

- 1) $M_{X_1} \triangleright \triangleleft_J M_{X_2}$,
- 2) $\forall \exists (M_{X_1}) \triangleright \triangleleft_J \forall \exists (M_{X_2})$.

Все неопределенные понятия и неявно используемые факты в этой работе относительно йонсоновских теорий и их моделях, можно извлечь из [4].

Список литературы:

1. Ешкеев А.Р. Йонсоновские множества и их некоторые теоретико-модельные свойства: Вестник Карагандинского университета. – Серия математика. – 2014. – № 2 (74). – С. 53–62.
2. Справочная книга по математической логике: В 4-х частях / Под ред. Дж. Барвайса. – Ч. 1. Теория моделей: пер. с англ. – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1982, 366 с.
3. Ешкеев А.Р., Муканов А.А., Медеубаев Н.К., Категоричные фрагменты йонсоновских множеств. // Естественные и математические науки в современном мире, Новосибирск: Изд-во СибАК, № 2 (26) февраль, 2015. С. 48–56.
4. Ешкеев А.Р. Йонсоновские теории. Караганда: Изд-во КарГУ, 2009. – 250 с.

5. Ешкеев А.Р. Счетная категоричность Δ -PM-теорий // 12-ая Межвузовская конференция по математике, механике и информатике, Алматы, 10–14 сентября 2008 года.
6. Baldwin J.T. Kueker D.W. Algebraically prime models. *Ann. Math. Logic.* 1981, 20. – P. 289–330.
7. Yeshkeyev A.R. (On Jonsson sets and some of their properties) *Logic Colloquium'14, Vienna, Austria, July 14–19, 2014 The Bulletin of Symbolic Logic.* – 2015. – Volume 21. – № 1. – P. 99–100.
8. Yeshkeyev A.R. Jonsson sets and some of their model-theoretic properties: *International Congress of Mathematicians August 13–21, 2014 Seoul, Korea.* P. 8.
9. Yeshkeyev A.R. Properties of central type for fragments of Jonsson sets. *Logic Colloquium 2015 / Annual European Summer Meeting of the Association for Symbolic Logic (ASL).* – University of Helsinki, 3–8 August, 2015. – P. 751–752.

НАУКИ О ЗЕМЛЕ

СЕКЦИЯ

«ГЕОФИЗИКА»

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

Подшивалов Андрей Игоревич

*вице-президент общества инженеров нефтяников
SPE Тюменского государственного нефтегазового университета,
РФ, г. Тюмень*

E-mail: podshivalov_a@inbox.ru

Шеуджен Александр Шхамирзович

*руководитель департамента
по науке общества инженеров нефтяников
SPE Тюменского государственного нефтегазового университета,
РФ, г. Тюмень*

E-mail: sheujen.al@yandex.ru

METHODS OF DETERMINING THE GEOMETRY OF HYDRAULIC FRACTURING

Andrey Podshivalov

*vice-President SPE Tyumen State Oil and Gas University,
Russia, Tyumen*

Alexander Sheudzhen

*head of science department SPE Tyumen State Oil and Gas University,
Russia, Tyumen*

АННОТАЦИЯ

Цель статьи заключается в рассмотрении современных методов оценки геометрических параметров гидравлического разрыва пласта. Определено, что наиболее эффективным методом является микросейсмический мониторинг.

ABSTRACT

The purpose of the article is to review the evaluation of modern methods of geometrical parameters of hydraulic fracturing. It was determined that the most effective method is a microseism monitoring.

Ключевые слова: ГРП, микросейсмический мониторинг.

Keywords: hydraulic fracturing, microseism monitoring.

В настоящее время добыча нефти не обходится без современных геолого-технических мероприятий (ГТМ), поскольку с каждым годом возрастает доля трудноизвлекаемых запасов (ТРИЗ), выработка которых требует вовлечение новейших технологий. Наиболее перспективным и эффективным ГТМ является гидравлический разрыв пласта (ГРП), который чаще всего используют передовые нефтяные компании при разработке месторождений. Технология ГРП уже давно отмечена экспертами и является приоритетной для многих нефтяных компаний. Проведение операции по разрыву пласта позволяет не только интенсифицировать добычу, но и увеличить коэффициент извлечения нефти (КИН) в результате вовлечения в разработку слабодренлируемых зон и пропластков. Однако бывают случаи, когда после ГРП добыча нефти падает, возрастает обводненность в результате не учета некоторых факторов при проведении операции [3, с. 154].

Очень часто возникают риски и неопределенности связанные с не учетом параметров распространения трещин ГРП. Ранее эти параметры определялись на основе анализа изменения давления скважине, диагностики околоствольной зоны и изменения добычи, что позволяло оценить высоту и длину для системы трещин. Все подобные методики имеют ограничения, которые обуславливают низкую или среднюю степень точности при определении конкретных геометрических параметров [1, с. 1].

Эти геометрические показатели очень важны, поскольку часто происходит так, что после операции по разрыву пласта обводненность резко возрастает из-за приобщения трещиной ГРП водонасыщенной части пласта. На сегодняшний день существует множество методов. Например, компанией Schlumberger был разработан и осуществлен алгоритм работ по определению реальной геометрии трещины ГРП,

включающий акустику, термокаротаж и моделирование трещины. Однако, как оказалось на практике данный алгоритм требует доработок, поскольку в ходе исследования были получены противоречивые показатели [2, с. 3].

Многие методы имеют ряд недостатков, например, термометрия позволяет определить распространение трещины ГРП в пределах полуметра от ствола скважины, так же, как и метод радиоактивных изотопов. Оценку азимута разрыва трещины ГРП вблизи ствола скважины можно определить с помощью кросс-дипольного каротажа, однако данный метод не так эффективен, поскольку может определить только один параметр.

Геометрические показатели распространения трещин могут быть выявлены сейсмическими исследованиями. На сегодняшний день это самый эффективный метод, который применяют чаще всего.

Выделяют три основные группы сейсмических исследований:

- наземный пассивный сейсмический мониторинг пласта (ПСМ);
- микросейсмика в обрабатываемой скважине
- пассивный сейсмический мониторинг с заглубленным датчиком в соседней скважине.

Последняя технология приобрела наибольшую популярность в связи с хорошими показателями по точности. Схема работ наглядно показана на рисунке 1.

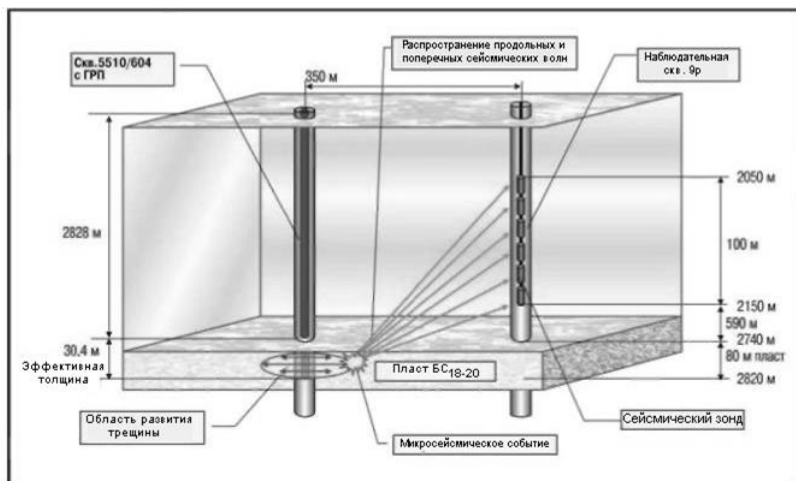


Рисунок 1. Схема пассивного сейсмического мониторинга ГРП из соседней скважины

Принцип микросейсмического мониторинга заключается в том, что процессы, происходящие в пласте, регистрируют возбужденными сейсмическими волнами из соседней скважины (как правило, соседнюю скважину располагают метров в 600 от скважины ГРП). Микросейсмический мониторинг, как правило, проводится дважды, первый раз для определения характеристик породы, а второй, уже после проведения ГРП. Отражающие сейсмические лучи фиксируются сейсмоприемниками, определяя параметры распространения трещин. Для более точной интерпретации данных, перед пассивным сейсмическим методом проводят геофизические исследования скважин, которые позволяют качественно определить характеристики слоев горных пород, где будет проводиться ГРП.

ПСМ проводился на пласте БС₁₈₋₂₀ Мало-Балыкского месторождения и показал свою эффективность, поскольку полученные результаты практически совпали по высоте и общей длине с расчетами дизайна подрядчиков по ГРП.

Дополнительным преимуществом технологии ПСМ является определение азимута и асимметрии трещины, которые являются очень полезными сведениями при проведении операции ГРП.

Первый в России микросейсмический мониторинг проводился за 4-х стадийным ГРП горизонтального участка скважины с расстоянием между портами 100–150 м. Гидро разрыв происходил в пласте ЮС1. При этом было выявлено 149 микросейсмических событий. Исследование показало, что азимут облака распространения микросейсмических событий был одинаков и составил 151 градус. Это дало компании-оператору информацию о направлении поля напряжений пласта, что позволит в будущем строить скважины таким образом, чтобы ГРП распространялся перпендикулярно стволу скважины – в таком случае достигается наибольшая продуктивность операции по стимуляции притока.

Метод пассивного сейсмического мониторинга, несмотря на свою эффективность, имеет некоторые ограничения по точности определения положения и параметров источника микросейсмического события. Необходимо учитывать точность позиционирования приемников (положение и ориентация), степень изученности скоростного строения коллектора, а также с точность снятия показаний. Некоторые ограничения, связанные исключительно с характеристиками самого прибора, могут быть сняты путем совершенствования его технических характеристик. То есть характеристики датчиков, электрические помехи, точность определения направления, степень соединения с породой или частотой дискретизации. Другие ограничения могут снижаться

с помощью адаптивной фильтрации, корреляции или других методов обработки сигнала. В то же время более детальное изучение скоростного строения требует специального исследования коллектора, которое может либо являться составной частью процесса мониторинга, либо проводиться отдельно.

Таким образом, технология пассивного сейсмического мониторинга гидроразрыва пласта из соседней скважины является полезным и очень эффективным инструментом для определения геометрических параметров трещины ГРП. Принцип работы метода непростой и требует тщательной проработки всех нюансов и неопределенностей, связанные как с самим устройством, так и с характеристиками пластов горных пород, в которых будут распространяться сейсмические волны. С учетом всех необходимых параметров, при правильной настройке приборов и предварительных геофизических исследований, метод пассивного сейсмического мониторинга позволяет оперативно определять геометрические параметры трещин и производить изменения в ходе самой операции, то есть осуществлять контроль и своевременно воздействовать на рост и распространение трещин ГРП. Это в свою очередь позволяет достигать максимального эффекта, избегать неопределенностей при проведении операции по разрыву пласта и получать высокие коэффициенты извлечения нефти.

Список литературы:

1. Джозель Г. Ле-Кливе, Ле-Бенне. Микросейсмический мониторинг развития трещин ГРП для оптимизации мероприятий по повышению нефтеотдачи месторождений на поздних стадиях эксплуатации // Технологии ТЭК 2005. 7 с.
2. Дифференциальная акустическая анизотропия в обсаженных скважинах для оценки геометрии трещин ГРП в Западной Сибири, Россия» / А.Н. Никитин, А.Г. Пасынков, Г. Макарычев, Ж. Маньер и др. // Paper SPE 102405. 8 с.
3. Подшивалов А.И. Анализ эффективности проведения гидравлического разрыва пласта на Усть-Тегусском нефтяном месторождении [Текст]* / А.И. Подшивалов // West Siberian Petroleum Conference: сб. науч. тр. – Тюмень, 2015. – С. 154–157.

СЕКЦИЯ

«ГЕОЭКОЛОГИЯ»

ОЦЕНКА СЕЛИТЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА ЛАНДШАФТЫ ЮГО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ОСТРОВА САХАЛИН

Белянина Яна Павловна

*старший преподаватель кафедры геологии и природопользования
Сахалинского государственного университета,
РФ, г. Южно-Сахалинск
E-mail: yana-b@inbox.ru*

ASSESSMENT OF SELITEBNY LOAD OF LANDSCAPES OF SOUTHEAST PART OF THE ISLAND OF SAKHALIN

Yana Belyanina

*senior lecturer Sakhalin State University,
Russia, Yuzhno-Sakhalinsk*

АННОТАЦИЯ

Хозяйственная деятельность в виде населенных пунктов оказывает негативное воздействие на природные комплексы. В статье приводится характеристика ландшафтов юго-восточной части острова Сахалин с точки зрения их селитебной нагрузки и приуроченности к родам ландшафтов.

ABSTRACT

Economic activity in the form of settlements makes negative impact on natural complexes. In article the characteristic of landscapes of southeast part of the island of Sakhalin from the point of view of their selitebny loading and a priurochennost is provided to childbirth of landscapes.

Ключевые слова: ландшафт; селитебная нагрузка; юго-восточная часть острова Сахалин.

Keywords: landscape; selitebny loading; southeast part of the island of Sakhalin.

Юго-восточная часть острова Сахалин представлена Тонино-Анивским полуостровом (Рисунок 1). Юго-восточная часть острова Сахалин отличается многообразием ландшафтов и пространственной структуры. Это связано как с природными факторами (рельеф, особенности геологического строения и др.), так и антропогенной деятельностью.

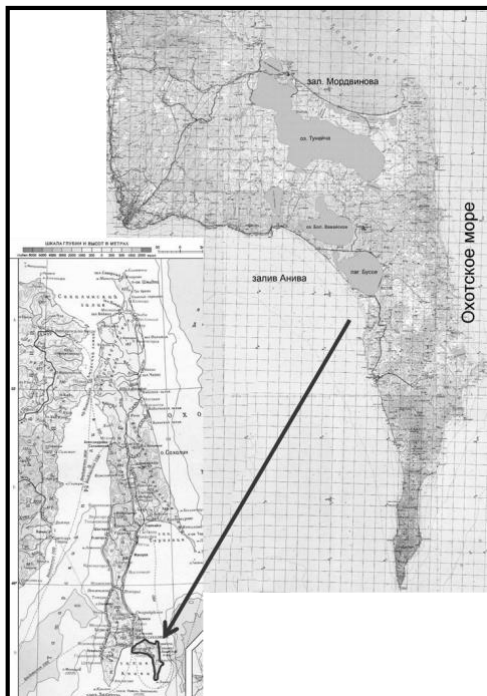


Рисунок 1. Географическое положение района исследования

В соответствии с принципами выделения и системой классификационных единиц все природно-территориальные комплексы юго-восточной о. Сахалин общей площадью 2333,1 км² отнесены к двум классам: равнинным, а также горным и предгорно-холмистым ландшафтам. В пределах этих классов выделяются 43 вида ландшафтов, объединенных в 18 родов и 9 типов [1, с. 87].

Юго-восточная часть острова Сахалин включает в себя территорию Корсаковского района. Сюда входят город Корсаков, два поселковых и три сельских округа.

Территория юго-восточной части о. Сахалин стала осваиваться человеком с конца XIX века. Внимание человека привлекли богатые девственные хвойные леса с их животным миром, а также реки, озера, природные комплексы морских побережий, полезные ископаемые и другие ресурсы.

Селитебные ландшафты – это антропогенные ландшафты населенных мест – городов и сел с их постройками, улицами, дорогами, садами, парками.

По степени антропогенной преобразованности, Ф.Н. Мильков (1973) подразделяет селитебные ландшафты на два типа: городские и сельские. В пределах юго-восточной части о. Сахалин распространен городской и сельский типы селитебных ландшафтов.

В настоящее время количество населенных пунктов, расположенных в пределах района исследования общей площадью 2333,07 км², достигает 19. Они, имеют небольшую площадь и занимают 20,693 км², что составляет 0,9 % от всей площади юго-восточной части о. Сахалин.

Расположение населенных пунктов в пределах 18 родов ландшафтов юго-восточной части о. Сахалин иллюстрирует таблица 1.

Таблица 1.

Распространение селитебных ландшафтов в пределах родов ландшафтов юго-восточной части о. Сахалин

Роды ландшафтов	Площадь ландшафтов (км ²)	Количество населенных пунктов	Площадь населенных пунктов (км ²)	В % от общей площади
Равнинные ландшафты				
А.1 Эрозионно-аккумулятивные с еловыми и елово-пихтовыми лесами	19,44	1	0,133	0,68
А.2 Аккумулятивные с еловыми, пихтовыми и кедровостланниковыми лесами	518,13	5	11,52	2,22
А.3 Аккумулятивные с лиственничными лесами	5,52	0	0	0
А.4 Аккумулятивные с ивово-ольховыми лесами и местами гарей и вырубок	929,23	17	20,26	2,2

А.5 Аккумулятивные со смешанными лесами	501,35	11	9,06	1,8
А.6 Аккумулятивные с дубовыми лесами	0,54	0	0	0
А.7 Аккумулятивные с злаково-разнотравными лугами	9,09	1	0,133	1,5
А.8 Аккумулятивные с кустарниками и осоками	30,2609	0	0	0
Горные и предгорно-холмистые ландшафты				
Б.1 Эрозионные с пихтовыми, пихтово-еловыми и кедрово-стланиковыми лесами	16,94	0	0	0
Б.2 Эрозионно-аккумулятивные с лиственничными лесами	4,56	0	0	0
Б.3 Эрозионные с каменноберезовыми лесами	9,00	0	0	0
Б.4 Эрозионно-аккумулятивные с ольхово-ивовыми лесами	10,28	0	0	0
Б.5 Эрозионные с разнотравными лугами и верещатниками	5,28	0	0	0
Б.6 Эрозионные с лиственничными и пихтово-еловыми лесами	92,69	0	0	0
Б.7 Эрозионно-аккумулятивные с лиственничными и пихтово-еловыми лесами	9,69	0	0	0
Б.8 Эрозионные с лиственнично-ивово-ольховыми лесами	45,60	0	0	0
Б.9 Эрозионно-аккумулятивные с ивово-ольховыми лесами	7,09	0	0	0
Б.10 Эрозионные со смешанными лесами	50,27	0	0	0

По приведенным в таблице 1 данным можно отметить, что наибольшую площадь селитебные ландшафты занимают в пределах равнинных аккумулятивных с ивово-ольховыми лесами и местами

гарей и вырубок, аккумулятивных с еловыми, пихтовыми и кедровостланниковыми лесами рода ландшафта. Из площади 929,23 км² аккумулятивных с ивово-ольховыми лесами и местами гарей и вырубок, населенные пункты охватывают 20,26 км², что составляет 2,2 % от всей территории данного рода ландшафта. Число населенных пунктов различного типа (поселки, села, и др.) расположенные в пределах данного рода ландшафта составляет – 17. Из площади 518,13 км² аккумулятивных с еловыми, пихтовыми и кедровостланниковыми лесами, населенные пункты охватывают 11,52 км², что составляет 2,22 % от всей территории данного рода ландшафта. Число населенных пунктов различного типа (поселки, села, и др.) расположенные в пределах данного рода ландшафта составляет – 5.

Не много меньшую площадь селитебные ландшафты занимают в пределах аккумулятивного со смешанными лесами рода ландшафта. На территории данного рода расположено 11 населенных пунктов с площадью 9,06 км², что составляет 1,8 % от общей площади рода (501,35 км²). Из площади 9,09 км² аккумулятивных с злаково-разнотравными лугами, населенные пункты охватывают 0,133 км², что составляет 1,5 % от всей территории данного рода ландшафта. Число населенных пунктов различного типа расположенных в пределах данного рода ландшафта составляет – 1.

Наименьшую площадь селитебные ландшафты занимают в пределах эрозионно-аккумулятивного с еловыми и елово-пихтовыми лесами рода ландшафта. На территории данного рода ландшафта расположен 1 населенный пункт площадью 0,133 км², что составляет 0,68 % от общей площади (19,44 км²).

Итак, особенности распространения селитебных ландшафтов связаны с историей заселения юга острова, освоением природных ресурсов (минеральных, лесных, рыбных) и развитием инфраструктуры юго-восточной части острова Сахалин.

Список литературы:

1. Белянина Я.П. Ландшафты юго-восточной части острова Сахалин // Известия Дагестанского государственного педагогического университета / естественные и точные науки. 2015. № 3 (32). С. 87–92.

НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ ДОБЫЧИ НЕРУДНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ В РОССИИ

Майоров Евгений Сергеевич

*старший преподаватель кафедры Шахтного подземного
строительства Сибирского федерального университета,
РФ, г. Красноярск*

Горбунов Евгений Юрьевич

*студент Сибирского федерального университета,
РФ, г. Красноярск*

Маликова Кристина Сергеевна

*студент Сибирского федерального университета,
РФ, г. Красноярск*

Нагимулина Татьяна Дмитриевна

*студент Сибирского федерального университета,
РФ, г. Красноярск
E-mail: tina230894@mail.ru*

IMPROVING EFFICIENCY OF UNDERGROUND MINING OF NON-METALLIC MATERIALS IN THE RUSSIAN FEDERATION

Evgeny Maiorov

*senior lecturer of the Department of mining and underground construction
of Siberian federal university,
Russia, Krasnoyarsk*

Evgeny Gorbunov

*student of Siberian federal university,
Russia, Krasnoyarsk*

Kristina Malikova

*student of Siberian federal university,
Russia, Krasnoyarsk*

Tatiana Nagalina

*student of Siberian federal university,
Russia, Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

Показатели извлечения полезных ископаемых при добыче оказывают особое влияние на экономические результаты деятельности горнодобывающих предприятий и народно-хозяйственные результаты освоения месторождений. Потери и разубоживание полезного ископаемого, отражают полноту и качество извлечения полезных ископаемых из недр, зависят от технологического уровня ведения горных работ, обоснованности технических решений и применяемых технологий освоения месторождений. Так, в настоящее время месторождения нерудных полезных ископаемых, при определенных условиях залегания, перспективно отрабатывать камерно-столбовыми система отработки, в результате чего происходит снижение потерь полезного ископаемого.

ABSTRACT

Indicators extraction of minerals in mining have a particular impact on the economic performance of the mining companies and the national economic results of field development. Losses and dilution of minerals reflect the completeness and quality of the extraction of minerals from the subsoil depends on the technological level of mining, the validity of technical solutions and applied technologies of field development. At the present time under certain conditions some non-metallic minerals abundance promising to work out room and pillar mining system, resulting in a reduction of mineral loss.

Ключевые слова: подземные горные работы; камерно-столбовая система; нерудные полезные ископаемые; экология.

Keywords: underground mining; room-and-pillar system; non-metallic minerals; ecology.

Сегодня человечество почти полностью вывело себя из системы всеобщего экологического контроля, достигнутого природой. Негативные экологические тенденции прослеживаются практически во всех сферах деятельности человека. В том числе и в горнодобывающей отрасли. Наибольший вред экологии наносится горно-металлургическими предприятиями, поскольку деятельность их неразрывно связана с загрязнением атмосферы, гидросферы и почвы. В частности, это касается предприятий, занимающихся добычей нерудных строительных материалов, таких как гипс, ангидрит, известняк и др.

Добыча гипса в мире за последние года увеличилась на 18,4 % и в 2011 г. достигла 148 млн. т (табл. 1) [5–7].

Таблица 1.

Объем добычи гипса

Страна	Объем добычи, тыс. тонн						Запасы
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	
США	21,100	17,900	14,400	9,400	8,840	9,400	700,000
Алжир	1,500	1,200	1,670	1,700	1,700	1,700	
Австралия	4,000	4,200	4,000	3,500	3,500	3,500	
Бразилия	1,600	1,800	2,100	1,920	2,350	2,400	1,200,000
Канада	9,500	7,700	5,740	3,540	2,717	2,300	450,000
Китай	7,500	37,000	46,000	45,000	47,000	47,000	
Египет	2,000	2,000	2,000	2,500	2,400	2,400	
Франция	4,800	4,800	4,800	2,300	2,300	2,300	
Германия	1,650	1,800	1,900	1,898	1,822	2,000	
Индия	2,450	2,500	2,550	2,600	2,650	2,700	69,000
Иран	13,000	12,000	12,000	13,000	13,000	13,000	
Италия	1,200	5,500	5,400	4,130	4,130	4,100	
Япония	5,950	5,900	5,800	5,750	5,700	5,700	
Мексика	7,000	6,100	5,140	5,760	5,560	5,500	
Польша	1,250	1,600	1,580	1,500	1,300	1,300	55,000
Россия	2,200	2,300	2,300	2,900	2,900	2,900	
Испания	13,200	11,500	11,500	11,500	11,500	11,500	
Таиланд	8,355	8,600	8,000	8,500	8,500	8,500	
Турция	---	---	3,000	3,100	3,200	3,200	
Великобритания	2,900	1,700	1,700	1,700	1,700	1,700	
Другие страны	11,800	15,300	12,700	11,400	12,500	13,000	
Всего:	125,000	154,000	159,000	148,000	147,000	148,000	

Согласно проведенному Нидерландской исследовательской организацией исследованию, сегодня 11 % мировых земельных ресурсов относятся к нарушенным, 60 % из которых находятся в плохом или очень плохом состоянии, их большую часть составляют земли, используемые для добычи полезных ископаемых открытым способом, являющиеся источником отрицательного воздействия на окружающую среду [1].

Поскольку месторождения нерудного сырья, как правило, осадочного происхождения, природная ценность нерудного сырья относительно невысока, глубина залегания 50–400 м, а мощность пластов находится в диапазоне от 5 до 20 м, то при добыче нерудных полезных ископаемых особенно распространен открытый способ.

Однако при таком способе отработки месторождений воздействие на окружающую среду характеризуется значительным нарушением поверхности, связанным с работой карьера

и формированием большого количества отвалов вскрышных пород. При этом, чем глубже залегают пласт, тем сильнее проявляется это негативное влияние [2; 3].

Альтернативой открытому способу является подземная добыча. Однако недропользователи чаще предпочитают открытый способ, поскольку капитальные затраты при этом способе ниже, чем при подземном. Тем не менее, разработка месторождений нерудного сырья подземным способом может осуществляться с невысокой себестоимостью добычи. Технологии, при которых это возможно известны: система разработки с обрушением и камерно-столбовая.

Коэффициент извлечения из недр при отработке месторождений камерно-столбовыми системами ниже, чем при системах с обрушением. В то же время, негативное воздействие на окружающую среду последних гораздо сильнее, некоторые участки земель значительно проседают, образуя провалы. Поэтому с точки зрения экологической безопасности камерно-столбовая система разработки является наиболее подходящей [1].

Примерами успешного использования камерно-столбовой системы разработки при добыче нерудного строительного сырья являются рудники «Ангидрит» и «Известняков» ЗФ ОАО «Горно-металлургическая компания «Норильский никель». На данных предприятиях технологии отработки месторождений постоянно совершенствуются. В настоящее время на рудниках внедрены и успешно применяют различные способы снижения эксплуатационных потерь при добыче. В 2007 и 2009 гг. научным коллективом под руководством профессора СФУ С.А. Вохмина разработаны и внедрены «Руководства по нормированию потерь и разубоживания...».

Следующим важным шагом в создании технологии экологически безопасной отработки месторождений нерудных полезных ископаемых подземным способом должна быть разработка методологического обоснования принципов нормирования показателей извлечения из недр при отработке нерудных месторождений строительного сырья подземным способом, а также модернизация инженерных способов обеспечения оптимального уровня показателей извлечения из недр. Особенно создание инструкций по расчету конструктивных элементов систем разработки, что позволит эффективно осваивать месторождения нерудного строительного сырья с минимальной экологической нагрузкой на район ведения горных работ.

Список литературы:

1. Вохмин С.А. Некоторые экологические аспекты развития добычи нерудного строительного сырья в России / С.А. Вохмин, Г.С. Курчин, Е.В. Зайцева, А.К. Кирсанов // Недропользование XXI век, № 4 – Москва, 2012 – С. 70–72.
2. Курчин Г.С. Проблемы экологии при добыче нерудных строительных материалов в России / Г.С. Курчин, Е.П. Волков, Е.В. Зайцева, А.К. Кирсанов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6. С. 1.
3. Курчин Г.С. Развитие добычи нерудных строительных материалов в России XXI века / Г.С. Курчин, А.К. Кирсанов, Е.В. Зайцева, Е.П. Волков // Проблемы ограниченности, воспроизводства и рационального использования естественных ресурсов: материалы XXXVI Международной научно-практической конференции, Лондон, 2013 – С. 105–107.
4. Озарян Ю.А. Обеспечение экологической устойчивости природной среды путём рекультивации при освоении месторождений гранодиоритов // Горный информационно-аналитический бюллетень – № 7 – 2009 – С. 163–168.
5. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2008, P. 76–77.
6. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2010, P. 70–71.
7. U.S. Geological Survey, Mineral Commodity Summaries, January 2012, P. 70–71.

СЕКЦИЯ

«ОБЩЕСТВЕННАЯ ГЕОГРАФИЯ»

ОЦЕНКА РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА САХАЛИНСКОЙ ОБЛАСТИ

Котляров Дмитрий Анатольевич

*канд. геогр. наук, доц. Сахалинского государственного университета,
РФ, г. Южно-Сахалинск*

E-mail: sakhalin-65-rus@yandex.ru

ASSESSMENT OF DEVELOPMENT OF TRANSPORT COMPLEX OF THE SAKHALIN REGION

Dmitry Kotlyarov

*candidate of Science, assistant professor of Sakhalin state University,
Russia, Yuzhno-Sakhalinsk*

АННОТАЦИЯ

Целью статьи является оценка развития транспортного комплекса Сахалинской области. С помощью экономико-статистических методов анализируются основные показатели его работы (объём перевезённых грузов и пассажиров, грузооборот и пассажирооборот), выявляется обеспеченность региона дорожной сетью, кратко определяются проблемы развития и т. д. В заключении статьи делаются соответствующие выводы.

ABSTRACT

The purpose of this paper is to assess the development of transport complex of the Sakhalin region. Using economic and statistical methods, analyzes the main indicators of its work (volume of cargo and passengers, and passenger turnover), reveals the security of the region road network, we briefly define the problem of development, etc. In conclusion, the article will draw conclusions.

Ключевые слова: транспортный комплекс, автомобильный транспорт, железнодорожный транспорт, авиационный транспорт, грузооборот, пассажирооборот, плотность дорог, дороги общего пользования с твёрдым покрытием.

Keywords: transport sector, road transport, railway transport, air transport, cargo turnover, passenger turnover, density of roads, public roads with hard surface.

Транспорт – это кровеносная система экономики. Именно так оценивают роль этого комплекса ведущие экономико-географы страны, в том числе основоположники географии транспорта, как отрасли хозяйства – И.В. Никольский, Н.Н. Казанский, С.А. Тархов, В.Н. Бугроменко и др. [3]. Стоит отметить, что эта роль была оценена не в 50–70-е годы прошлого века, а ещё в далёкие 1920-е годы, когда Ф.Э. Держинский, выступая на съезде работников железнодорожного и водного транспорта отметил, что «транспорт – это кровеносная система страны, база государственной власти ...» [1].

Значение транспортного комплекса, включающего не только подвижной состав, но и транспортную инфраструктуру, трудно переоценить для национальной экономики в целом и экономики отдельных регионов. Особенно роль транспорта возрастает для тех регионов, которые не имеют устойчивой связи с единой транспортной системой страны и представляют собой автономные локализованные транспортные системы с развитием одного-двух видов транспорта, обеспечивающих потребности как промышленности, так и населения. Ярким примером локализованных транспортных систем являются обширные российские территории, протянувшиеся от европейского севера страны до Дальнего Востока. Именно Дальний Восток в этом отношении является наиболее изолированным от единой транспортной системы России. Достаточно отметить тот факт, что этот экономический район только в XXI веке получил устойчивое автомобильное сообщение с Сибирью и Европейской частью России, посредством строительства федеральной автомагистрали «Амур», которая была официально сдана в эксплуатацию только в августе 2010 года.

Особая локализованная транспортная система сложилась на территории Сахалинской области. Уникальность этой системы состоит в том, что здесь представлены практически все виды транспорта, при этом область полностью отрезана от материковой части ввиду своего островного положения. Относительно устойчивое транспортное сообщение с материком осуществляется только

авиационным транспортом и паромным сообщением, которые очень сильно подвержены влиянию погодных условий. В отдельные периоды погодного ненастья область остаётся полностью отрезанной от единой транспортной системы страны. Таким образом, функционирование островной транспортной системы осуществляется автономно и связана она с материком достаточно условно.

В настоящее время для Сахалинской области характерна значительная территориальная дифференциация транспортного обслуживания экономики и обеспеченности транспортной инфраструктурой. Наибольший уровень развития транспортного комплекса и дорожной сети характерен для юга Сахалина, в то время как центральная и особенно северная часть острова, а также Курильские острова, относятся к районам с низким и крайне низким уровнем развития транспортного комплекса, дорожной сети и объектов транспортной инфраструктуры. Наиболее важное значение на территории Сахалинской области, во внутри-областном транспортном обслуживании, получили три основных вида транспорта – автомобильный, железнодорожный и авиационный. Морской транспорт применяется в каботажных перевозках между портами области, имеет минимальное значение и представлен, преимущественно, внутренними линиями, связывающими между собой остров Сахалин с Курильскими островами, а также с материком (паромная переправа «Ванино – Холмск»). Речное судоходство, как вид транспорта, в Сахалинской области не представлен.

На территории Сахалинской области насчитывается 1 390 предприятий и организаций транспорта, зарегистрированных в статистическом реестре Сахалинской области. При этом, за последние пять лет число организаций незначительно увеличилось. Так, в начале 2014 года их насчитывалось 1 390 организаций, в то время как в начале 2010 года их было только 1 276, то есть прирост составил около 9 %. Максимальная численность предприятий транспорта была зафиксирована в г. Южно-Сахалинск – 913 организаций, Корсаковском городском округе – 139 организаций и Холмском городском округе – 109 организаций. Таким образом, около 84 % числа транспортных предприятий области сконцентрированы только в трёх городских округах, расположенных на юге региона со значительным промышленным потенциалом, высокой плотностью населения, крупными морскими портами, относительно высокой протяжённостью и плотностью дорожной сети.

Важнейшее социально-экономическое значение для Сахалинской области имеет автомобильный транспорт. Он занимает первое место, как по объёму перевозимых грузов и грузообороту, так и по пасса-

жирообороту между отельными муниципальными образованиями Сахалинской области. За период с 2010 по 2014 гг. объём перевезённых грузов этим видом транспорта увеличился в 2 раза, с 4,2 млн. тонн до 8,5 млн. тонн. Увеличение объёма перевозимых грузов и расстояния перевозок, способствовали существенному росту грузооборота автомобильного транспорта в 2,2 раза, с 208 млн. т-км до 462 млн. т-км. (табл. 1). При этом, количество перевезённых пассажиров, равно как и пассажирооборот, снизились за пять лет в 1,6 раза и 1,5 раза соответственно.

Таблица 1.

Показатели работы автомобильного транспорта, протяжённость и плотность дорог общего пользования с твёрдым покрытием в Сахалинской области (на конец года)

Показатели	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
Объём перевезённых грузов, млн. тонн	4,2	4,8	7,6	9,6	8,5
Грузооборот, млн. т-км	208	215	389	438	462
Количество перевезённых пассажиров, млн. чел.	30,8	25,9	28,0	28,4	18,9
Пассажирооборот, млн. пасс-км	314	277	280	288	202
Протяжённость автодорог общего пользования с твёрдым покрытием, км	1 219,4	1 219,4	1 742,0	1 829,1	1 916,2
Плотность автодорог общего пользования с твёрдым покрытием, км/1 000 км ²	14,0	14,0	20,0	21,0	22,0

Источник [4]

Интенсивный процесс «автомобилизации» Сахалинской области, способствовал росту протяжённости автодорожной сети с твёрдым покрытием на 700 км за пятилетний период. В 2014 году протяжённость автомобильных дорог общего пользования с твёрдым покрытием составила 1 916,2 км. Тем не менее, для такой большой по площади территории области, как Сахалинская – это катастрофически низкий показатель, составляющий в среднем 22 км на 1 000 км². Например, в Амурской области этот показатель составляет 31 км, в Приморском крае – 89 км, в Воронежской области – 323 км,

в Белгородской области – 675 км. Отдельные городские округа области, расположенные в центральной и северной части острова, а также на Курильских островах, практически не имеют дорог общего пользования с твёрдым покрытием. Например, в начале 2014 года в Александровск-Сахалинском городском округе протяжённость дорог с твёрдым покрытием составляла всего 3 км, в Курильском – 7,2 км, в Северо-Курильском – 12,7 км, в Тымовском – 52,3 км. Такая негативная ситуация с автодорожной сетью области не может позитивно отражаться на экономике региона и требует чрезвычайных мер по интенсивному строительству и реконструкции дорог с твёрдым покрытием.

Железнодорожный транспорт в Сахалинской области занимает второе место, как в структуре грузоперевозок, так и по количеству перевезённых пассажиров. К началу 1992 года общая протяжённость железных дорог составляла 1 072 километра, но в последующие годы протяжённость путей на острове уменьшилась до 804,9 км в 2011 году. Так, за последние 20 лет были ликвидированы некоторые участки между населёнными пунктами: г. Оха – пгт. Ноглики, с. Новоалександровка – с. Синегорск, г. Поронайск – с. Трудовое и т. д. Для острова характерна нетипичная для России ширина железнодорожной колеи – 1 067 мм (1 520 мм для России), которая досталась в наследство от японцев, после освобождения южной части острова в 1945 году. В настоящее время идёт работа по перешивке ширины колеи под общероссийский стандарт.

В 2014 году было перевезено около 1,3 млн. тонн различных грузов, что почти в 2 раза меньше, чем в 2010 году. Только на три городских округа приходилось в совокупности 80–85 % объёма перевезённых грузов – Невельский, Макаровский и Поронайский. Следует отметить, что железные дороги имеются только в 11 городских округах из 21 муниципального образования. Активно железнодорожный транспорт используется и для междугородних перевозок пассажиров внутри Сахалинской области. Так в 2014 году было перевезено 716 тыс. пассажиров, что на 10,3 % меньше, чем в 2010 году (табл. 2). Главной меридиональной магистралью, протянувшейся с юга на север, является магистраль «Южно-Сахалинск – Ноглики».

Таблица 2.

Показатели работы железнодорожного транспорта, плотность железнодорожных путей в Сахалинской области (на конец года)

Показатели	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
Объём перевезённых грузов, млн. тонн	2,5	2,6	2,3	1,6	1,3
Количество перевезённых пассажиров, тыс. чел.	798	794	798	749	716
Плотность железнодорожных путей, км/10 000 км ²	92	96	96	96	96

Источник [4]

В целом, значение железнодорожного транспорта ежегодно снижается как в грузоперевозках, так и в количестве перевезённых пассажиров, за счёт, как сокращения объёмов промышленного производства, так и перераспределения части перевозимых грузов в пользу автотранспорта, как более универсального вида, обеспечивающего доставку «от ворот грузоотправителя до ворот грузополучателя». С учётом ликвидации железнодорожных путей, а также уменьшения объёмов перевозимых грузов и пассажиров, можно констатировать тот факт, что данный вид транспорта на территории Сахалинской области находится в глубоком кризисе и теряет своё значение для экономики региона.

Авиационный транспорт Сахалинской области в основном используется для перевозок пассажиров и, в меньшей степени, грузов внутри региона на большие расстояния. Это единственный вид транспорта, который увеличил пассажиропоток за период с 2010 по 2014 год на 36 % (табл. 3). На территории Сахалинской области насчитывается шесть аэропортов, а, следовательно, внутриобластные сообщения осуществляются между шестью муниципальными образованиями. Общий объём перевезённых грузов на начало 2014 года составил 2,6 тыс. тонн, что почти в 1,6 раза ниже объёма 2010 года, когда этот показатель превышал 4 тыс. тонн.

Таблица 3.
**Показатели работы авиационного транспорта
 Сахалинской области (на начало года)**

Показатели	2010 год	2011 год	2012 год	2013 год	2014 год
Объём перевезённых грузов, тонн	4 161,4	2 039,1	2 262,5	1 923,9	2 576,7
Объём перевезённой почты, тонн	188,9	200,2	231,5	275,4	269,9
Количество перевезённых пассажиров, тыс. чел.	354,1	415,1	437,8	478,0	486,9

Источник [2]

В основном авиаперевозки осуществляются в северном направлении с главными нефтегазодобывающими центрами области (пгт. Ноглики и г. Оха), а также с Курильскими островами (г. Курильск, пгт. Южно-Курильск).

Анализ развития транспортного комплекса Сахалинской области позволяет сделать следующие выводы. Во-первых, на территории Сахалинской области получили развитие три вида транспорта, осуществляющие внутриобластные связи – автомобильный, железнодорожный и авиационный. Автомобильный и авиационный транспорт показывают разнонаправленную динамику. Так, автомобильный транспорт занимает первое место в структуре грузооборота области и за период с 2010 по 2014 г. увеличил грузооборот в 2,2 раза до 462 млн. т-км. При этом он показал отрицательную динамику в перевозке пассажиров почти в 1,5 раза за тот же период. Противоположная тенденция характерна для авиационного транспорта – рост количества перевезённых пассажиров на 36 % и существенное снижение объёма перевезённых грузов в 1,6 раза за анализируемый период. Только железнодорожный транспорт показывает устойчивую динамику снижения объёма перевезённых грузов (в 2 раза) и пассажиров (на 10,3 %). Роль и значение этого вида транспорта снижается во внутриобластных перевозках.

Во-вторых, протяжённость и плотность транспортной сети региона находятся на крайне низком уровне. Так, протяжённость автомобильных дорог общего пользования с твёрдым покрытием в Сахалинской области составляет около 2 тыс. км, что в разы ниже, чем в регионах Центральной России. Отдельные муниципальные образования области практически не имеют дорог с твёрдым покрытием (Александровск-Сахалинский и Курильский городские

округа). По плотности дорог (22 км на 1 000 км²), Сахалинская область также существенно уступает не только регионам Центральной России, но и некоторым регионам Дальнего Востока. Такая ситуация не может позитивно отражаться на развитии региональной экономики. Автомобильный транспорт, являясь главным грузоперевозчиком в области, сталкивается с проблемой доступности ко многим населённым пунктам, ввиду либо отсутствия дорог с твёрдым покрытием, либо неудовлетворительным состоянием имеющейся дорожной сети. Протяжённость железных дорог в области также сокращается, а многие ветки были просто ликвидированы. Сокращение протяжённости транспортной сети региона и её низкое качество, являются тормозом в реализации многих экономических проектов в Сахалинской области.

Список литературы:

1. История железнодорожного транспорта России и Советского Союза. Т. 2: 1917–1945 гг. – СПб., 2007. – 416 с., ил.
2. Муниципальные образования Сахалинской области в цифрах (2009–2013 гг.). Статистический сборник / Сахалинстат. – Южно-Сахалинск, 2014. – 170 с.
3. Никольский И.В. География транспорта СССР. – М.: МГУ, 1978. – 285 с.
4. Регионы России. Социально-экономические показатели. 2015: Стат. сб. / Росстат. – М., 2015. – 1266 с.

ФИЗИКА

СЕКЦИЯ

«МЕХАНИКА ЖИДКОСТИ, ГАЗА И ПЛАЗМЫ»

ЧИСЛЕННОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МГД УПРАВЛЕНИЯ СВЕРХЗВУКОВЫМ ПОТОКОМ В СРЕДЕ OPENFOAM

Ряховский Алексей Игоревич

*аспирант, кафедра «Высшая математика», Санкт-Петербургский
Политехнический Университет,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: alexey.i.ryakhovskiy@mail.ioffe.ru*

Шмидт Александр Александрович

*д-р физ.-мат. наук, заведующий сектором численного моделирования,
Физико-технический институт им. А.Ф. Иоффе,
РФ, г. Санкт-Петербург*

OPENFOAM NUMERICAL SIMULATION OF MHD SUPERSONIC FLOW CONTROL

Alexey Ryakhovskiy

*phd student,
Department of Mathematics Saint-Petersburg Polytechnic University,
Russia, Saint-Petersburg*

Alexander Schmidt

*doctor of Physics and Mathematics,
head of Numerical Modeling Department Ioffe Institute,
Russia, Saint-Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Решена задача численного моделирования сверхзвукового обтекания твердого тела в форме конуса со скругленной вершиной при наличии постоянного магнитного поля. Задача решалась с использованием интегрированной среды численного моделирования OpenFOAM. На основе центральных разностных схем разработан солвер, позволяющий рассчитывать сверхзвуковые МГД течения в ограниченном диапазоне чисел Стюарта. Показана возможность управления формой ударной волны при помощи магнитного поля, генерируемого катушкой с током.

ABSTRACT

A numerical simulation of supersonic flow around a spherically blunted cone in presence of constant magnetic field is carried out. The solution was obtained using OpenFOAM numerical simulation toolbox. The solver suitable for modeling supersonic MHD flows within limited range of Stuart number is developed based on the central difference schemes. The possibility of controlling a shock wave configuration with a magnetic field is demonstrated.

Ключевые слова: магнитная гидродинамика; управление потоком; сверхзвуковые течения; численное моделирование; метод конечных элементов; центральные разностные схемы.

Keywords: magnetohydrodynamics; supersonic flows; numerical simulation; finite volumes method; central difference schemes.

Введение.

Проблема управления ударно-волновыми конфигурациями немеханическими способами является актуальной для аэрокосмического приборостроения. Термодинамические нагрузки, испытываемые летательными аппаратами при входе в атмосферу, могут привести к повреждению и в некоторых случаях даже разрушению дорогостоящего оборудования. Для решения данной проблемы было предложено несколько концепций, одной из наиболее перспективных среди которых является использование магнитного поля для воздействия на набегающий поток ионизованного газа [1]. Существуют также исследования по разработке системы искусственной ионизации газа в потоке для усиления интенсивности МГД взаимодействия [2]. В силу дороговизны и сложности соответствующих натуральных экспериментов в данной области, математическое моделирование становится важным инструментом исследований. Проприетарные системы численного моделирования предлагают ограниченную функциональность для

решения задач подобного типа, не предоставляя доступа к исходному коду солверов и термодинамических моделей. По этим причинам нами был сделан выбор в пользу открытой интегрированной платформы для численного моделирования OpenFOAM. Свободный доступ к коду этого инструментария позволяет модифицировать и дополнять имеющиеся солверы, давая возможность оптимизировать метод решения в зависимости от задачи.

Постановка задачи.

Рассматривается сверхзвуковое обтекание твердого тела в форме конуса с закругленной вершиной потоком слабо ионизированного газа. В качестве газа набегающего потока были рассмотрены воздух и CO_2 , составляющие атмосферы Земли и Марса соответственно. Заданная температура потока 250 К-300 К является характерной для верхних слоев атмосферы. Скорость звука в таких условиях составляет приблизительно 250–300 м/с. Число Маха в расчетах находится в пределах 3–4. Внутри обтекаемого тела располагается катушка с током, создающая постоянное магнитное поле. Параметры создаваемого магнитного поля были взяты таким образом, чтобы модуль индукции в районе носа обтекаемого тела равнялся ~1 Тесла. Небольшое магнитное число Рейнолдса позволяет нам пренебрегать индуцируемым электрическим полем. Интенсивность МГД взаимодействия определяется Числом Стюарта (St) [3, с. 224], которое в нашей задаче принимает значения от 0 до 0.4.

Обтекаемое тело представляет собой конус со сферически закругленной вершиной. Радиус основания конуса – 1 м. Угол раствора – 120° .

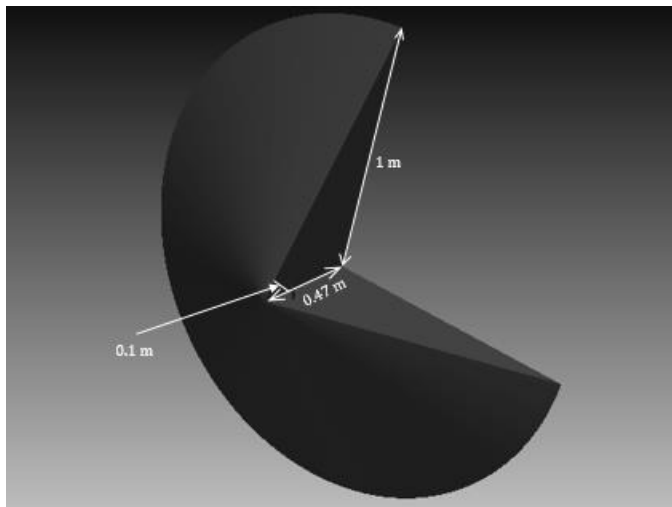


Рисунок 1. Геометрия обтекаемого тела

Таблица 1.

Термофизические параметры

	1	2
Газ	Воздух	CO ₂
Молярная масса (г/моль)	28.97	44.01
p _∞ (Па)	3000	30
t _∞ (К)	216.5	190
Число Маха, M _{u=1000} ^{m/s}	3.37	4.46

Решается система уравнений магнитной гидродинамики для невязкого газа с условием постоянности магнитного поля.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho \vec{v}) &= 0, \\
 \frac{\partial \rho \vec{v}}{\partial t} + \nabla \cdot P - \vec{F} &= 0, \\
 \frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{W} - Q &= 0. \\
 \frac{\partial (\rho E)}{\partial t} + \nabla \cdot \vec{W} - Q &= 0.
 \end{aligned}
 \tag{1}$$

В нашем случае F – объемная сила Лоренца, Q – мощность Джоулева нагрева. Эти величины зависят от скорости потока и индукции магнитного поля.

Разработка солвера.

Стандартный инструментарий OpenFOAM предлагает несколько различных солверов для расчета сверхзвукового течения, однако, не все из них подходят для решения нашей задачи. Часть из них, например, sonicFoam и его модификации, решают систему уравнений Навье-Стокса в переменных скорость-давление (т. н. pressure based солверы). Такой подход сопряжен с появлением нефизических особенностей решения в области ударного слоя: главным образом появлением пиков профилей физических характеристик (т. н. overshoot). По этим причинам для нашей работы был выбран солвер rhoCentralFoam. Он относится к т. н. density based солверам, т. е. ищет решение системы в переменных скорость-плотность. Данный солвер основан на центральных разностных схемах Курганова и Тадмора [4]. При использовании rhoCentralFoam в нашей задаче без МГД взаимодействия были получены профили термофизических характеристик, качественно совпадающие с теоретическими ожиданиями.

Так как в стандартном наборе средств OpenFOAM отсутствует необходимый нам солвер для сверхзвуковых МГД течений сжимаемого газа, недостающие МГД слагаемые были добавлены нами в rhoCentralFoam. Разностные схемы для них были заимствованы из статьи Балбаса и Тадмора [5], в которой предложена МГД модификация для схем Курганова.

Численное решение.

В виду того, что рассматриваемый летательный аппарат имеет осевую симметрию, мы можем свести задачу к двумерной постановке. Расчетная область в таком случае представляет собой сектор цилиндра с вырезанным сектором обтекаемого тела. Вычислительная сетка сгущена в области носа обтекаемого тела для более точного расчета фронта ударной волны и эффекта МГД взаимодействия. При недостаточном (< 25) количестве расчетных ячеек по толщине ударного слоя наблюдаются нарушения гладкости рядом с границей, соответствующей обтекаемому объекту. Размерность использованной расчетной сетки: 576000 ячеек.

Для поиска стационарного решения в начальный момент времени задается однородное распределение скорости, температуры и плотности потока. На боковых сторонах сектора расчетной области для всех характеристик задается условие цилиндрической симметрии (wedge). На границах, соответствующих обтекаемому объекту заданы

условия нулевой составляющей нормальной скорости (slip). При задании граничного условия для температуры на обтекаемом теле использовались два подхода. В первом случае задавалась постоянное значение температуры, что позволяло оценить влияние МГД взаимодействия на тепловой поток через границу. В другом случае ставилось условие нулевого потока и вычислялось значение температуры поверхности, с помощью которой можно было бы вычислить реальное значение теплового потока при наличии реального значения температуры объекта. На торцах расчетной области ставятся условия входа и выхода (inletOutlet).

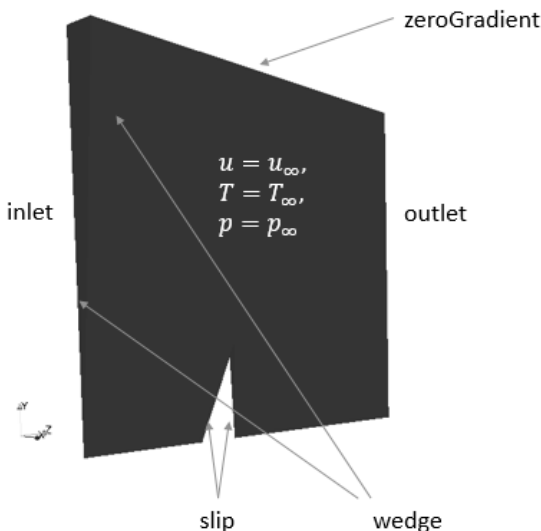


Рисунок 2. Геометрия расчетной области и граничные условия

Разработанный нами солвер является устойчивым при условии $St < 0.25$. Высокая интенсивности МГД взаимодействия (превышение локальным числом Стюарта в некоторых областях значения 0.35) приводит расхождению решения.

В результате проведенных расчетов были получены пространственные распределения термодинамических параметров потока. На представленных рисунках заметна разница между потоками в отсутствии и присутствии магнитного поля. Приведенные профили температуры и давления на передней поверхности обтекаемого тела демонстрируют понижение термофизических характеристик при наличии МГД взаимодействия, в особенности в областях, где модуль

индукции генерируемого магнитного поля достигает наибольших значений.

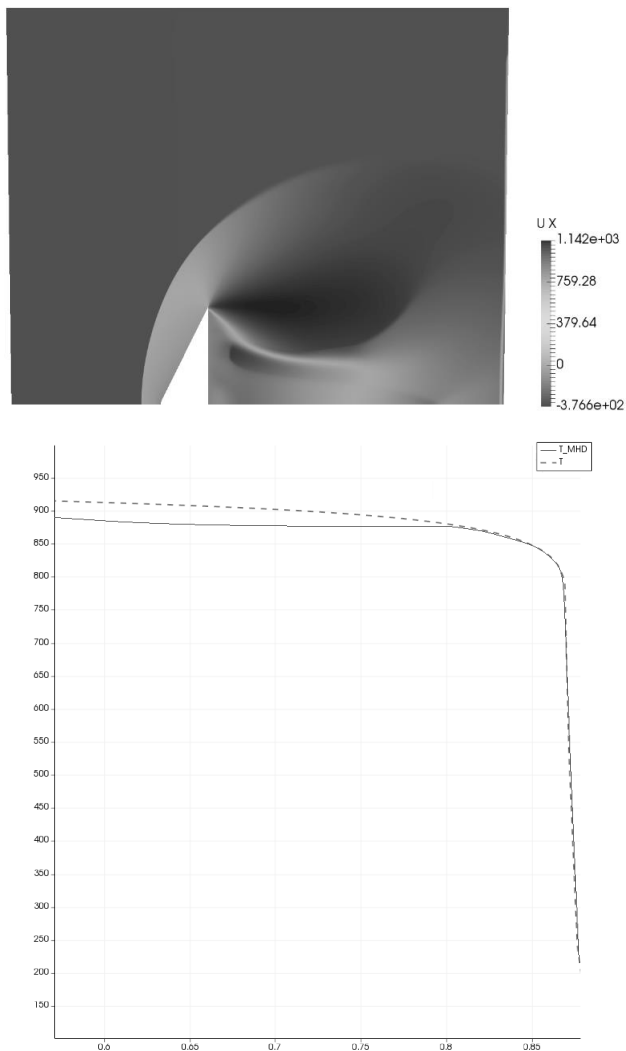


Рисунок 3. Слева – распределение продольной скорости потока, справа – профили температуры на поверхности обтекаемого тела в присутствии и отсутствии магнитного поля

Вид численно полученных профилей совпадает с теоретическими ожиданиями. Изменение расстояния между обтекаемым телом и фронтом ударной волны в присутствии магнитного поля также соответствует теоретической оценке [6].

Заключение.

В ходе исследования был разработан солвер для задач, связанных с МГД управлением сверхзвуковым обтеканием затупленных объектов. С помощью созданного солвера были полученные численные результаты для потоков с числом Маха 3–4, интенсивность МГД взаимодействия в которых не превышает $St = 0.25$. Была также продемонстрирована эффективность центральных разностных схем Балбаса-Тадмора в решении подобных задач. В будущем планируется сравнение рассмотренного подхода с другими способами решения, например, методами Годуновского типа. Кроме того, необходимо усовершенствовать термofизическую модель и улучшить устойчивость разработанного солвера для обеспечения применимости к более широкому спектру задач.

Список литературы:

1. Jarvinen P.O. On the use of magnetohydrodynamics during high speed re-entry // Avco Research Note 463 – 1964.
2. Nishihara M. et al. MHD supersonic boundary layer control using pulsed discharge ionization // 43rd AIAA Aerospace Sciences Meeting and Exhibit. – 2005. – С. 2005.
3. Mitchner M., Kruger C. H. Partially ionized gases. – New York: Wiley, 1973. – Т. 8.
4. Kurganov A., Tadmor E. New high-resolution central schemes for nonlinear conservation laws and convection–diffusion equations // Journal of Computational Physics. – 2000. – Т. 160. – № 1. – P. 241–282.
5. Balbás J., Tadmor E., Wu C.C. Non-oscillatory central schemes for one-and two-dimensional MHD equations: I // Journal of Computational Physics. – 2004. – Т. 201. – № 1. – С. 261–285.
6. Farris M.H., Russell C.T. Determining the standoff distance of the bow shock: Mach number dependence and use of models // Journal of geophysical research. – 1994. – Т. 99. – № A9. – С. 17681.

СЕКЦИЯ

«ФИЗИКА КОНДЕНСИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ»

ВЛИЯНИЕ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ПРОЧНОСТЬ СИНТЕТИЧЕСКОГО МОНОКРИСТАЛЛИЧЕСКОГО АЛМАЗА

Хайдаров Камбарали

*канд. физ-мат. наук, зав. лаборатории Сверхтвердых материалов,
Институт физико-технических проблем и материаловедения
им. акад. Ж. Жеенбаева НАН КР,
Кыргызская Республика, г. Бишкек
E-mail: kyrgyzalmaz@mail.ru*

Минбаева Баарыгул Донбаевна

*мл. науч. сотр. лаборатории сверхтвердых материалов,
Институт физико-технических проблем и материаловедения
им. акад. Ж. Жеенбаева НАН КР,
Кыргызская Республика, г. Бишкек
E-mail: baarigul@mail.ru*

THE INFLUENCE OF THE LASER RADIATION ON THE STRENGTH OF THE SYNTHETIC MONOCRYSTAL DIAMOND

Kambarali Khaidarov

*candidate of physical and mathematical sciences, manager of laboratory
Super solid materials, Institute of Physical and Technical Problems
and Materials Science named acad. J. Jeenbaeva NAS KR,
Kyrgyzstan, Bishkek*

Barygul Minbaeva

*junior researcher of laboratory Super solid materials,
Institute of Physical and Technical Problems and Materials Science
named acad. J. Jeenbaeva NAS KR,
Kyrgyzstan, Bishkek*

АННОТАЦИЯ

Приведены результаты исследований влияния лазерного излучения на прочность синтетического монокристаллического алмаза. Обнаружено увеличение разрушающей нагрузки образцов различных типов при определенных плотностях потока энергии лазерного излучения.

ABSTRACT

The results of the researches of the influence of the laser radiation on the strength of the synthetic monocrystal diamond are given. The increase in breaking load of various samples at specific laser radiation energy density fluxes is found.

Ключевые слова: синтетический алмаз; монокристалл; лазерные излучения; плотность потока энергии; прочность; графит.

Keywords: synthetic diamond; monocrystal; laser radiation; energy density flux; strength; graphite.

Свойства искусственно выращенных алмазов давно изучаются во многих работах, например, [2; 4; 5; 7; 8]. Несмотря на это, исследований, направленных на модификацию физико-механических свойств синтетического алмаза (СА), в том числе воздействием лазерного излучения, малочисленны. В работах [1; 3] сообщались о влиянии лазерного излучения (ЛИ) на механические свойства и структуру поликристаллов СА.

В данной работе представлены результаты изучения прочностных свойств монокристаллов СА после взаимодействия с лазерным излучением. Исследовано изменения разрушающей нагрузки монокристаллических образцов различных размеров в зависимости от плотности потока энергии падающего лазерного излучения в диапазоне 0,6÷14,3 кДж/см² на длине волны 1064 нм. Исследованы образцы двух типов: I-прозрачно-желтого и II-темного цвета. Обнаружено увеличение разрушающей нагрузки образцов обоих типов при определенных плотностях потока энергии лазерного излучения. Определены области значения плотности потока энергии лазерного излучения, при которых происходит разупрочнение кристаллов алмаза, связанное с полиморфным превращением алмаза в графит.

2.1. Методика эксперимента и подготовка образцов.

Монокристаллы СА для исследований были выращены в условиях высокого давления и высоких температур в системе «графит – металл-растворитель». В качестве металла-растворителя использовался сплав никеля с марганцем. Монокристаллы СА кубооктаэдрического габитуса зернистостью 400/315, 500/400 и 630/500 мкм извлекались из продуктов пресс – спекания

и классифицировались по зернистости и форме известными способами [4].

Исследования проводились на монокристаллах СА зернистостью 630/500, 500/400 и 400/315 мкм, поскольку порошки СА этих размеров представляют не только научный, но и практический интерес. Последний связан с тем, что именно указанные зернистости монокристаллов СА являются основным компонентом для создания композиционных алмазосодержащих материалов инструментального назначения, используемых при резке природного камня и других неметаллических высокопрочных материалов.

Определение показателя прочности образцов СА проводилось (согласно требованиям [6]) на приборе ДА-2М конструкции ИСМ НАН Украины. По показателю прочности монокристаллы зернистостью 630/500 мкм соответствовали шлифпорошкам марки АС80, а монокристаллы зернистостей 500/400 и 400/315 мкм – АС100 [6]. Исследуемые монокристаллы имели в основном кубооктаэдрический габитус.

При визуальном наблюдении монокристаллов СА по цвету было обнаружено, что большая часть кристаллов имеет прозрачно-жёлтый цвет, а на долю непрозрачных кристаллов приходится всего 10÷15 % от их общего количества. По цветному признаку исследуемые кристаллы разделялись на две группы: I-тип – прозрачно-желтые и II-тип – темные.

Эксперименты по изучению воздействия лазерного излучения (ЛИ) на монокристаллы алмаза проводились с использованием твердотельного неодимового лазера непрерывного режима на длине волны 1064,1 нм. В работе плотность мощности ЛИ, которой воздействовали на образцы монокристаллического СА, изменялась двумя способами. В одном случае варьировалось время облучения образца ЛИ, а интенсивность ЛИ была постоянной. В другом случае изменялась интенсивность ЛИ при неизменном времени облучения. Интенсивность ЛИ изменяли за счет варьирования силы тока, питающего лампу накачки. Прямые измерения интенсивности ЛИ в работе не проводились. О плотности потока энергии (мощности) ЛИ судили по изменениям силы тока накачки. Зависимость между этими величинами определялось заранее, и она была практически прямолинейной.

Плотность потока энергии ЛИ, воздействующего на образец, рассчитывалась по формуле:

$$E = \frac{Pt}{S} \quad (1)$$

где: P-мощности ЛИ, t-время облучения, S-площадь пучка ЛИ.

2.2. Экспериментальные результаты и их обсуждение.

За основную характеристику прочности образца монокристаллов СА принята величина нагрузки, при которой разрушается данный образец, так называемый показатель прочности [6].

В процессе экспериментальных работ наибольший интерес вызывали монокристаллы СА зернистостью 630/500 мкм в связи с тем, что именно в этих образцах наблюдался упрочняющий эффект воздействия ЛИ при постоянной плотности потока энергии $E=0,6$ кДж/см².

Было интересно выяснить, будет ли возрастать прочность указанных образцов при изменении E лазерного излучения на поверхности СА путем изменения мощности излучения и при постоянном времени воздействия. Результаты соответствующих экспериментов приведены в табл. 1. Эти результаты указывают на то, что оптимальной мощностью ЛИ, при которой наблюдается максимальное возрастание разрушающей нагрузки, соответствует значению 32,5 Вт. Эта зависимость наблюдается как для желтых, так и для темных кристаллов.

Таблица 1.

Разрушающие нагрузки (Н) для монокристаллов СА 630/500 при изменении мощности ЛИ при постоянном времени воздействия ЛИ

Тип образца	Мощность ЛИ, Вт					
	0	15,5	32,5	15,05	68,5	90
I	210	250	290	230	230	150
II	130	110	200	170	190	130

Результаты, заслуживающие внимания, получаются, если воспользоваться не величиной разрушающей нагрузки, а коэффициентом ее изменения, рассчитанным по формуле

$$K = (P_0 - P_1) / P_0 \cdot 100\%, \quad (2)$$

где: P_0 и P_1 – значения разрушающей нагрузки, соответственно, до и после воздействия ЛИ.

Значения коэффициента K для монокристаллов СА с зернистостью 630/500 мкм в зависимости от плотности потока энергии ЛИ в двух режимах облучения: а) при изменении времени облучения при постоянной мощности и б) при изменении мощности

ЛИ при постоянном времени облучения представлены в табл. 2 и 3, соответственно. В этих таблицах отрицательные значения К соответствуют разупрочнениям кристаллов.

Таблица 2.

Коэффициент изменения прочности (%) монокристаллов СА зернистости 630/500 мкм с ростом плотности потока энергии ЛИ (Е) при различных временах облучения при постоянной мощности ЛИ

Тип образца	Е, 10 ² кДж/см ²							
	6	12	20	40	60	80	107	143
I	20	-2	11	14	19	-3	-40	-26
II	-20	-11	30	37	39	33	27	15

Таблица 3.

Коэффициент изменения прочности (%) монокристаллов СА зернистости 630/500 мкм с увеличением плотности потока энергии ЛИ (Е) при различной мощности ЛИ при постоянном времени облучения

Тип образца	Е, 10 ² кДж/см ²				
	6	13	20	27	36
I	20	39	11	9	-28
II	-20	49	30	40	0

Анализ приведенных данных показывает, что коэффициент упрочнения для темных образцов 2÷39 %, тогда как коэффициент разупрочнения меняется для темных кристаллов в интервале 7÷20 %, а для прозрачно-желтых кристаллов – 2÷40 %, что в два раза превышает коэффициент разупрочнения темных кристаллов.

Анализ результатов зависимости разрушающей нагрузки от плотности энергии Е ЛИ показывает, что значения Е, приводящие к упрочнению образцов I-типа, имеет меньшую величину, чем для образцов II-типа. Дальнейшее увеличение Е приводит к разупрочнению образцов обоих типов. Однако этот процесс более интенсивно идет в прозрачно-желтых кристаллах, чем в темных образцах. Для последних разупрочнение наступает при более высоких плотностях энергии ЛИ. Такое поведение Р(Е) объясняется тем, что в прозрачно-желтых монокристаллах СА содержится меньшее количество различного рода дефектов, в том числе примесей графита и металлорастворителя, чем в темных кристаллах. Образцы I-типа оптически

пропускает большую часть лазерного излучения по сравнению с образцами II-типа. Поглотителями ЛИ являются примеси металла-растворителя и графита, захватываемые растущим кристаллом, а алмазная матрица прозрачна для длины волны 1064 нм. За счет поглощенной энергии лазерного ИК – излучения примеси металла разогреваются до высоких температур, вплоть до температуры плавления. Расплавленные металлические примеси заполняют микротрещины и микропоры алмазной матрицы и, тем самым, приводят к увеличению разрушающей нагрузки. При дальнейшем увеличении E расплавленный металл выходит на поверхность кристалла и, возможно, испаряется, наряду с этим, по-видимому, происходит частичная графитизация алмаза, эти процессы в совокупности приводят к разупрочнению кристаллов алмаза при больших значениях энергии ЛИ.

Поскольку образцы II-типа, содержат большое количество примесных дефектов, поэтому в них ЛИ поглощается примесными включениями, находящимися в приповерхностном слое кристалла. В отличие от образцов I-типа, здесь нагрев идет от поверхности в глубь кристалла. Поэтому в образцах II-типа увеличение разрушающей нагрузки наблюдается при более высоких энергиях ЛИ.

Выводы:

1. Обнаружено увеличение показателя прочности монокристаллов СА после воздействия ЛИ, связанное с заполнением микротрещин и микропор алмазной матрицы расплавленной металлической примесью.
2. Определены значения энергии потока падающего ЛИ, при которых происходит разупрочнение кристаллов алмаза, связанное с полиморфным превращением алмаза в графит.

Список литературы:

1. Жеенбаев Ж., Хайдаров К., Минбаева Б.Д. Влияние лазерного излучения на прочность фазового состояние синтетического поликристаллического алмаза. Изв. НАН КР, – Бишкек. 2002. – 4 – 11–14 с.
2. Кожоголов О.Ч., Хайдаров К., Мальнев В.И. Исследование механических свойств алмазов АРК // Сверхтвердые материалы. 1993 – XII – С. 24–26.
3. Минбаева Б.Д., Хайдаров К. Влияние лазерного излучения на структуру синтетического поликристаллического алмаза. Научный журнал «Физика», – Бишкек. 2013, № 3, С. 41–45.
4. Новиков Н.В., Федосеев Д.В., Шульженко А.А., и др. Синтез алмазов. Под ред. Новикова Н.В. – Киев: Наук. Думка, 1987. – 160 с.

5. Получение, свойства сверхтвердых материалов и перспективные технологии их применения: Сб. науч. тр. // АН УССР. Институт сверхтвердых материалов. – Киев. 1990. – 148 с.
6. Порошки алмазные. Технические условия. – ГОСТ 9206 – 88Е. – М: Изд. стандартов – 1987. – 45 с.
7. Физико-химические свойства сверхтвердых материалов и методы их анализа. Сб. науч. тр. / АН УССР. Ин-т сверхтвердых материалов. – Киев. 1987 – 116 с.
8. High Pressure Science and Technology: Proc. XIth AIRAPT Int. Conf.: In 4 vol. / International Association for the Advancement of High Pressure Science and Technology. – Kiev: Naykova Dumka. – 1989. – vol. 1–4

К ДИНАМИЧЕСКОЙ ТЕОРИИ БРЭГГОВСКОЙ ДИФРАКЦИИ ФЕМТОСЕКУНДНЫХ РЕНТГЕНОВСКИХ ИМПУЛЬСОВ ИЗОГНУТЫМИ КРИСТАЛЛАМИ

Чен Тэсик

*канд. физ.-мат. наук, доц., Московский технологический университет,
доц. кафедры физики отделения фундаментальной
и инженерной химии,
РФ, г. Москва
E-mail: chen.tt@mail.ru*

ON THE DYNAMICAL THEORY OF BRAGG- DIFFRACTION OF X-RAY FEMTOSECOND PULSES BY BENT CRYSTALS

Chen Tasik

*associated Professor, PhD, Moscow University of Technology,
Department of Fundamental and Engineering Chemistry, Chair of Physics,
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

Представлена динамическая теория брэгговской пространственно-временной дифракции фемтосекундных рентгеновских импульсов совершенными изогнутыми кристаллами. Рассмотрен случай упругого

изгиба кристалла по параболическому цилиндру. На основе рентгено-оптического принципа Гюйгенса-Гюйгенса-Френеля получено выражение для амплитуды дифрагированного импульса в вакууме.

ABSTRACT

Dynamical theory of Bragg spatial-temporal diffraction of femtosecond x-ray pulses by ideal bent crystals is presented. Homogeneous bending of a crystal on a parabolic cylinder is considered. Using an x-ray-optical Huygens-Fresnel principle a formula for an amplitude of a diffracted pulse in vacuum is derived.

Ключевые слова: динамическая теория дифракции; упруго изогнутый кристалл; фемтосекундный импульс; рентгено-оптический принцип Гюйгенса-Френеля; пространственно-временная дифракция.

Keywords: dynamical theory of diffraction; an elastically bent crystal; femtosecond pulse; X-ray optical Huygens-Fresnel principle; spatial-temporal diffraction.

В настоящее время интенсивно идут работы по созданию рентгеновского лазера на свободных электронах, излучающего в жестком рентгеновском диапазоне ($\lambda \sim 1 \text{ \AA}$). В связи с этим актуальность приобретает разработка способов управления характеристиками излучения лазера, основанных на динамической дифракции рентгеновского излучения в совершенных кристаллах. Динамическая теория зависящей от времени дифракции по Брэггу в совершенных плоских кристаллах была развита на основе формализма функций Грина в статье [4].

Динамическая теория дифракции излучения рентгеновского лазера совершенными кристаллами рассматривалась также в [5; 6]. В работах [1; 2] получила развитие общая теория динамической дифракции рентгеновского импульса с произвольной пространственно-временной структурой поля падающего импульса в кристаллах с произвольной толщиной в геометриях Брэгга и Лауэ. Одним из важных результатов этой теории явилась возможность временной компрессии фемтосекундных импульсов [3].

В данной работе развита динамическая теория пространственно-временной брэгговской дифракции рентгеновского импульса в толстом изогнутом кристалле. Амплитуду поля падающего импульса на входной поверхности кристалла представим в виде

$$E_{\text{inc}}(x, z = 0, t) = E(x) F\left(ct - \frac{x}{a\gamma_0}\right),$$

где: c – скорость света, $a = \operatorname{tg} \varphi_0 - \operatorname{tg} \varphi_h$,

$\gamma_0 = \cos \varphi_0$, φ_0, φ_h – направляющие косинусы для падающей и отраженной волн соответственно.

Ниже для определенности рассмотрим совершенный кристалл, подвергнутый механическому изгибу по параболическому цилиндру. Изгиб будем считать «слабым», что позволяет нам аппроксимировать функцию Грина изогнутого кристалла выражением для неизогнутого идеального кристалла.

Декартовы и косоугольные координаты связаны следующим образом:

$$z = s_0 - s_h, \quad x = \tan \phi_0 s_0 + |\tan \phi_h| s_h .$$

Граничные условия для случая Брэгг-геометрии имеют вид

$$\begin{aligned} E_0(x, z, T)|_{z=0} &= E_{inc}(x, 0, T), \\ E_h(x, z, T)|_{z \rightarrow \infty} &= 0. \end{aligned}$$

Разлагая функцию $F(t)$ в фурье-интеграл

$$F(t) = (2\pi)^{-1} \int d\omega F(\omega) \exp(-i\omega t),$$

где фурье-трансформанта $F(\omega)$ равна

$$F(\omega) = \int_{-\infty}^{+\infty} dT F(T) \exp(i\omega T),$$

получим амплитуду дифрагированной волны на поверхности слабоизогнутого кристалла

$$\begin{aligned}
 E_h(x, z = 0, t) &= i \frac{\chi_h P \pi}{\lambda |\gamma_h|} \exp\left(i \frac{\pi \gamma_h x^2}{\lambda R_x}\right) \int dx' \exp\left\{-i \frac{\pi \gamma_0}{\lambda R_x} (x')^2\right\} E(x') \times \\
 &\times F\left(ct - \frac{x}{a \gamma_0} - \frac{\{x - x'\}}{a |\gamma_h|}\right) \times \\
 &\times \frac{2J_1\left(\frac{2\sigma\{x - x'\}}{a}\right)}{\left(\frac{2\sigma\{x - x'\}}{a}\right)} \exp\left[i \frac{\pi \chi_0 (x - x')}{a \lambda} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right)\right] \theta(x - x').
 \end{aligned} \tag{1}$$

Здесь P – поляризационный фактор, $\chi_{h,0}$ – фурье-компоненты рентгеновской поляризуемости кристалла, R_x – радиус изгиба кристалла, $\sigma = \pi/\Lambda$, Λ – экстинкционная длина, $J_1(x)$ – функция Бесселя первого порядка, $\theta(x)$ – ступенчатая функция Хевисайда.

Рассмотрим импульс, квадратично промодулированный по фазе $F(\tau) = \exp(i\beta\tau^2)$ и с квадратичной фазой по координате x для функции $E(x)$.

Дифрагированное поле на поверхности кристалла

$$\begin{aligned}
 E_h(x, z = 0, t) &= i \frac{\chi_h P \pi}{\lambda |\gamma_h| L_0} \sqrt{\frac{\pi}{A_1}} \exp\left(i \frac{\pi \gamma_h x^2}{\lambda R_x}\right) \exp\left(i \frac{2\pi}{\lambda} L_0\right) \exp\left\{i \frac{\pi \chi_0 x}{\lambda a} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right)\right\} \times \\
 &\times f_1(x, t) \int dk G_h(k) \exp\left(-i \frac{k^2}{4A_1}\right) \exp\left\{-i \frac{k f_2(x, t)}{2A_1}\right\} \exp(-kx),
 \end{aligned} \tag{2}$$

где: $A_1 = \frac{\pi\alpha_0}{\lambda} + \frac{\beta}{a^2 |\gamma_h|^2}$,

$$f_2(x, t) = \frac{2\beta ct}{a |\gamma_h|} - \frac{2\beta x}{a^2 |\gamma_h|} \left(\frac{1}{|\gamma_h|} + \frac{1}{\gamma_0}\right) - \frac{\pi \chi_0}{\lambda a} \left(\frac{1}{|\gamma_h|} + \frac{1}{\gamma_0}\right) = f_3(t) + f_4(x) + f_0,$$

$$f_1(x, t) = \exp\left[-i \frac{\{f_2(x, t)\}^2}{4A_1}\right] \exp\left\{i\beta c^2 t^2 - i \frac{2\beta x ct}{a} \left(\frac{1}{|\gamma_h|} + \frac{1}{\gamma_0}\right) + \right. \\
 \left. + i \frac{\beta x^2}{a^2} \left(\frac{1}{|\gamma_h|} + \frac{1}{\gamma_0}\right)^2\right\}.$$

Интеграл в (2) вычисляется с помощью метода стационарной фазы. Интенсивность отраженного импульса $I_h = |E_h|^2$ определяется квадратом модуля функции $G_h(k)$ в стационарной точке $k_{\text{stat}} = -f_2(x, t) - 2A_1x$, зависящей от координаты и времени.

Поле отраженного импульса на расстоянии L_h от кристалла в точке с поперечной координатой ξ_p имеет следующий вид

$$E_h(\mathbf{r}_p, t) \exp(i\mathbf{k}_h \mathbf{r}_p) = \frac{\pi^2 \chi_h P}{\lambda^2 L_0 L_h A_1 B_1} \exp\{i\alpha(L_0 + L_h)\} \exp\left(i \frac{\xi_p^2}{2L_h}\right) \exp(i\beta c^2 t^2) \times \exp\left[-\frac{i\{f_3(t) + f_0\}^2}{4A_1}\right] \exp\left[-\frac{if_5^2}{4B_1}\right] \int dk G_h(k) \exp\left(-i \frac{k^2}{4} \left\{\frac{1}{A_1} + \frac{B_3^2}{B_1}\right\}\right) \times \exp\left[-\frac{ik}{2} \left\{\frac{B_3 f_6(t, \xi_p)}{B_1} + \frac{f_3(t) + f_0}{A_1}\right\}\right], \quad (3)$$

$$B_1 = \frac{\pi\alpha_h}{\lambda} - \frac{\beta^2}{A_1 a^4 |\gamma_h|^2} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right)^2 + \frac{\beta}{a^2} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right)^2,$$

$$f_5(t, \xi_p) = \frac{\beta}{A_1 a^2 |\gamma_h|} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) (f_3(t) + f_0) - \frac{2\beta ct}{a} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) + \frac{\pi\chi_0}{a\lambda} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) + \frac{2\pi\xi_p \gamma_h}{\lambda L_h},$$

$$B_3 = 1 - \frac{\beta}{A_1 a^2 |\gamma_h|} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right),$$

$$f_6(t, \xi_p) = \frac{2\beta^2 ct}{A_1 a^3 |\gamma_h|^2} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) - \frac{2\beta ct}{a} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) + \frac{\pi\chi_0}{a\lambda} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right) + \frac{2\pi\xi_p \gamma_h}{\lambda L_h} - \frac{\beta\pi\chi_0}{A_1 a^3 |\gamma_h| \lambda} \left(\frac{1}{\gamma_0} + \frac{1}{|\gamma_h|}\right)^2.$$

В случае, если в (3) исчезают квадратичные по k члены эйкональной функции, происходит фокусировка дифрагированного импульса в вакууме.

Условие фокусировки импульса имеет следующий вид

$$B_3 = \pm \sqrt{-\frac{B_1}{A_1}}. \quad (4)$$

Из (4) видно, что для пучка, промодулированного по фазе, в принципе возможно образование двух фокусов.

Распределение интенсивности вблизи изображения источника определяется функцией Бесселя первого порядка.

При $\beta = 0$ условие пространственной фокусировки принимает вид: $B_1 = -A_1$, $B_3 = 1$, откуда следует, что $\alpha_0 = -\alpha_h$.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что использование принципов динамической дифракции рентгеновского излучения на изогнутых кристаллах позволяет развить теорию дифракции фемтосекундных импульсов. В частности, теоретически возможна фокусировка этих импульсов.

Список литературы:

1. Бушуев В.А. Дифракция фемтосекундных импульсов излучения рентгеновского лазера на свободных электронах // Материалы Симпозиума «Нанофизика и наноэлектроника-2005». 2005. Нижний Новгород. С. 279–280.
2. Бушуев В.А. Дифракционное отражение от кристалла фемтосекундных импульсов рентгеновского лазера на свободных электронах // Изв. РАН, сер. физ. – 2005. – Т. 69, № 12. – С. 1710–1715.
3. Бушуев В.А. О возможности временной компрессии фемтосекундных импульсов излучения рентгеновского лазера на свободных электронах при брэгговском отражении от кристалла // Материалы Симпозиума «Нанофизика и наноэлектроника-2006». 2006. Нижний Новгород. С. 368–369.
4. Chukhovskii F.N., Förster E. Time-Dependent X-ray Bragg Diffraction // Acta Cryst. (A). – 1995. – Vol. 51. – P. 668–672.
5. Graeff W. Tailoring the time response of a Bragg reflection to short x-ray pulses // J. Synchr.Rad. – 2004. – Vol. 11, part 3. – P. 261–265.
6. Malgrange C., Graeff W. Diffraction of short X-ray pulses in the general asymmetric Laue case-an analytic treatment // J. Synchr.Rad. – 2003. – Vol. 10, part 3. – P. 248–254.

ХИМИЯ

СЕКЦИЯ

«АНАЛИТИЧЕСКАЯ ХИМИЯ»

СОРБЦИОННОЕ КОНЦЕНТРИРОВАНИЕ УГЛЕВОДОРОДОВ НЕФТИ И ИХ ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДОМ ТВЕРДОФАЗНОЙ ИК – СПЕКТРОСКОПИИ

Ковтунова Елена Вячеславовна

*магистрант института цветных металлов и материаловедения,
РФ, г. Красноярск*

E-mail: kovtunova_lena@mail.ru

Лысенкова Екатерина Сергеевна

*магистрант института фундаментальной биологии и биотехнологий,
РФ, г. Красноярск*

E-mail: elysenkova93@gmail.com

Кузьмин Андрей Петрович

*аспирант института цветных металлов и материаловедения,
РФ, г. Красноярск*

E-mail: arkuzmin@mail.ru

SORPTION CONCENTRATION OF OIL HYDROCARBONS AND THEIR DETERMINATION BY SOLID – PHASE IR SPECTROSCOPY

Elena Kovtunova

*graduate of the Institute of non-ferrous metals and material science,
Russia, Krasnoyarsk*

Ekaterina Lysenkova

*graduate of the Institute of fundamental biology and biotechnology,
Russia, Krasnoyarsk*

Andrey Kuzmin

*postgraduate student of Institute of nonferrous metals and material science,
Russia, Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

Предложен вариант определения нефтепродуктов в воде, заключающийся в концентрировании нефтепродуктов из воды твердофазной экстракцией с применением в качестве сорбента фторопластовой и полипропиленовой пленок и детектировании на поверхности сорбента методом ИК – спектроскопии. Градуировочный график для определения нефтепродуктов в воде методом твердофазной ИК – спектроскопии, построенный в координатах высота пика в ИК – спектре на частоте 742 см^{-1} и частоте 2920 см^{-1} – концентрация нефтепродуктов в воде, в мг/л линейен в диапазоне 1–40 мг/л (10–400 ПДК).

ABSTRACT

A variant of the definition of oil products in water, which consists in concentration of oil products from water by solid-phase extraction with the use as a sorbent PTFE and polypropylene films and the detection on the surface of the sorbent by the method of IR – spectroscopy. Calibration curve for the determination of oil products in water using solid-phase IR spectroscopy, built in the coordinates of the peak height in the IR spectrum at the frequency of 742 cm^{-1} and a frequency of 2920 cm^{-1} concentration of oil products in water, mg/l linear in the range of 1–40 mg/l (10–400 MPC).

Ключевые слова: нефть; ИК-спектроскопия; определение; алифатические углеводороды; ароматические углеводороды.

Keywords: oil; IR spectroscopy; determination; aliphatic hydrocarbons; aromatic hydrocarbons.

Для идентификации нефтепродуктов (НП) успешно используется ИК-спектроскопия. Определение проводится в жидкой фазе после экстракции НП малополярными растворителями, которые, как правило, токсичны. По сравнению с обычной жидкостной экстракцией твердофазная экстракция сокращает время пробоподготовки, уменьшает расход растворителей [3, с. 207]. Нами предложено определять НП на поверхности сорбента после твердофазной экстракции, используя для детектирования метод ИК – спектроскопии.

Операция сорбционного концентрирования позволяет добиться заданной чувствительности, а получение пригодной для измерения аналитической формы концентрата на поверхности сорбента повышает экспрессность и экономичность соответствующих методик.

Цель работы – выбор условий сорбционного концентрирования НП с использованием твердотельного чувствительного элемента (ТЧЭ) для дальнейшего детектирования методом ИК – спектроскопии.

Для достижения поставленной цели были решены следующие задачи:

1. Выбор оптимального материала для ТЧЭ.
2. Выбор условий сорбции НП на поверхности ТЧЭ.
3. Исследование мешающего влияния различных компонентов анализируемых водных систем на определение НП методом твердофазной ИК-спектроскопии.

Экспериментальная часть.

При разработке методик определения НП в воде для приготовления стандартных смесей использовали цетан, индустриальное масло И – 20А, турбинное масло Т – 30, дибутилфталат (ДБФ), полиалкилбензол (ПАБ), прямогонный бензин, прямогонный дизель, нефть товарную.

Исследования проводили в двух областях волновых чисел: в диапазоне 2750–3200 см⁻¹, что соответствует валентным колебаниям метильных групп алканов и алкенов, и в диапазоне 650–900 см⁻¹, соответствующем внеплоскостным деформационным колебаниям – СН – групп ароматических связей.

Анализ ИК – спектров поглощения исследованных материалов показал, что в дальнейшем в качестве модельных смесей для определения ароматических УВ использовали ДБФ, поскольку он имеет сильную полосу поглощения в области внеплоскостных

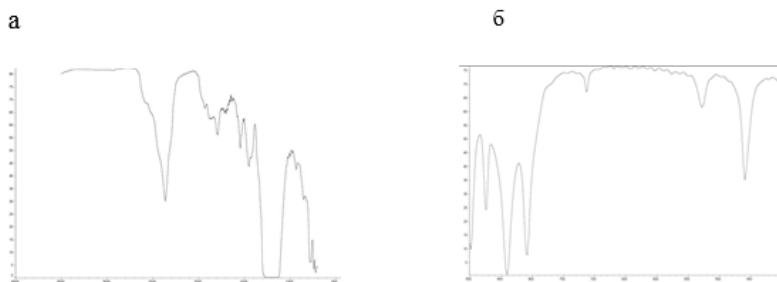
деформационных колебаний ароматического кольца. Для определения алифатических УВ использовали турбинное масло Т – 30.

Обсуждение результатов эксперимента.

При выборе материала для ТЧЭ использовали полипропиленовую, полиэтиленовую, фторопластовую, полиуретановую пленки и листовой поликарбонат. ИК – спектры образцов в диапазоне частот 500 – 4000 см^{-1}

Для определения алифатических НП в воде в качестве ТЧЭ в дальнейшем использовали фторопласт (рисунок 1(а)), так как он имеет высокое светопропускание в области 2700–3200 см^{-1} , обусловленное отсутствием валентных колебаний CH_3 – и – CH_2 - групп.

Для определения ароматических НП в воде в качестве ТЧЭ использовали полипропилен (рисунок 1(б)), так как он имеет высокое светопропускание в области 650–900 см^{-1} , которая соответствует колебаниям, обусловленным внеплоскостными деформационными колебаниями – CH – групп ароматических связей. При выборе ТЧЭ для определения алифатических углеводородов (УВ) нефти также исследовали влияние толщины пленки в диапазоне от 0,05 до 0,8 мм на ее спектральные характеристики.



**Рисунок 1. ИК – спектры пропускания (а) – фторопласт;
(б) – полипропилен**

При изучении зависимости интенсивности аналитического сигнала (АС) от времени сорбции устанавливали площадь пика ароматических углеводородов при $\nu=2920 \text{ см}^{-1}$ и $\nu=705 \text{ см}^{-1}$ при различном времени встряхивания.

Изучен диапазон от 5 до 40 мин. Исследования показали, что АС выходит на плато через 30 мин.

При изучении зависимости интенсивности АС от скорости перемешивания изучен диапазон 400–1000 об/мин. При перемешивании

вании со скоростью менее 700 об/мин ТЧЭ всплывает на поверхность эмульсии, что значительно снижает АС. При перемешивании со скоростью более 850 об/мин наблюдается повышенная турбулентность и пенообразование.

Таким образом, для построения градуировочного графика в градуировочные эмульсии НП с концентрациями 2; 4; 8; 16; 24; 32; 36; 38; 40 мг/дм³ помещали предварительно обезжиренные фторопластовые и полипропиленовые ТЧЭ в форме дисков и перемешивали на магнитной мешалке со скоростью 800 об/мин в течение 30 мин. Затем ТЧЭ извлекали из эмульсий, промывали дистиллированной водой, промокали фильтровальной бумагой и с помощью пинцета помещали в держатель пленочных образцов ИК – спектрометра и измеряли ИК-спектр пропускания в диапазоне 2700–3200 см⁻¹ для алифатических УВ и в диапазоне 650–900 см⁻¹ для ароматических УВ.

Градуировочный график для определения ароматических углеводородов нефти в воде методом твердофазной ИК–спектроскопии (в качестве модельной смеси ароматических углеводородов использовали ДБФ) представлен на рисунке 2(а), алифатических (в качестве модельной смеси алифатических углеводородов использовали турбинное масло Т – 30) – на рисунке 2 (б). Графики, построенные в координатах АС – концентрации НП в воде, в мг/дм³, линейны в диапазоне 4–40 мг/дм³. (40–400 ПДК). Предел обнаружения, найденный по 3S – критерию, составляет 0,05 мг/дм³.

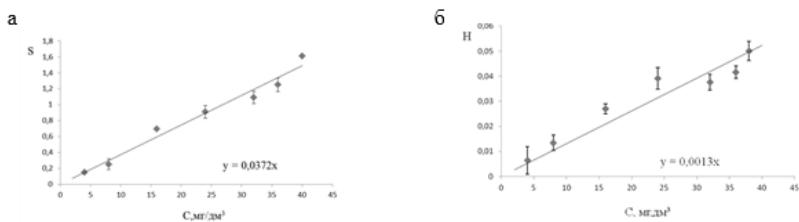


Рисунок 2. Градуировочные графики для определения (а) – ароматических; (б) – алифатических углеводородов нефти в воде методом твердофазной ИК – спектроскопии

Заключение.

Предложен вариант определения НП в воде, заключающийся в концентрировании НП из воды твердофазной экстракцией с применением в качестве сорбента фторопластовой и полипропиленовой

пленок и детектировании на поверхности сорбента методом ИК – спектроскопии.

Градуировочный график для определения НП в воде методом твердофазной ИК – спектроскопии, построенный в координатах высота пика в ИК – спектре на частоте 742 см^{-1} и частоте 2920 см^{-1} – концентрация НП в воде, в мг/л линейен в диапазоне 1–40 мг/л (10–400 ПДК).

Для увеличения чувствительности и воспроизводимости методики рекомендуется использовать в качестве аналитического сигнала сумму площадей и высот пиков в ИК – спектре на основных характеристических частотах.

Список литературы:

1. Другов Ю.С. Экологические анализы при разливах нефти и нефтепродуктов / Ю.С. Другов, А.А. Родин. – Бином. Лаборатория знаний, 2007. – 272 с.
2. Ильичев И.С., Лазарев М.А., Щепалов А.А. Основы физико-химического анализа продуктов нефтепереработки и нефтехимического синтеза: электронный учебно-методический комплекс. Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2010. – 163 с.
3. Проблемы техносферной безопасности-2012: материалы международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов – Москва, 2012. – С. 206–208.

СЕКЦИЯ

НЕОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ПОЛУЧЕНИЕ ФОСФОРИСТОЙ МЕДИ С ВЫСОКИМ ПРОЦЕНТОМ СОДЕРЖАНИЯ ФОСФОРА

Сарин Виктор Анатольевич

*преподаватель химии, доц.
Московского технологического университета МИРЭА,
РФ, г. Москва*

Козлова Дарья Игоревна

*студент Московского технологического университета МИРЭА,
техник «Радиотехнический институт им. академика А.Л. Минца»,
РФ, г. Москва
E-mail: kozlova.daria2015@mail.ru*

RECEIVING PHOSPHOROUS COPPER WITH A HIGH PERCENTAGE OF THE PHOSPHORUS CONTENT

Viktor Sarin

*professor of Chemistry, Associate Professor
of Moscow technological University MIREA,
Russia, Moscow*

Daria Kozlova

*student of Moscow technological University MIREA, Moscow
Technician of “Radio engineering
Institute name of the academician A.L. Mintz”,
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

Цель исследования – получить пластинку меди с высоким содержанием фосфора для дальнейшего исследования под рентгеновским излучением. Проведено исследование, как получить данную

структуру меди. В результате, была получена фосфористая медь с содержанием фосфора 20,473 %.

ABSTRACT

The goal research is to obtain the copper plate with the high concentration of Phosphorus for the further research with X-radiation. There was a research, how to obtain this type of copper. As a result, the phosphorous copper with the content of phosphorus 20,473 % was obtained.

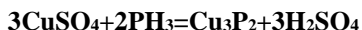
Ключевые слова: фосфористая медь; получение фосфористой меди; Cu_3P_2 .

Keywords: phosphor copper; obtaining phosphor copper; Cu_3P_2 .

Медь фосфористая по ГОСТ 4515-93 существует в двух формах МФ-9 и МФ-10. Данный сплав получают из меди по ГОСТ Я59 с массовой долей меди не менее 99,9 % и красного технического фосфора¹. Но для дальнейшей работы необходимо получить сплав с процентным содержанием фосфора не менее 15 %.

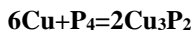
В соответствии с ГОСТ 4515-93, были изучены компоненты под названиями «Красный Технический Фосфор» и медь. Для реакции необходимы продукты с минимальным количеством примесей. Красный технический фосфор, в отличии от белого, абсолютно безвреден, и мы можем встретить его производные в быту. Для начала мы исследовали виды реакций, из которых возможно получение данного сплава, имеющего химическую формулу (Cu_3P_2). Теоретически получить фосфористую медь можно двумя способами.

1. Получение фосфористой меди путем восстановления медного купороса фосфином.



Несмотря на простое уравнение, мы видим в данной формуле присутствие газа. Фосфин ядовитый бесцветный газ, который можно определить по запаху. Данный способ не подходит под наши критерии, а именно безопасные и доступные компоненты.

2. Получение легатора путем сплавления меди с красным техническим фосфором.



В соответствии с ГОСТ 4515-93 данный метод подходит для безопасного создания сплава.

Для эксперимента нам необходима пластинка 80х60х10 мм. Так как мы не знаем точно, какой плотности будет сплав, рассчитаем только примерное количество веществ.

Выясним сколько чистой меди понадобится для изготовления такой пластинки. Для этого мы посчитаем объем образца.

$$V = a \times b \times c = 10 \times 80 \times 60 = 48000 \text{ мм}^3 = 48 \text{ см}^3 \quad (1)$$

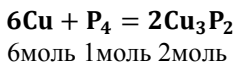
где: V-объем, а-толщина, b- длина, с-ширина.

имея объем и плотность меди ($\rho = 8.92 \text{ г/см}^3$), указанную на упаковке, можно рассчитать массу.

$$m = \rho * V = 8.92 \times 48 = 428.16 \text{ г} \quad (2)$$

где: m-масса, ρ -плотность, V-объем.

следовательно, имея предположительную массу, мы можем по уравнению рассчитать необходимое количество фосфора.



теоретическая масса меди равна 428,16 грамм, из этого следует, что мы можем найти теоретическую массу фосфора необходимую для нашего сплава.

$$n(\text{Cu}) = 428,16 \div 63,5 = 6,74268 \text{ (моль)} \quad (3)$$

$$n(\text{P}_4) = 6,74268 \div 6 = 1,12378 \text{ (моль)} \quad (4)$$

$$m(\text{P}_4) = 1,12378 \times 30,97376 = 34,80768 \text{ (г)} \quad (5)$$

$$n(\text{Cu}_3\text{P}_2) = 1,12378 \times 2 = 2,24756 \text{ (моль)} \quad (6)$$

$$M(\text{Cu}_3\text{P}_2) = 63,5 \times 3 + 30,97376 \times 2 = 221,47376 \text{ (г/моль)} \quad (7)$$

$$m(\text{Cu}_3\text{P}_2) = 2,24756 \times 221,47376 = 497,77556 \text{ (г)} \quad (8)$$

С теоретическим добавлением фосфора у нас возрастает плотность пластинки, а процентное содержание фосфора стремиться к 7 %. Поэтому при изготовлении сплава мы увеличим количество фосфора.

Медь плавится при температуре 1083,4°C, при температуре 44°C фосфор, температуры 1100°C достаточно для проведения эксперимента. Для этого подходит пьезо-горелка GB 2001-K, температура пламени до 1300°C, непрерывная работа в течении 45 минут. По предыдущему опыту, тигель должен быть керамиго-графитовый

или керамический, размер должен быть больше используемой шихты в два раза из-за давления оказываемого парами фосфора. В работе понадобятся щипцы для удержания тигля и тиски, для безопасности используется лист асбеста, хорошо проветриваемое помещение. Для изготовления формы использовался гипс мелкого помола (достаточно скульптурного просеянного через мелкое сито) и тальк в соотношении 3:1.

Чтобы приступить к работе необходимо закрепить лист асбеста на рабочей поверхности. На асбест устанавливаются тиски, в которые закрепляется тигель. Для равномерного расплавления меди, необходимо ее измельчить, а тигель покрыть флюсом – бурой. Одну треть меди добавляем на дно тигля, фосфор выкладываем ровным слоем и закрываем оставшимся количеством меди. Плотно закрываем графитовой крышкой тигель, чтобы не допустить окисления, при этом мы делаем маленькое отверстие диаметром 1–1,5 мм. Нагрев продолжался в течении 40 минут. Расплав вылили в форму и оставили остывать при комнатной температуре. Достав пластинку, мы убедились в смене цвета, из насыщенного металлического медного, мы получили сплав цвета темно-красного, серо-красного.

Вес получившейся пластинки составил 492,7812 г. Для создания сплава было использовано 121 г фосфора и 470 г меди. Все вещества прореагировали. Из этого мы делаем вывод, что процентное содержание фосфора в сплаве равно:

$$\omega(P)\% = 121 \div ((470 + 121) \div 100) = 20,473\% \quad (9)$$

Среднестатистический состав примесей в сплаве составляет до 0,2 %. Из чего мы делаем вывод, что процентное содержание фосфора равно ~20 %. Для дальнейшего изучения взаимодействия сплава с рентгеновским излучением достаточно.

Список литературы:

1. ГОСТ 4515-93. Сплав медно-фосфористый.
2. Патент РФ № 2108403 от 10.04.1998 г.; Вусатый Г.М., Данилушкин А.Л., Королев О.Е., Мимонов А.В., Пряничников Е.В., Селиванов Е.Н., Чумарев В.М., Способ получения медно-фосфорной лигатуры. // – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://ru-patent.info/21/05-09/2108403.html> (Дата обращения 29.01.2016).
3. Серба В.И., Фрейдин Б.М., Колесникова И.Г., Кузьмич Ю.В., Современное состояние технологии медно-фосфорных сплавов// Издательство «Гелион» – [Электронный ресурс] – Режим доступа. – URL: <http://helion-ltd.ru/modern-state-02/> (Дата обращения 01.02.2016).

Научное издание

**«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Сборник статей по материалам
XXXIX международной научно-практической конференции

№ 2 (37)
Февраль 2016 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 10.02.16. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 10,125. Тираж 550 экз.

Издательство АНС «СибАК»
630049, г. Новосибирск, Красный проспект, 165, офис 4.
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного
оригинал-макета в типографии «Allprint»
630004, г. Новосибирск, Вокзальная магистраль, 3