



ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ

*Сборник статей по материалам
XXXVI-XXXVII международной научно-практической
конференции*

№ 11-12 (35)
Декабрь 2015 г.

Издается с декабря 2012 года

Новосибирск
2015

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;

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 XXXVI-XXXVII междунар. науч.-практ. конф. № 11-12 (35). Новосибирск: Изд. АНС «СибАК», 2015. 224 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	
Секция 1. Математика	9
1.1. Вещественный, комплексный и функциональный анализ	9
О МНОЖЕСТВЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ	9
Алатин Сергей Дмитриевич	
1.2. Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление	16
ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ГРУНТ СВАИ	16
Ле Тхи Тхань	
УПРАВЛЕНИЕ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ГРУНТ СВАИ	20
Ле Тхи Тхань	
1.3. Вычислительная математика	27
АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЫ КЕЛЬВИНА-ФОЙГТА	27
Букенов Махат Мухамедиевич	
Жумаканов Данияр Кибадатулы	
Секция 2. Информационные технологии	32
2.1. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами	32
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ГЕНЕРАТОРЕ ЛЬДА	32
Грызов Владимир Константинович	
Корольков Владимир Гаврилович	
Грызов Евгений Владимирович	
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ДАННЫМИ	41
Родионов Артем Сергеевич	
Ефимова Дарья Александровна	

2.2. Управление в социальных и экономических системах	47
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЛОЖНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА НА ЕГО РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ	47
Лебедева Елизавета Михайловна	
Градусов Денис Александрович	
Шутов Антон Владимирович	
2.3. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ	54
ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ПАКЕТЕ SOLIDWORKS.SIMULATION	54
Гришечкина Мария Григорьевна	
Колбасина Наталья Анатольевна	
РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ПРИВОДА	63
Иванов Дмитрий Сергеевич	
Долингер Станислав Юрьевич	
ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПОДВИЖНОГО ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА	75
Костюков Владимир Александрович	
Кульченко Артем Евгеньевич	
Гуренко Борис Викторович	
ФИЛЬТР НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВОЙ НЕПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ	80
Топоркова Любовь Владимировна	
2.4. Методы и системы защиты информации, информационная безопасность	85
КОДОВОЕ ЗАШУМЛЕНИЕ И ДРУГИЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ	85
Каторин Юрий Федорович	
Кудрявцева Ксения Александровна	

Секция 3. Физика	90
3.1. Акустика	90
ОСОБЕННОСТИ ТРАНСЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ МОТОГОНДОЛЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА АТАКИ Бабарыкин Константин Валентинович	90
3.2. Астрометрия и небесная механика	96
ДОСТИЖЕНИЯ ПЕТЕРБУРГСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО АСТРОНОМИИ И НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ Поляхова Елена Николаевна Королев Владимир Степанович Холшевников Константин Владиславович	96
3.3. Теоретическая физика	112
МЕТОД ПРОИЗВОДЯЩЕГО ФУНКЦИОНАЛА В КЛАССИЧЕСКОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ Пилипенко Владимир Афанасьевич	112
Секция 4. Биология	117
4.1. Ботаника	117
ИНТРОДУКЦИЯ ФОРЗИЦИИ ЯЙЦЕВИДНОЙ (FORSYTHIA OVATA NAKAI) НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ Папышева Александра Владимировна Мизгирева Ирина Дмитриевна	117
4.2. Генетика	123
ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ CERASUS FRUTICOSA В СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ Муллагулова Эльвира Рафиковна Муллагулов Рагиз Юмагилдеевич	123
К ВОПРОСУ О НАСЛЕДОВАНИИ СПОНТАННОЙ МУТАЦИИ PLANE Рязанова Людмила Александровна	127
НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕТИКИ ТОМАТА ОБЫКНОВЕННОГО Рязанова Людмила Александровна	131

4.3. Медицинская биология	137
АДАПТАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ МЕКСИКОРА ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ СТРЕССА	137
Дерюгина Анна Вячеславовна Шумилова Анастасия Владимировна Филиппенко Екатерина Сергеевна Галкина Яна Валентиновна	
4.4. Молекулярная биология	142
ОЦЕНКА ТРАНСФЕКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСТАВКИ КОРОТКИХ ИНТЕРФЕРИРУЮЩИХ РНК	142
Петрова Александра Валерьевна Горшков Андрей Николаевич Егоров Владимир Валерьевич Бондаренко Андрей Борисович Шурыгина Анна-Полина Сергеевна Грудинина Наталья Андреевна Васин Андрей Владимирович	
4.5. Почвоведение	149
ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ Г. АРХАНГЕЛЬСКА	149
Вишневая Юлия Сергеевна Попова Людмила Федоровна	
4.6. Физико-химическая биология	160
СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА НА АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ SACHAROMYCES CEREVISIAE	160
Ларин Сергей Леонидович Будко Елена Вячеславовна Хабаров Анатолий Алексеевич	
4.7. Экология и природопользование	168
ОЦЕНКА ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЛЕСОПАРКА ИМ. ЛЕСОВОДОВ РОССИИ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА	168
Киршбаум Альбина Равильевна Мизгирева Ирина Дмитриевна	

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННОГО МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ИЛЬМЕНСКОГО ЗАПОВЕДНИКА Щербина Анастасия Геннадьевна Машкова Ирина Вячеславовна	173
Секция 5. Химия	178
5.1. Органическая химия	178
ТРЕХКОМПОНЕНТНЫЕ РЕАКЦИИ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С АРИЛАМИНАМИ И КЕТОНАМИ ИЛИ АРОМАТИЧЕСКИМИ АЛЬДЕГИДАМИ Козьминых Владислав Олегович Муковоз Пётр Петрович	178
Секция 6. Науки о Земле	188
6.1. Геофизика	188
ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИИ) Манукян Ваган Мгеревич Минасян Роберт Сарибекевич	188
6.2. Общественная география	193
РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УЗБЕКИСТАНА Гопиров Махмуджон Одилжанович	193
6.3. Физическая география и ландшафтоведение	198
ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛИТЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА ГОРНЫЕ И РАВНИННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ДАГЕСТАНА Атаев Загир Вагитович Братков Виталий Викторович	198

6.4. Геоэкология	207
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР Имангазинова Жемисжан Саттыбековна Мукашева Данагуль Мадияровна Джетимов Мырзабай Айтмуханович	207
6.5. Картография и геоинформатика	218
ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОЩАДКИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «КИТАЙСКИЙ ТЕАТР АЛЕКСАНДРОВСКОГО ПАРКА Г. ПУШКИНА» Корвет Надежда Григорьевна Заводчикова Мария Борисовна	218

СЕКЦИЯ 1.

МАТЕМАТИКА

1.1. ВЕЩЕСТВЕННЫЙ, КОМПЛЕКСНЫЙ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЙ АНАЛИЗ

О МНОЖЕСТВЕ ДЕЙСТВИТЕЛЬНЫХ ЧИСЕЛ

Алатин Сергей Дмитриевич

*канд. техн. наук, старший научный сотрудник,
главный инженер ООО «Русское решение»,
РФ, г. Нижний Новгород
E-mail: alatin1949@mail.ru*

ON THE SET OF REAL NUMBERS

Sergey Alatin

*candidate of technical Sciences, Senior Research Scientist, Chief Engineer
of ООО “Russkoye Resheniye”,
Russia, Nizhny Novgorod*

АННОТАЦИЯ

Актуальность выбранной темы обусловлена необходимостью выявления и устранения апорий Зенона в основаниях теории множеств.

ABSTRACT

Relevance of the topic chosen due to the need to identify and eliminate the paradoxes of Zeno foundations of set theory.

Ключевые слова: мощность; степень; отображение множеств; апории Зенона.

Keywords: cardinality; degree; mapping of sets; Zeno aporia.

*Бросая в воду камни,
смотри на круги, ими образуемые.
В противном случае оное бросание
будет зряшным времяпрепровождением.
К. Прутков.*

Настоящая статья является продолжением ранее опубликованной работы автора [1], и пусть в ней отсутствует математическая символика, тем не менее, по мнению автора, она должна быть отнесена к рубрике математики.

Кантор объявил, что установил равномощность плоскости прямой и сам удивился этому. Сделал он это аналитически: из двух координат точки плоскости изготовил одно число и показал его биекцию на числовую ось. Удивился он, и не только он, потому, что все видят – плоскость представляется бесконечно больше прямой линии. Между тем удивляться тут нечему, и вопрос этот очевиден и без аналитики. Действительно, отрезок линии либо область пространства любого конечного числа измерений имеет отличную от нуля величину (размер, меру). Точка размера не имеет. Внимание, вопрос: какой смысл можно придать самому вопросу – сколько точек разместится на отрезке, независимо от его размера или размерности? Или: каким образом это возможно из того, что размера не имеет, сконструировать то, что размер имеет? То есть, как это представить себе, чтобы из не имеющих размера точек соорудить имеющую размер область? Обращение к такой категории, как бесконечность, тут не поможет: ноль остается нулем, сколько раз его ни приплюсовывай, и из точек составить отрезок, площадь, объем и т. д. никак не получается. Или: того, чего нет, разместится одинаковое количество в любом том, что есть. Собственно, Кантор аналитически показал именно это.

Добавим:

По форме – Кантор работал с числами и только с числами, речь же вел о плоскости и прямой.

По факту – Кантор сравнивал различные «нечто» (плоскость и прямая) с «ничто» (точка), а это есть логическая ошибка – количественное сравнение несравнимых качеств или величин.

Поэтому теорема о равномощности точек плоскости и прямой, по мнению автора, математической теоремой не является; это «теорема» философии, скорее схоластики. Эта «теорема», как и упомянуто выше, предлагает ответ на вопрос – сколько «ничто» разместится в «нечто», и ответ этот называет словом континуумом.

(По мере углубления анализа все чаще ловлю себя на мысли – уж не пошутил ли Кантор над всеми нами? Очень уж похож этот вопрос на излюбленный средневековыми богословами-схоластами вопрос – сколько ангелов может разместиться на острие иголки?)

Подчеркнем еще раз:

Кантор рассматривал не плоскость и прямую, а координаты – двумерную систему координат на плоскости и одномерную на прямой: реальные плоскость и прямая были заменены заданными на них соответствующими системами координат, которые и анализировались. Стало быть, и выводы Кантора, в лучшем случае, справедливы лишь для систем координат разного числа измерений.

Смешение понятия пространства с понятием системы координат пронизывает всю современную математику, что не мешает ей, следует признать, успешно развиваться. Между тем координатные оси – не более чем строительные леса, по которым передвигаются и с помощью которых ориентируются, но к строящемуся зданию (к пространству) отношения они не имеют. Аналогичную роль играют и числа на каждой из осей координат: дают возможность позиционироваться на оси. Тем не менее, сам А.Н. Колмогоров пишет: «*Метрическим пространством* называется пара (X, ρ) , состоящая из некоторого *множества* (пространства) X *элементов* (точек) и *расстояния...*» [4, с. 48].

Любопытно, но еще И. Кант понимал: «...точки (единственное простое, что есть в пространстве) суть лишь границы, а не нечто такое, что само служит как часть для образования пространства» [3, с. 319].

На поставленные выше вопросы сегодня отвечают, по сути, так: то, чего нет, разместится одинаковое количество в любом том, что есть, и это одинаковое количество суть континуум (по-русски – непрерывное, сплошное). Но если континуум есть нечто непрерывное и сплошное, то это есть нечто единое, а никак не множество. Получается, что называть нечто непрерывное «множеством» – не более чем фигура речи, означающая, что в это непрерывное введена система координат, координаты которой и именуют множеством.

По нашему мнению, налицо подмена понятий.

По мере развития матанализа математиками формальной школы все больше овладевало желание придать ему логическую завершенность, которая понималась ими как полное изгнание из арифметики геометрических представлений, как будто все процессы происходят не в пространстве той или иной структуры. Действительно, если раньше говорили, что прямая есть геометрическое место точек, и, поскольку непрерывность этого геометрического места – линии –

сомнению не подвергалась, не возникал и вопрос о непрерывности действительных чисел. Когда же непрерывное геометрическое место, на котором располагались точки, упразднили и стали говорить, что прямая суть множество точек с такими-то свойствами, то, естественно, встал и вопрос о непрерывности этого множества. Но было и осознание противоречия: с одной стороны, процессы, протекающие в природе, как и само пространство, непрерывны, соответственно и описывающий их математический анализ без понятия непрерывности чисел выглядел ущербным; с другой стороны, множество тех же действительных чисел состоит, как видят все, из отдельных чисел, и, по-видимому, прерывно.

Привычное словосочетание «непрерывное множество» представляется абсурдным, поскольку множество всегда состоит из отдельных элементов.

Вопрос этот решился по самому надежному древнему принципу – если и нельзя, но очень хочется, то можно.

Выбор был невелик – либо вернуть на место непрерывное «геометрическое место», либо непрерывность этого «геометрического места» присвоить множеству действительных чисел. Математика пошла по второму пути, и множество действительных чисел было просто-напросто объявлено непрерывным, при этом, в виду важности вопроса, было предпринято несколько, на мой взгляд, безуспешных попыток придать понятию непрерывности действительных чисел научный вид. Вот некоторые из них.

1. Непрерывность по Дедекинду
2. Лемма о вложенных отрезках (принцип Коши-Кантора)
3. Принцип супремума
4. Лемма о конечном покрытии (принцип Гейне-Бореля)
5. Лемма о предельной точке (принцип Больцано-Вейерштрасса)

Все эти подходы эквивалентны между собой (строго говоря, некоторые из них не вполне эквивалентны), что естественно, так как они пытаются описать одно и то же свойство – непрерывность. И все они сводятся к той или иной формулировке непрерывности геометрического объекта – линии. Это неизбежно, поскольку понятие непрерывного пространства является первичным. Когда же за первичное понятие взяли множество, тогда и встал неразрешимый вопрос, как из точек сконструировать пространство. Задача эта на логическом поле не имеет решения и завуалируется словом «континуум».

Можно сказать и так: нет у нас другого инструмента, кроме чисел – дискретного в самой своей основе множества. С другой

стороны – непрерывные объекты пространства – геометрии. Более того – нужды матанализа. Отсюда – упорные попытки если не доказать, то хотя бы как-то оправдать объявленную непрерывность действительных чисел. Хотя, казалось бы, чего нелогичного в том, чтобы считать действительные числа прерывным инструментом, с помощью которого мы изучаем непрерывные объекты?

Рассмотрим логику приведенных выше принципов непрерывности.

1. Дедекиннд принял как данные три факта:

*на числовой оси нет места, где бы не было точки,

*на числовой оси нет точки, которой не соответствовало бы действительное число,

*между точками и числами существует биекция.

Поскольку же числовая ось непрерывна, давайте считать непрерывным и множество действительных чисел. В этих трех пунктах начинается и заканчивается весь Дедекиннд [2], и добавить тут больше нечего.

Однако он зачем-то ввел понятие сечения – разбиение множества на два класса – и зафиксировал очевидный факт: каждому сечению соответствует одно число, и каждому числу соответствует одно сечение. Имея в виду вещественные числа, он их линейную упорядоченность молчаливо предполагает. Далее он отметил еще один очевидный факт: сечение можно задать как на геометрической прямой, так и на множестве действительных чисел, при этом рассуждения о сечении на прямой линии и на множестве действительных чисел совпадают с точностью до терминологии. Собственно, вот и вся логика Дедекиннда, и в этой логике состоит весь его принцип непрерывности. Между тем, сечения Дедекиннда можно задать и на линейно упорядоченном множестве целых чисел, но отсюда непрерывность их еще не следует.

Вывод: сечения Дедекиннда – всего лишь попытка придать видимость научности недоказуемому факту непрерывности действительных чисел.

2. В этой лемме как само собой разумеющееся используется понятие отрезка (по умолчанию непрерывного), его длины; точка отрезка отождествляется с числом, используется понятие предела.

Но: если непрерывный отрезок уже задан, то нет необходимости доказывать его непрерывность. А если непрерывность его только доказывается, то неправомерно пользоваться понятием предела, который сам предполагает непрерывность. Вообще же в лемме речь

идет об отрезках и точках, а никак не о числах. Число просто присваивается точкам.

В итоге: лемма исходит из тех же посылок, что и Дедекинд.

Крамольный вопрос – как же все-таки из не имеющих размера точек сконструировали имеющий размер отрезок – повисает в воздухе.

3. Если постулировать существование супремума у всякого непустого ограниченного сверху множества, то можно доказать принцип непрерывности по Дедекинду.

4. «В любой системе интервалов, покрывающей отрезок, существует конечная подсистема, покрывающая этот отрезок».

Здесь речь идет снова о геометрических объектах – об отрезках.

5. «Всякое бесконечное ограниченное числовое множество имеет по крайней мере одну предельную точку».

Доказательство этой леммы непосредственно опирается на непрерывность числового множества.

Общие выводы:

*Процессы природы непрерывны: протекают в непрерывных пространстве и времени.

*Человек построил прерывный аппарат – числа.

*Желание аналитически настроенных математиков полностью уйти в арифметике от геометрии привело к формальному и, на сегодняшний день, строго не обоснованному переносу геометрического понятия непрерывности из геометрии на числовое множество действительных чисел.

*Построение математики «от точки» (от множества) оставляет неразрешимым противоречие между не имеющей размера точкой и имеющим размер пространством.

P.S.

1. Возьмем дробь, например, $2/3$ и поставим вопрос: что это – число или алгоритм для нахождения числа?

Наличие оператора деления, который предполагает известный алгоритм Эвклида, склоняет к мысли, что это не число, а алгоритм.

Если же это число, то, поскольку не видно, чем оператор деления лучше всех остальных операторов, придется признать, что и $2*3$ число, и 2^3 число, и любое арифметическое выражение тоже суть число, что представляется нелепым.

Рассматривая в позиционной системе счисления лишь дробную часть действительных чисел – после запятой, все числа можно разделить так:

1. Число знаков (цифр) конечно.
2. Число знаков бесконечно и периодически.

3. Число знаков бесконечно и не периодически.

Иного деления не существует.

Если не привлекать геометрических соображений соизмеримости-несоизмеримости и оставаться на чисто аналитической точке зрения, то следует признать, что между числами по п. 2 и п. 3 сходства больше, чем различий: наличие периода в п. 2 лишь облегчает ручные вычисления, но не отменяет необходимость производить их бесконечно.

В виду бесконечного числа знаков в числах как в п. 2, так и в п. 3 точное значение их в записи позиционной системы одинаково невозможно.

В этом смысле выделение рациональных чисел (п. 1 и п. 2) в отдельный класс представляется аналитически недостаточно обоснованным.

2. Если же, вслед за древними греками, $2/3$ считать числом, то, поскольку множество всех этих чисел полно и дополнить его в такой форме записи не представляется возможным, можно сделать и такой вывод: представление (изображение) чисел в виде отношения является наглядным, но не корректным. Скорее, это лишь дань традициям.

Боле того, если $2/3$ считать числом, то, рассуждая о рациональных числах, вообще не выходим за рамки целых чисел. В этом смысле множество целых чисел придется считать полем, и понятие «рациональное число» следует упразднить.

Стало быть, само понятие рационального числа могло возникнуть и возникло на пересечении архаичного счисления над обыкновенными дробями и позиционной системы счисления.

Список литературы:

1. Алатин С.Д. О рациональных числах, «диагональной теореме» и о теории множеств вообще. Материалы XXXII международной научно-практической конференции. Сборник научных трудов, № 7(31), Новосибирск, 2015 г.
2. Дедекинды Р. Непрерывность и иррациональные числа. Одесса, 1914. – 40 с.
3. Кант И. Критика чистого разума. М., ЭКСМО, 2014. – 736 с.
4. Колмогоров А.Н., Фомин С.В. Элементы теории функций и функционального анализа. М., Наука, 1981. – 544 с.

1.2. ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫЕ УРАВНЕНИЯ, ДИНАМИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ И ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ

ОПТИМАЛЬНОЕ УПРАВЛЕНИЕ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ГРУНТ СВАИ

Ле Тху Тхань

*аспирант, кафедра математического моделирования,
Тульский государственный университет,
РФ, г. Тула*

E-mail: le_thanh221@mail.ru

OPTIMAL CONTROL OF VIBRATOR FOR INTRODUCTION IN THE SOIL POLING

Le Thi Thanh

*PhD student Department of Mathematical Modeling, Tula State University,
Russia, Tula*

АННОТАЦИЯ

Задачу об оптимальном управлении можно решить различными способами. В настоящей работе минимум функционала платы можно найти, построив функции состояния и функцию управления в виде многочлена по степеням параметра t с дополнительным слагаемым и исследовав на экстремум минимизирующий функционал по дополнительному параметру.

ABSTRACT

The problem of optimal control can be solved by various methods. In this paper, the functional minimum fee can be found by constructing functions of state and function of control in the polynomial form along degree of parameter t with additional summand, and research on minimizing functional extremum along additional parameter.

Ключевые слова: оптимальное управление; многочлен; минимум функционала.

Keywords: optimal control; polynome; functional minimum.

Рассмотрим задачу о максимальном внедрении в грунт сваи, на которую действует сила, вырабатываемая быстрым управляемым вибратором при минимальных затратах энергии [2]. Математической моделью этой задачи является задача оптимального управления материальной точкой массы m на отрезке времени $[0, T]$.

Динамика быстро управляемого вибратора имеет вид:

$$\varepsilon y_1' = y_2, \quad (1)$$

$$\varepsilon y_2' = -\omega^2 y_1 - ky_2 + u, \quad (2)$$

где: $u = u(t)$ – управление,

$\varepsilon > 0$ – малый параметр,

ω – коэффициент трения, причем

$\omega > 1, k\omega < 1, y_1 = y_1(t), y_2 = y_2(t)$. Текущие расходы энергии вибратора $x_0(t), t \in [0, T]$ описываются уравнением

$$x_0' = -y_1^2 + u^2. \quad (3)$$

Динамика материальной точки имеет вид

$$x_1' = x_2, \quad (4)$$

$$mx_2' = -mg - y_1 - kx_2, \quad (5)$$

где: $x_1 = x_1(t)$ – вертикальная координата точки,

$y_1 = y_1(t)$ – гармоническая вынуждающая сила с большой частотой, создаваемая вибратором,

g – ускорение свободного падения,

$kx_2 = kx_2(t)$ – сила трения, пропорциональная $x_2 = x_2(t)$ –

скорости точки,

k – коэффициент пропорциональности.

Заданы следующие условия

$$y(0) = \begin{pmatrix} y_1(0) \\ y_2(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad x(0) = \begin{pmatrix} x_0(0) \\ x_1(0) \\ x_2(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$y(T) = \begin{pmatrix} y_1(T) \\ y_2(T) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h \\ 0 \end{pmatrix}; \quad x_1(T) = h; \quad x_2(T) = 0. \quad (7)$$

Допустимое управление $\tilde{u}(\cdot)$ принадлежит классу \tilde{U} измеримых функций. Требуется минимизировать следующий функционал платы:

$$I^\varepsilon = x_1(T) + x_0(T) \rightarrow \inf_{\tilde{u}(\cdot) \in \tilde{U}}.$$

Чтобы минимизировать функционал платы, нам надо найти функции состояния и функцию управления системы, состоящей уравнений (1), (2), (3), (4), (5) с условиями (6), (7).

Метод определения функции состояния $x_0(t), x_1(t), x_2(t), y_1(t), y_2(t)$ и функцию управления $u(t)$ в виде многочлена по степеням параметра t с дополнительным слагаемым и метод проверки условия управляемости мы знаем.

С известными функциями

$$y_1(t) = f_1(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7), \quad u(t) = f_4(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7)$$

мы имеем:

$$x_0'(t) = -y_1^2(t) + u^2(t) \Rightarrow x_0(T) = \int_0^T (-y_1^2(t) + u^2(t)) dt$$

Получим:

$$I^\varepsilon = x_1(T) + x_0(T) = h + \int_0^T (-y_1^2(t) + u^2(t)) dt. \quad (8)$$

Выражение (8) можно записать в следующем виде:

$$I^\varepsilon = Ac^2 + Bc + D,$$

где c неизвестно.

Чтобы $I^\varepsilon \rightarrow \inf_{i(\cdot) \in U}$, нам надо оценить $A > 0$.

С помощью Mathematica 4.2 мы получаем:

$$A = \frac{4T^9}{45045} \left(-165508200m^2T^2 + 165508200k^2m^2T^2 - 6382740kmT^3 + \right. \\
 + 6382740k^3mT^3 - 724050k^2T^4 + 724050k^4T^4 - 1171170000km^2T\varepsilon - \\
 - 30073680k^2mT^2\varepsilon + 20342322000m^2\varepsilon^2 + 1271350080kmT\varepsilon^2 + \\
 + 80004600k^2T^2\varepsilon^2 + 6382740km^2T^3\omega^2 - 1064280k^2mT^4\omega^2 - \\
 - 160009200m^2T^2\varepsilon\omega^2 - 1448100k^2T^4\varepsilon\omega^2 + \\
 \left. + 724050m^2T^4\omega^4 + 13903k^2T^6\omega^4 \right)$$

где: $T = 1$, $\varepsilon > 0$ – малый параметр,

ω – коэффициент трения (большой), причем $\omega > 1$, $k\omega < 1$, создаваемая вибратором,

k – коэффициент пропорциональности,

m – большая масса. Из этого следует, что в последнем выражении все слагаемые, которые содержат ε , стремятся к нулю.

Следовательно,

$$A = \frac{4}{45045} \left((724050m^2\omega^4 - 165508200m^2) + \right. \\
 + (6382740km^2\omega^2 - 6382740km) + \\
 + (165508200k^2m^2 - 724050k^2) + \\
 + (13903k^2\omega^4 - 1064280k^2m\omega^2) + \\
 \left. + 6382740k^3m + 724050k^4 \right) + o(\varepsilon)$$

Мы имеем ω – коэффициент трения (большой), причем $\omega > 1$, $k\omega < 1$, создаваемая вибратором, k – коэффициент пропорциональности, m – большая масса. Поэтому:

$$\begin{aligned}724050m^2\omega^4 - 165508200m^2 &= m^2(724050\omega^4 - 165508200) > 0, \\6382740km^2\omega^2 - 6382740km &= 6382740km(m\omega^2 - 1) > 0, \\165508200k^2m^2 - 724050k^2 &= k^2(165508200m^2 - 724050) > 0, \\13903k^2\omega^4 - 1064280k^2m\omega^2 &= k^2\omega^2(13903\omega^2 - 1064280m) > 0\end{aligned}$$

Действительно, $A > 0$.

Имеем $I^\varepsilon = Ac^2 + Bc + D$ – квадратный трехчлен, где c неизвестно, $A > 0$, то существует минимум I^ε . Таким образом, существует c_0 такой, что $I_{min}^\varepsilon = Ac_0^2 + Bc_0 + D$, где $c_0 = -\frac{b}{2a}$.

Список литературы:

1. Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами. – М.: Наука, 1976. – 424 с.
2. Колпакова Е.А., Субботина Н.Н. Об определении асимптотики одного класса сингулярно возмущенных задач вибрационной механики // Автоматика и Телемеханика. – 2007. – № 11. – С. 150–163.
3. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1982. – 329 с.
4. Уонэм У.М. Линейные многомерные системы управления. – М.: Наука, 1980. – 376 с.

УПРАВЛЕНИЕ ВИБРАТОРОМ ДЛЯ ВНЕДРЕНИЯ В ГРУНТ СВАИ

Ле Тхи Тхань

*аспирант, кафедры математического моделирования,
Тульский государственный университет,
РФ, г. Тула*

E-mail: le_thanh221@mail.ru

CONTROL OF VIBRATOR FOR INTRODUCTION IN THE SOIL POLING

Le Thi Thanh

*PhD student, Department of Mathematical Modeling,
Tula State University,
Russia, Tula*

АННОТАЦИЯ

Задачу об управлении можно решить различными способами. В настоящей работе функции состояния и функция управления определяются в виде многочлена по степеням параметра t с дополнительным слагаемым.

ABSTRACT

The problem of control can be solved by various methods. In this paper, state function and control function are defined in the polynomial form along degree of parameter t with additional summand.

Ключевые слова: управление; функция состояния; функция управления; многочлен.

Keywords: control; state function; control function; polynome.

Рассмотрим задачу об управлении вибратором для внедрения в грунт сваи, на которую действует сила, вырабатываемая быстрым управляемым вибратором [2]. Динамика быстрого управляемого вибратора имеет вид:

$$\varepsilon y_1' = y_2, \quad (1)$$

$$\varepsilon y_2' = -\omega^2 y_1 - ky_2 + u, \quad (2)$$

где: $u = u(t)$ – управление,

$\varepsilon > 0$ – малый параметр,

ω – коэффициент трения, причем

$\omega > 1, k\omega < 1, y_1 = y_1(t), y_2 = y_2(t)$. Текущие расходы энергии

вибратора $x_0(t), t \in [0, T]$ описываются уравнением

$$x_0' = -y_1^2 + u^2. \quad (3)$$

Динамика материальной точки имеет вид

$$x_1' = x_2, \quad (4)$$

$$mx_2' = -mg - y_1 - kx_2, \quad (5)$$

где: $x_1 = x_1(t)$ – вертикальная координата точки,

$y_1 = y_1(t)$ – гармоническая вынуждающая сила с большой частотой, создаваемая вибратором,

g – ускорение свободного падения,

$kx_2 = kx_2(t)$ – сила трения, пропорциональная $x_2 = x_2(t)$ – скорости точки,

k – коэффициент пропорциональности.

Заданы следующие условия

$$y(0) = \begin{pmatrix} y_1(0) \\ y_2(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \end{pmatrix}; \quad x(0) = \begin{pmatrix} x_0(0) \\ x_1(0) \\ x_2(0) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, \quad (6)$$

$$y(T) = \begin{pmatrix} y_1(T) \\ y_2(T) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h \\ 0 \end{pmatrix}; \quad x_1(T) = h; \quad x_2(T) = 0 \quad (7)$$

Нужно проверить условие управляемости и найти управляющую функцию $u(t)$ и функции состояния задачи $x_0(t), x_1(t), x_2(t), y_1(t), y_2(t)$.

Сначала мы рассмотрим систему:

$$\begin{cases} \varepsilon y_1' = y_2 \\ \varepsilon y_2' = -\omega^2 y_1 - ky_2 + u \\ x_1' = x_2 \\ mx_2' = -mg - y_1 - kx_2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} y_1' = \frac{1}{\varepsilon} y_2 \\ y_2' = -\frac{\omega^2}{\varepsilon} y_1 - \frac{k}{\varepsilon} y_2 + \frac{1}{\varepsilon} u \\ x_1' = x_2 \\ x_2' = -\frac{1}{m} y_1 - \frac{k}{m} x_2 - g \end{cases} \quad (8)$$

В матричной форме эта система запишется так:

$$\tilde{x}'(t) = B\tilde{x}(t) + Du(t) + f,$$

где

$$\tilde{x}(t) = \begin{pmatrix} y_1(t) \\ y_2(t) \\ x_1(t) \\ x_2(t) \end{pmatrix}, B = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{\varepsilon} & 0 & 0 \\ -\omega^2 & -\frac{k}{\varepsilon} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \\ -\frac{1}{m} & 0 & 0 & -\frac{k}{m} \end{pmatrix}, D = \begin{pmatrix} 0 \\ \frac{1}{\varepsilon} \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}, f = \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ -g \end{pmatrix}$$

Для неё сначала мы проверим условие управляемости, т. е. выполнение условия критерия Калмана.

Построим матрицу $K = \{(D)(BD)(B^2D)(B^3D)\}$. Получим:

$$K = \begin{pmatrix} 0 & \frac{1}{\varepsilon^2} & -\frac{k}{\varepsilon^3} & \frac{k^2 - \omega^2}{\varepsilon^4} \\ \frac{1}{\varepsilon} & -\frac{k}{\varepsilon^2} & \frac{k^2 - \omega^2}{\varepsilon^3} & \frac{2k\omega^2 - k^3}{\varepsilon^4} \\ 0 & 0 & 0 & -\frac{1}{m\varepsilon^2} \\ 0 & 0 & -\frac{1}{m\varepsilon^2} & \frac{mk + k\varepsilon}{m^2\varepsilon^3} \end{pmatrix}$$

Так как $\det K = \frac{1}{m^2\varepsilon^7} \neq 0$, то $\text{rank}K = 4$, т. е. условие управляемости выполнено. Теперь мы решаем систему уравнений (8) с условиями (6), (7).

Пусть $x_1(t)$ имеет вид:

$$x_1(t) = c_1 + c_2t + c_3t^2 + c_4t^3 + c_5t^4 + c_6t^5 + c_7t^6 + c_8t^7 + c_9t^8. \quad (9)$$

Из уравнения $x_1'(t) = x_2(t)$ следует:

$$x_2(t) = c_2 + 2c_3t + 3c_4t^2 + 4c_5t^3 + 5c_6t^4 + 6c_7t^5 + 7c_8t^6 + 8c_9t^7. \quad (10)$$

Из уравнения $x_2' = -\frac{I}{m}y_1 - \frac{k}{m}x_2 - g$ получаем:

$$x_2'(0) = -\frac{I}{m}y_1(0) - \frac{k}{m}x_2(0) - g = -g = 2c_3 \Rightarrow c_3 = -\frac{g}{2}$$

Из условием (7) и уравнений (9), (10) получаем систему уравнений:

$$\begin{cases} -\frac{g}{2}T^2 + c_4T^3 + c_5T^4 + c_6T^5 + c_7T^6 + c_8T^7 + c_9T^8 = h \\ -gT + 3c_4T^2 + 4c_5T^3 + 5c_6T^4 + 6c_7T^5 + 7c_8T^6 + 8c_9T^7 = 0 \\ 6c_4T + 12c_5T^2 + 20c_6T^3 + 30c_7T^4 + 42c_8T^5 + 56c_9T^6 = -\frac{h}{m} \end{cases}$$

с неизвестными $c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$. Эта система, содержащая 3 уравнения с 6 неизвестными, всегда имеет решение. Мы можем выразить c_4, c_5, c_6 через $c_7 = a, c_8 = b, c_9 = c$ и получаем:

$$\begin{aligned} c_4 &= -\frac{I}{2mT^3}(-20hm - 2gmT^2 + hT^2 + 2amT^6 + 6bmT^7 + 12cmT^8) \\ c_5 &= -\frac{I}{2mT^4}(30hm + gmT^2 - 2hT^2 - 6amT^6 - 16bmT^7 - 30cmT^8) \\ c_6 &= -\frac{I}{2mT^5}(-12hm + hT^2 + 6amT^6 + 12bmT^7 + 20cmT^8) \end{aligned}$$

Подставив величины $c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6, c_7, c_8, c_9$ в уравнения (9), (10), мы получаем выражение функций $x_1(t), x_2(t)$. И, конечно, мы можем найти $x_2'(t)$.

Поставив величины $x_2(t), x_2'(t)$ в уравнение (5), получаем функцию $y_1(t)$, которая имеет вид: $y_1(t) = f_0(a, b, c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7)$

Конечно, выражение $y_1(t)$ удовлетворяет условиям: $y_1(0) = 0$ и $y_1(T) = h$.

Из уравнения (1) мы получаем выражение функции $y_2(t)$.

Из условий $y_2(0) = 0$ и $y_2(T) = 0$ следует система уравнений:

$$\begin{cases} y_1'(0) = 0 \\ y_1'(T) = 0 \end{cases}$$

где a , b , c неизвестны.

Эта система, содержащая 2 уравнения с 3 неизвестными, всегда имеет решение.

Мы можем выразить a , b через c :

$$\begin{cases} a = \frac{-420hm^2 + 39hmt^2 - 6gm^2T^2 + 3hkt^3 + 7gkmt^3 - 1008m^2T^8 + 972cm^2T^8}{6m^2T^6} \\ b = \frac{-120hm^2 - 12hmt^2 - hkt^3 - 2gkmt^3 + 336m^2T^8 - 312cm^2T^8}{6m^2T^7} \end{cases}$$

Подставим величины a , b в выражения $y_1(t)$, $y_2(t)$. Тогда функции $y_1(t)$, $y_2(t)$ имеют вид:

$$y_1(t) = f_1(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7), \quad y_2(t) = f_2(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6)$$

И, конечно, мы можем найти функцию $y_2'(t)$, которая имеет вид:

$$y_2'(t) = f_3(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5)$$

С найденными функциями $y_1(t)$, $y_2(t)$, $y_2'(t)$ и уравнением (2) определяется функция $u(t)$, имеющая вид $u(t) = f_4(c, t, t^2, t^3, t^4, t^5, t^6, t^7)$. После этого из уравнения (3) следует:

$x_0(t) = \int_0^t (-y_1''(t) + u^2(t)) dt$. Таким образом, все требуемые функции найдены.

Список литературы:

1. Андреев Ю.Н. Управление конечномерными линейными объектами. – М.: Наука, 1976. – 424 с.
2. Колпакова Е.А., Субботина Н.Н. Об определении асимптотики одного класса сингулярно возмущенных задач вибрационной механики // Автоматика и Телемеханика. – 2007. – № 11. – С. 150–163.
3. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. – М.: Наука, 1982. – 329 с.
4. Уонэм У.М. Линейные многомерные системы управления. – М.: Наука, 1980. – 376 с.

1.3. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ МАТЕМАТИКА

АЛГОРИТМ РЕШЕНИЯ ВЯЗКОУПРУГОЙ СРЕДЫ КЕЛЬВИНА-ФОЙГТА

Букенов Махат Мухамедиевич

*канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры
математическое и компьютерное моделирование
Евразийский Национальный Университет имени Л.Н. Гумилева
Республика Казахстан, г. Астана*

Жумаканов Данияр Кибадатулы

*магистрант 2 курса механико-математического факультета
Евразийский Национальный университет имени Л.Н. Гумилева
Республика Казахстан, г. Астана
E-mail: Daniyar_9229@mail.ru*

ALGORITHM FOR SOLVING VISCOELASTIC MEDIUM KELVIN-VOIGT

Mahat Bukenov

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor
of mathematical computer modeling
of the Eurasian National University named after L.N. Gumilev
Republic of Kazakhstan, Astana*

Daniyar Zhumakanov

*master of 2 course of Mechanics and Mathematics faculty
of the Eurasian National University named after L.N. Gumilev
Republic of Kazakhstan, Astana*

АННОТАЦИЯ

Исследована сопряженно-операторная модель для вязкоупругой среды Кельвина-Фойгта. Используется схема расщепления для ее численной реализации.

ABSTRACT

The conjugate-operator model investigated for a viscoelastic medium Kelvin-Voigt. Splitting scheme is used for its numerical implementation.

Ключевые слова: Вязкоупругость; Схема расщепления; Метод прогонки.

Keywords: Viscoelasticity; Splitting scheme; Sweep method.

Рассмотрим динамическую задачу теории вязкоупругости, построенной на основе модели Кельвина-Фойгта, в цилиндре $Q = \{D \times [0 \leq t \leq t_1]\}$, $D \subset R^3$, с границей γ .

Как показано в работе [1], постановку этой задачи можно сформулировать следующим образом:

$$\frac{\partial \bar{v}}{\partial t} + R\bar{\sigma} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial \bar{\varepsilon}}{\partial t} - R\bar{v} = 0, \quad (2)$$

$$B\bar{\sigma} = \theta \frac{\partial \bar{\varepsilon}}{\partial t} + \bar{\varepsilon}, \quad (3)$$

Здесь $\bar{v} = \{v_1, v_2, v_3\}^T$ – вектор скоростей; $\bar{\sigma} = \{\sigma_{11}, \sigma_{22}, \sigma_{33}, \sigma_{12}, \sigma_{13}, \sigma_{23}\}^T$ – вектор напряжений; $\bar{\varepsilon} = \{\varepsilon_{11}, \varepsilon_{22}, \varepsilon_{33}, 2\varepsilon_{12}, 2\varepsilon_{13}, 2\varepsilon_{23}\}^T$ – вектор деформаций; $\theta > 0$ – коэффициент вязкости, в случае $\theta_1 = \theta_2 = \theta$, f полагаем $f \equiv 0$.

$B = B^T > 0$ – симметричная, положительно– определенная матрица, её вид приведен в [2], зависящая от константа Ламе; R – линейный матрично-дифференциальный оператор; T – означает транспонирование.

$$R = \begin{pmatrix} \nabla_1 & 0 & 0 & \nabla_2 & \nabla_3 & 0 \\ 0 & \nabla_2 & 0 & \nabla_1 & 0 & \nabla_3 \\ 0 & 0 & \nabla_3 & 0 & \nabla_1 & \nabla_2 \end{pmatrix}^T, R^* = -R^T, \nabla_i = \frac{\partial}{\partial x_i}, i = 1, 2, 3$$

Уравнение (1) выражает закон сохранения импульса, если объемная плотность $\rho \equiv 1$. Соотношение (2) является следствием соотношения перемещения – деформации:

$$\varepsilon = R\bar{u}, \quad (4)$$

где $\bar{u} = \{u_1, u_2, u_3\}^T$ – вектор перемещений. Векторы перемещений \bar{u} и скорости \bar{v} связаны соотношением $\bar{v} = \partial \bar{u} / \partial t$.

Соотношения (3) является уравнением состояния для среды Кельвина-Фойгта.

Решение системы (1)–(4) имеется в цилиндре Q . При этом $\bar{u}(x, 0) = \bar{\varphi}(x), \frac{\partial \bar{u}}{\partial t}(x, 0) = \bar{\psi}(x), x \in D$, и, соответственно,

$$\bar{v}(x, 0) = \bar{\psi}(x), \bar{\varepsilon}(x, 0) = R\bar{\varphi}(x), \quad (5)$$

Перемещения $\bar{u}(x, t)$ определяются из соотношения

$$\bar{u}(x, t) = \bar{\varphi}(x) + t\bar{\psi}(x) + \int_0^t (t-s)\bar{z}(x, s)ds, \bar{z}(x, s) = -R^*\bar{\sigma}.$$

На боковой поверхности цилиндра Q искомое решение удовлетворяет одному из однородных краевых условий:

$$\bar{u}(x, t) = 0, x \in \gamma, \sum_{k=1}^3 \sigma_{ik}(x, t)n_k = 0, x \in \gamma, \quad (6)$$

$$\bar{u}(x, t) = 0, x \in \gamma_1, \sum_{k=1}^3 \sigma_{ik}(x, t)n_k = 0, x(x, t) \in \gamma_2, \gamma_1 \cup \gamma_2.$$

В работе [2] показана экспоненциальная скорость сходимости решения задачи (1)–(6) к решению следующей статической задачи линейной теории упругости:

$$R^*\bar{\sigma}^y(x) + \bar{f}^y(x) = 0, \quad (7)$$

$$\bar{\varepsilon}^y(x) = B^{-1}\bar{\sigma}^y(x), \quad (8)$$

$$\sum_{k=1}^3 \sigma_{ik}^y(x)n_k = 0, x \in \gamma, \quad (9)$$

И получена оценка

$$\|\bar{\sigma}(x, t) - \bar{\sigma}^y(x)\|_1 \leq e^{-\alpha t} \|\bar{\sigma}(x, 0) - \bar{\sigma}^y(x)\|_1, \quad (10)$$

Где $\|\bar{\sigma}(x, t)\|_1^2 = \left\| \frac{\partial \bar{\sigma}}{\partial t} + \frac{1}{\theta} \bar{\sigma} \right\|_{A_1}^2 + \frac{1}{\theta^2} \|\bar{\sigma}\|_{A_1}, \alpha > 0$

$A_1 = (-R R^*)^{1/2}$, показано оператор $A = -R R^* > 0$, при однородных краевых условиях.

Поставим задачу в цилиндре Q требуется найти вектор – функции $\bar{u}(x, t), \bar{v}(x, t), \bar{\sigma}(x, t), \bar{\varepsilon}(x, t)$, удовлетворяющие соотношениям (1)–(6).

Для этой задачи справедлив интегральный закон сохранения, так как

$$\frac{1}{2} \frac{\partial}{\partial t} [\|\bar{\varepsilon}\|_B^2 + \|\bar{v}\|^2] + \theta \left\| \frac{\partial \bar{\varepsilon}}{\partial t} \right\|_B^2 = 0, \quad (11)$$

Пусть \bar{D} – прямоугольник: $\bar{D} = D \cup \gamma = \{(x_1, x_2) | 0 \leq x_k \leq l_k, k = 1, 2\}$.

Введем в \bar{D} сетку D_h , равномерной по каждой координате $x_k: h_k > 0, N_k h_k = l_k$. Пусть $\tau > 0$. Тогда $\bar{Q}_{\tau, h} = \bar{Q}_h = \{D_h x | 0 \leq t = m\tau \leq t_1\}$. От векторов непрерывных аргументов перейдем к векторам дискретных аргументов, заданных на сетке

$$\bar{Q}_h: v(x, m\tau) = v_h^m, x \in \bar{D}_h, \varepsilon = \varepsilon(x, m\tau) = \varepsilon_h^m, \sigma = \sigma(x, m\tau) = \sigma_h^m.$$

Для задачи (1)–(6) рассмотрим разностную схему

$$\begin{aligned} V_{\bar{\varepsilon}}^{m+1} + 0,5 R_h^* (\sigma^m + \sigma^{m+1}) &= 0, v_h^0 = \psi_h(x), x \in D_h \\ \varepsilon_{\bar{\varepsilon}}^{m+1} - 0,5 R_h (v^m + v^{m+1}) &= 0, \varepsilon_h^0 = R_h \psi_h(x), x \in D_h \\ \sigma^{m+1} &= B^{-1} \varepsilon^{m+1} + \theta B^{-1} \varepsilon_{\bar{\varepsilon}}^{m+1} \end{aligned} \quad (12)$$

сущности.

Теорема 1. Разностная схема (12) полностью консервативна.

Доказательство. Проводится аналогично работе [1].

$$\begin{aligned} V_{\bar{\varepsilon}}^{m+1/2} + 0,5 R_{1h}^* (\sigma^m + \sigma^{m+1/2}) &= 0, \\ \varepsilon_{\bar{\varepsilon}}^{m+1/2} - 0,5 R_{1h} (v^m + v^{m+1/2}) &= 0, \\ \sigma^{m+1/2} &= B_1 \varepsilon^{m+1/2} + C_1 \varepsilon_{\bar{\varepsilon}}^{m+1/2} \end{aligned} \quad (14)$$

здесь $B_1 = B^{-1}, C_1 = \theta B^{-1} = \theta B_1$

После несложных преобразований получим трехточечную разностную задачу для $v^{m+\frac{1}{2}}$.

$$v^{m+1/2} + 0,5 R_{1h}^* (\tau B_1 + 2C_1) R_{1h} v^{m+\frac{1}{2}} = v^m - 0,5 \tau R_{1h}^* (\tau B_1 + 2C_1) R_{1h} v^m - 2\tau R_{1h}^* B_1 \varepsilon^m,$$

которая решается прогонкой по x_1 . Из второго уравнения (14) получаем рекуррентную формулу для $\varepsilon^{m+1/2}$

$$\varepsilon^{m+1/2} = \varepsilon^m + 0,5 \tau R_{1h}(v^m + v^{m+\frac{1}{2}})$$

Из третьего уравнения (14) вычисляем $\sigma^{m+1/2}$. Затем, при заданных $v^{m+1/2}, \varepsilon^{m+1/2}, \sigma^{m+1/2}$, находим $v^{m+1}, \varepsilon^{m+1}, \sigma^{m+1}$ с помощью разностной схемы

$$\begin{aligned} V_t^{m+1} + 0,5 R_{2h}^*(\sigma^{m+1/2} + \sigma^{m+1}) &= 0, \\ \varepsilon_t^{m+1} - 0,5 R_{2h}(v^{m+1/2} + v^{m+1}) &= 0, \\ \sigma^{m+1} &= B_1 \varepsilon^{m+1} + C \varepsilon_t^{m+1}. \end{aligned} \quad (15)$$

Теорема 2. Аддитивная разностная схема (14), (15) обладает сеточным законом сохранения (13).

Доказательство. Доказательство проводится по аналогично работе [3].

Отсюда вытекает с помощью схемы (14), (15) можно решить динамическую вязкоупругую среду Кельвина-Фойгта, если положить коэффициент вязкости $\theta = 0$, то получим динамическую задачу линейной упругости, и при $t \rightarrow \infty$ (или $\tau \rightarrow 0$) имеем в пределе статическую задачу линейной упругости, т. е. указанный алгоритм позволяет решать эти классы задач.

Список литературы:

1. Букенов М.М. Постановка динамической задачи линейной вязкоупругости в скоростях напряжений. //Сиб. журн.вычисл.математики// РАН. Сиб. отд-ние. – Новосибирск, 2005. – Т. 8. – № 4. – С. 289–295.
2. Пацюк В.И. Стационарирование динамических процессов в вязкоупругих средах: Дис.... канд. физ.-мат. наук. – Новосибирск, 1982.

СЕКЦИЯ 2.

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

2.1. АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРОЙ В ГЕНЕРАТОРЕ ЛЬДА

Грыжов Владимир Константинович

*канд. техн. наук, доцент Московского государственного
университета технологий и управления, филиал в г. Вязьме,*

РФ, г. Вязьма

E-mail: domb55@mail.ru

Корольков Владимир Гаврилович

*доцент Московского государственного университета технологий
и управления, филиал в г. Вязьме,*

РФ, г. Вязьма

Грыжов Евгений Владимирович

*заведующий лабораторией «Систем управления»
Московского государственного университета технологий
и управления, филиал в г. Вязьме,*

РФ, г. Вязьма

IMITATING MODEL OF THE CONTROL SYSTEM OF TEMPERATURE IN THE ICE GENERATOR

Vladimir Gryzhov

*candidate. tech. Sciences, associate Professor Moscow state University
of technology and management, branch in Vyazma,
Russia, Vyazma*

Vladimir Korolkov

*associate Professor Moscow state University of technology
and management, branch in Vyazma,
Russia, Vyazma*

Evgeny Gryzhov

*head of laboratory "Systems of management", Moscow state University
of technology and management, branch in Vyazma,
Russia, Vyazma*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты имитационного моделирования в среде VisSim системы управления температурой в холодильной камере для переработки и хранения пищевых продуктов. Предлагаемая имитационная модель является открытой, универсальной и может быть использована при проектировании и разработке аналогичных систем управления.

ABSTRACT

The article presents the results of simulation in the VisSim environment control system temperature in the cold room for processing and storage of food products. The proposed simulation model is an open, versatile and can be used in the design and development of similar management systems.

Ключевые слова: имитационная модель; генератор льда; регулятор; цифровой контроллер; аналоговая форма; многомерный объект управления.

Keywords: simulation model; cold accumulator; controller; digital controller; analog form.

В пищевой промышленности при производстве, переработке и хранении молока и молочных изделий, пива, кваса и т. п. в качестве

хладоносителя широко используется ледяная вода. Под термином «ледяная вода» подразумевается вода с температурой близкой к 0 °С.

Для получения ледяной воды в качестве испарителя используется пленочный теплообменный аппарат, который надежен и имеет существенные преимущества перед пластинчатыми и кожухотрубными испарителями. Данный теплообменник не боится загрязнения. Его промывка возможна даже при работе установки.

Испаритель пленочного типа представляет собой набор вертикально установленных теплообменных панелей из нержавеющей стали.

Технологическая схема ледяной воды относится к системе оборотного водоснабжения, где вода используется многократно, так как она циркулирует по замкнутому кольцу и перед повторным поступлением в аппарат охлаждается, отдавая окружающему воздуху тепло, полученное в конденсаторе.

Таким образом, в замкнутой системе, циркулирующая вода является промежуточным теплоносителем между рабочим телом, от которого отводится тепло в аппарате, и наружным воздухом.

По технологическим условиям средняя температура в испарителе (температура кипения хладагента) должна быть равной -3 °С с допустимыми отклонениями ± 1 °С, т. е. $T_{\max} = -2$ °С, $T_{\min} = -4$ °С.

Поддержание температуры хладагента в заданных пределах осуществляется с помощью двухпозиционного релейного регулятора. Температура в испарителе, изменяясь в пределах от T_{\max} до T_{\min} , совершает автоколебания. Режим автоколебаний в заданных пределах называется скользящим режимом управления.

Исполнительный механизм системы управления при $T \geq T_{\max} = -2$ °С открывает соленоидный клапан и закрывает его при $T \leq T_{\min} = -4$ °С.

Увеличение точности регулирования температуры эквивалентно сужению диапазона $T_{\max} - T_{\min}$. Это приводит к повышенному износу электромеханических узлов системы.

При проектировании и разработке систем автоматического управления (САУ) температурным режимом в испарителе холодильной камеры наиболее подходящим методом решения этих проблем является имитационное моделирование.

Имитационное моделирование позволяет проводить экспериментальные исследования реальных процессов и систем с использованием современных программных и технических средств без ограничения значений параметров исследуемых объектов, например в среде динамического программирования VisSim.

Процессы охлаждения и нагрева происходят очень медленно, поэтому модель системы автоматического управления можно представить в аналоговой форме.

На рисунке 1 представлена обобщенная модель системы управления температурой в испарителе холодильной камеры, разработанная в среде динамического программирования VisSim [1].

В виде составных блоков обобщенная модель системы управления температурой представлена на рисунке 2.

Где,

«REGUR» – регулятор;

«OU» – объект управления (теплообменник);

«KONTROLLER» – контроллер

В блоке «KONTROLLER» задаются максимальное $T_{\max} = -2$ °C и минимальное $T_{\min} = -4$ °C значения температур испарителя.

В состав системы управления входит релейный регулятор.

Релейный регулятор температуры (рисунок 3) представляет собой логический элемент – сравнивающее устройство. Регулятор настроен на максимальную температуру -2 °C, минимальную -4 °C, дифференциал равен 1 °C.

При поступлении на вход контроллера сигнала, соответствующего значению температуры $T \geq -2$ °C, на выходе формируется сигнал (1) – команда «открыть соленоидный вентиль».

При поступлении на вход контроллера сигнала, соответствующего значению $T \leq -4$ °C, выходной сигнал (0) – команда «закрыть соленоидный вентиль». Эти сигналы подаются на вход регулятора, который формирует аналоговый сигнал соответственно 0.5 и 0 В.

На рисунке 4 приводится график изменения температуры от времени, полученный с помощью разработанной имитационной модели системы управления для значений температуры окружающей среды $T_0 = 6$ °C и $T_0 = 4$ °C.

Имитационная модель автоматическая система управления температурным режимом в холодильной камере для хранения пищевых продуктов представлена на рисунке 5.

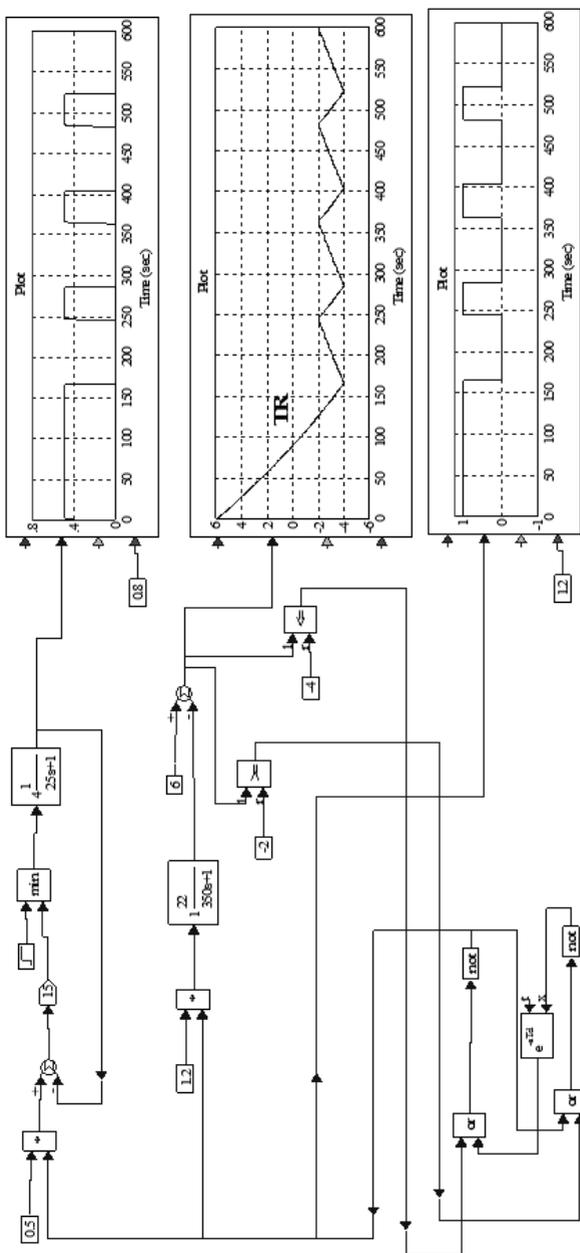


Рисунок 1. Обобщенная модель системы управления температурой в испарителе холодильной камеры

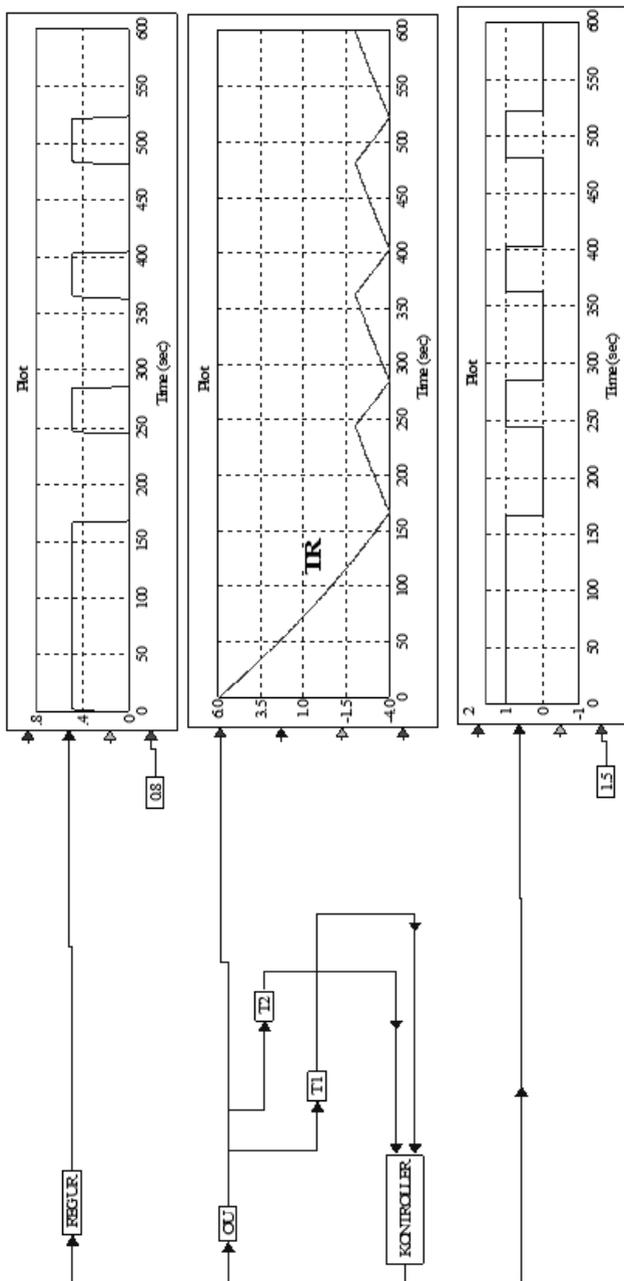


Рисунок 2. Обобщенная модель системы управления температурой в испарителе холодильной камеры в виде составных блоков

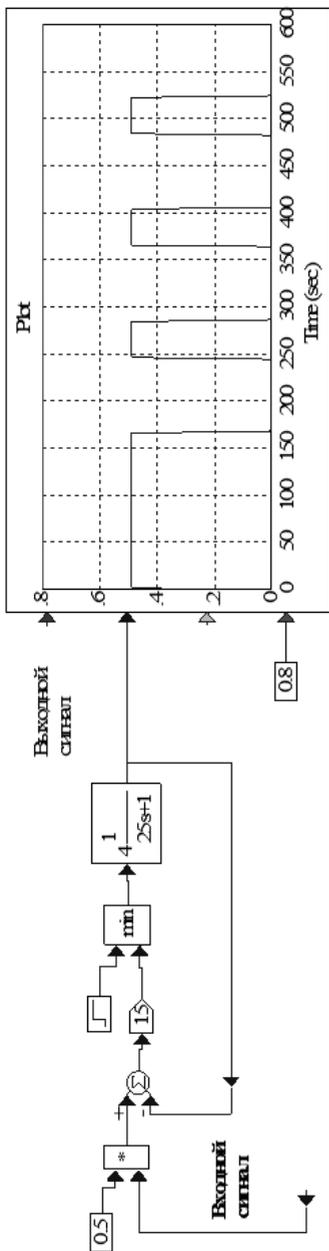


Рисунок 3. Регулятор температуры

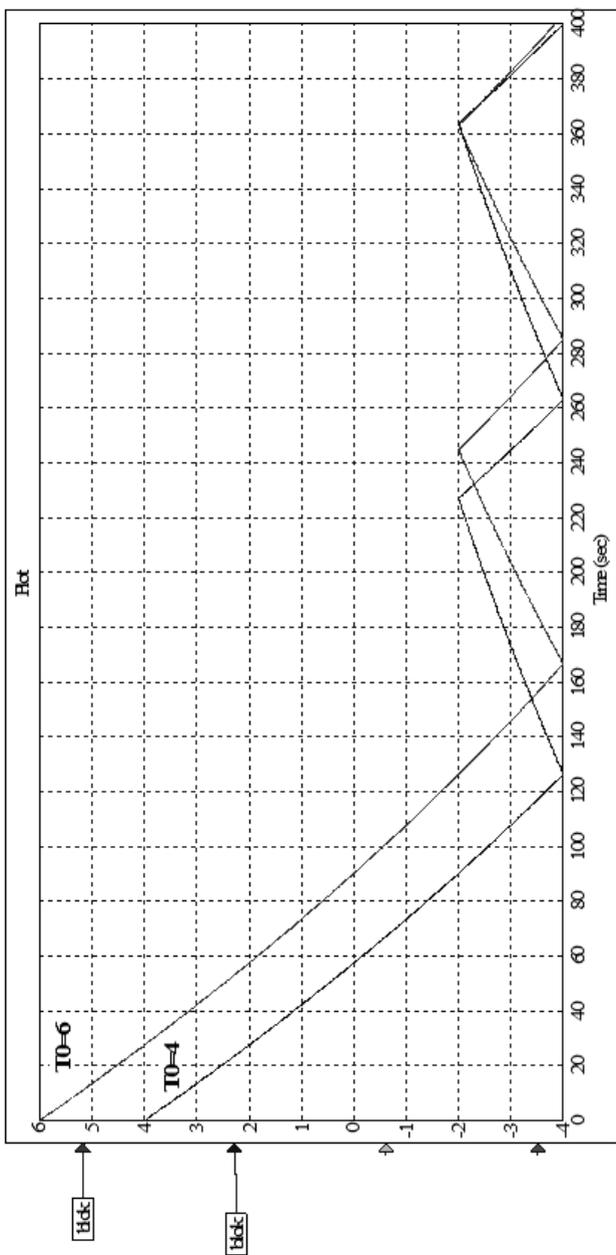


Рисунок 4. График изменения температуры, полученный в среде VisSim

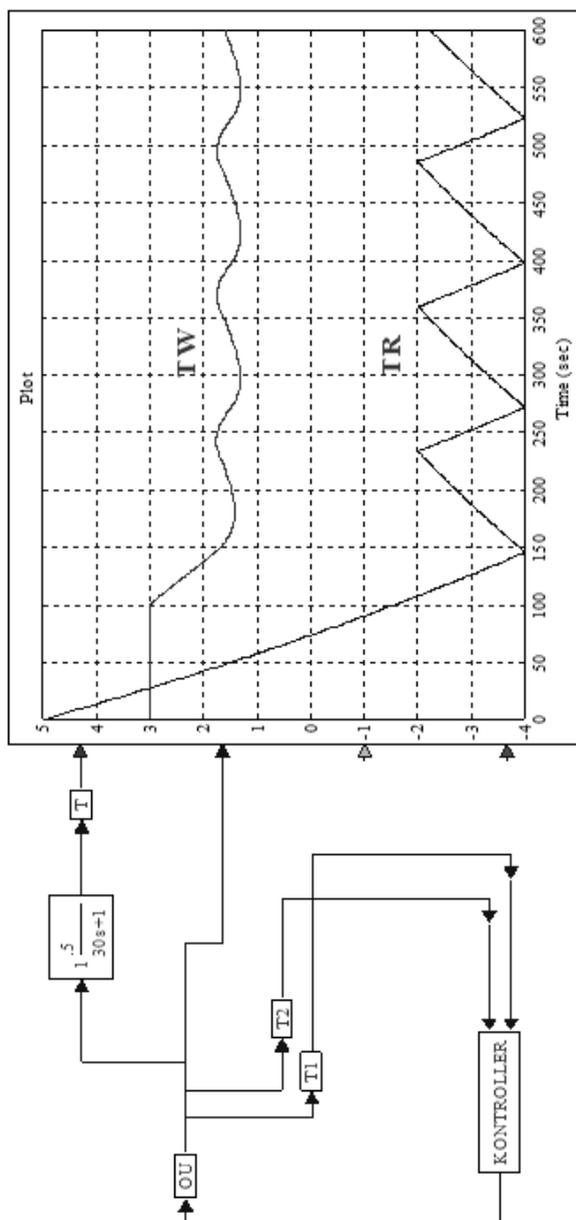


Рисунок 5. Имитационная модель АСУ температурой в холодильной камере для хранения пищевых продуктов: Где, TR – температура в испарителе холодильной камеры, колеблется около -3°C , TW – температура охлажденных пищевых продуктов составляет примерно $1,5^{\circ}\text{C}$, что соответствует техническим требованиям

При разработке имитационной модели учтен процесс выделения теплоты в интервале температур от 0°C до -4°C вследствие кристаллизации, при загрузки в холодильную камеру сырьевого продукта, имеющего начальную температуру $T \approx 0^{\circ}\text{C}$.

Представленная обобщённая имитационная модель системы управления температурой в холодильной камере является открытой, универсальной и может быть использована при проектировании аналогичных систем управления.

Список литературы:

1. Дьяконов В.П. Визуальное математическое моделирование. VisSim+Mathcad+MATLAB. М.: Салон-пресс, 2004.

РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ДАННЫМИ

Родионов Артем Сергеевич

*канд. физ.-мат. наук, доцент, филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ,
РФ, г. Салават*

E-mail: artrodionov@mail.ru

Ефимова Дарья Александровна

*студент, филиал ФГБОУ ВПО УГНТУ,
РФ, г. Салават*

E-mail: efimovadarya1@gmail.com

THE DEVELOPMENT OF CONTROL SYSTEM INDUSTRIAL DATA

Artem Rodionov

*candidate of Physico-Mathematical Sciences, docent,
Salavat Branch Ufa State Petroleum Technological
Russia, Salavat*

Darya Efimova

*student, Salavat Branch Ufa State Petroleum Technological
Russia, Salavat*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена система управления промышленными данными, позволяющая вести автоматизированный журнал учёта ремонтов, журнал выявленных дефектов и «наряд-заказ», составлять отчёты по ремонту и закупкам, автоматизировано формировать анализ работ и анализ ППР. Описаны главные задачи, решаемые в ходе автоматизации описанных процессов и основные функции, выполняемые системой. Статья также включает описание основных модулей разработанной системы управления.

ABSTRACT

The article describes the control system of industrial data, allows for automated accounting of repairs Journal magazine revealed defects and "Job Ticket", to make reports on repair and procurement, generate automated analysis of the works and the analysis of PPR. We describe the main problems to be solved in the course of automation of the processes described and the basic functions performed by the system. The article also includes a description of the main modules of the developed control system.

Ключевые слова: база данных; система управления; учёт; модуль; ремонт; справочник; анализ; закупка; автоматизация.

Keywords: database; control system; accounting; module; repairs; directory; analysis; purchase; automation.

Инновационное развитие промышленных предприятий невозможно без внедрения в процесс их функционирования информационных технологий управления. Автоматизированная система управления представляет собой целый ряд технологий, позволяющих координировать и контролировать работу производственного оборудования при помощи компьютера [1]. В связи с этим большую популярность набирают программные продукты управления и учёта больших объёмов промышленной информации. Поэтому возникает потребность в системах управления автоматизированного управления данными.

Сегодня, когда успех компании на рынке все больше зависит от уровня производственной эффективности, реформирование, казалось бы, второстепенной сферы технического обслуживания и ремонтов оказывается действенным способом усиления конкурентоспособности. Современные принципы организации техобслуживания позволяют одновременно повысить его качество и снизить временные и финансовые издержки [2].

Автоматизация базы данных системы управления промышленными данными поможет предприятию в автоматическом режиме

вести учёт ремонта оборудования, а так же формировать отчёты о произведённых ремонтах, хранить информацию об ответственных организациях, а так же анализировать произведённые работы.

В статье описана разработанная база данных системы управления промышленными данными, которая позволяет централизованно хранить информацию по справочникам, вести автоматизированный журнал учёта ремонтов, журнал выявленных дефектов и «наряд-заказ» (с выгрузкой в Microsoft Word), составлять отчёты по ремонту и закупкам с выгрузкой Microsoft Excel, автоматизировано формировать анализ работ и анализ ППР.

Главные задачи, решаемые в ходе автоматизации базы данных системы управления промышленными данными:

- автоматизация создания справочников включающих в себя базы данных: оборудование, комплектующие, организации. Создание справочников необходимо для структурирования информации с целью удобства дальнейшей работы с ней. Справочники представляют таблицу, отражающую основные параметры, характеризующие объект описания. В результате разграничения доступа к функциям системы, информация в справочники вводится исключительно администратором, имеющем на это право. Для пользователя доступна только функция поиска по уже созданному ранее справочнику.

- автоматизация ведения журналов учёта: журнал ремонта, журнал учёта выявленных дефектов, наряд-заказ. Ведение учёта необходимо для ввода в базу информации об осмотре и выявленных дефектах оборудования и его комплектующих, просмотра информации о проводимых ремонтных работах, а так же для просмотра ответственных организаций, которые производят работы. Система управления даёт возможность ведения электронного журнала осмотра оборудования. Сотрудник, осуществляющий осмотр оборудования, при обнаружении нового дефекта, должен в простой форме внести информацию, заполнив карточку дефекта. При заполнении ему необходимо указать оборудование, наименование дефекта, дату и время осмотра, а так же объект осмотра. Обнаруженный дефект, возникший в несоответствии с планом ремонтов, автоматически попадает в журнал ремонта. Журнал ремонта в автоматизированном виде формируется исходя из сетки планово-предупредительных ремонтов.

- автоматизация формирования отчётности: отчёт о проведённых ремонтах разных видов в отдельности и по ремонтам в целом, а также за указанный пользователем период; отчёт о замене оборудования за указанный пользователем период. Создание отчётов

нужно для просмотра произведённых ремонтов по оборудованию, просмотра нуждающихся в замене комплектующих оборудования. Информация о замене оборудования в автоматизированном режиме выгружается из журнала ремонта. Пользователь лишь устанавливает интересующие его даты, для удобства просмотра большого объёма информации. Отчёт о ремонте так же формируется из журнала ремонта.

- автоматизация формирования анализов: в ходе автоматизации предполагается составление анализов работы ремонтных служб на основании сравнения планового и фактического время простоя оборудования и качества ремонтных работ на основании количества поломок оборудования за короткий, указанный пользователем, период. Анализ работ позволит оценить качество предоставляемых услуг по ремонту, если его осуществляют организации-подрядчики, или же оценить работу внутренних ремонтных служб. Так же анализ количества поломок поможет проанализировать руководящему подразделением составу техническое состояние оборудования и степень его износа.

Разработанная система выполняет следующие функции:

- содержать полный список оборудования, комплектующих и организаций;
- вести автоматизированный учёт типов производимых ремонтных работ по оборудованию;
- формировать отчёт о замене комплектующих;
- формировать документ «наряд-заказ»;
- анализировать работу ремонтных служб и выводить отчёт о результате анализа;
- анализировать и качества ремонтных работ;
- сохранять все отчёты и результаты анализов в базу данных;
- выгружать документ «наряд-заказ» в Microsoft Word;
- выгружать отчёт по ремонту и по замене в Microsoft Excel.

Системы управления для автоматизации базы данных состоит из 16 модулей.

На рисунке 1 представлена типовая форма разработанной базы данных на примере модуля для работы с организациями, который включает в себя добавление, редактирование и удаление информации об организациях, а также поиск по названию организации.

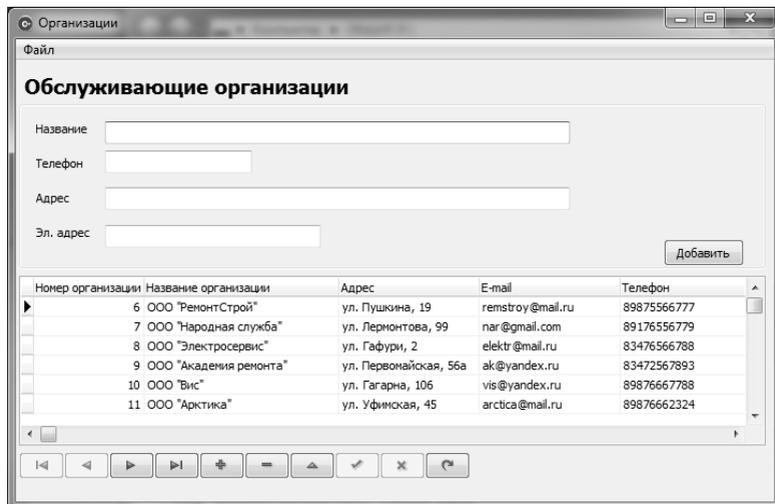


Рисунок 1. Форма для работы с организациями

Рассмотрим основные модули системы:

- модуль авторизации выполняет функцию разделения доступа при работе с базой данных между пользователем и администратором;
- модуль главного меню системы, выполняющий функции навигатора, который осуществляет переход к основным функциям;
- модуль для работы с организациями, который включает в себя добавление, редактирование и удаление информации об организациях, а так же поиск по названию организации;
- модуль для работы с оборудованием, в который входят функции добавления, редактирования, удаления информации об оборудовании, а так же поиск по названию оборудования. Модуль включает в себя информацию о комплектующих, которую можно так же удалять, изменять, редактировать и просматривать используя поиск;
- модуль ППР (планово-предупредительный ремонт) предназначен для ввода информации о плановом ремонте оборудования;
- модуль для работы с журналом дефектов предназначен для ввода информации об осмотренном оборудовании и выявленными у него дефектах, которые можно так же удалять и редактировать;
- модуль для работы с журналом ремонта, который включает в себя добавление информации о ремонте, удаление информации о ремонте, с выбором из справочников оборудования и комплектующего;

- модуль наряд-заказ предназначен для добавления информации об ответственных организациях, выполняющих ремонт указанного оборудования, с возможностью выгрузки в Microsoft Excel;
- модуль отчёта о замене предназначен для отображения информации о комплектующих оборудования нуждающиеся в замене с возможность просмотра за указанный пользователем период;
- модуль отчёта о ремонтах предназначен для отображения информации по ремонту, с возможностью просмотра по выбранному пользователем периоду или по типу ремонта ;
- модуль анализа ремонтных работ выводит сравнение плановой и фактической длительности ремонта, с выбором организации, выполняющей ремонт;
- модуль анализа ППР предназначен для отображения количества поломок выбранного оборудования и его комплектующего за указанный пользователем период.

Таким образом, созданная реляционная база данных системы управления промышленными данными позволяет централизованно хранить информацию по справочникам, вести автоматизированный журнал учёта ремонтов, журнал выявленных дефектов и «наряд-заказ» (с выгрузкой в Microsoft Word), составлять отчёты по ремонту и закупкам с выгрузкой Microsoft Excel, автоматизировано формировать анализ работ и анализ ППР.

Список литературы:

1. Володин В.М., Сергеева И.А. Инновационное развитие промышленных предприятий и информационные технологии управления // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Общественные науки. – 2012. – № 1. – С. 175–182.
2. Управление предприятием. Передовые технологии и надежность для вашего бизнеса [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://global-system.ru/?id=59> (дата обращения: 03.12.15).

2.2. УПРАВЛЕНИЕ В СОЦИАЛЬНЫХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ СЛОЖНОСТИ БИЗНЕС-ПРОЦЕССА НА ЕГО РЕЗУЛЬТАТИВНОСТЬ

Лебедева Елизавета Михайловна

*студент факультета информационных технологий,
Владимирский государственный университет,
РФ, г. Владимир
E-mail: elizaveta33@inbox.ru*

Градусов Денис Александрович

*канд. экон. наук, доцент кафедры «Управление и информатика
в технических и экономических системах»,
Владимирский государственный университет,
РФ, г. Владимир
E-mail: breeze76@mail.ru*

Шутов Антон Владимирович

*канд. физ.-мат. наук, доцент кафедры «Информатики
и информационных технологий в образовании»,
Владимирский государственный университет,
РФ, г. Владимир
E-mail: a1981@mail.ru*

EVALUATION OF THE IMPACT OF THE BUSINESS PROCESS LENGTH ON ITS EFFICIENCY

Elizaveta Lebedeva

*student of the Faculty of Information Technologies,
Vladimir State University,
Russia, Vladimir*

Denis Gradusov

*candidate of Economic Sciences, docent of chair "Management and
informatics in technical and economic systems", Vladimir State University,
Russia, Vladimir*

Anton Shutov

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, docent of chair
"Informatics and information technologies in education",
Vladimir State University,
Russia, Vladimir*

АННОТАЦИЯ

В статье поднимается проблема наличия влияния длины цепи бизнес-процесса на его результативность. Были сформулированы задачи, во-первых, дать количественную оценку этому влиянию, во-вторых, исследовать проблему с использованием реальных моделей. Была построена модель элементарного линейного бизнес-процесса – цепочки независимых блоков, результат каждого из которых является дискретной случайной величиной. Определено, что график математического ожидания такого процесса изменяется экспоненциально и стремится к нулю с увеличением числа блоков; на определенном n -блоке выполнение бизнес-процесса становится бессмысленным.

ABSTRACT

The article concerns the problem of the impact of the business process length on its efficiency. The first objective was to quantify this impact. The second was to investigate the problem using real models. Elementary linear model of the business process was built - the chain of independent blocks. Result of each block is a discrete random variable. It was determined that the graph of the mathematical expectation of such a process varies exponentially and tends to zero with an increasing number of blocks; at a certain n -block implementation of a business process becomes meaningless.

Ключевые слова: бизнес-процесс; реинжиниринг; эффективность; математическое ожидание.

Keywords: business process; reengineering; efficiency; mathematical expectation.

В настоящее время проблема эффективности как никогда волнует бизнес-сообщество. Сегодня на первый план выходит проблема достижения результата быстрее, качественнее конкурентов и с наименьшими затратами.

Многие организации задаются логичным вопросом о целесообразности автоматизации своих бизнес-процессов, всегда требующей больших вложений. Но перед тем как внедрять тот или иной программный продукт, необходимо инвестировать средства в оптимизацию автоматизируемого процесса, то есть провести его реинжиниринг. По мнению Питеркина С.В., перед внедрением любой системы от лишних элементов и перемещений необходимо избавиться, то есть бизнес-процессы должны состоять из необходимых и достаточных для достижения результата действий [2].

На этапе оптимизации бизнес-процессов необходимо ответить на множество вопросов, в том числе на вопросы «Что делает компания?» и «Не делает ли компания ничего лишнего?» [3]. Очень важно исследовать все функции организации для выпуска конкурентоспособного продукта и степень целесообразности этих функций. Для этого необходимо установить степень их соответствия целям компании. Логично утверждать, что бизнес-процессы, включающие множество блоков, необходимость каждого из которых не обоснована в результате реинжиниринга, гораздо менее результативны и эффективны, чем оптимизированные бизнес-процессы.

Интуитивно очевидно, что существует влияние сложности бизнес-процесса на его результативность. Исходя из этого, были сформулированы задачи, во-первых, дать количественную оценку этому влиянию, во-вторых, доказать это утверждение с использованием реальных моделей. В работе использованы вероятностные методы, являющиеся одним из наиболее эффективных средств анализа и описания многих физических и технологических процессов, а также методы статистического и имитационного моделирования. Практическую полезность последних можно охарактеризовать с точки зрения возможности получения достаточно точной информации о качественных и количественных характеристиках изучаемого объекта (в нашем случае, бизнес-процесса), без требующих больших затрат реальных экспериментов.

Согласно стандарту ИСО 9000-2008, процесс можно определить, как «совокупность взаимосвязанных или взаимодействующих видов деятельности, преобразующих входы в выходы» [1]. В этом же документе есть определение продукции, как «результата процесса». Бизнес-процесс отличается от процесса тем, что конечный результат представляет ценность для потребителя (клиента).

Одной из характеристик бизнес-процесса является его сложность. В работе под этим термином подразумевается длина цепи процесса. Под результативностью бизнес-процесса имеется ввиду количественная оценка его фактического выполнения в долях от планового.

Построим модель элементарного линейного бизнес-процесса – цепочку независимых блоков, результат каждого из которых является дискретной случайной величиной (как и результат бизнес-процесса в целом). Предположим, что отдельный блок бизнес-процесса может иметь два исхода: $Сk_1$ или $Сk_2$, где $С$ – константа, подаваемая на входе, а k_1 и k_2 – коэффициенты выполнения процесса (Рисунок 1). Результат всего бизнес-процесса будет равен константе, подаваемой на входе, помноженной на результаты выполнения последовательно всех блоков.

Вероятность того, что блок выполнится удовлетворительно ($k_1 \geq 1$) равна p , вероятность обратного исхода ($k_2 < 1$) равна q . Так как эти события являются несовместными и образуют полную группу событий, сумма их вероятностей равна единице.

Пусть $X (1 \dots n)$ — результат выполнения блока бизнес-процесса.



Рисунок 1. Модель элементарного бизнес-процесса

Вероятность $P(m)$ того, что из n блоков с результатом $Сk_1$ выполнится m , получим по формуле функции вероятности в Биномиальном распределении (1).

$$P(m) = C_n^m p^m q^{n-m}, \quad (1)$$

где: n – общее число блоков в цепи;

m – число блоков, выполнившихся с результатом $Сk_1$;

C_n^m – биномиальный коэффициент;

P – вероятность того, что отдельный блок выполнится с результатом Ck_1 ;

$q = 1 - p$ – вероятность возникновения обратного события (выполнение блока с результатом Ck_2).

Найдем закон распределения вероятностей выполнения бизнес-процесса. Для этого выпишем все возможные результаты выполнения с соответствующими им вероятностями (2):

$$\begin{array}{l} X \quad Ck_1^n \dots C_n^m Ck_1^m k_2^{n-m} \dots Ck_2^n \\ P \quad P^n \quad \dots \quad P^m q^{n-m} \quad \dots \quad q^n \end{array} \quad (2)$$

Математическое ожидание бизнес-процесса с n числом звеньев будет равно (3):

$$M(n) = C(k_1 p + k_2 q)^n \quad (3)$$

Полученная модель является показательной функцией $f(x) = a^x$. Как известно, при $a > 1$ значение функции увеличивается при возрастающем x , при $a = 1$ – значение функции равно 1 при всех x , при $a < 1$ – значение уменьшается с возрастающим x .

Математическое ожидание приблизительно равно среднему арифметическому наблюдаемых значений случайной величины. С точки зрения экономики имеет смысл только ситуация, когда с возрастающим n математическое ожидание уменьшается, то есть $a = (k_1 p + k_2 q) < 1$. Ведь результат выполнения бизнес-процесса

Вспомним заданные условия: $k_1 \geq 1, k_2 < 1, p + q = 1$. Если применять их к реальным бизнес-процессам, удовлетворительное выполнение будет оцениваться от 1 (выполнился на 100 %, фактический результат равен плановому) и выше (предположим, что в реальных условиях перевыполнение плана может достигать в среднем 20–30 %). Неудовлетворительное выполнение оценим величиной ниже 0,6 (фактический результат выполнения бизнес-процесса равен ≤ 60 % планового значения).

В данном случае значение математического ожидания будет уменьшаться с возрастающим числом блоков, что мы можем увидеть на графике (рисунок 2), построенном при указанных в таблице 1 значениях вероятностей, коэффициентов и константы.

Таблица 1.

Примерные значения переменных

Имя переменной	Значение
p	0,5
q	0,5
k ₁	0,3
k ₂	1,1
C	100

Стоит отметить, что, так как график изменяется согласно показательной функции с основанием <1 , при определенном n значение функции (приблизительно равное среднему арифметическому наблюдаемых значений случайной величины) начинает стремиться к нулю. С экономической точки зрения это значит, что при большом числе блоков в бизнес-процессе на определенном n -блоке наступает момент, когда выполнение бизнес-процесса становится бессмысленным.

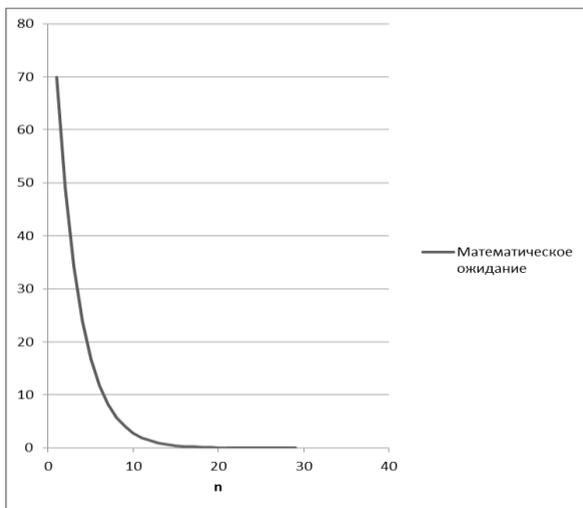


Рисунок 2. График функции математического ожидания результата выполнения линейного бизнес-процесса с n -блоками

Таким образом, доказано наличие отрицательного влияния сложности бизнес-процесса на его результативность, влияние возрастает с увеличением количества блоков (или, по-другому длины

цепи процесса). Это еще раз доказывает целесообразность проведения реинжиниринга бизнес-процесса и приведения в порядок функций всех подразделений организации. Так же доказано, что при определенном N-блоке выполнение бизнес-процесса становится бессмысленным.

В работе рассмотрена методика для линейного бизнес-процесса. В перспективе планируется исследовать влияние сложности длины цепи в модели параллельного и последовательно-параллельного расположения блоков бизнес-процесса и провести вычислительный эксперимент с целью проверки правильности теоретической модели с использованием графической среды имитационного моделирования Simulink пакета Matlab.

Список литературы:

1. ГОСТ Р ИСО 9000-2008.
2. Питеркин С.В. Точно вовремя для России. Практика применения ERP-систем. / С.В. Питеркин, Н.А. Оладов, Д.В. Исаев – М.: Альпина Бизнес Букс, 2011. – 468 с.
3. quality.eup.ru [Электронный ресурс]: статья «Оптимизация бизнес-процессов в российских компаниях» / Елена Ходак, руководитель департамента корпоративного консалтинга компании "Промышленные Информационные Системы". – Режим доступа: http://quality.eup.ru/MATERIALY14/opt_bp_v_rk.htm, свободный (дата обращения 01.11.2015).

2.3. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, ЧИСЛЕННЫЕ МЕТОДЫ И КОМПЛЕКСЫ ПРОГРАММ

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЗОНАНСНЫХ ЧАСТОТ КОЛЕБАНИЙ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РАЗЛИЧНЫХ ГРАНИЧНЫХ УСЛОВИЙ В ПАКЕТЕ SOLIDWORKS.SIMULATION

Гришечкина Мария Григорьевна

*студент Политехнического института
Сибирского Федерального Университета,
РФ, г. Красноярск
E-mail: Mashka700@mail.ru*

Колбасина Наталья Анатольевна

*канд. техн. наук, преподаватель Политехнического института
Сибирского Федерального Университета,
РФ, г. Красноярск
E-mail: natalya-kolbasina@yandex.ru*

RESONANCE FREQUENCY ANALYSIS OF THE DIFFERENT BOUNDARY CONDITIONS OF THE STAFT WITH SOLIDWORKS.SIMULATION

Maria Grishechkina

*student of the Polytechnic Institute of the Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

Natalia Kolbasina

*candidate of Science, teacher
of the Polytechnic Institute of the Siberian Federal University,
Russia, Krasnoyarsk*

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассматривается влияние различных принципов разработки расчётной конечно-элементной модели на спектры резонансных частот при исследовании динамических характеристик элементов технических систем. Выявлены различные сочетания граничных условий исключающих разделение форм колебаний. Кроме того, выявлена возможность выделения участка спектра, состоящего из частот, относящихся только к одному виду колебаний.

ABSTRACT

This study examines the effect of various design principles for calculated finite-element model on the ranges of resonant frequencies in the study of the dynamic characteristics for the elements of technical systems. There were revealed various combinations of boundary conditions excluding the sharing of waveforms. Also revealed the possibility for allocating a part of the spectrum consists of frequencies belonging only to one kind of waves was hesitation.

Ключевые слова: резонансные частоты; формы колебаний; конечно-элементные методы; граничные условия; технические системы.

Keywords: resonant frequencies; waveform; finite element methods; boundary conditions; technical systems.

При разработке различных механизмов на этапе проектирования необходимо оценивать динамическое качество изделий. При разработке автоматизированных систем проектирования изделий особую важность представляет собой управление спектром собственных частот будущей механической системы с помощью изменения параметров, таких как геометрические параметры системы, свойства материала, а также, конструктивные особенности исполнения, выражающиеся в различных способах задания граничных условий различных элементов системы. При этом необходимо иметь в виду, что возможность провести частотный анализ аналитически осуществляется не всегда, ввиду сложности конструкции. Кроме того, не всегда представляется возможным разделить задачу на определение форм колебаний вдоль той или иной оси или координатной плоскости. В частности, при исследовании валов часто выделяют только поперечные формы колебаний, только осевые или только крутильные, что невозможно в случае одновременного приложения разнонаправленных нагрузок. В сложной форме конструкции предлагается использовать конечно-элементные методы для определения частотных характеристик системы, что позволяет делать анализ намного проще и быстрее. В таком случае особое

внимание следует уделить корректности моделирования граничных условий и нагрузок при решении конечно-элементных задач.

В данной работе определялись резонансные частоты стержня. При этом оценивался, как спектр собственных частот, так и формы колебаний объектов и исследовались влияния различных видов моделируемых закреплений на спектр получаемых резонансных частот и распределение в этом спектре частот различных типов колебаний

Расчёты проводились в SolidWorks программный комплекс САПР для автоматизации работ промышленного предприятия на этапах конструкторской и технологической подготовки производства. Пакет SolidWorks. Simulation позволяет проводить различные типы анализов, таких как структурный, частотный и другие. Так же в этом пакете можно исследовать не только отдельные детали, но и сборки, например, на устойчивость. При нелинейном анализе могут учитываться различные свойства материала, нелинейное нагружение и т. д. [1]. Исследуемый пакет решает задачи с помощью метода конечных элементов [2], что позволяет производить расчёты достаточно быстро.

Метод конечных элементов представляет собой наиболее распространенный приближенный метод в механике твердого тела и может быть интерпретирован с физической или математической точки зрения. Множество элементов, на которые разбита конструкция, называется конечно-элементной сеткой. Механическое поведение каждого элемента выражается с помощью конечного числа степеней свободы или значений искомым функций во множестве узловых точек. Поведение математической модели, таким образом, аппроксимируется поведением дискретной модели, полученной путем сборки всех элементов [2].

Для верификации разработки расчетной конечно-элементной модели была решена тестовая задача для определения собственных частот стержня без граничных условий и нагрузок [2]. Частоты приведены в таблице 1. Было установлено соответствие с результатами аналитического расчета частот при поперечных колебаниях с относительной погрешностью менее 5 %.

Однако, необходимо отметить, что в данной спектре частот были определены частоты, не только соответствующие поперечным колебаниям, а также осевые и крутильные. Визуализация форм колебаний соответствующим разным видам представлены на рисунках 1, 2 и 3.

Таблица 1.

Собственные частоты стержня без граничных условий

№	Частота, Гц	Тип колебаний	№	Частота, Гц	Тип колебаний
1	0	Поперечные	14	23217	Продольные
2	0,0018033	Поперечные	15	28597	Крутильные
3	0,002715	Продольные	16	28612	Поперечные
4	0,0035333	Поперечные	17	28612	Поперечные
5	0,0045729	Поперечные	18	40260	Поперечные
6	0,0094354	Крутильные	19	40262	Поперечные
7	3679,6	Поперечные	20	42891	Крутильные
8	3679,7	Поперечные	21	46365	Продольные
9	9782,6	Поперечные	22	52858	Поперечные
10	9782,9	Поперечные	23	52863	Поперечные
11	14297	Крутильные	24	57184	Крутильные
12	18292	Поперечные	25	66112	Поперечные
13	18292	Поперечные			

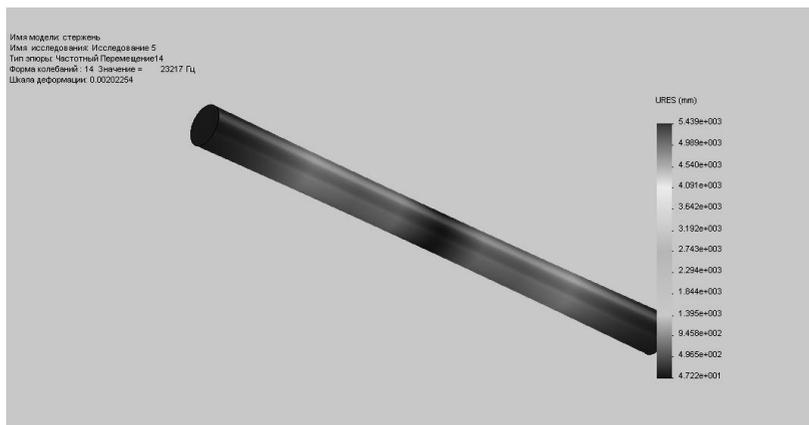


Рисунок 1. Продольные колебания стержня четырнадцатой формы без граничных условий

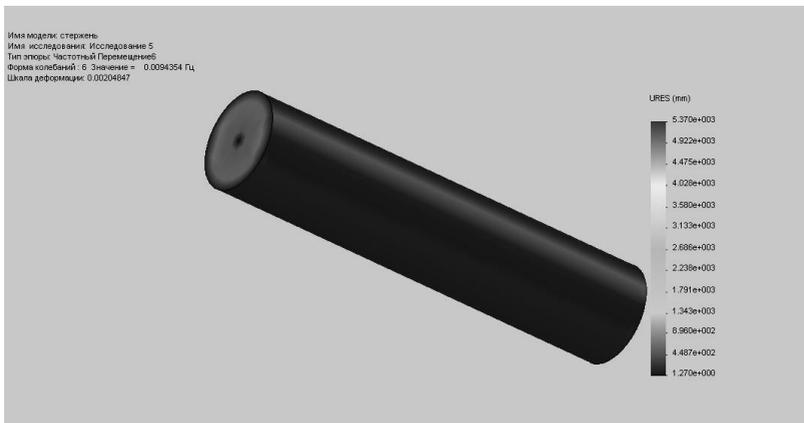


Рисунок 2. Крутильные колебания стержня шестой формы без граничных условий

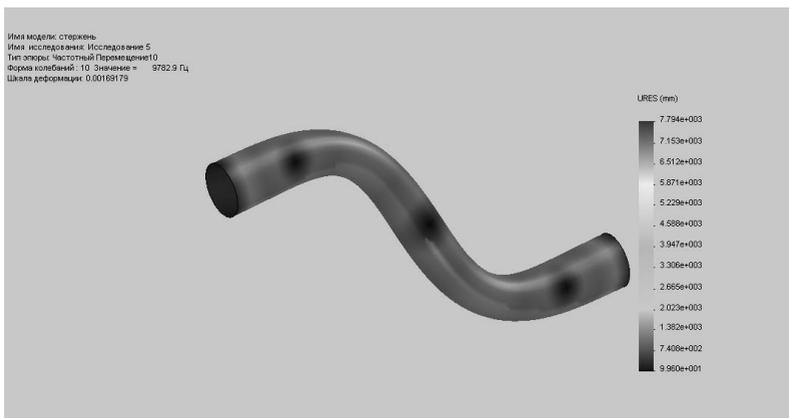


Рисунок 3. Поперечные колебания стержня десятой формы без граничных условий

На рисунках 1, 2 и 3 видно, что колебания действительно разделяются, при отсутствии граничных условий и нагрузок.

Сочетание нескольких видов граничных условий, то есть сложные граничные условия, что в технике бывает очень часто, приводит к тому, что формы собственных колебаний перестают разделяться на классические поперечные, продольные и крутильные, формы собственных колебаний становятся сложными, включающими

в себя некоторые их сочетания, что можно видеть на рисунке 4, 5 и в таблице 2.

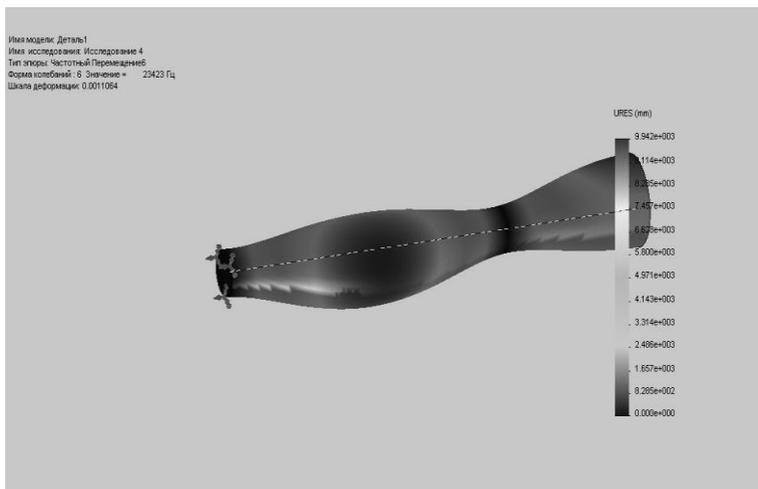


Рисунок 4. Комбинированная форма колебаний стержня при граничных условиях: с одного торца – зафиксированной геометрией и по всей цилиндрической поверхности – ролик/ползун

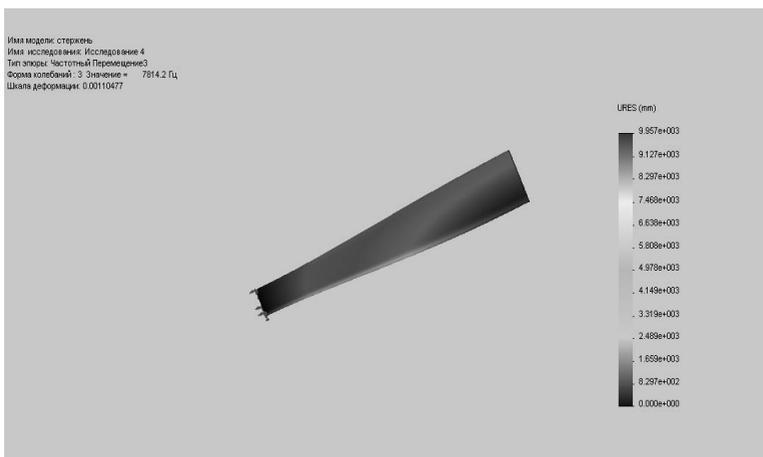


Рисунок 5. Крутильные и поперечные колебания стержня третьей формы при граничных условиях: с одного торца – зафиксированной геометрией и по всей цилиндрической поверхности – ролик/ползун

Таблица 2.
Собственные частоты стержня с граничными условиями: с одного торца зафиксированная геометрия и по всей поверхности – ролик/ползун

№	Частота, Гц	Тип колебаний	№	Частота, Гц	Тип колебаний
1	7495,5	Поперечные	14	67839	Поперечные
2	7443,5	Поперечные	15	70250	Поперечные и крутильные
3	7814,2	Крутильные	16	82389	Поперечные и крутильные
4	22480	Поперечные и крутильные	17	82899	Поперечные
5	22621	Поперечные	18	85867	Поперечные и крутильные
6	23420	Поперечные и крутильные	19	97327	Поперечные и крутильные
7	37458	Поперечные и крутильные	20	97887	Поперечные
8	37698	Поперечные	21	1,0132e+005	Поперечные и крутильные
9	39055	Поперечные и крутильные	22	1,1226e+005	Поперечные и крутильные
10	52447	Поперечные и крутильные	23	1,1293e+005	Поперечные
11	52776	Поперечные	24	1,1693e+005	Поперечные и крутильные
12	54661	Поперечные и крутильные	25	1,2714e+005	Поперечные и крутильные
13	67421	Поперечные и крутильные			

На рисунках 4, 5 и в таблице 2 наблюдаются сочетания продольных и крутильных колебаний, что говорит о том, что при правильном применении граничных условий можно выделить сочетания тех колебаний, которые нам необходимы.

В общем случае при сложных граничных условиях частоты различных форм колебаний не разделяются, а потому говорить отдельно о поперечных, или только о крутильных не правомочно. И в каждом отдельном случае для конкретной механической системы необходимо индивидуально подходить к вопросу о возможности разделения спектров частот различных форм колебаний. Преимущество конечно-элементных методов в том, что такой необходимости

не возникает, проведя анализ при заданных существующих условиях, мы можем проанализировать получившийся реальный частотный спектр и особенности форм колебаний, соответствующих каждой интересной для исследования частоте.

Кроме того, меняя и комбинируя различные виды граничных условий можно смоделировать ситуации, когда частотный спектр, в заданном диапазоне, будет содержать частоты, соответствующий заданному виду колебаний. Например, исключить поперечные и осевые колебания, для получения только крутильных. К примеру, подобную методику можно применить при проектировании выходного звена шпиндельного станка высокой точности, где необходимо исключить поперечные колебания в заданном диапазоне возмущающего воздействия.

Ни рисунках 6 и 7 применено граничное условие зафиксированное шарнирное опирание, при таких граничных условиях исключаются продольные колебания, так как точкам поверхности при нем невозможно перемещаться в радиальном и осевом направлении [1]. При таких граничных условиях выделяются только крутильные колебания, что мы и наблюдаем в таблице 3, единственное что меняется – число полуволн.

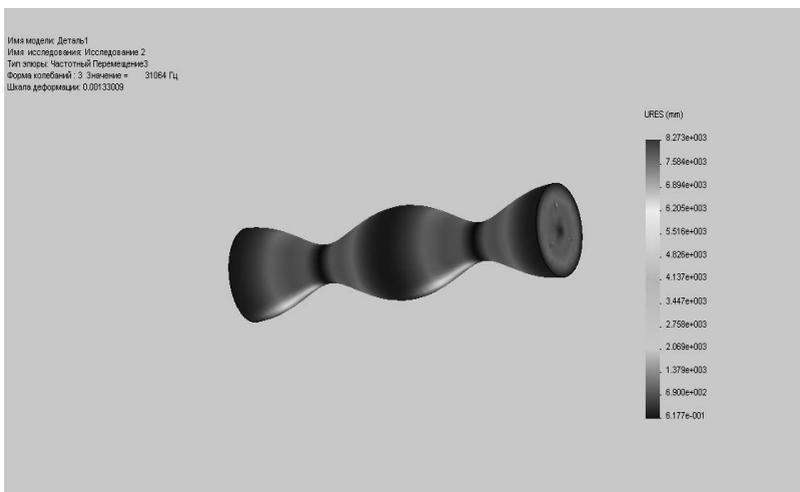


Рисунок 6. Крутильные колебания стержня третьей формы при граничных условиях: по всей цилиндрической поверхности – зафиксированный шарнир

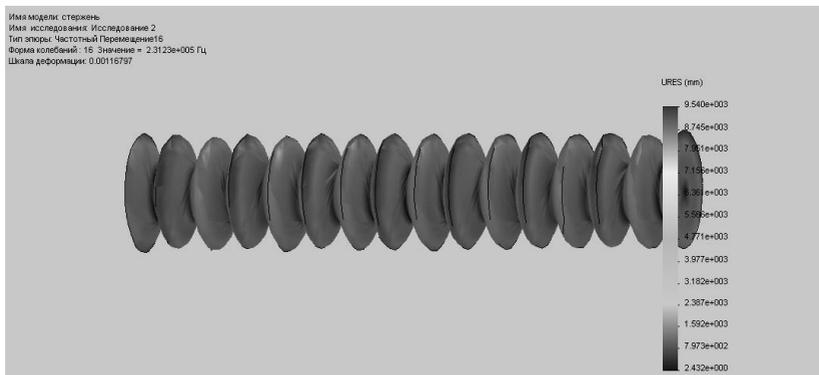


Рисунок 7. Крутильные и поперечные колебания стержня шестнадцатой формы при граничных условиях: по всей цилиндрической поверхности – зафиксированный шарнир

Таблица 3.

**Собственные частоты стержня с граничными условиями:
по всей поверхности – зафиксированная геометрия**

№	Частота, Гц	Тип колебаний	№	Частота, Гц	Тип колебаний
1	0,13001	Крутильные	14	2,009e+005	Крутильные
2	15529	Крутильные	15	2,1587e+005	Крутильные
3	31065	Крутильные	16	2,3123e+005	Крутильные
4	46614	Крутильные	17	2,3823e+005	Крутильные и продольные
5	62110	Крутильные	18	2,3852e+005	Крутильные и продольные
6	77632	Крутильные	19	2,4429e+005	Крутильные и продольные
7	93107	Крутильные	20	2,4633e+005	Крутильные и продольные
8	1,0863e+005	Крутильные	21	2,4979e+005	Крутильные и продольные
9	1,2399e+005	Крутильные	22	2,5755e+005	Крутильные и продольные
10	1,3948e+005	Крутильные	23	2,5843e+005	Крутильные и продольные
11	1,5477e+005	Крутильные	24	2,5891e+005	Крутильные и продольные
12	1,7022e+005	Крутильные	25	2,5963e+005	Крутильные и продольные
13	1,8549e+005	Крутильные			

Таким образом, мы можем сделать вывод, что граничные условия, их вид, комбинации существенным образом влияют на спектры резонансных частот. При проектировании сложных механических систем необходимо учитывать, что не всегда возможно разделение частот по видам колебаний, что усложняет возможности анализа динамического качества проектируемых изделий. С другой стороны комбинируя различные виды граничных условий можно добиться необходимого поведения того или иного элемента конструкции, то есть управлять динамическими свойствами изделий на этапе проектирования.

Список литературы:

1. Алямовский А.А. SolidWorks\CosmosWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов, – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил. (Серия «проектирование»).
2. Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация: Пер. с англ. – М: Мир, 1986. – 318 с.
3. Тимошенко С.П., Гудьер Дж. Теория упругости: Пер. с англ. – М.: Наука, 1979. – 560 стр.

РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ АСИНХРОННОГО ПРИВОДА

Иванов Дмитрий Сергеевич

*магистрант, Омский Государственный Технический Университет,
РФ, г. Омск*

E-mail: dmitriy-1992@mail.ru

Долингер Станислав Юрьевич

*ст. преподаватель,
Омский Государственный Технический Университет,
РФ, г. Омск*

E-mail: dolingerSY@gmail.com

THE CALCULATION OF PARAMETERS OF THE ASYNCHRONOUS DRIVE MODEL

Dmitry Ivanov

*master student, Omsk State Technical University,
Russia, Omsk*

Stanislav Dolinger

*lecturer, Omsk State Technical University,
Russia, Omsk*

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе был произведен расчет параметров асинхронного привода и моделирование его в приложении Simulink программного комплекса MATLAB. Управление приводом будет осуществляться через частотный преобразователь, преобразователь выполнен на основе IGBT транзисторов. По окончании моделирования получили графики, по которым можно сделать вывод, что модель выполнена успешно.

ABSTRACT

In the present work the calculation of parameters of the asynchronous drive and its modeling in the Simulink appendix of the program complex MATLAB was made. Control of the drive will be exercised via the frequency converter, the converter is implemented on the basis of IGBT transistors. On the end of modeling the schedules were received through which it is possible to draw a conclusion that the model works.

Ключевые слова: асинхронный привод; преобразователь частоты; диодный мост; генератор импульсов; IGBT транзисторы; Matlab Simulink.

Keywords: asynchronous drive; frequency converter; diode bridge; the pulse generator; IGBT transistors; Matlab Simulink.

Большое распространение электродвигателей переменного тока для привода механизмов различных систем обусловлено простотой, надежностью и относительно небольшой стоимостью этих машин. Основным недостатком асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором является постоянная частота вращения ротора электродвигателя, практически не зависящая от нагрузки. Однако подавляющее большинство систем, элементами которых являются приводимые электродвигателем механизмы, работают в режимах

с переменной нагрузкой, что позволяет применять преобразователи частоты, которые позволяют точно управлять скоростью и моментом электродвигателя по заданным параметрам в точном соответствии с характером нагрузки. Это в свою очередь, позволяет осуществлять точное регулирование практически любого процесса в наиболее экономичном режиме, без тяжёлых переходных процессов в технологических системах и электрических сетях.

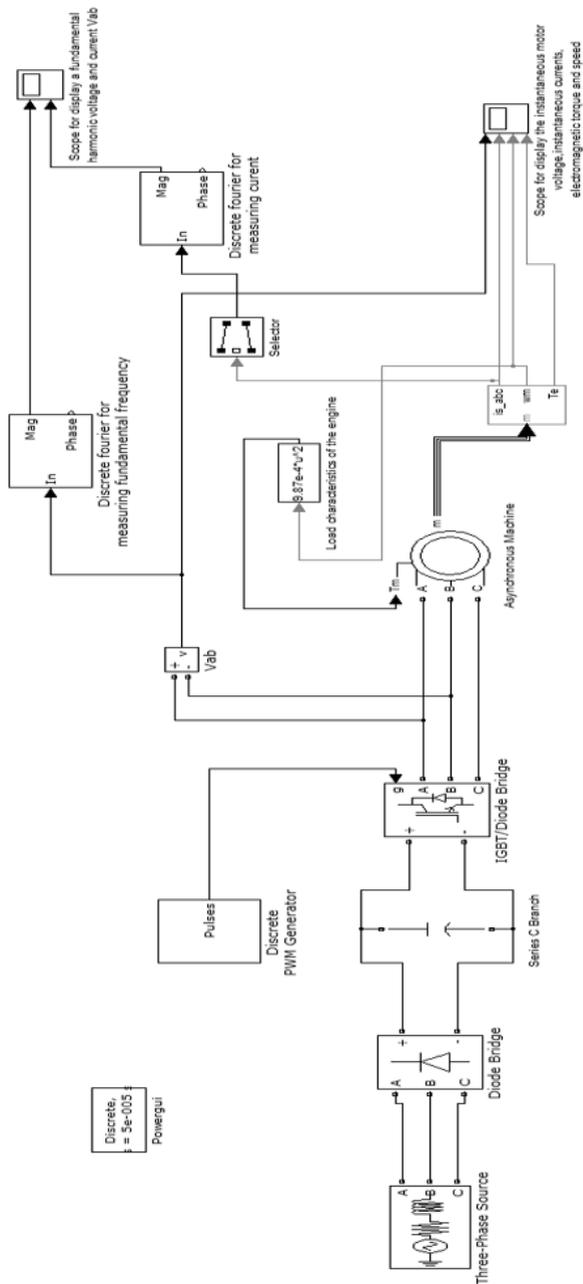


Рисунок 1. Модель асинхронного привода

Первый блок – трехфазный источник напряжения.

Моделирует трехфазный источник напряжения. Этот блок включает в себя три источника переменного напряжения, соединенных в звезду с нулевым проводом или без него. Каждая фаза источника обладает внутренним активно-индуктивным сопротивлением. Внутренние сопротивления всех фазисточника одинаковы. Внутреннее сопротивление источника может быть задано непосредственно с помощью значений сопротивления и индуктивности фазы или косвенно, с помощью параметров короткого замыкания. Мы в качестве источника напряжения берем трансформатор марки ТМ-630 /10. Необходимые параметры берем из справочной литературы, и часть параметров рассчитываем по приведенным ниже формулам.

Параметры ТМ-630/10:

$$R_T = \frac{\Delta P_{к.з} U_H^2}{S_H^2} = \frac{0,0076 \cdot 0,4^2}{0,63^2} = 0,0031 \quad (1)$$

$$X_T = \frac{U_{к.з} U_H^2}{100 S_H} = \frac{5,5 \cdot 0,4^2}{100 \cdot 0,63} = 0,0139 \quad (2)$$

где: R_T – активное сопротивление источника, Ом;

X_T – индуктивное сопротивление источника, Ом;

$P = 630$ – мощность трансформатора, кВт;

$U = 10$ – напряжение на высокой стороне трансформатора, кВ;

$U = 0,4$ – напряжение на низкой стороне трансформатора, кВ;

$f = 50$ – частота, Гц;

$\Delta P_{xx} = 1,05$ – потери холостого хода, кВт;

$\Delta P_{к.з} = 7,6$ – потери короткого замыкания, кВт;

$I_{xx} = 1,7$ – ток холостого хода, %;

$U_{к.з} = 5,5$ – напряжение короткого замыкания, %.

Второй блок – диодный мост.

Моделирует диодный мост. Модель UniversalBridge позволяет выбирать количество плеч моста (от 1 до 3), вид полупроводниковых приборов (диоды, тиристоры, идеальные ключи, а также полностью управляемые тиристоры, IGBT и MOSFET транзисторы, шунтированные обратными диодами). В этом блоке в качестве полупроводников мы используем диоды.

Выбираем диод по следующим параметрам:

$$I_{пр} \geq \frac{I_s}{2} = \frac{30,7}{2} = 15,35 \quad (3)$$

$$U_{обр,max} \geq 1,1 U_{\phi} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{U_L}{\sqrt{3}} = 1,1 \cdot \sqrt{2} \cdot \frac{400}{\sqrt{3}} = 359 \quad (4)$$

где: I_{np} – ток протекаемый по диоду, А;
 $U_{обр.мах}$ – максимально допустимое постоянное обратное напряжение, В;
 $I_s = 30,7$ – номинальный ток статора, А;
 $U_{л} = 400$ – линейное напряжение, В.
 Берем диод марки 2Д299ОБ.

$$R_{он} = \frac{U_{np}}{I_{np}} = \frac{1,27}{20} = 0,0635 \quad (5)$$

$$C_S < \frac{P_n}{1000 (2\pi f) U_H^2} < \frac{8000}{1000 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 50) \cdot 400^2} = 1,6 \cdot 10^{-7} \quad (6)$$

$$P_H = UI = 400 \cdot 20 = 8000 \quad (7)$$

$$R_S > 2 \frac{T_S}{C_S} > 2 \frac{5 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-7}} = 6,25 \cdot 10^2 \quad (8)$$

где: $R_{он}$ – внутреннее сопротивление диода, Ом;
 C_S – емкость демпфирующей цепи, Ф;
 P_H – номинальная мощность преобразователя, Вт;
 R_S – сопротивление демпфирующей цепи, Ом;
 $I_{np} = 20$ – импульсный прямой ток, А;
 $U_{np} = 1,27$ – импульсное прямое напряжение, В;
 $f = 50$ – основная частота, Гц;
 $U_H = 400$ – номинальное напряжение, В;
 $T_S = 5 \cdot 10^{-5}$ – время, с.
 Третий блок – фильтр.

Фильтры подобного рода используются в энергетических системах для снижения искажений напряжения и тока, а также повышения коэффициента мощности.

В этом блоке необходима рассчитать:

$$C = \frac{S}{2 \cdot q \cdot \pi \cdot m \cdot f \cdot R_0} = \frac{3}{2 \cdot 0,6 \cdot 3,14 \cdot 2 \cdot 20 \cdot 9,24} = 8,617 \cdot 10^{-4} \quad (9)$$

$$S = \frac{q}{q_{\phi}} = \frac{0,6}{0,2} = 3 \quad (10)$$

$$R_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot U^2}{P_H} = \frac{\sqrt{3} \cdot 400^2}{30000} = 9,24 \quad (11)$$

где: C – емкость фильтра,
 Φ ; S – коэффициент фильтрации;
 R_0 – сопротивление, Ом;
 $q = 0,6$ – коэффициент пульсации;
 $q_{\phi} = 0,2$; $m = 2$ – частота основной гармоники.

Четвертый блок – IGBT/Диодный мост.

Моделирует транзисторный мост. Модель UniversalBridge позволяет выбирать количество плеч моста (от 1 до 3), вид полупроводниковых приборов (диоды, тиристоры, идеальные ключи, а также полностью управляемые тиристоры, IGBT и MOSFET транзисторы, шунтированные обратными диодами). В этом блоке в качестве полупроводников мы используем IGBT/Diodes.

Выбираем транзистор типа IRG4PH40U.

Параметры транзистора:

$$R_{on} = \frac{U_{np}}{I_{np}} = \frac{2,43}{20} = 0,122 \quad (12)$$

$$C_S < \frac{P_n}{1000 (2\pi f) U_n^2} < \frac{8000}{1000 \cdot (2 \cdot 3,14 \cdot 50) \cdot 400^2} = 1,6 \cdot 10^{-7} \quad (13)$$

$$R_S > 2 \frac{T_s}{C_S} > 2 \frac{5 \cdot 10^{-5}}{1,6 \cdot 10^{-7}} = 6,25 \cdot 10^2 \quad (14)$$

где: R_{on} – внутреннее сопротивление диода, Ом;

C_S – емкость демпфирующей цепи, Ф;

R_S – сопротивление демпфирующей цепи, Ом;

$I_{np} = 20$ – импульсный прямой ток, А;

$P_n = 8000$ – номинальная мощность преобразователя, Вт;

$U_{np} = 2,43$ – импульсное прямое напряжение, В;

$f = 50$ – основная частота, Гц;

$U_n = 400$ – номинальное напряжение, В;

$T_s = 5 \cdot 10^{-5}$ – время, с.

Пятый блок – асинхронный двигатель.

Блок Async hronous Machine моделирует, асинхронную электрическую машину в двигательном или генераторном режимах. Режим работы определяется знаком электромагнитного момента машины. Порты модели А, В и С являются выводами статорной обмотки машины, а порты а, би с – обмотки ротора машины. Порт Тm предназначен для подачи момента сопротивления движению. На выходном порту m формируется векторный сигнал, состоящий из 21 элемента: токов, потоков и напряжений ротора и статора в неподвижной и вращающейся системах координат, электромагнитного момента, угловой частоты вращения вала, а также его углового положения. Для удобства извлечения переменных машины из вектора в библиотеке Sim Power Systems предусмотрен блок Machines Measurement Demux. Модель асинхронной машины включает в себя модель электрической части, представленной моделью пространства состояний четвертого порядка, и модель механической

части в виде системы второго порядка. Все электрические переменные и параметры машины приведены к статору. Исходные уравнения электрической части машины записаны для двухфазной (dq -оси) системы координат. На рис. 2 приведена схема замещения машины.

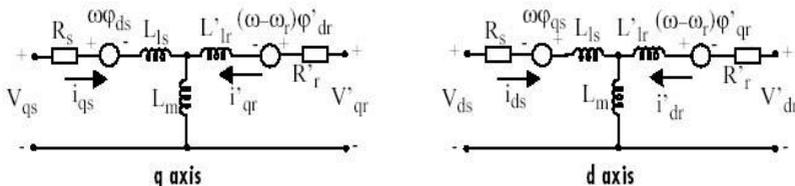


Рисунок 2. Схема замещения машины

Уравнения электрической части машины имеют вид:

$$U_{qs} = R_s i_{qs} + \frac{d}{dt} \Psi_{qs} + \omega \Psi_{ds} \quad (15)$$

$$U_{ds} = R_s i_{ds} + \frac{d}{dt} \Psi_{ds} + \omega \Psi_{qs} \quad (16)$$

$$u'_{qr} = R'_r i'_{qr} + \frac{d}{dt} \Psi'_{qr} - (\omega - \omega_r) \Psi'_{dr} \quad (17)$$

$$u'_{dr} = R'_r i'_{dr} + \frac{d}{dt} \Psi'_{dr} - (\omega - \omega_r) \Psi'_{qr} \quad (18)$$

$$T_e = 1,5(\Psi_{ds} i_{qs} - \Psi_{qs} i_{ds}) \quad (19)$$

Механическая часть машины описывается двумя уравнениями:

$$\frac{d}{dt} \omega_m = \frac{1}{2H} (T_e - F \omega_m - T_m) \quad (20)$$

$$\frac{d}{dt} \theta_m = \omega_m \quad (21)$$

где: U_{qs} – проекция напряжения на ось q;
 U_{ds} – проекция напряжения на ось d;
 u'_{qr} – проекция напряжения на ось q;
 u'_{dr} – проекция напряжения на ось d;
 T_e – электромагнитный момент;
 d – проекция переменной на ось d;
 q – проекция переменной на ось q;
 r – индекс, обозначающий параметр или переменную ротора;
 s – индекс, обозначающий параметр или переменную статора.
 Выбираем асинхронный двигатель марки 4А180М2НЗ [3, с. 27].

Параметры асинхронной машины рассчитываются последующим выражениям:

$$U = \frac{U_H}{\sqrt{3}} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230,9 \quad (22)$$

$$n_1 = \frac{60f_1}{p} = \frac{60 \cdot 50}{1} = 3000 \quad (23)$$

$$S_H = \frac{n_1 - n_H}{n_1} = \frac{3000 - 2945}{1} = 0,0183 \quad (24)$$

$$S_{кр} = S_H(m_m + \sqrt{m_m^2 - 1}) = 0,0183 \cdot (2,5 + \sqrt{2,5^2 - 1}) = 0,088 \quad (25)$$

$$\omega_1 = \frac{2\pi f}{p} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 50}{1} = 314 \quad (26)$$

$$\omega_H = \frac{\pi n_H}{30} = \frac{3,14 \cdot 2945}{30} = 308,2 \quad (27)$$

$$M_H = \frac{P_H}{\omega_H} = \frac{30000}{308,2} = 97,3 \quad (28)$$

$$M_{п} = m_{п} M_H = 1,4 \cdot 97,3 = 136,3 \quad (29)$$

$$M_m = m_m M_H = 2,5 \cdot 97,3 = 243,4 \quad (30)$$

$$P_{мех} = (0,01 \div 0,05) P_H = 0,025 \cdot 30000 = 750 \quad (31)$$

$$R_r = \frac{P_H + P_{мех}}{3I_H^2 \frac{1 - S_H}{S_H}} = \frac{30000 + 750}{3 \cdot 30,7^2 \cdot \frac{1 - 0,0183}{0,0183}} = 0,66 \quad (32)$$

$$R_s = \frac{U \cos \varphi (1 - \eta)}{I_H} - C^2 R_r - \frac{P_{мех}}{3I_H^2} = \frac{400 \cdot 0,9 \cdot (1 - 0,905)}{30,7} - 1,04^2 \cdot 0,199 - 30,7 \frac{750}{3 \cdot 30,7^2} = 0,66 \quad (33)$$

$$L_{sp} = L_{rp} = \frac{U}{4\pi f (1 + C^2) R_r I_H} = \frac{400}{4 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot (1 + 1,04^2) \cdot 7,5 \cdot 30,7} = 0,00133 \quad (34)$$

$$L_s = \frac{U}{2\pi f I_H \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}} \frac{22\pi f M_m S_H}{3 P_U S_{кр}} = \frac{400}{2 \cdot 3,14 \cdot 50 \cdot 30,7 \cdot \sqrt{1 - 0,9^2}} \frac{2 \cdot 2 \cdot 3,4 \cdot 50 \cdot 243,4 \cdot 0,0183}{3 \cdot 1 \cdot 400 \cdot 0,088} = 0,096 \quad (35)$$

$$L_m = L_s - L_{sp} = 0,096 - 0,00133 \quad (36)$$

- где: U – номинальное фазное напряжение, В;
 n_1 – частота вращения магнитного поля (синхронная частота вращения), об/мин;
 S_H – номинальное скольжение;
 $S_{кр}$ – критическое скольжение;
 ω_1 – угловая частота вращения магнитного поля (синхронная частота), рад/с;
 ω_H – номинальная угловая частота вращения вала, рад/с;
 M_H – номинальный момент, Нм;
 $M_{п}$ – пусковой момент, Нм;
 M_m – максимальный момент, Нм;
 $P_{мех}$ – механические потери, Вт;
 $C = 1,04$ – расчетный коэффициент;

R_r – приведенное активное сопротивление ротора, Ом;

R_s – активное сопротивление статора, Ом;

$L_{sp} = L_{rp}$ – приведенная индуктивность рассеяния статора и ротора,

Гн;

L_s – индуктивность статора, Гн;

L_m – индуктивность цепи намагничивания, Гн.

Шестой блок – функция.

Блок Fsp моделирует нагрузочную характеристику двигателя, вращающий момент в функции скорости двигателя. Мы примем квадратичную характеристику вращающий момент в функции скорости двигателя (т. е. нагрузка будет вентиляторная или насосная). Вращающий момент $M_{\text{тог}}$ пропорционален квадрату скорости ω .

$$M_n = k\omega^2 = 97,34 \quad (37)$$

$$k = \frac{M_n}{\omega^2} = \frac{97,34}{314^2} = 9,87e^{-4} \quad (38)$$

$9,87e^{-4} \cdot u^2$ – выражение для вращающего момента в функции скорости.

где: M_n – номинальный момент, Нм;

$\omega = 314$ – номинальная угловая частота вращения вала, рад/с;

k – постоянная.

Седьмой блок – генератор импульсов.

Блок Discrete PWM Generatorblock осуществляет управление мостовым инвертором. Выходные импульсы вектора (со значениями = 0 или 1). Выбираем режим генератора – трех фазный мост. В этом случае выходной вектор содержит 6 импульсов. Импульсы 1,3 и 5 соответственно для верхних выключателей первого, второго и третьего плеча, а импульсы 2,4 и 6 для нижних переключателей.

Устанавливаем следующие параметры: $f_1 = 1080$ – несущая частота, Гц; $T = 10e^{-6}$ – типовое время, с; $m = 0,9$ – показатель модуляции; $f = 50$ – частота выходного напряжения, Гц; $L = 0$ – фаза выходного напряжения, град.

Восьмой блок – фурье.

Блок fourier измеряет основную составляющую (50 Гц), входящую вне синусоидальное напряжение V_{ab} и в ток фазы А.

Параметры блока: $f = 50$ – основная частота, Гц; $n = 1$ – номер гармоники; V_{ab} – датчик напряжения.

Девятый блок – фурье.

Блок fourier измеряет ток фазы. Selector – переключатель.

Десятый и одиннадцатый блоки – осциллографы.

Блок Score используем, чтобы отобразить мгновенное напряжение двигателя, мгновенные токи, скорость и электромагнитный момент и чтобы отобразить основную гармонику напряжения V_{ab} и тока I_a .

Параметры блока: $n = 4$ – число графиков; $t = 0,05$ – временной интервал, с.

В данной статье предоставлен расчет параметров модели асинхронного привода, правильность расчетов отображают ниже приведенные рисунки.

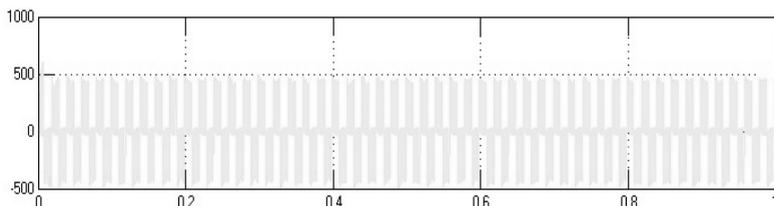


Рисунок 3. Мгновенное напряжение

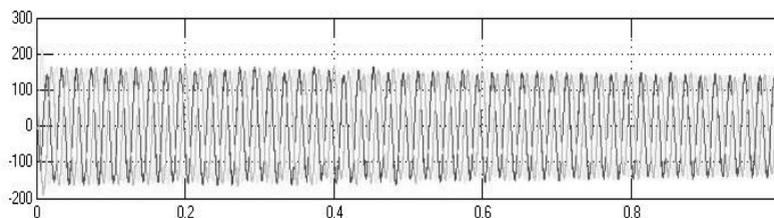


Рисунок 4. Мгновенные токи

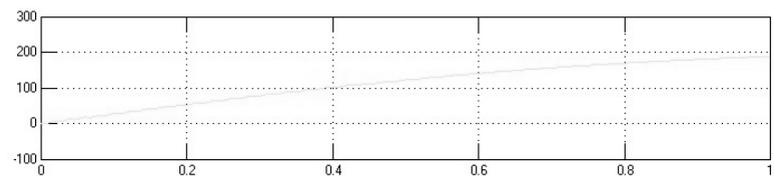


Рисунок 5. Скорость

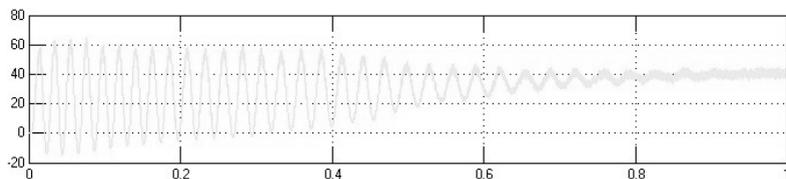


Рисунок 6. Электромагнитный момент

Список литературы:

1. Кузнецов М.С. Модернизация частотно-регулируемых асинхронных электроприводов серии ЭЧР при ограниченном информационном обеспечении: Автореферат дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук- Санкт-Петербург. 2007, – 18 с.
2. Справочник по полупроводниковым диодам: [Электронный ресурс]. – Режим доступа. – URL: <http://www.volt-220.com/images/book/diod.pdf> (дата обращения: 20.10.2015).
3. Кравчик М.М., Шлаф В.И., Афонин Е.А. Асинхронные двигатели серии 4А: Справочник – М.: Энергоаудит, 1982. – С. 25–86.
4. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в MATLAB, SimPowerSystems и Simulink. – М.: ДМК Пресс; СПб.: Питер, 2008. – 288 с.
5. Power System Blockset User's Guide COPYRIGHT1998 – 2000 by TEQSIM International Inc., a sublicense of Hydro-Quebec, and The Mathworks Inc. – 483 с., авторперевода Гнедин П.А.

ПРОЦЕДУРА ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ МОДЕЛИ ПОДВИЖНОГО ПОДВОДНОГО ОБЪЕКТА

Костюков Владимир Александрович

канд. техн. наук, доцент Южного федерального университета,
РФ, г. Таганрог
E-mail: wkost-einheit@yandex.ru

Кульченко Артем Евгеньевич

инженер Южного федерального университета,
РФ, г. Таганрог
E-mail: liandal@rambler.ru

Гуренко Борис Викторович

ассистент Южного федерального университета,
РФ, г. Таганрог
E-mail: gurenko@gmail.com

A PARAMETRIC IDENTIFICATION APPROACH OF UV MATHEMATICAL MODEL

Vladimir Kostukov

candidate of Technical Science, associate professor
of Southern Federal University,
Russia, Taganrog

Artem Kulchenko

engineer of Southern Federal University,
Russia, Taganrog

Boris Gurenko

assistant of Southern Federal University,
Russia, Taganrog

АННОТАЦИЯ

Приводится описание методики получения параметров модели подводного подвижного объекта, построенной на базе модели динамики твердого тела. В работе рассмотрены: определение массо-

инерционных параметров, гидродинамическое исследование и приближенное определение сил, порождаемых элементами конструкции подводного объекта.

ABSTRACT

The paper presents description of the method for obtaining parameters of underwater vehicle mathematical model, which is based on rigid body dynamics. It discusses the definition of mass and inertial parameters, hydrodynamic studies and an approximate determination of the forces generated by the structural elements of the underwater object.

Ключевые слова: подводный подвижный объект; математическая модель; гидродинамика.

Keywords: underwater vehicle; mathematical model; hydrodynamic.

Введение

Адекватная математическая модель движения подводного объекта (ПО) необходима для разработки эффективной системы управления его движением [3; 4; 6; 8; 9]. Особое значение имеет адекватность математической модели при осуществлении указанных движений ПО как необитаемого аппарата. Корректное построение математической модели ПО в значительной степени определяет качество проектирования системы управления движением ПО, в первую очередь, адекватность результатов проектирования реальным свойствам разрабатываемой системы управления [2].

Разработка математической модели ПО, как и любого другого объекта управления, проводится на основе соответствующих общих и частных законов природы. Математическая модель движений подвижного подводного объекта базируется на модели твердого тела. В работе предлагается процедура определения параметров модели движения ПО, достаточная для решения практических задач [1; 7]. В общем виде процедура состоит из трех базовых этапов: определения массо-инерционных характеристик ПО, определения гидродинамических коэффициентов и их обработки, расчета дополнительных сил. Ниже приведем описание каждого из приведенных этапов.

Определение массо-инерционных характеристик подводного объекта.

Массо-инерционные параметры ПО рассчитываются в приближении равномерного распределения массы по всему телу. Для этого проводятся соответствующие измерения с помощью программного комплекса cad-моделирования SolidWorks. С его помощью определяется геометрический центр – начало связанной системы,

который, как правило, смещен от оси симметрии корпуса на некоторое расстояние. Определение массо-инерционных параметров ПО включает следующие этапы:

1. Построение связанной с ПО системы и задание усредненной плотности.
2. Расчет элементов тензора моментов инерции относительно этой системы.
3. Расчет присоединенных масс.

Расчет гидродинамических коэффициентов подводного объекта.

Расчет гидродинамических коэффициентов производится в программном комплексе NumesaFINE/Неха [3]. Процедура гидродинамического расчета с использованием программного комплекса имеет вид:

1. создание расчетной области;
2. импортирование созданной геометрической модели в пакет NUMECAInternational;
3. задание граничных условий на поверхностях полученной области;
4. генерация сетки;
5. выбор основных параметров среды;
6. выбор математической модели, описывающей кинематику и динамику сплошной среды;
7. задание начального приближения к решению;
8. задание вычислительных параметров (т. е. величин, которые определяют используемые алгоритмы вычислительных процессов);
9. задание выходных параметров и типов их представлений после вывода;
10. запуск модели на расчет в вычислительном модуле и контроль сходимости процесса расчета;
11. просмотр полученных результатов расчета с помощью блока CFView.

При этом, для описания кинематики и динамики сплошной может быть использована система уравнений Навье-Стокса с учетом турбулентности по Спаларт-Альмаресу. Сеточное разбиение расчетной области произведено с использованием подпрограммы HEXPRESS.

Обработка результатов гидродинамических расчетов. Результаты расчетов представлены в виде двумерных массивов значений компонентов гидродинамических сил и моментов, действующих на подводный объект. Для дальнейшего использования расчетных данных в модели динамики предлагается их аппрокси-

мировать полиномами. Такой способ позволяет представить гидродинамические коэффициенты в компактной форме.

Точность аппроксимации оценивается двумя величинами: суммой квадратов отклонений аппроксимирующей функции от базисных значений – SSE и корнем из среднего квадрата отклонения – RMSE. Приведем описание алгоритм выбора степени аппроксимирующего полинома в словестной форме.

Согласно данному алгоритму, чтобы найти степень аппроксимирующего полинома гидродинамического коэффициента, на первом шаге производится аппроксимация полиномом 2-й степени. Инкрементируется i – степень полинома. Производится аппроксимация полиномом i -й степени. Сравнивается среднеквадратическое отклонение $RMSE(i)$ с $RMSE(i-1)$ и $SSE(i)$ с $SSE(i-1)$. Если погрешность для нового полинома $RMSE(i)$ гораздо меньше, чем в случае полинома $(i-1)$ -степени, тогда степень инкрементируется с шагом 1. Операции аппроксимации и сравнения повторяются до тех пор, пока разница между $RMSE(i)$ и $RMSE(i-1)$, а так же $SSE(i)$ и $SSE(i-1)$, станет незначительной.

Расчет дополнительных сил и моментов, порождаемых рулями управления. Рули управления ПО порождают силы и моменты, которые оказывают влияние на общую динамику ПО. Гидродинамические силы, индуцируемые этими рулями, на крейсерских скоростях движения ПО можно вычислять приближенно с помощью аппроксимации плоскими пластинами, повторяющими контур этих рулей.

Выводы

На основе приведенной процедуры в работах [1–3; 7] были получены параметры математической модели ПО. В процессе выполнения работы использовались методы компьютерного моделирования и численного исследования корпуса ПО. Полученные модели позволяют решать задачи построения полной математической модели ПО и проблемы управления его движением.

Благодарности

Работа поддержана Министерством образования и науки РФ, высшим учебным заведением в части проведения НИР в рамках выполнения гос. задания, тема № 213.01-11/2015*.

Список литературы:

1. Гуренко Б.В. Построение и исследование математической модели автономного необитаемого подводного аппарата // Инженерный вестник дона. – 2014. – № 4, [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2626> (дата обращения 07.12.2015).
2. Гуренко Б.В., Федоренко Р.В., Береснев М.А., Сапрыкин Р.В., Переверзев В.А. Разработка симулятора автономного необитаемого подводного аппарата // Инженерный вестник дона. – 2014. – № 3, [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2504> (дата обращения 07.12.2015).
3. Костюков В.А., Пшихопов В.Х. Применение программного комплекса NUMECA International для расчета аэрогидродинамических параметров математических моделей подвижных объектов // Известия ЮФУ, тематический выпуск «Актуальные проблемы производства и потребления электроэнергии». – Таганрог: Изд-во: ТТИ ЮФУ. – 2008. – № 7. – С. 82–88.
4. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Федоренко Р.В., Гуренко Б.В., Чуфистов В.М., Шевченко В.А. Алгоритмы многосвязного позиционно-траекторного управления подвижными объектами // Инженерный вестник дона. – 2014. – № 4, [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/N4y2014/2579> (дата обращения 07.12.2015).
5. Пшихопов В.Х., Федотов А.А., Медведев М.Ю., Медведева Т.Н., Гуренко Б.В. Позиционно-траекторная система прямого адаптивного управления морскими подвижными объектами // Инженерный вестник дона. – 2014. – № 3, [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2014/2496> (дата обращения 07.12.2015).
6. Пшихопов В.Х., Медведев М.Ю., Костюков В.А., Гайдук А.Р., Федоренко Р.В., Гуренко Б.В., Крухмалев В.А., Медведева Т.Н. Проектирование роботов и робототехнических систем: учеб. Пособие. Ростов-на-Дону: Изд-во ЮФУ, 2014. – 195 с.
7. Gurenko B., Mathematical Model of Autonomous Underwater Vehicle // Proc. of the Second Intl. Conf. on Advances In Mechanical and Robotics Engineering. – Zurich, Switzerland, 2014. – P. 84–87.
8. Pshikhopov V.Kh., Medvedev M.Y., and Gurenko B.V., Homing and Docking Autopilot Design for Autonomous Underwater Vehicle // Applied Mechanics and Materials. – Zurich, Switzerland, 2014. – 700–707.
9. Pshikhopov V., Chernukhin Y., Guzik V., Medvedev M., Gurenko B., Piavchenko A., Saprikin R., Pereversev V., Krukhmalev V., Implementation of Intelligent Control System for Autonomous Underwater Vehicle // Applied Mechanics and Materials. – Zurich, Switzerland, 2014. – 704–710.

ФИЛЬТР НА ОСНОВЕ ФЕРРИТОВОЙ НЕПЕРИОДИЧЕСКОЙ СТРУКТУРЫ

Топоркова Любовь Владимировна

*старший преподаватель кафедры физики
Поволжского государственного университета
телекоммуникации и информатики,
РФ, г. Самара
E-mail: toporkova200@yandex.ru*

FILTER BASED ON FERRITE NON-PERIODIC STRUCTURE

Lubov Toporkova

*senior lecturer of department of physics,
Volga state University of telecommunications and informatics,
Samara*

АННОТАЦИЯ

В данной работе рассмотрены особенности расчетов характеристик фильтров, на основе ферритовой неперидической структуры. Представлены элементы матрицы рассеяния, позволяющие рассчитать коэффициенты отражения и прохождения для E и H-волн. Данный метод расчета дает широкие возможности использования его для предварительного численного моделирования равномерной амплитудно- частотной характеристики фильтра, на основе ферритовой неперидической структуры.

ABSTRACT

The work considers the peculiarities of characteristics calculation for filters based on non-periodic ferrite structures. It presents the elements of the scattering matrix that allow calculating the reflection and transmission coefficients for E and H-waves. This calculation method has general applicability for preliminary numerical simulations of the uniform amplitude-frequency characteristics of the filter based on non-periodic ferrite structures.

Ключевые слова: фильтр; неперидическая ферритовая структура, элементы матрицы рассеяния.

Keywords: filters; non-periodic ferrite structures; elements of the scattering matrix.

Расчет характеристик оптических фильтров является важным направлением в оптоэлектронике. В технике оптической связи наиболее распространены фильтры на основе брегговских решеток, пленочные фильтры, также фильтры на основе дифракционных решеток. Фильтры на основе многослойных пленочных структур в основном используются для мультиплексирования по длине волны, т.к. они позволяют получить достаточно равномерную амплитудно-частотную характеристику в области пропускания. Для их реализации требуются прозрачные оптические пленки с различными коэффициентами преломления и минимальным коэффициентом поглощения в требуемой области спектра. Возможность учитывать изменение толщины слоя и значения углов подмагничивания является дополнительной степенью свободы при проектировании оптических фильтров.

В данной работе рассмотрено распространение электромагнитных волн в многослойной ферритовой неперриодической структуре с толщинами δ_i . Структура занимает область пространства $0 \leq z \leq N\delta_i$, где N - число слоев структуры. Используя граничные условия [1], рассмотрим прохождение электромагнитной волны через многослойную структуру, состоящую из тонких ферритовых пленок, различной толщины. Каждый слой имеет фиксированную ориентацию осей гиротропии, определяемых углами ψ, θ . Для многослойной структуры с анизотропными параметрами, описываемыми матрицами \vec{S}_i и имеющими толщины δ_i двухсторонние граничные условия могут быть представлены в виде

$$\vec{\Phi}(z = \delta_1 + \delta_2 + \dots + \delta_N) = \left\{ \exp(\delta_1 \vec{S}_1) \exp(\delta_2 \vec{S}_2) \dots \exp(\delta_N \vec{S}_N) \right\} \cdot \vec{\Phi}(z = 0) \quad (1)$$

где произведение матриц в фигурных скобках нельзя заменить матрицей $\exp\left\{ \sum_{i=1}^N \delta_i \vec{S}_i \right\}$, т.к. матрицы, в общем случае, не коммутирующие.

Использование граничных условий для многослойной структуры является лишь иной формой записи уравнений Максвелла и не приводит к упрощению решения исходных задач. Вместе с тем,

решение (1) может проводиться стандартной процедурой, однотипной для различных конфигураций и сред. При постоянных, в пределах рассматриваемых слоев, элементах матрицы S_{ij} решение ищется в виде комбинации функций:

$$\begin{aligned} E_x &= \alpha_1 \exp(\lambda z), E_y = \alpha_2 \exp(\lambda z), \\ H_x &= \alpha_3 \exp(\lambda z), H_y = \alpha_4 \exp(\lambda z) \end{aligned}$$

Параметр λ определяется уравнением $|\bar{S} - \lambda| = 0$, имеющим в общем случае четыре комплексных корня, соответствующим четырем волнам электромагнитного поля в области анизотропного слоя (две распространяются вдоль оси Oz , две в противоположном направлении). В этом случае компоненты поля можно представить

$$\text{в виде } \Phi_i(z) = \sum_{j=1}^4 \alpha_{ij} h_j \exp(\lambda_j z)$$

$i=1,2,3,4$, h_j – постоянные, определяемые из граничных условий, параметры α_{ij} для каждого слоя определяются решением систем уравнений следующего типа:

$$\begin{aligned} (S_{11} - \lambda_k) \alpha_{1k} + S_{12} \alpha_{2k} + S_{13} \alpha_{3k} + S_{14} \alpha_{4k} &= 0, \\ S_{21} \alpha_{1k} + (S_{22} - \lambda_k) \alpha_{2k} + S_{23} \alpha_{3k} + S_{24} \alpha_{4k} &= 0, \\ S_{31} \alpha_{1k} + S_{32} \alpha_{2k} + (S_{33} - \lambda_k) \alpha_{3k} + S_{34} \alpha_{4k} &= 0, \\ S_{41} \alpha_{1k} + S_{42} \alpha_{2k} + S_{43} \alpha_{3k} + (S_{44} - \lambda_k) \alpha_{4k} &= 0. \end{aligned}$$

Условие малой толщины слоя позволяет воспользоваться разложением матрицы $\bar{T} = \exp(\delta \bar{S})$ по малому параметру и получить сравнительно простые расчетные соотношения для большого числа структур.

Для многослойной структуры граничные условия примут вид:

$$\bar{\Phi}(z = \delta) = \prod_{k=1}^N (\bar{I} + \delta_k \bar{S}_k + \dots) \cdot \bar{\Phi}(z = 0), \quad (2)$$

или для сокращения записи $\bar{\Psi}_2 = \bar{T} \bar{\Psi}_1$,

где $\bar{T} = \exp(\delta \bar{S})$, $\bar{\Psi}_1 = \bar{\Psi}(z = 0)$, $\bar{\Psi}_2 = \bar{\Psi}(z = \delta)$.

Условие малой толщины слоя

$$S_{ij(k)}^2 \delta \ll S_{ij(k)} \quad (3)$$

позволяет воспользоваться разложением матрицы $\vec{T} = \exp(\delta \vec{S})$ по малому параметру и получить сравнительно простые расчетные соотношения.

Граничные условия (2) могут эффективно использоваться путем деления исследуемого слоя на систему тонких пленок, удовлетворяющих соотношению (3), что существенно расширяет возможности двухсторонних граничных условий для аналитического исследования разнообразных тонкопленочных структур. Элементы матрицы рассеяния для каждого слоя структуры в этом случае имеют вид:

$$\begin{aligned} T_{11} &= 1, \\ T_{12} &= \frac{\mu_{23} \delta_{\Phi}}{\mu_{33}} \frac{\partial}{\partial x}, \\ T_{13} &= i\omega \delta_{\Phi} \mu_0 \left(\frac{\mu_{23} \mu_{31}}{\mu_{33}} - \mu_{21} \right), \\ T_{14} &= i\omega \delta_{\Phi} \mu_0 \left(\frac{\mu_{23} \mu_{32}}{\mu_{33}} - \mu_{22} \right), \\ T_{21} &= 0, \\ T_{22} &= 1 - \frac{\mu_{13} \delta_{\Phi}}{\mu_{33}} \frac{\partial}{\partial x}, \\ T_{23} &= i\omega \delta_{\Phi} \mu_0 \left(-\frac{1}{\omega^2 \varepsilon_{33}} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \frac{\mu_{13} \mu_{31}}{\mu_{33}} + \mu_{11} \right), \\ T_{24} &= i\omega \delta_{\Phi} \mu_0 \left(\mu_{12} - \frac{\mu_{13} \mu_{32}}{\mu_{33}} \right), \\ T_{31} &= 0, \\ T_{32} &= i\omega \varepsilon_{22} \varepsilon_0 \delta_{\Phi}, \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned}T_{33} &= 1 - \frac{\mu_{31}\delta_{\Phi}}{\mu_{33}} \frac{\partial}{\partial x}, \\T_{34} &= -\frac{\mu_{32}\delta_{\Phi}}{\mu_{33}} \frac{\partial}{\partial x}, \\T_{41} &= i\omega\delta_{\Phi} \left(\frac{1}{\omega^2 \mu_{33} \mu_0} \frac{\partial^2}{\partial x^2} - \varepsilon_{11} \varepsilon_0 \right), \\T_{42} &= 0, \quad T_{43} = 0, \\T_{44} &= 1,\end{aligned}$$

Воспользовавшись методикой можно численно рассчитать частотные зависимости коэффициентов прохождения и отражения Е и Н-волн. Данный метод расчета дает широкие возможности использования его для предварительного численного моделирования равномерной амплитудно-частотной характеристики фильтра, на основе ферритовой неперриодической структуры.

Список литературы:

1. Глущенко А.Г., Топоркова Л.В. Особенности прохождения электромагнитных волн через ферритовые пленки с произвольным подмагничиванием // Физика волновых процессов и радиотехнические системы. – 2000. – том 3, – № 3–4. – С. 18–21.

2.4. МЕТОДЫ И СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ, ИНФОРМАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ

КОДОВОЕ ЗАШУМЛЕНИЕ И ДРУГИЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ

Каторин Юрий Федорович

*д-р военных наук, профессор, Санкт-Петербургский национальный
исследовательский университет информационных технологий,
механики и оптики
РФ, г. Санкт-Петербург*

Кудрявцева Ксения Александровна

*магистрант, Санкт-Петербургский национальный исследовательский
университет информационных технологий, механики и оптики
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: kudriavtseva.ksyu@yandex.ru*

OF CODE JAMMING AND OTHER WAYS TO PROTECT FIBER-OPTIC COMMUNICATION LINE

Yuriy Katorin

*doctor of Military Sciences, professor of St. Petersburg National Research
University of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Russia, St. Petersburg*

Ksenia Kudryavtseva

*master student of St. Petersburg National Research University
of Information Technologies, Mechanics and Optics,
Russia, St. Petersburg*

АННОТАЦИЯ

В данной статье рассмотрены способы, с помощью которых может быть обеспечена целостность информации передаваемой по оптоволоконным каналам: разобраны способы шифрования

информации при передаче, а так же метод кодового зашумления, реализуемый на аппаратном уровне.

ABSTRACT

This article describes the ways in which can ensure the integrity of information transmitted over fiber optic cables: disassembled ways to encrypt data during transmission, as well as the method of Code Jamming implemented at the hardware level.

Ключевые слова: ВОЛС; защита информации; кодовое зашумление; квантовая криптография.

Keywords: fiber-optic communication line; information security; cryptography; code jamming.

Роль информации в современном обществе повышается, и все большее внимание уделяется защите информации от различного вида угроз и атак, поскольку развитие информационной техники создает все новые и неизвестные каналы утечки информации. Особую опасность несут технологии, которые используют ранее не известные физические принципы реализации процессов [2].

С одной стороны, внедрение таких технологий создает иллюзию большей защищенности информации, что объясняется новизной используемых принципов, для которых еще не разработаны каналы утечки. С другой стороны, существует опасность появления каналов утечки еще не выявленных и не рассматриваемых ранее. Подобная проблема возникает с применением фотонных технологий в обработке, передаче и хранении информации, а именно с волоконно-оптической линией связи.

Оптический кабель – это кабель на базе оптических волокон. Волоконная оптика основывается на эффекте преломления при максимальном угле падения, когда имеет место полное отражение. Это явление происходит в том случае, когда луч света выходит из плотной среды и попадает в менее плотную среду под определенным углом.

Рассматривая методы защиты информации в ВОЛС, возьмем за данное, что на стадии ввода в действие объекта информатизации, имеющего в своем составе волоконно-оптическую систему передачи, осуществляются следующие действия:

1. Предварительные испытания
2. Опытная эксплуатация средств защиты информации в реальных условиях
3. Приемосдаточные испытания средств защиты

4. Аттестация защищенной волоконно-оптической системы передачи по требованиям безопасности информации

А так же при размещении ВОЛС в контролируемой зоне требования по технической защите от утечки информации не предъявляются, если защита обеспечивается организационными мерами.

Условно можно выделить три основные группы методов, предотвращающих или снижающих до минимума влияние посторонних подключений:

1. Физические средства защиты информации
2. Криптографическая защита информации
3. Аппаратные средства защиты информации [3].

Контроль доступа к оптическому кабелю – метод контроля, в котором регистрируется физический доступ к оптическому кабелю возможных злоумышленников по их воздействию на оптический кабель, в виде вибраций, виброакустических и других полей создаваемых нарушителем [1].

Этот способ заключается в использовании различных технических средств защиты информации от перехвата и включает большой набор активного оборудования, используемого при вводе в эксплуатацию смонтированных волоконно-оптических линий передачи информации.

В настоящее время разработана и широко используется измерительная аппаратура, позволяющая не только определять с высокой точностью величину полных потерь в линии (мультиметры), но и распределение потерь вдоль неё (оптические рефлектометры).

Мультиметр может использоваться как стабилизированный источник излучения, измеритель оптической мощности и затухания оптического сигнала в процессе прокладки, эксплуатации и ремонта волоконно-оптических линий связи. С применением этого прибора можно установить общие параметры работающей ВОЛС.

Так же используются оптические тестеры.

Хотя шифрование никак не препятствует подсоединению к волокну, оно делает украденную информацию малополезной для злоумышленников.

В настоящее время, в сфере волоконно-оптических технологий широкое применение нашла квантовая криптография. Это обусловлено тем, что с ее помощью возможна передача фотонов света на большие расстояния и с малыми искажениями. В отличие от традиционной криптографии, которая использует математические методы, чтобы обеспечить секретность информации, квантовая криптография

сосредоточена на физике, рассматривая случаи, когда информация переносится с помощью объектов квантовой механики – фотонов.

Необходимость в современной квантовой криптографии заключается в безопасном (конфиденциальном) распределении криптографических ключей между двумя абонентами без предварительного обмена секретами. Несмотря на схожесть решаемых задач с задачами традиционных асимметричных протоколов распределения ключей, принципы квантовой криптографии в корне отличаются от основ традиционной.

И, наконец, аппаратные средства защиты – средства защиты информации, реализованных на аппаратном уровне.

Рассмотрим метод случайного кодирования – кодовое зашумление. Способ рассмотрен в случае, когда злоумышленник подключен к ВОЛС посередине, как показано на рисунке 1.

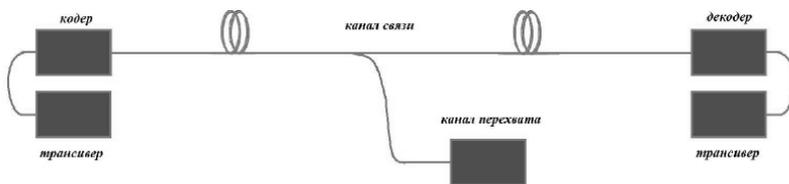


Рисунок 1. Схема подключения злоумышленника

Это метод, заключающийся в применении специально подобранных преобразований передаваемой информации, которые гарантируют уменьшение вероятности правильного приема сообщений при оптимальном декодировании сигналов, получаемых из канала утечки информации.

Зная минимальную вероятность ошибки, которую должен получать злоумышленник, можно найти ту величину мощности, которую ему нужно отвести для обеспечения такой вероятности. Таким образом, мы узнаем, какая мощность должна быть отобрана из кабеля. При анализе наличия НСД на стороне легального приемника эффективность обнаружения будет зависеть от этой величины изменения мощности, которая произошла вследствие появления НСД. По этой зависимости, задавшись каким-либо конкретным значением вероятности пропуска, можно рассчитать величину потерь информации, а затем и время обнаружения. Потери информации при этом – это то количество информации, которое сможет перехватить злоумышленник за это время.

Защита информации обеспечивается не за счет воздействия на параметры каналов утечки, а за счет вероятностного преобразования информации перед передачей по каналу связи. Невозможность восстановления информации злоумышленником основана на том свойстве, что канал утечки имеет меньшую пропускную способность, чем штатный канал пользователя. Способ кодирования выбирается так, чтобы в канале утечки количество возникающих ошибок сильно возросло, обеспечивая эффект зашумления передаваемого сигнала, в то время как в основном канале обеспечивалась надежная связь [4].

Применяя данные способы защиты ВОЛС комплексно, при помощи так же организационных методов, можно быть уверенными, что возможность перехвата информации мала, но не стоит забывать про актуализацию средств защиты, так как с каждым годом злоумышленники находят новые методы несанкционированного подключения и волоконно-оптические технологии не остаются без их внимания.

Список литературы:

1. Гришачев В.В., Информационная безопасность волоконно-оптических технологий// учебно-методический курс – 3 раздел, Защита РИ в ВОК.
2. Каторин Ю.Ф., Куренков Е.В., Лысов А.В., Остапенко А.Н. Большая энциклопедия промышленного шпионажа. – СПб.: ООО «Издательство Полигон», 2000. – 856 с.
3. Килин С.Я. Квантовая информация / Успехи Физических Наук. – 1999. – Т. 169. – С. 507–527.
4. Статья «Перехват данных на оптоволоконной линии и преимущества шифрования» – [Электронный ресурс] – Режим доступа – URL: <http://nag.ru> (дата обращения 15.05.2015).

СЕКЦИЯ 3.

ФИЗИКА

3.1. АКУСТИКА

ОСОБЕННОСТИ ТРАНЗВУКОВОГО ОБТЕКАНИЯ МОТОГОНДОЛЫ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ УГЛА АТАКИ

Бабарыкин Константин Валентинович

*канд. физ.-мат. наук, инженер,
Санкт-Петербургский государственный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: konst20@mail.ru*

CHARACTERISTICS OF TRANSONIC FLOW OVER AN ENGINE NACELLE WITH THE ATTACK ANGLE VARIATION

Konstantin Babarykin

*candidate of Science, engineer, Saint-Petersburg State University,
Russia, Saint-Petersburg*

Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 13-08-00288).

Исследования проведены с использованием вычислительных ресурсов Ресурсного Центра "Вычислительный центр СПбГУ" (<http://cc.spbu.ru>).

АННОТАЦИЯ

Проведено численное исследование транзвукового обтекания мотогондолы. В расчетах использовалась вычислительная программа Ansys-14 Fluent. В серии 2d расчетов изучена картина формирования

и слияния местных сверхзвуковых зон вокруг гондолы при увеличении числа Маха набегающего потока. В трехмерном моделировании исследовано влияние угла атаки набегающего потока на процесс слияния сверхзвуковых областей.

ABSTRACT

A numerical investigation of transonic flow over a nacelle is carried out. The well-known solver Ansys-14 Fluent is used. A series of 2d computations has made it possible to analyze the pattern of local supersonic zones formation and merging over the nacelle with increasing freestream Mach number. In the three-dimensional simulations the influence of the angle of attack on the process of merging supersonic zones is examined.

Ключевые слова: транзвуковое течение; мотогондола; сверхзвуковая зона; бифуркация.

Keywords: transonic flow; nacelle; supersonic zone; bifurcation.

Введение. Постановка задачи.

Целью настоящей работы является изучение картины течения около гондолы при числах Маха набегающего потока $M_\infty > 0,8$, когда может наблюдаться формирование нескольких сверхзвуковых зон вблизи тела. Внутреннее течение в гондоле в отличие от [2] не исследуется, вместо этого ставится выходное условие в горле канала. Истечение выхлопной струи моделируется постановкой входного условия на части задней поверхности с соблюдением примерного равенства расходов на участках горла и струи. В [1] тестируется программа осесимметричного расчета течения при $M_\infty = 0,8$, однако геометрия модели в нашем случае несколько иная, и формирование сверхзвуковых областей происходит при больших M_∞ .

Численное моделирование осуществлено известной программой ANSYS Fluent 14. Поиск числа Маха, при котором происходит слияние сверхзвуковых зон, проводится в серии 2d расчетов в осесимметричной постановке. 3d расчеты проведены при фиксированном M_∞ с изменяющимся углом атаки. Набегающий поток равномерный, со слабой турбулентностью, его параметры соответствуют условиям стандартной атмосферы, давление $p_\infty = 1$ атм, температура $T_\infty = 300$ К. В расчетах использовалась модель турбулентности SST $k-\omega$. Таким образом, условия обтекания приближены к условиям в транзвуковой аэродинамической трубе. Представление о модели мотогондолы дает рис. 1 б; ее длина равна 0,9 м, максимальная толщина составляет 0,26 м, нижняя граница является осью компоновки.

Расчетная область представляет собой полукруг с радиусом 46 длин модели (рис. 1а). Такая удаленность внешней границы

позволяет минимизировать влияние внешней границы, и дает возможность ставить на ней стандартное для Fluent граничное условие дальнего поля. Сетка для двумерных осесимметричных расчетов строится с учетом последующего ее преобразования в трехмерную, и содержит около 46 тыс. ячеек. Необходимая точность решения обеспечивается сгущением сетки в небольшой окрестности тела (рис. 1б).

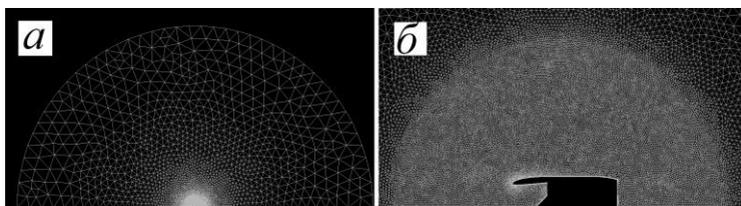


Рисунок 1. 2d сетка, общий вид (а), сетка в окрестности компоновки (б)

Такой способ построения сетки дает возможность получить адекватное численное решение и избежать больших вычислительных затрат.

Результаты расчетов.

Результаты осесимметричного расчета представлены на рис. 2 в виде распределения числа Маха вокруг компоновки для различных чисел Маха набегающего потока. Как показывают расчеты, при обтекании модели гондолы формирование сверхзвуковых зон начинается при гораздо больших значениях M_∞ , нежели в случае профиля или крыла, что обусловлено влиянием осесимметричности задачи. Видно, что в нашем случае при $M_\infty = 0,82$ заметны лишь небольшие сверхзвуковые области на боковой поверхности гондолы, классические сверхзвуковые зоны с замыкающей ударной волной наблюдаются при приближении M_∞ к 0,9. Отметим, что из-за наличия весьма протяженного участка боковой поверхности с нулевой кривизной местные сверхзвуковые области расположены вблизи носовой и кормовой части компоновки, что согласуется с [1]. Быстрый рост размеров сверхзвуковых зон происходит при $M_\infty > 0,9$, причем из-за наличия протяженного плоского участка рост продольных размеров не столь интенсивен по сравнению с ростом радиальных. Слияние сверхзвуковых областей в одну большую область с заметным прогибом звуковой линии происходит примерно при $M_\infty = 0,945$.

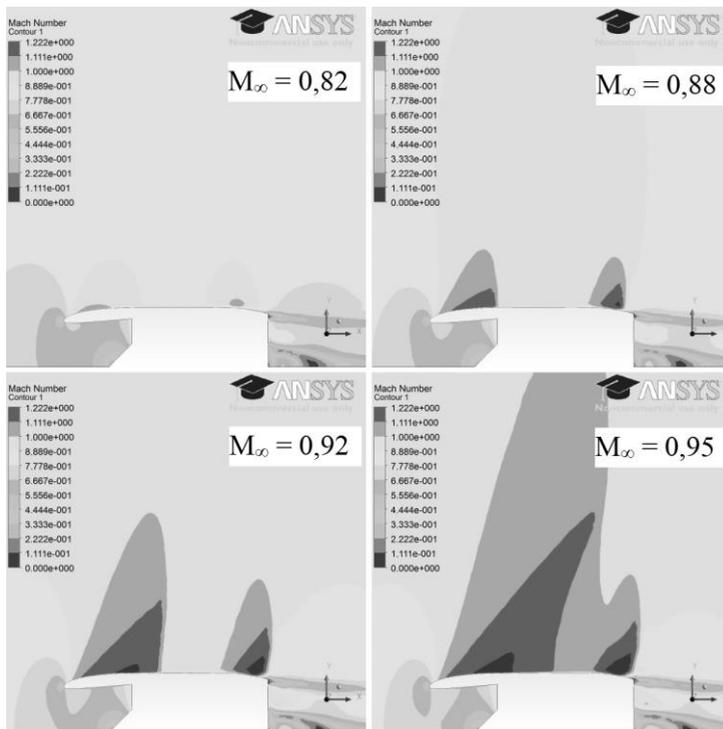


Рисунок 2. Поля числа Маха при различных значениях M_∞

Трехмерная сетка получается экструдированием исходной двумерной вокруг оси. Эта процедура производится вращением сетки на 180° с шагом 2° . Полученная сетка имеет форму полусферы, вид полученной в виде полуцилиндра компоновки представлен на рис. 3. Количество элементов составляет более 4 млн. Таким образом, модель гондолы "разрезается" пополам плоскостью симметрии, что дает возможность вести расчет под углом атаки, сэкономив вычислительные ресурсы.

Эволюция картины течения при увеличении угла атаки исследуется при значении $M_\infty = 0,943$, предшествующем слиянию сверхзвуковых зон на нулевом угле атаки (осесимметричное течение). Результаты расчетов представлены в виде распределений числа Маха на плоскости симметрии при указанном числе Маха набегающего потока для различных значений угла атаки α (рис. 4). Для сравнения приведена картина течения для двумерного осесимметричного варианта, показывающая приемлемость выбранного способа построения трехмерной сетки.

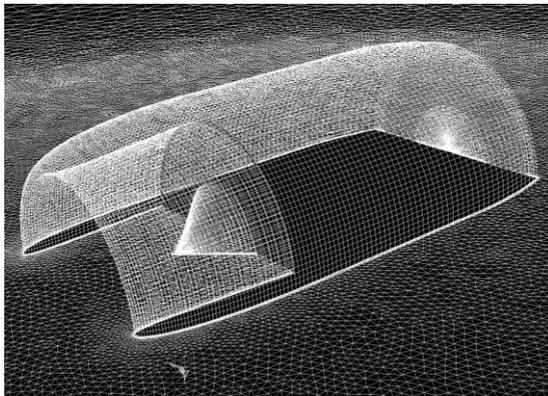


Рисунок 3. 3d сетка мотогондолы

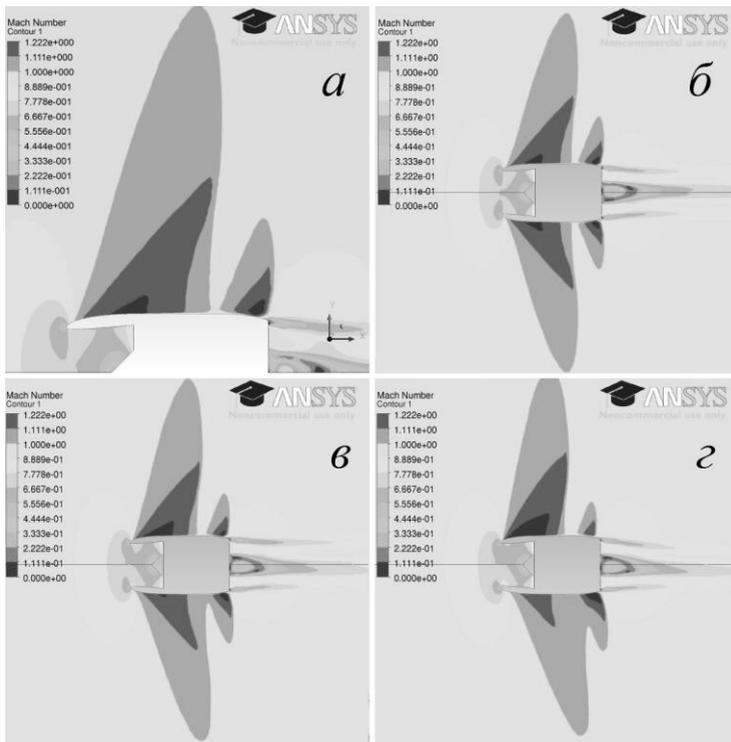


Рисунок 4. Поля числа Маха. 2d расчет (а); $\alpha = 0^\circ$ (б), $\alpha = 2^\circ$ (в), $\alpha = 5^\circ$ (г)

Как показывает расчет, зон при увеличении угла атаки (поперечная составляющая вектора скорости направлена вверх) на нижней стороне гондолы происходит уменьшение радиальных размеров сверхзвуковых областей и увеличение продольных, а на верхней стороне продольные размеры несколько уменьшаются. Соответственно, при увеличении угла атаки слияние сверхзвуковых зон начинается на нижней стороне.

Этот результат несколько необычен, так как известно, что при обтекании трансзвуковым потоком профиля или крыла увеличение угла атаки приводит к увеличению местных сверхзвуковых на верхней части и способствует их слиянию. На нижней части, как правило, наблюдается обратная картина, с расщеплением сверхзвуковой зоны на более мелкие. Видимо, полученное в настоящей работе отличие в картине обтекания мотогондолы объясняется осесимметричностью компоновки. Это подтверждается результатами [3], где аналогичная эволюция картины течения была получена для случая трехмерного расчета обтекания снаряда при различных значениях угла атаки.

Заключение

Проведено численное исследование трансзвукового обтекания гондолы авиадвигателя. В расчетах использовалась вычислительная программа Ansys-14 Fluent. В серии 2d расчетов изучена картина формирования местных сверхзвуковых зон вокруг гондолы при увеличении числа Маха набегающего потока от 0,82 до 0,95. Выявлено, что их слияние происходит при $M_\infty \approx 0,945$. В трехмерном моделировании исследовано влияние угла атаки набегающего потока на процесс слияния сверхзвуковых областей при $M_\infty = 0,943$. Выявлено аномальное (по сравнению с плоским обтеканием профилей) слияние сверхзвуковых зон на нижней стороне гондолы при увеличении угла атаки.

Список литературы:

1. Приходько А.А. Численное моделирование обтекания трансзвуковым потоком мотогондолы авиационного двигателя // Вестник двигателестроения. Запорожье, – 2009. – № 3. – С. 77–81.
2. Савельев А.А. Влияние поддерживающего устройства на характеристики модели двухконтурного сопла // Аэромеханика. Труды МФТИ, – 2014. – Том 6, – Вып. 3. – С. 20–26.
3. Kuzmin A. Sensitivity of transonic flow to small changes of airfoil shape: The 48-th Intern. Symp. of Applied Aerodynamics, Saint-Louis, 25–27 March 2013, – FP11-2013-kuzmin.

3.2. АСТРОМЕТРИЯ И НЕБЕСНАЯ МЕХАНИКА

ДОСТИЖЕНИЯ ПЕТЕРБУРГСКОЙ НАУЧНОЙ ШКОЛЫ ПО АСТРОНОМИИ И НЕБЕСНОЙ МЕХАНИКЕ

Поляхова Елена Николаевна

канд. физ.-мат. наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: pol@astro.spbu.ru

Королев Владимир Степанович

канд. физ.-мат. наук, доцент,
Санкт-Петербургский государственный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: vokorol@bk.ru

Холшевников Константин Владиславович

д-р физ.-мат. наук, профессор,
Санкт-Петербургский государственный университет,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: kyk@astro.spbu.ru

ACHIEVEMENTS OF THE ST. PETERSBURG SCIENTIFIC SCHOOL IN ASTRONOMY AND CELESTIAL MECHANICS

Elena Polyakhova

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor,
Saint-Petersburg State University,
Russia, Saint-Petersburg*

Vladimir Korolev

*candidate of Physical and Mathematical Sciences, assistant professor,
Saint-Petersburg State University,
Russia, Saint-Petersburg*

Konstantin Kholshchevnikov

*doctor of Physical and Mathematical Sciences, professor,
Saint-Petersburg State University,
Russia, Saint-Petersburg*

Работа выполнена при финансовой поддержке Программы проведения фундаментальных исследований СПбГУ по приоритетным направлениям (грант 6.37.341.2015).

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются исследования классиков российской науки по астрономии и небесной механике, которые были выполнены учеными многих научных школ и исследовательских коллективов Санкт-Петербурга. Сделана попытка оценить их вклад в дальнейшее развитие науки вплоть до начала XX века.

ABSTRACT

Investigations by classics of the Russian science in Astronomy and Celestial Mechanics which were executed by many scientific and educational schools and research collectives of Saint-Petersburg are considered. Attempt to estimate their contribution to further development of science up to XX century is presented.

Ключевые слова: астрономия; небесная механика; история науки.

Keywords: astronomy; celestial mechanics; science history.

Изучение движений космических тел, составляющих предмет **Теоретической Астрономии**, можно рассматривать как основной раздел

астрономических наук [4; 34] или небесной механики [5; 25; 31; 37], поскольку познание движений планет и других небесных тел служит основой и фундаментом познания Космоса. С другой стороны, теория движения тел Солнечной системы это основная часть астрономии, которая позволила создать пространственно-временную систему отсчета. Она является фундаментом многих исследований по астрономии, математике и физике [1; 8; 17; 19; 25–28].

Механика является основой научного познания, это наука о движении. Исследование проводится математическим моделированием на основании аксиоматически принятых постулатов и утверждений, содержание которых определяется глубинными свойствами материального мира. Как наука она зародилась в IV веке до нашей эры в трудах древнегреческих ученых [2; 7]. Одним из первых начал разрабатывать проблемы механики представитель пифагорейской школы философии Архит Тарентский. Общие принципы движения сформировал Аристотель, ученик Платона. Заложил основы механики, гидростатики и теории простых машин Архимед. Исследовал видимое движение Солнца, Луны и планет Птолемей [6], который предложил геоцентрическую систему мира.

Дальнейшее развитие наука получила в эпоху Возрождения в исследованиях многих европейских ученых. Прежде всего, это Леонардо да Винчи, Николай Коперник, Галилео Галилей, Иоганн Кеплер [2; 8]. Трудно провести четкую грань между теоретической и небесной механикой или некоторыми разделами математики и физики. Многие методы, созданные при решении задач механики, получили абстрактное продолжение и привели к созданию новых разделов и других наук. Предметом исследования теоретической механики являются отдельные материальные тела или выделенные системы тел в процессе их движения и взаимодействия между собой и окружающим миром при изменении взаимного расположения в пространстве и времени. Многие достижения естественных наук развивают или дополняют основные понятия механики.

Аналитическая механика была создана трудами представителей вплотную следующих друг за другом трех поколений [8; 30]. К 1687 году относится первая публикация «Математических начал натуральной философии» Исаака Ньютона [22]. В 1727 г. двадцатилетний Леонард Эйлер публикует свою работу по применению математического анализа в механике [39]. В 1788 г. Жозеф Лагранж публикует «Аналитическую динамику» [15]. Пройдет еще 30 лет и будут опубликованы труды по аналитической динамике механических систем трех знаменитых современников: Уильяма Гамильтона, Карла

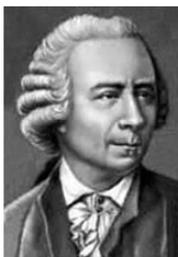
Якоби и Михаила Васильевича Остроградского [23; 24]. Трудами этих ученых было завершено построение основ современной классической механики [2; 8].

Создание Академии наук в Петербурге прямо связано с реформаторской деятельностью Петра I. Открытие Академии состоялось 27 декабря 1725 (7 января 1726) года. В число первых академиков вошли: математики Якоб Герман, Николай и Даниил Бернулли, Христиан Гольдбах, физик Георг Бюльфингер, астроном Жозеф Делиль; а в 1727 г. членом Академии стал Леонард Эйлер. Первоначально Эйлер приглашался в качестве сотрудника по медико-физио-логической части (он даже написал работу о движении крови), но вскоре после приезда он занял должность на кафедре высшей математики.

Ж.Н. Делиль, французский астроном и картограф [7; 20], член Парижской Академии, был приглашен в Россию в качестве первого академика астрономии основанной Петербургской Академии наук.



Ж.Н. Делиль
(1688–1768)



Леонард Эйлер
(1707–1783)



М.В. Ломоносов
(1711–1765)

Рисунок 1. Портреты первых академиков

Встреча Делиля с русским царем Петром I в Париже летом 1717 г. изменила всю дальнейшую судьбу ученого. Рекомендации Делиля использовались при закупке инструментов и книг для будущей Академии.

Делиль делился с Петром I и своими соображениями о том, что следовало бы делать в России по астрономии, геодезии, картографии и физике, демонстрировал царю свои эксперименты по дифракции света, а также астрономические наблюдения, геодезические измерения и навыки в составлении географических карт.

Петр I торопил Делиля с переездом в Россию. Однако, несмотря на весьма лестные и неоднократные приглашения, Делиль не сразу

согласился ехать в Россию. Он опасался отправляться в далекую и неизвестную страну до получения твердых гарантий на полную свободу действий в области научных исследований. Делиль переслал Петру I «Мемуар», подробно изложив в нем программу всех работ, которые он предполагал вести в России. Лишь после того, как представленная царю программа была полностью одобрена, Делиль решился ехать. В конце 1725 г. после подтверждения приглашения Петра I Екатериной он выехал в Петербург.

Велики его заслуги в организации астрономических работ в Петербургской Академии в первые годы существования. Он занимал пост директора Академической обсерватории и Географического департамента. Делиль был убежден в том, что дальнейшее успешное развитие астрономии невозможно без широкого использования математики. Остро нуждаясь в солидной математической базе для развития работ по небесной механике, обработке наблюдений и для лабораторных экспериментов по дифракции, он сумел убедить Эйлера всерьез заняться анализом бесконечно малых.

Безошибочно определив склонности каждого из своих коллег и учеников, он привлек Эйлера к работам в области небесной механики, Михаила Ломоносова – к астрофизике, Бернулли – к экспериментальной и теоретической физике и механике, Рихмана – к исследованиям в области электричества и магнетизма, а Красильникова и Попова – к астрометрии и геодезии. Именно в этих областях все они и добились наибольших успехов.

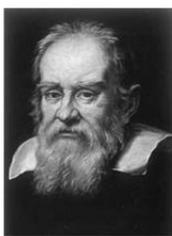
В России Эйлер создал свои знаменитые труды по аналитической и небесной механике [6; 11; 25; 36], математическому анализу, теории корабля, гидродинамике, теории упругости, рассматривал вопросы устойчивости. Эйлер выделяется своей необычайной трудоспособностью и разнообразием интересов. Список трудов Эйлера содержит около 850 названий. Большая часть астрономических сочинений Эйлера посвящена актуальным вопросам небесной механики, а также сферической, практической и мореходной астрономии, теории приливов, рефракции света в земной атмосфере, параллаксу и aberrации.

В 1736 г. Эйлер опубликовал книгу “*Mechanica sive Motus Scientia Analytice Exposita*” [39], которая принесла ему мировую славу. Отправным пунктом для исследования Эйлера послужили трактаты по механике Ньютона, Вариньона и Германа. Впервые динамика точки излагалась на основе математического анализа, сформулированы основные теоремы динамики. Такой подход имел первостепенное значение для небесной механики. Эйлер создал аналитический метод записи и интегрирования дифференциальных уравнений задачи двух

тел. Он математически сформулировал проблему уточнения орбит и в рамках задачи двух тел, и с учётом возмущений. Им также решена задача двух неподвижных центров. Главнейшее достижение Эйлера в небесной механике – интегрирование уравнений возмущённого движения. Еще в 1746 он вычислил возмущения Луны и опубликовал лунные таблицы. Им впервые строго определено такое важнейшее понятие небесной механики, как оскулирующие элементы. Он вывел аналитические соотношения, которые определяют их изменение – дифференциальные уравнения Эйлера [34]. Он с успехом применил их к установлению орбит Юпитера, Сатурна и некоторых других небесных тел.



*Николай
Коперник*
(1473–1543)



*Галилео
Галилей*
(1564–1642)



*Иоганн
Кеплер*
(1571–1630)



*Исаак
Ньютон*
(1643–1727)

Рисунок 2. Портреты классиков науки

Петербургская Академия наук была создана для обеспечения инженерных решений и проведения фундаментальных исследований при участии Л. Эйлера. Значительная роль в развитии естественных наук, истории и образовании в России принадлежит М.В. Ломоносову [17]. Академический университет был неотъемлемой частью академии. Он должен был готовить научные кадры. Относительно регулярной работа университета была в 50-е и начале 60-х годов, когда его деятельно опекал Ломоносов. Он обогатил науку фундаментальными открытиями в химии, физике, астрономии, геологии, географии, активно участвовал в 1755 году в основании Московского университета.

Список работ по астрономии, физике, математике и механике из библиотеки Делиля в Петербургской Академии наук содержал около 500 названий книг и рукописей. Сочинения Бернулли, Кеплера, Коперника, Ньютона, Лейбница, Галилея, Гильберта, Гюйгенса

и многих других весьма благотворно сказались на развитии отечественной науки.

Деятельность представителей Петербургской астрономической школы оказала сильное влияние на разные области науки и оставила яркий след в истории Академии наук [16–20; 25–28; 36]. Можно без преувеличения сказать, что благодаря работам представителей этой научной школы молодая Петербургская Академия наук сразу же завоевала высокий научный авторитет и получила международное признание. Именно этот коллектив и создал ту самую в высшей степени благоприятную для научного творчества обстановку, которая с первых лет существования превратила Петербургскую Академию наук в своеобразную «школу гениев», воспитавшую Бернулли, Эйлера, Ломоносова и многих других работавших там ученых.

Способствовал развитию астрономии, математики и механики также интерес к задачам определения движения небесных тел (Луны, планет и комет) [4–7; 9; 20; 25–28]. Работа Коперника «О вращении небесных сфер», открытия Галилея и Кеплера, теория движения Луны Клеро, Даламбера и Эйлера, пятитомная «Небесная механика» Лапласа и других классиков позволили создать всеобъемлющую теорию движения в гравитационном поле, давая возможность применения аналитических и численных методов к исследованиям многих других задач [5–9; 24; 31–34; 37].

1 января 1839 г. состоялось открытие Пулковской астрономической обсерватории, которая сразу же заняла ведущее место в мировой астрономической науке. Первым её директором был В.Я. Струве [33; 36].

Петербургская научная школа в XIX веке формировалась трудами таких ученых, как М.В. Остроградский, В.Я. Буняковский и О.И. Сомов [24–27] по проблемам анализа, математической физики, механики, а затем получили развитие в исследованиях выдающихся математиков. Работы Остроградского относятся к аналитической механике, небесной механике, теории упругости, гидромеханике. Он исследовал общие уравнения динамики [23; 27].

Начиная с работ Лагранжа [15], в механике зародилось особое направление по изучению движения с помощью знако-определенных функций фазовых координат. Сначала такими функциями служили кинетическая и потенциальная энергия, а после создания А.М. Ляпуновым теории устойчивости движения стали широко использовать различные функции [17–19].

Истоки творчества А.Н. Крылова восходят к петербургской математической школе, основателями которой были академики М.В. Остроградский, П.Л. Чебышев и А.М. Ляпунов [17; 19; 25–27].



В.Я. Струве
(1793–1864)



М.В. Остроградский
(1801–1862)



О.И. Сомов
(1815–1876)



П.Л. Чебышев
(1821–1894)

Рисунок 3. Портреты основателей научной школы

Огромное влияние на развитие науки в России оказали исследования академика Алексея Николаевича Крылова по астрономии, математике и механике [9–14; 16; 28]. Выдающийся российский и советский математик, механик, инженер-кораблестроитель, астроном, историк науки и педагог А.Н. Крылов приобрел мировую известность своими трудами по основам строительной механики корабля. Они включают труды по теории корабля, гидромеханике, теории гироскопов, теории дифференциальных уравнений, методам вычислений, небесной механике, баллистике, теории реактивного движения [12–14]. Менее известны его исследования по астрономии, механике, прикладной математике и истории науки [16; 28].

Обращаясь к работам по теории гироскопов, необходимо отметить, что основы вращательного движения около неподвижной точки были заложены Эйлером и Лагранжем, а затем развиты С.В. Ковалевской, Н.Е. Жуковским, Г. Гессом, Д.К. Бобылевым, В.А. Стекловым [16; 17; 24–27].



С.В. Ковалевская
(1850–1891)



К.Э. Циолковский
(1857–1935)



А.М. Ляпунов
(1857–1918)



А.Н. Крылов
(1863–1945)

Рисунок 4. Портреты исследователей по астрономии и механике

С.В. Ковалевская получила мировое признание своими работами о вращении твёрдого тела. В 1889 г. она была избрана первой среди

женщин членом-корреспондентом Петербургской академии наук. К астрономии относится работа «Дополнения и замечания к исследованию Лапласа о форме кольца Сатурна», которая была издана в 1885 г. [26].

Применением и техническим воплощением гироскопов в XIX веке занимался Л. Фуко. Это ему принадлежит слово «гироскоп». С его помощью Фуко доказал суточное вращение Земли, указал на принципиальную возможность существования свободного гироскопа и гироскопического компаса, применил гироскоп для определения географической широты места положения корабля, изучал прецессию и демпфирование.

А.Н. Крылову принадлежат публикации по механике гироскопического компаса с различными гидравлическими успокоителями и по теории баллистических девиаций двухроторного гироскопа [12; 13]. В 1932 г. А.Н. Крылов в соавторстве с Ю.А. Крутковым выпустил книгу «Общая теория гироскопов и некоторых их технических применений». В книге было дано систематическое изложение теории гироскопических успокоителей бортовой и килевой качки на море и в железнодорожных вагонах.

А.Н. Крылов предложил лучший для того времени метод решения векового уравнения в теории колебаний [14], который был опубликован в 1931 году в статье «О численном решении уравнения, которым в технических вопросах определяются частоты малых колебаний материальных систем».

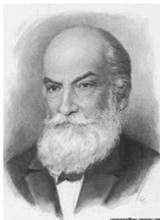
Способ Крылова основан на преобразованиях, при которых система дифференциальных уравнений, породивших вековое уравнение, приводится к одному уравнению высшего порядка. Термин «вековое уравнение» пришел из небесной механики, где это уравнение издавна служит для определения вековых неравенств в движении планет под действием взаимного притяжения, причем периоды отдельных колебаний орбитальных элементов составляют десятки и сотни тысяч лет. Крылов продемонстрировал простой способ составления этого уравнения с помощью такого определителя, в котором неизвестные частоты колебаний располагаются не по диагонали, как в классических методах, а в одном только его первом столбце, тогда как все остальные места занимают постоянные известные числа.

Другой важный результат А.Н. Крылова по математике относится к теории рядов Фурье. Он предложил новый метод улучшения сходимости рядов, получивший название метода Крылова. Всего по приближенным вычислениям он издал более десятка статей

и учебных пособий. А.Н. Крылов построил первую в России вычислительную машину для интегрирования дифференциальных уравнений, сконструировал ряд корабельных и артиллерийских приборов.



Д.К. Бобылев
(1842–1917)



Н.Е. Жуковский
(1847–1921)



В.А. Стеклов
(1864–1926)



С.А. Чаплыгин
(1869–1942)

Рисунок 5. Портреты выдающихся ученых научной школы

Огромную ценность имеют труды А.Н. Крылова, посвященные наследию классиков науки по механике и астрономии и переводам на русский язык сочинений знаменитых европейских ученых. Выполненный перевод с латыни книги Ньютона «Математические начала натуральной философии» [22], снабженный обширными комментариями, представляет собой в первую очередь его самостоятельный труд по классической и небесной механике, помогающий глубже осмыслить гениальный замысел книги Ньютона. Существенным вкладом в историю науки следует считать перевод [34; 38] книги «Теория движения Луны» Эйлера. При этом некоторые методы решения задач небесной механики, предложенные Ньютоном, Крылов преобразовал к современной математической форме. Многие модификации методов, выполненные Крыловым, применяются и в настоящее время. Крылов прекрасно владел латинским текстом Ньютона, не устывая одновременно комментировать его мысли как физического, так и философского содержания.

В 20-е годы Крылов возвращается к ньютоновым методам определения параболических орбит комет. Он с большой тщательностью восстанавливает классические методы определения орбит, а при изложении метода Ньютона проводит колоссальную работу. К общетеоретическим выкладкам добавляет примеры, просчитанные самим Крыловым, в том числе пример перевычисления орбиты кометы Галлея [9; 36]. Дело в том, что объяснение Ньютоном кометных движений явилось одним из важнейших аргументов в пользу истинности выдвинутого им закона тяготения. Единственным твердо установленным к XVII столетию фактом было практическое

отсутствие у комет суточного параллакса, что впервые открыл еще Тихо Браге. Отсюда следует вывод об удаленности комет от Земли и их гелиоцентрическом движении. Зная это, Ньютон успешно аппроксимировал вытянутую эллиптическую орбиту параболической и определил орбиту по трем наблюдениям. Что касается именно кометной тематики, то Крылов еще в «Беседах» доказал, что основная (десятая) лемма Ньютона совпадает с теоремой, которую астрономы традиционно связывают с именами Эйлера и Ламберта [11]. На это тождество впервые обратил внимание Лагранж, но не представил обоснования. Крылов излагает свой оригинальный и простой вывод теоремы Эйлера–Ламберта для определения орбиты непосредственно из десятой леммы Ньютона.

Работы по астрономии, в частности его перевод «Теоретической астрономии» К.Ф. Гаусса [4], представляют для нас не только ценность по существу содержания и использования в них методов прикладной математики, но одновременно служат выдающимся образцом исследований в области астрономии. Упомянутыми выше работами, а также переводом [38] второй лунной теории Эйлера, Крылов открыл в творениях великих классиков те идеи, которые могли быть полезны для новых отраслей наук следующих столетий. Крылов показывает, что Эйлер пользовался приемом, эквивалентным разложению в кратные ряды Фурье, хотя во времена Эйлера не были известны даже простейшие гармонические ряды. Крылов обратил внимание на нелинейные дифференциальные уравнения, которые Эйлер составлял для определения прямоугольных координат Луны. Для решения этой системы уравнений, представляющей собой общий случай движения, Эйлер во всех подробностях развивает фундаментальный метод интегрирования этой системы, доводя его до численного результата.

По поручению Советского правительства в 1921 г. А.Н. Крылов возглавляет специальную группу ученых, направляемую за границу для восстановления научных связей, закупки научного и промышленного оборудования и литературы. В том числе А.Н. Крылову было поручено разработать проект и технические условия к большому телескопу. Он заключает договор с английской оптической фирмой на изготовление 41-дюймового телескопа-рефрактора для Пулковской обсерватории АН СССР.

К творческому воссозданию наследия классиков науки Крылов вернется в 1935 г. в статье [10] о теории астрономической рефракции, то есть изменения направления лучей света, идущих от небесных светил, под влиянием их преломления в земной атмосфере. Само

явление рефракции было известно еще Птолемию, а строгая теория была дана Ньютоном в 1694 г. Учет этого эффекта является важным для проведения астрономических наблюдений на море, что и привлекло внимание Крылова к необходимости этого перевода. Крылов расшифровал составленные Ньютоном таблицы атмосферной рефракции. Здесь помогло глубокое знакомство Крылова со всем творчеством Ньютона, в том числе и с оптическими работами ученого. В результате перед читателями – астрономами, физиками, математиками и историками науки – предстала простая и ясная теория атмосферной рефракции, созданная Ньютоном и остававшаяся практически неизвестной вплоть до этой работы Крылова. Он полностью восстанавливает ньютоново доказательство основной теоремы в своей статье. Выполняя доказательство в аналитическом виде, Крылов пользуется современными ему математическими методами, однако не выходя за пределы того, чем в то время Ньютон владел, чтобы, сохраняя сущность и метод его рассуждения, представить их в привычной теперешнему читателю форме. Работы Крылова по небесной механике и орбитальной астрономии оказались важными не только с точки зрения истории науки, но и как пример осуществления конкретных практических потребностей в области навигации, а также как весомый успех применявшихся им методов прикладной математики. Историки науки постоянно используют исследования Крылова [6; 16; 28].

А.Н. Крылов с удовольствием занимается историей науки, исследует научное наследие ученых, знакомит широкие круги читателей с работами таких великих математиков как Ньютон, Эйлер, Лагранж, Гаусс, Чебышев, Остроградский, Коркин, Ляпунов и другие [4; 6; 16]. Подчеркивая значение их трудов для науки и часто творчески их перерабатывая, Крылов вносил поправки в эти произведения, не считая их неприкосновенными, развивал их идеи дальше в соответствии с новыми потребностями практики [3; 22; 28; 38].

В XX столетии возникли и продолжают появляться новые задачи. Особенно активно это было после появления современных вычислительных средств, которые многократно ускорили аналитические и численные методы исследования. Это новые сложные проблемы управляемого движения [21; 29], космической динамики, робототехники, биомеханики, квантовой механики. К настоящему времени сформировалось много научных направлений, течений, методов и возможностей исследований. Можно отметить работы выдающихся ученых научных школ и исследовательских коллективов России [1; 5; 17; 20; 25; 27]. Работами академика Л.С. Понтрягина

и целой плеяды отечественных ученых создана математическая теория управления на основе абстрактных геометрических методов и теория оптимального управления [2; 17; 29].

Трехсотлетняя история фундаментальной науки в Петербурге накладывает отпечаток на современную исследовательскую деятельность, создает особый дух научного сообщества. Для петербургских научных школ физико-математического цикла (астрономия, математика, механика, физика) характерна широта охвата предмета исследования. Большинство петербургских научных школ ориентируются на чрезвычайно высокие профессиональные и этические стандарты, заданные их основателями. Для многих ученых, несмотря на современное ускорение темпов и развитие научных коммуникаций, приводящих к быстрой смене методов и объектов исследования, остается существенным принадлежность к классическим научным школам, таким как петербургская научная школа Чебышева-Ляпунова-Стеклова.

Ари Пуанкаре [30] высказал как-то мысль, что «в науке нет решенных задач, а есть только более или менее решенные». Мысль великого математика полностью переносится, как считает академик Ж.И. Алфёров (он возглавил в 1989 г. Президиум Санкт-Петербургского научного центра Академии наук), и на проблемы организации и управления наукой и образованием. Решенные на одном этапе научно-организационные проблемы возникают на следующем витке исторического процесса. Особое освещение этому явлению возвращения проблем придает наше время, которое ставит в повестку дня вопросы сохранения научных школ, социального статуса и физического выживания ученого, еще недавно принадлежавших истории.

Еще в древние времена и последующие периоды существовали центры знания, научные школы и направления исследования науки [2; 6–8; 17; 20; 25]. Облик цивилизации и представления человечества о мире, в котором мы живем, радикально изменились. Современная наука пытается изучать разные стороны и проблемы в едином комплексе всего существующего, который проявляется столь многообразно в окружающем нас мире.

Весомый вклад в научную картину мира внесли выдающиеся ученые, работавшие в Санкт-Петербурге. Бесчисленные формулы и уравнения Эйлера, атмосфера Венеры Ломоносова [17], расширяющаяся Вселенная Фридмана [35]. Это множество открытых явлений и эффектов, небесных тел и новых веществ.

В Ленинграде в 1983 году был образован Ленинградский (ныне Санкт-Петербургский) научный центр Академии наук (СПбНЦ РАН), по праву считающийся историческим ядром Российской академии

наук. Основной задачей Научного центра является содействие в развитии фундаментальных исследований в области естественных, технических, гуманитарных и общественных наук. Центр способствует развитию научно-технического потенциала академических учреждений Санкт-Петербурга, организует их взаимодействие в проведении междисциплинарных исследований. В сферу деятельности Центра также входит подготовка научных кадров и развитие международных научных связей.

В систему академических учреждений города вошли такие институты, как Институт Прикладной Астрономии Российской академии наук, Главная Астрономическая (Пулковская) Обсерватория, Санкт-Петербургское Отделение Математического Института имени В.А. Стеклова, в состав которого входит Международный математический институт имени Л. Эйлера, Физико-Технический Институт имени А.Ф. Иоффе и многие другие.

Список литературы:

1. Алешков Ю.З. Забачательные работы по прикладной математике. – СПб.: Изд. СПбГУ, 2004. – 309 с.
2. Боголюбов А.Н. Математики. Механики. Биографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1983. – 639 с.
3. Гаусс К.Ф. Избранные труды по земному магнетизму / Перевод с немецкого акад. А.Н. Крылова // «Классики Науки». – М.: Изд. АН СССР. 1952. – 279 с.
4. Гаусс К.Ф. Теоретическая астрономия // А.Н. Крылов. Собр. трудов / Перевод с немецкой рукописи и предисловие академика А.Н. Крылова – М.-Л.: Изд. АН СССР. – 1936. – Т. 6. – С. 299–452.
5. Дубошин Г.Н. Небесная механика. Основные задачи и методы. – М., 1962.
6. Идельсон Н.И. Этюды по истории небесной механики. – М.: Наука. 1975.
7. Колчинский И.Г., Корсунь А.А., Родригес М.Р. Астрономы. Биографический справочник. – Киев: Наукова думка, 1986. – 512 с.
8. Королев В.С. История становления аналитической механики // Естественные и математические науки в современном мире. 2015, № 10 (34). – Новосибирск: Изд. АНС «СибАК». – С. 28–43.
9. Крылов А.Н. Беседы о способах определения орбит комет и планет по малому числу наблюдений // СПб.: Известия Николаевской морской академии. Вып. 1. – 1911.
10. Крылов А.Н. Ньютонова теория астрономической рефракции // Архив Института истории науки и техники. 1935. Серия 1. Вып. 5. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. – С. 183–250.

11. Крылов А.Н. Судьба одной знаменитой теоремы Эйлера–Ламберта // Архив Института истории науки и техники. 1936. Серия 1. Вып. 8. – М.-Л.: Изд-во АН СССР – С. 281–299.
12. Крылов А.Н. Баллистика // Собр. соч. Том IV. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1937. – С. 314–317.
13. Крылов А.Н. Вибрация судов // Собр. соч. Том X. – М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1948. – С. 340–344.
14. Крылов А.Н. О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1950. – С. 250–251.
15. Лагранж Ж. Аналитическая механика. В 2 томах. – М.-Л.: ГИТТЛ, 1950.
16. Лопатухина И.Е., Поляхов Н.Н., Поляхова Е.Н., Сабанеев В.С. Основные научные достижения академика А.Н.Крылова по математике, механике и истории науки // Сб. материалов конференции «Восьмые Окуневские Чтения». – СПб.: Балтийский Университет «Военмех». 2013. – С. 422–424.
17. Люди русской науки // Очерки о выдающихся деятелях естествознания и техники. (Математика. Механика. Астрономия. Физика. Химия). Сборник статей под ред. И.В. Кузнецова. – М.: Физматлит, 1961. – 600 с.
18. Ляпунов А.М. Лекции по теоретической механике. – Киев, 1982. – 632 с.
19. Ляпунов А.М. Собр. соч. – М.: Изд-во АН СССР, т. 1, 1954, т. 2, 1956.
20. Невская Н.И. Петербургская астрономическая школа XVIII в. – Л.: Наука, 1984. – 240 с.
21. Новоселов В.С. Аналитическая теория оптимизации в гравитационных полях. – Л.: изд. ЛГУ, 1972. – 317 с.
22. Ньютон И. Математические начала натуральной философии // Собрание трудов А.Н.Крылова / Перевод с латинского и комментарии академика А.Н. Крылова. – М.: Наука. 1989. – 687 с.
23. Остроградский М.В. Лекции по аналитической механике. – М.-Л., 1946.
24. Остроградский М.В. Избранные труды. Серия: «Классики науки» – М.: Изд. АН СССР, 1958. – 584 с.
25. Поляхова Е.Н. Классическая небесная механика в работах Петербургской школы математики и механики в XIX веке. – СПб.: Изд-во «Нестор-История», 2012. – 140 с.
26. Поляхова Е.Н., Холшевников К.В. К 150-летию со дня рождения Софьи Ковалевской (1850-1891): ее научное наследие по классической и небесной механике // Вестник С.-Петерб. ун-та. Сер. 1. Вып. 2 (№ 9). 2001. – С. 3–26.
27. Поляхова Е.Н., Холшевников К.В. Некоторые задачи прикладной математики – небесная механика, геодезия, картография – в работах академика М.В. Остроградского и его научной школы (к юбилею ученого) // Вестник С.-Петерб. ун-та. Серия 10. 2007. Вып. 1. – С. 112–136.

28. Поляхова Е.Н., Королев В.С., Холшевников К.В. Переводы трудов классиков науки академиком А.Н. Крыловым // *Естественные и математические науки в современном мире*. № 27, 2015. – Новосибирск: Изд. «СибАК» – С. 108–128.
29. Понтрягин Л.С., Болтянский В.Г., Гамкрелидзе Р.В., Мищенко Е.Ф. Математическая теория оптимальных процессов. – М.: Наука, 1961. – 391 с.
30. Пуанкаре А. О науке / Перевод с французского под ред. Л.С. Понтрягина. – М.: Наука, 1990. – 736 с.
31. Пуанкаре А. Лекции по небесной механике. – М.: Изд-во АН СССР, 1965.
32. Соболев В.В. Курс теоретической астрофизики. – М.: Наука, 1967.
33. Струве В.Я. Этюды звездной астрономии. – М.: Изд-во АН СССР, 1953.
34. Субботин М.Ф. Введение в теоретическую астрономию. – М.: Наука, 1968. – 800 с.
35. Фридман А.А. Мир как пространство и время. 2-е изд. – М.: Наука, 1965.
36. Холшевников К.В. Небесная механика // *История астрономии в России и СССР*. Под ред. акад. В.В. Соболева. – М.: Изд-во Янус-К. 1999. – С. 78–132.
37. Чеботарев Г.А. Аналитические и численные методы небесной механики. – М.: Наука, 1965.
38. Эйлер Л. Новая теория движения Луны / Перевод с латинского с примечаниями и пояснениями академика А.Н. Крылова // А.Н. Крылов. *Собрание трудов*. – М.-Л.: Изд-во АН СССР. 1937. Доп. к т. 5 и т. 6. – 248 с.
39. Эйлер Л. Механика или наука о движении в аналитическом изложении / Перевод с латинского Гохмана В.С. и Кондратьева С.П. под ред. И с примеч. Егоршина В.П. – М.-Л.: ОНТИ. 1938. – 500 с.

3.3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

МЕТОД ПРОИЗВОДЯЩЕГО ФУНКЦИОНАЛА В КЛАССИЧЕСКОЙ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ФИЗИКЕ

Пилипенко Владимир Афанасьевич

*канд. физ.-мат. наук, доцент
Тюменского государственного университета,
РФ, г. Тюмень
E-mail: v-pilipenko@list.ru*

GENERATING FUNCTIONAL METHOD IN CLASSICAL STATISTICAL PHYSICS

Vladimir Pilipenko

*candidate of Science, assistant professor of Tyumen State University,
Russia, Tyumen*

АННОТАЦИЯ

Исследуется уравнение Боголюбова для производящего функционала бесконечных систем классической статистической физики. Сформулирован критерий фазовых переходов первого рода в методе производящего функционала.

ABSTRACT

The Bogoliubov equation for generating functional of classical statistical physics is studied. The first order phase transitions are considered on the basis of the generating functional method.

Ключевые слова: производящий функционал; фазовые переходы.
Keywords: generating functional; phase transitions.

Равновесные свойства конденсированного состояния вещества изучаются методом ансамблей Гиббса или методом частичных функций распределения. Помимо технических трудностей, которые имеются при использовании этих методов, есть и принципиальные вопросы, связанные с описанием критического состояния вещества

и фазовых переходов в системе. Чтобы включить в систему статистической физики наличие фазовых переходов требуется выполнение термодинамического предельного перехода к бесконечной системе частиц.

Построенные на основе концепции термодинамического предельного перехода бесконечночастичные модели, описывающие объемные свойства реальных физических систем, и определение понятия предельного гиббсовского распределения [3, с. 48] позволило сформулировать основную проблему равновесной статистической физики как задачу описания всех предельных распределений Гиббса, отвечающих заданному гамильтониану, во всей области термодинамических состояний. Сложность этой проблемы требует привлечения далеко не традиционных в этой области математических средств.

Плодотворным в этом отношении является метод производящего функционала, эффективность применения которого к исследованию статистических систем обусловлена использованием понятий и методов функционального анализа. Производящий функционал ввел в статистическую физику Н.Н. Боголюбов в 1946 г. в работе [2, с. 99]. Математические проблемы метода производящего функционала, его связь с методом предельных гиббсовских распределений, а также применение этого метода в статистической физике рассмотрены в обзоре [4, с. 159].

Рассмотрим бесконечночастичные математические модели, описывающие объемные свойства систем одинаковых частиц, находящихся в равновесии со средой и имеющих с ней механический, тепловой и материальный контакты. Интенсивность теплового взаимодействия характеризуется величиной β , обратно пропорциональной температуре, а интенсивность материального взаимодействия характеризуется активностью z . Потенциальная энергия взаимодействия N частиц имеет вид

$$U(x)_N = \sum_{i=1}^N \Phi_1(x_i) + \sum_{i<j}^N \Phi_2(x_i, x_j) \quad (1)$$

где потенциал внешнего поля $\Phi_1(x)$ удовлетворяет условию

$$\forall \beta > 0 \exp(-\beta \Phi_1) \in L^\infty(R^v) \quad (2)$$

а бинарный потенциал $\Phi_2(x, y)$ – симметричная функция, удовлетворяющая условию регулярности

$$\forall \beta > 0 \exp(-\beta \Phi_2(x, y)) - 1 \in L^\infty(R^v) \cap L^1(R^v) \quad (3)$$

Центральным в методе производящего функционала является уравнение Боголюбова – основное уравнение равновесной статистической физики, которому удовлетворяют производящие функционалы $A(t)$ гиббсовских состояний системы:

$$D(x)A(t) = z(x)A(h[x]t + f[x]) \quad (4)$$

с условием нормировки:

$$A(0) = 1 \quad (5)$$

где $D(x)A(t)$ – функциональная производная производящего функционала, определенного на пространстве интегрируемых функций $t(x) \in L^1(R^V)$. Через потенциалы взаимодействия выражаются функция Майера

$$f[x] \equiv f[x](y) = f(x, y) = \exp(-\beta\Phi_2(x, y)) - 1$$

функция

$$h[x] \equiv f[x] + 1$$

и функция

$$z(x) = z \exp(-\beta\Phi_1(x))$$

Свойства параметров $z(x)$ и $f[x]$ уравнения Боголюбова (4) обеспечивают существование первой функциональной производной у функционала $A(t)$ и, следовательно, решения уравнения Боголюбова лежат во множестве аналитических на $L^1(R^V)$ функционалов. Для конечных систем (все частицы находятся в области $\Delta \subset R^V$, что формально можно достигнуть, положив $\Phi_1(x) = \infty$, если $x \in R^V \setminus \Delta$) уравнение Боголюбова имеет единственное решение, являющееся производящим функционалом гиббсовского распределения статистическая сумма большого канонического ансамбля (БКА) Гиббса.

$$A_{\Delta}(t) = \frac{1}{\Xi} \sum_{N \geq 0} \frac{z^N}{N!} \int \chi_{\Delta}(x)_N \exp\{-\beta U(x)_N\} \prod_{i=1}^N (1 + t(x_i)) d(x)_N \quad (6)$$

Где
$$\Xi = \sum_{N \geq 0} \frac{z^N}{N!} \int \chi_{\Delta}(x)_N \exp\{-\beta U(x)_N\} d(x)_N \quad (7)$$

Единственность решения уравнения Боголюбова для конечных систем означает, что существует только одна однородная фаза во всей области термодинамических состояний.

В случае бесконечных систем уравнение Боголюбова имеет, по крайней мере, одно решение, являющегося производящим функционалом гиббсовского распределения, если дополнительно наложить на потенциалы условия, приводящие к оценкам s -частичных функций распределения БКА

$$\forall \Delta \subset R^v \rho_{\Delta}(x)_s = D(x)_s A_{\Delta}(0) \leq b \alpha^s$$

с постоянными $b > 0$ и $\alpha > 0$, зависящими, быть может, от (z, β) , но не зависящими от Δ . Частичные функции распределения БКА имеют вид

$$\rho_{\Delta}(x)_s = \frac{1}{\Xi} \sum_{N \geq 0} \frac{z^N}{(N-s)!} \int \chi_{\Delta}(x)_{N-s} \exp\{-\beta U(x)_N\} d(x)_{N-s}$$

Из существования производящего функционала гиббсовского распределения во всей области физических состояний термодинамической системы (z, β) следует существование решения и у всех точных интегральных и интегро-дифференциальных уравнений для частичных функций распределения, которые могут быть получены из уравнения Боголюбова. Подобный результат другими методами получен только при малых активностях и малых плотностях.

Уравнение Боголюбова (4) допускает обобщение на случай многокомпонентных систем с многочастичным взаимодействием как для непрерывных, так и для решеточных систем [5, с. 116].

Статистическим критерием фазовых переходов первого рода является наличие нескольких решений уравнения (4) с условием (5), являющихся производящими функционалами гиббсовских распределений при заданных термодинамических параметрах. Множество этих решений не пусто. Выяснена структура этого множества. Оно является выпуклым множеством, которое полностью характеризуются своими крайними точками. Эти точки интерпретируются в статистической физике как состояния, соответствующие чистым фазам. Поэтому понятна актуальность задачи по выделению тех параметров (z, β) с фиксированным взаимодействием, при которых уравнение Боголюбова имеет единственное нормированное решение (область однофазных состояний системы), и тех параметров (z, β) , когда уравнение Боголюбова имеет несколько нормированных решений

(область многофазных состояний системы). Несмотря на свою кажущуюся простоту, уравнение Боголюбова для бесконечных систем сложно для исследования. Поэтому при исследовании однозначной разрешимости желательно искать такие методы, которые не требуют явного построения решений или перехода к уравнениям для частичных функций распределения.

Как известно, для построения термодинамики системы достаточно знать унарную и бинарную функции распределения. Существующие приближения практически не поддаются обоснованию и зачастую приводят к термодинамической несогласованности теории. В монографии [1, с. 25] сформулирован вариационный принцип для термодинамического потенциала большого канонического ансамбля, который обеспечивает термодинамическую согласованность теории в любом приближении, получаемом из этого вариационного принципа.

Список литературы:

1. Аринштейн Э.А. Вариационный принцип в теории частичных функций распределения статистической физики. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», Институт компьютерных исследований, 2008. – 148 с.
2. Боголюбов Н.Н. Избранные труды, т. 2, Киев: Наукова думка, 1970, – с. 99–209.
3. Добрушин Р.Л. Задача единственности гиббсовского случайного поля и проблема фазовых переходов // Функц. анализ и его прилож., – 1968, – т. 2, – с. 44–57.
4. Назин Г.И. Метод производящего функционала // Теория вероятностей. Математическая статистика. Теоретическая кибернетика. Т. 22. Итоги науки и техники, ВИНТИ АН СССР, 1984, М., – с. 159–201.
5. Пилипенко В.А. Решеточные системы с многочастичным взаимодействием // Вестник Тюменского университета. – 2002. – № 3. – С. 116–118.

СЕКЦИЯ 4.

БИОЛОГИЯ

4.1. БОТАНИКА

ИНТРОДУКЦИЯ ФОРЗИЦИИ ЯЙЦЕВИДНОЙ (*FORSYTHIA OVATA NAKAI*) НА СРЕДНЕМ УРАЛЕ

Папышева Александра Владимировна

*магистрант, кафедра Лесной таксации и лесоустройства,
Институт Леса и Природопользования,
Уральский государственный Лесотехнический университет,
РФ, г. Екатеринбург
E-mail: natpap@mail.ru*

Мизгирева Ирина Дмитриевна

*аспирант, кафедра Ландшафтного строительства,
Институт Леса и Природопользования,
Уральский государственный Лесотехнический университет,
РФ, г. Екатеринбург
E-mail: 126ilp@mail.ru*

INTRODUCTION *FORSYTHIA OVOID* (*FORSYTHIA OVATA NAKAI*) IN THE MIDDLE URALS

Alexandra Papysheva

*master student, Department of Forest Inventory and Management,
Institute of Forest and Natural Resources, Ural State Forestry University,
Russia, Yekaterinburg*

Irina Mizgireva

*graduate student, Department of Landscape architecture,
Institute of Forest and Natural Resources, Ural State Forestry University,
Russia, Yekaterinburg*

АННОТАЦИЯ

В настоящее время проблема мобилизации генофонда растений, в том числе введения в культуру новых декоративных видов растений, таких как форзиция яйцевидная стала особенно актуальной для практики лесного и лесопаркового хозяйства. Определение сроков наступления и продолжительности фенофаз для условий Среднего Урала является ключевой задачей для успешной интродукции данного вида.

ABSTRACT

Currently, problem mobilization of the gene pool a plants, including the introduction in the new culture of ornamental plant species, such as Forsythia ovoid has become particularly relevant to the practice for the forestry and forestry management. Timing onset and duration phenological stage for the conditions of the Middle Urals is a key objective for the successful introduction this species.

Ключевые слова: интродукция растений; ритм развития; фенофаза; вегетационный период.

Keywords: plant introduction; the rhythm of development; phenological stage; the growing season.

В России произрастает много полезных дикорастущих растений, которые ещё не введены в культуру. В последние годы возрос интерес, как специалистов, так и садоводов-любителей к довольно редким видам, таким как форзиция.

Цель данной статьи – изучение сроков наступления и продолжительности фенофаз форзиции яйцевидной (*Forsythia ovate Nakai*) при интродукции на Среднем Урале.

При интродукции этого вида, стоит исходить из теоретического прогноза и накопленного опыта, предполагая, что под воздействием новых условий растения могут изменить ритм общего и сезонного развития, жизненную форму, возраст первого плодоношения, сроки вегетации, цветения и плодоношения, в какой-то мере изменить свойственные ему морфологические и физиолого-биохимические особенности или остаться стабильным в своих признаках; выявить перспективы дальнейшей интродукции вида за пределы его естественного ареала.

Успешность интродукции того или иного вида во многом зависит от ритмики сезонного развития, возможности изменения феноритма в новых условиях существования [3, с. 178].

Ежегодно за интродуцентами достигшими репродуктивного возраста ведутся фенологические наблюдения, что позволяет оценить их биофенологию при выращивании в экологических условиях, отличных от условий естественных местообитаний. Эти сведения позволяют установить наиболее благоприятные сроки для проведения различных агротехнических мероприятий: посева и посадки, сбора ягод, борьбы с вредителями и болезнями.

Перспективность интродукции форзиции яйцевидной оценивалась по методикам, разработанным в Главном Ботаническом Саду РАН [1, с. 9].

Фенологические наблюдения проводились через каждые двое суток в течение двух вегетационных периодов – 2014, 2015 г. суммы эффективных температур рассчитывались по методике А.А. Щиголева [4, с. 56], используя данные АНО «Уральское гидрометеорологическое агентство» (г. Екатеринбург) в 2014, 2015 г.

Результаты исследования феноспектра форзиции яйцевидной в Ботаническом саду УрО РАН представлены на рис. 1.

Фенологические фазы		Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь		
		1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Набухание почек	2014		■																						
	2015			■																					
Облиствление	2014				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2015					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Цветение	2014			■																					
	2015				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Завязание и созревание плодов	2014				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
	2015					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Опадание листьев	2014																					■	■	■	■

Рисунок 1. Ритм сезонного развития форзиции яйцевидной (*Forsythia ovate Nakai*)

За начало периода вегетации (весна) принята дата перехода среднесуточной температуры через +5 °С. За окончание периода вегетации (осень) принята дата перехода среднесуточной температуры через +5 °С.

Цветение форзиции началось 19 апреля 2014 г. и 3 мая 2015 г. длительность периода составила 10–12 дней. Цветет до распускания

листьев. Форзиция яйцевидная цветет почти одновременно с зацветанием ивы козьей.

Для Минска А.А. Чаховский приводит средние даты цветения для форзиции европейской со 2 по 20 мая [4, с. 108]. Средняя дата зацветания форзиции яйцевидной в условиях Киевского ботанического сада – 19 апреля (9.IX–30.IV). Продолжительность цветения 15–20 дней, а форзиция европейская зацветает на 4 дня позже [2, с. 381–384].

С появлением первого листа начался рост побегов.

Созревание семян произошло в середине октября. А к концу ноября коробочки растрескались и семена выпали. Плоды можно было собирать недозревшими (при 10 % общей спелости плодов) – через 3–4 дня они становятся спелыми.

Осеннее изменение окраски листьев и листопад начались до первых заморозков, в конце октября. Первыми приобрели осеннюю окраску и опали листья в условиях затенения, освещенные листья держались до заморозков. Наблюдалось осеннее изменение окраски 30 % листьев, проводящие пучки приобрели желто-коричневую окраску, повышение декоративности. В большинстве листья оставались зелеными до первых заморозков. После заморозков листья опали в течение недели.

Длительность вегетационного периода в 2014 году составила 192 дня. Ритм сезонного развития форзиции яйцевидной в условиях испытания подвергся значительным изменениям. Лабильность фенологических фаз наблюдалась в начале вегетации, что можно связать с погодными условиями в это время. Отклонение в начальных фазах развития интродукта влечет смешение фаз.

Общее число дней от начала раскрытия почек форзиции до листопада на Среднем Урале составило 192 дня.

Теплообеспеченность и влагообеспеченность – основные климатические характеристики, определяющие ход сезона вегетации растений.

Сумма эффективных температур ($t > +5^{\circ}\text{C}$) за период вегетации равна 3646, а сумма активных температур ($t > +10^{\circ}\text{C}$) составляет 3299.

Нахождение растения в фазе влияют экологические факторы. Данные о состоянии среды на 2014–2015 гг. сезонного развития форзиции периода от начала раскрывания почек до начала цветения представлены в таблице 1.

Таблица 1.

**Влияние климатических факторов на продолжительность
важнейших фенофаз Forsythia ovata Nakai на Среднем Урале,
2014–2015 гг.**

Фенофаза	Даты	Дни	Σ эффективных температур (выше+5°С)	Средне- суточная темпе- ратура, °С	Суммарная солнечная радиация, МДж/м ²	Сумма осадков, мм
Начало раскрывания почек – начало цветения, 2014 г.	08.04- 19.04	12	173±16,4	14,41±1,4	180,8±18,7	7,3±0,41
Начало раскрывания почек – начало цветения, 2015 г.	18.04- 03.05	16	159±14,9	9,94±0,9	252,3±25,2	18,3±0,79

Продолжительность их периода менялась из года в год: период от начала раскрытия почек до цветения в 2014 г. составил 12 дней, а в 2015 г. – 16 дней.

Прогноз наступления важнейшей фенофазы – начало цветения практически сводится к определению периода, в течение которого накапливается сумма эффективных температур, необходимых форзизии для наступления этой фенофазы. Выявлено наличие прямой связи между сроками накопления определенных сумм эффективных температур.

В ходе исследований установлено, что при интродукции в условиях Среднего Урала форзизия яйцевидная сохранила жизненную форму, проходит все фазы роста и развития, ежегодно образует полноценное семенное потомство.

Сроки наступления и продолжительность фенофаз форзизии варьирует из года в год, и определяются накоплением определенных сумм эффективных температур. Так с накоплением суммы эффективных температур 173±16,4 в 2014 г. и 159±14,9 в 2015 г. от фазы раскрывания почек форзизия зацветает. Сумма эффективных температур за период вегетации на Среднем Урале достаточна для успешного онтогенеза интродуцента форзизии.

Установлено, что при интродукции в условиях Среднего Урала форзиция яйцевидная проходит все фазы роста и развития.

Список литературы:

1. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР / М.С. Александрова, Н.Е. Бульгин, В.Н. Ворошилов, Р.А. Карпионова, Л.С. Плотникова М.: ГБС АН СССР, 1975. – 27 с.
2. Сроки и характер цветения деревьев и кустарников [Текст]: монография / Г.Е. Мисник; Отв. ред. И.И. Гордиенко; Центральный республиканский ботанический сад АН УССР. – Киев: Наукова думка, 1976. – 392 с.: ил. – Библиогр.
3. Трулевич Н.В. Эколого-биологические основы интродукции растений. М., 1991. – 216 с.
4. Шиголов А.А. Шиманюк А.П. Сезонное развитие природы М., 1949. – 240 с.

4.2. ГЕНЕТИКА

ГЕНЕТИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ CERASUS FRUTICOSA В СТЕПНЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ СООБЩЕСТВАХ БАШКИРСКОГО ЗАУРАЛЬЯ

Муллагулова Эльвира Рафиковна

*канд. биол. наук, старший научный сотрудник,
Государственное автономное научное учреждение «Институт
региональных исследований Республики Башкортостан»,
РФ, г. Сибай
E-mail: ragiz63@mail.ru*

Муллагулов Рагиз Юмагилдеевич

*канд. биол. наук, доцент, Стерлитамакский филиал
Башкирского государственного университета,
РФ, г. Стерлитамак
E-mail: ragiz63@mail.ru*

GENETIC DIVERSITY OF CERASUS FRUTICOSA IN STEPPE PLANT COMMUNITIES BASHKIR TRANS-URALS

Elvira Mullagulova

*candidate of biological Sciences, senior research fellow,
State Autonomous scientific institution "Institute of regional researches
of Republic Bashkortostan",
Russia, Sibai*

Ragiz Mullagulov

*candidate of biological Sciences, associate Professor,
Sterlitamak branch of the Bashkir state University,
Russia, Sterlitamak*

АННОТАЦИЯ

В статье приводятся результаты популяционно-генетических исследований вишни степной *Cerasus fruticosa* с применением

изоферментного метода анализа. Генетическая структура 20 природных выборок вида в составе степной растительности, относящейся к разным природным зонам Башкирского Зауралья, изучена на основе анализа изменчивости полиморфных локусов Lap-1, Skd-1, Est-1 и Est-2. Результаты сравнения значений параметров генетического разнообразия вида в изученных выборках свидетельствуют о нахождении вида в наиболее благоприятном состоянии в условиях лесостепной зоны.

ABSTRACT

The article presents the results of population genetic studies of the steppe cherry fruticosa the use of isozyme analysis method. Genetic structure of natural samples of 20 species composition of steppe vegetation belonging to different natural zones of the Bashkir TRANS-Urals, are studied on the basis of the analysis of variability of polymorphic loci Lap-1, Skd-1, Est-1 and Est-2. The results of the comparison of the values of the parameters of genetic diversity of the species in the studied samples indicate the presence of the species in the most favorable condition in the conditions of forest-steppe zone.

Ключевые слова: вишня степная; генетическая структура; изоферментный анализ; природные местообитания.

Keywords: cherry steppe; genetic structure; isozyme analysis; natural habitats.

Эволюционный потенциал любого вида зависит от уровня генетической изменчивости в природных популяциях. Определение и знание особенностей генетической структуры ресурсов видов растений, особенно редких и исчезающих, является существенным при выборе форм охраны [1, с. 160].

Исследована пространственная генетическая структура в 20 выборках вишни степной *Cerasus fruticosa* в Башкирском Зауралье. Выборки находятся в разных местообитаниях, т. е. в сообществах степной растительности, относящихся к союзам *Helictotricho-Stipion*, *Amygdalion nanae* (степная зона) и *Festucion valesiacae* (лесостепная зона) класса *Festuco-Brometea* [2, с. 47]. Наряду со степными кустарниками *Caragana frutex*, *Spiraea hypericifolia* в сообществах степной зоны доминируют *Artemisia austriaca*, *Carex supina*, *Stipa lessingiana*, *Onosma simplicissima*, *Potentilla humifusa*, *Veronica incana*. Для сообществ луговых степей из лесостепной зоны доминантными из травянистых видов выделены *Stipa capillata*, *Festuca valesiaca*, *Galium verum*, *Poa angustifolia*, *Veronica spicata*, *Amoria montana*.

Исследования проводили на основе метода электрофоретического анализа изоферментов. Исследована изменчивость следующих ферментов: аспаратаминотрансферазы, глутаматдегидрогеназы, диафоразы, лейцинаминопептидазы, малатдегидрогеназы, НАДНдегидрогеназы, формиатдегидрогеназы, шикиматдегидрогеназы, кислой фосфатазы и неспецифических эстераз. Гистохимическое окрашивание ферментов производилось по стандартным методикам.

Популяционно-генетический анализ показал низкий уровень популяционного разнообразия – доля полиморфных локусов составила 14,9 % (таблица 1). Изменчивыми оказались лишь 4 локуса – Lar-1, Skd-1, Est-1 и Est-2. Для древесно-кустарниковых растений со смешанным возобновлением доля полиморфных локусов установлена в пределах 72,7 %, для видов лесной и лесостепной зоны – 82,5 % [3, с. 57]. Показатель среднего числа аллелей на локус во всех изученных выборках также выявлен значительно ниже от установленных для вышеназванных групп (2,12 и 2,58 соответственно) и составил в среднем $1,15 \pm 0,01$ (изменяясь от 1,06 до 1,23). При сравнении групп выборок, для лесостепной зоны установлен уровень незначительно выше, чем в выборках степной зоны (1,18 и 1,11 соответственно). По показателю доли полиморфных локусов выборки лесостепной зоны также характеризуются относительно высокими значениями – 17,19 по сравнению 10,92 в выборках степной зоны. В целом, результаты сравнения значений параметров генетического разнообразия *C. fruticosa* в изученных выборках свидетельствуют о нахождении вида в наиболее благоприятном состоянии в условиях лесостепной зоны. Совпадение значений средней наблюдаемой и ожидаемой гетерозиготности указывает на стабильность генетической структуры вида в изученных выборках [1, с. 181].

Таблица 1.

Параметры генетического разнообразия выборок *Cerasus fruticosa*

Ценопопуляции	Доля полиморфных локусов, %	Выявленное число аллелей	Гетерозиготность	
			наблюдаемая	ожидаемая
лесостепная зона				
Ариевская	11,76	$1,12 \pm 0,33$	$0,06 \pm 0,18$	$0,05 \pm 0,14$
Тагировская	17,65	$1,18 \pm 0,39$	$0,07 \pm 0,19$	$0,08 \pm 0,18$
Кугидельская	17,65	$1,18 \pm 0,39$	$0,06 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,15$
Суванякская	17,65	$1,18 \pm 0,39$	$0,07 \pm 0,17$	$0,06 \pm 0,15$
Ирандыкская 1	17,65	$1,18 \pm 0,39$	$0,06 \pm 0,14$	$0,05 \pm 0,13$
Ирандыкская 2	17,65	$1,23 \pm 0,56$	$0,06 \pm 0,14$	$0,06 \pm 0,13$
Ирандыкская 3	17,65	$1,18 \pm 0,39$	$0,07 \pm 0,17$	$0,06 \pm 0,15$

Ирандыкская 4	17,65	1,18±0,39	0,10±0,23	0,08±0,18
Ирандыкская 5	23,53	1,23±0,44	0,10±0,22	0,09±0,17
Уразовская	17,65	1,18±0,39	0,06±0,14	0,05±0,13
Абзелиловская 1	17,65	1,18±0,39	0,09±0,20	0,07±0,17
Абзелиловская 2	11,76	1,18±0,53	0,06±0,17	0,05±0,15
Уйская 2	17,65	1,18±0,39	0,10±0,25	0,08±0,18
Среднее	17,19±2,90	1,18±0,03	0,07±0,02	0,06±0,01
степная зона				
Уйская 1	5,88	1,06±0,24	0,03±0,12	0,02±0,10
Сафарская	11,76	1,12±0,33	0,06±0,19	0,05±0,14
Халиловская	11,76	1,12±0,33	0,03±0,08	0,03±0,08
Ишкуловская	11,76	1,12±0,33	0,03±0,08	0,05±0,14
Туркменевская	11,76	1,12±0,33	0,08±0,25	0,05±0,16
Сукракская	11,76	1,12±0,33	0,04±0,13	0,05±0,15
Зианчуринская	11,76	1,12±0,33	0,06±0,19	0,05±0,14
Среднее	10,92±2,22	1,11±0,02	0,05±0,02	0,04±0,01
Среднее по всем выборкам	14,94	1,15±0,01	0,06±0,01	0,06±0,01

Несмотря на слабую в среднем дифференциацию изученных выборок вишни степной между многими из них наблюдаются различия в генетической структуре.

В результате проведенных исследований установлено, что выборки вишни степной из разных растительных сообществ, несмотря на низкий в целом уровень генетической дифференциации, отличаются по генетической структуре. Полученные данные свидетельствуют о генетической неоднородности выборок вишни степной в сообществах, относящихся к разным союзам степной растительности. Одной из возможных причин генетической дифференциации исследованных нами выборок вишни степной может быть значительная гетерогенность условий водно-минерального питания на разных почвах, которая вследствие длительного воздействия отбора и других микроэволюционных факторов могла привести к генетической неоднородности вишни.

Список литературы:

1. Айала Ф. Введение в молекулярную и эволюционную генетику / Ф. Айала; пер. с англ. А.Д. Базыкина. – М.: Мир, 1984. – 232 с.
2. Ямалов С.М., Мартыненко В.Б., Абрамова Л.М., Голуб В.Б., Баишева Э.З., Баянов А.В. Продромус растительных сообществ Республики Башкортостан. – Уфа: АН РБ, Гилем, 2012. – 100 с.
3. Hamrick J.L., Godt M.J.W. Allozyme diversity in plant species // Plant population genetics, breeding and genetic resources (Brown H.D., Clegg M.T., Kahler A.L., Weir B.S. eds.). – 1989. – P. 43–63.

К ВОПРОСУ О НАСЛЕДОВАНИИ СПОНТАННОЙ МУТАЦИИ PLANE

Рязанова Людмила Александровна

*канд. биол. наук, доцент Челябинского государственного
педагогического университета,*

РФ, г. Челябинск

E-mail: lryzanova@mail.ru

TO THE QUESTION OF INHERITANCE OF THE SPONTANEOUS MUTATION OF PLANE

Lyudmila Ryazanova

*candidate of Science, assistant professor
of Chelyabinsk State Pedagogical University,
Russia, Chelyabinsk*

АННОТАЦИЯ

Дрозофила – один из основных модельных организмов для генетики и биологии развития. В лаборатории генетики Челябинского государственного педагогического университета несколько лет назад в мутантной линии brown спонтанно возникла новая мутация, изменившая расположение крыльев некоторых дрозофил. Она была выведена в гомозиготное состояние и получила условное название plane.

ABSTRACT

Drosophila melanogaster – one of the main model organisms for genetics and biology of development. In laboratory of genetics of the Chelyabinsk state pedagogical university a few years ago in the mutant brown line spontaneously there was a new mutation which changed an arrangement of wings of some drosophilas. She was brought in a homozygous state and received the conditional name plane.

Ключевые слова: аллель; мутация; гомозигота; трансгрессия; фенотип.

Keywords: allele; mutation; gomozigota; transgression; phenotype.

Известно, что геном дрозофилы состоит примерно из 14 000 генов, однако в её биологии ещё остаётся много неизведанного [3, с. 62]. Целью исследования стало получение информации об особенностях наследования спонтанно возникшей мутации plane (от англ.

«самолёт») в лаборатории генетики ФГБОУ ВПО «ЧГПУ» и сравнение её с полученными ранее мутациями, изменяющими расположение крыльев у дрозофил (рис. 1).



Рисунок 1. Спонтанная мутация *plane* (фото автора)

Мутационные изменения крыльев обычно разделяют на три группы. К 1 группе относятся те мутанты, которые модифицируют общую конфигурацию крыла. К 2 группе генетики причисляют тех дрозофил, у которых изменено жилкование крыла. В 3 группе находится многочисленный класс мутантов, у которых в той или иной степени уменьшено крыло [2, с. 26].

Таблица 1.

Мутации, изменяющие расположение крыльев наподобие «самолетика»

№	Название мутации	Символ мутантного аллеля	Хромосома	Расстояние	Фенотипическое проявление
1	curved	c	II	75,5	Крылья тонкие, растопырены, приподняты и закручены
2	divergent	dv	III	20,0	Растопыренные крылья. Плодовитость очень понижена
3	expanded	ex	II	0,1	Растопыренные крылья. Глаза грубые
4	roof	rf	II	81,0±	Крышеобразный. Крылья свисают на стороны
5	tilt	tt	III	40,0	Наклоненные крылья, растопырены и искривлены, III продольная жилка прервана
6	warped	wp	III	47,5±	Искривленные крылья, растопырены, приподняты, бесцветные

Сравнение изучаемой спонтанно возникшей мутации *plane* с уже известными мутационными изменениями, представленными в таблице 1, показало, что наиболее морфологически похожей на неё является мутация *roof*, локализованная в хромосоме 2, как и мутация *brown*.

Для ответа на вопрос о возможности локализации спонтанной мутации *plane* во второй хромосоме были запланированы и проведены ряд скрещиваний. Покажем результаты дигибридного скрещивания дрозофил с мутацией *plane* и мухами дикого типа линии *Canton-S*.

P $2\text{♀ } bw\ bw\ plane\ plane \times 2\text{♂ } bw^+\ bw^+\ plane^+\ plane^+$

F_1 40♀ и 36♂ все с красными глазами и нормальными крыльями

Из опыта следует, что мутация *plane* не локализуется в X-хромосоме дрозофилы и является рецессивной. Далее гибридов F_1 скрестили между собой для получения F_2 (таблица 2).

Таблица 2.

Результаты расщепления в F_2

Фенотипы дрозофил	Красные глаза, нормальные крылья	Красные глаза, растопыренные крылья	Коричневые глаза, нормальные крылья	Коричневые глаза, растопыренные крылья
Итого:	298 шт.	56 шт.+25шт.	59 шт.	43шт.+16шт.

Примечание: жирным шрифтом выделены дрозофилы, которых относили к аномальным особям, у них проявлялись различные вариации мутации *plane*: оттопырено 1 крыло, крылья сложены конвертиком, крылья вдоль тела и др. (рис. 2).

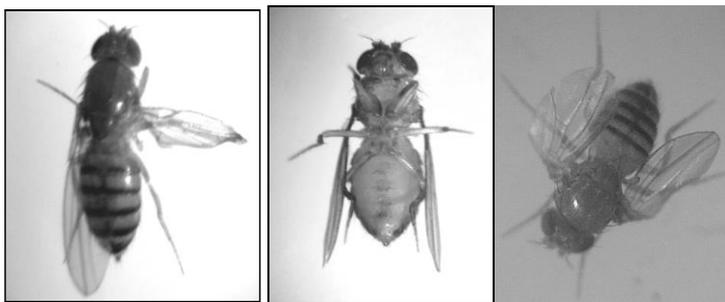


Рисунок 2. Явление трансгрессии у гибридных дрозофил (фото автора)

Из представленных данных следует, что расщепление не соответствует отношению 9:3:3:1, характерному для независимого наследования. В то же время оно не соответствует расщеплению, которое могло бы получиться при сцепленном наследовании мутаций brown и plane. Далее было проведено анализирующее скрещивание (таблица 3).

Таблица 3.

Результаты анализирующего скрещивания между мутантами brown, plane и гибридами F₁

Фенотипы дрозофил	Красные глаза, нормальные крылья	Красные глаза, растопыренные крылья	Коричневые глаза, нормальные крылья	Коричневые глаза, растопыренные крылья
Итого:	172 шт.	343+80 шт.	152 шт.	396+63 шт.

Анализ расщепления по каждой паре признаков в отдельности показал, что соотношение красноглазых и коричневоглазых мух соответствует 1:1 (611 особей: 595 особей), а соотношение мух с нормальными крыльями и растопыренными равно 1:3 (324 особей: 882 особи).

Для объяснения полученных результатов была выдвинута гипотеза о дигенном наследовании (a_1 и a_2) и о наблюдаемом в проделанных экспериментах явлении трансгрессии. Трансгрессия – явление усиления какого-либо признака у гибридов по сравнению с родительскими формами. При этом усиление признака может получиться при скрещивании родительских форм с одинаковым по выраженности признаком. Это явление связано с полимерными генами. Трансгрессия бывает положительная и отрицательная.

При рассмотрении потомства анализирующего скрещивания снова было выявлено большое число вариаций в расположении крыльев у дрозофил, что свидетельствовало в пользу дигенного наследования мутации plane и наблюдаемого явления трансгрессии.

Таблица 4.

Потомство от скрещивания гибридов F₁ (A₁a₁A₂a₂) с линией-анализатором a₁a₁ a₂a₂ F₂

 	A_1A_2	A_1a_2	a_1A_2	a_1a_2
a_1a_2	нормальные крылья	аномальные крылья	аномальные крылья	растопыренные крылья

Принятие гипотезы о дигенном наследовании хорошо согласуется с опытными данными (1 ч. нормальных: 3 части аномальных особей), однако исследование мутации *plane* продолжается.

Полученные результаты, с определённой долей вероятности, можно экстраполировать на так называемые болезни с наследственным предрасположением. Для них характерны плавные переход от минимальных значений признака до его максимальных оценок. Близость к порогу конкретных особей в популяции отражается накоплением у них микропризнаков, или микроформ, обнаруживаемых в зоне развития порока (аномалии). На развитие таких заболеваний существенную роль оказывают средовые факторы [1, с. 166].

Список литературы:

1. Асанов А.Ю. Основы генетики и наследственные нарушения развития у детей: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений / А.Ю. Асанов, Н.С. Демикова, В.Е. Голимбет; под ред. А.Ю. Асанова. – М.: Издательский центр «Академия», 2012. – 288 с.
2. Козак М.Ф. Дрозофила – модельный объект генетики [Текст]: учебно-методическое пособие / М.Ф. Козак. – Астрахань: Издательский дом «Астраханский университет», 2007. – 87 с..
3. Хенк М. Повелители мух // GEO. Непознанный мир: Земля. – 2011. – № 11(164) – С. 62–69.

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ГЕНЕТИКИ ТОМАТА ОБЫКНОВЕННОГО

Рязанова Людмила Александровна

канд. биол. наук, доцент

Челябинский государственного педагогического университета,

РФ, г. Челябинск

E-mail: lryzanova@mail.ru

SOME ASPECTS OF GENETICS OF THE TOMATO ORDINARY

Lyudmila Ryazanova

*candidate of Science, assistant professor
of Chelyabinsk State Pedagogical University,
Russia, Chelyabinsk*

АННОТАЦИЯ

Целью обзорной статьи является рассмотрение генетической обусловленности и фенотипического проявления, часто используемых в практической деятельности человека мутантов томата обыкновенного. Знание генетики томата обыкновенного позволяет провести ряд опытов и наблюдений в период учебной практики со студентами-биологами и учащимися специализированных классов, сведения о наследовании признаков у томатов необходимы при решении генетических задач.

ABSTRACT

The purpose of a review is consideration of genetic conditionality and the fenotipichesky manifestation which are most used in practical activities of the person of mutants of a tomato ordinary. The knowledge of genetics of a tomato ordinary allows to make a number of experiments and supervision during educational practice with students biologists and pupils of specialized classes, data on inheritance of signs at tomatoes are necessary at the solution of genetic tasks.

Ключевые слова: сорт; аллель; ген; ликопин; вид; подвид; хромосома.

Keywords: grade; allele; gene; lycopene; species; subspecies; chromosome.

Томат обыкновенный (*Solanum lycopersicum* L.) объединяет три подвида: *T.* дикий, *T.* полукультурный и *T.* культурный. Предположительно диким предком всех культурных разновидностей помидор является *T.* дикий, он же Томат смородиновидный (*L. pimpinellifolium*). В геноме томата обыкновенного 35 000 генов, он расшифрован и составляет 900 миллионов пар нуклеотидов, в хромосомах томата определено место 323 генов [1, с. 650]. В таблице 1 приведены некоторые сорта и линии из генетической коллекции томатов Челябинского государственного педагогического университета. Количество сортов, благодаря селекционной работе, по некоторым оценкам, составляет в мире более 10 000 наименований. Около 1500 генов томата отвечают за признаки, полезные в селекционной деятельности человека. К числу таких признаков относятся: сроки созревания, особенности плода, высота растений, вкусовые и внешние качества, устойчивость к болезням и вредителям. Значение имеет цель использования – употребление в свежем виде, консервация целых плодов и переработка на сок. К отдельной группе относят декоративные сорта и сорта, предназначенные для транспортировки после уборки.

Весьма разнообразна форма и окраска плодов томата. Эти признаки определяются значительным числом генов (рис. 1). В плодах

томата обыкновенного может содержаться большое количество β-каротина (жёлто-оранжевый растительный пигмент), это характерно для сортов с оранжевыми и чёрными плодами, например, «Хурма», «Оранжевое чудо», «Негритянка», «Чёрный принц». β-каротин является провитамином витамина А, он мощный антиоксидант, так как подавляет выработку свободных радикалов. Кроме β-каротина в плодах томата присутствует противораковое вещество – ликопин, причём чем краснее помидор, тем его больше. Ликопин тоже каротиноидный пигмент, он является нециклическим изомером β-каротина. Выполняя важную роль, защищая растение от солнечного света и окислительного стресса, ликопин является предшественником всех каротиноидов, включая β-каротин [2, с. 352]. Окраска плода томата определяется сочетанием цвета кожицы и цвета мякоти, которые, в свою очередь, зависят от наличия в них ликопина, каротиноидов, хлорофилла и других пигментов. Сочетание доминантных генов RRTT формирует красный цвет плода, RRtt – оранжевый, rTTT – жёлтый. Обозначение аллелей: R (red) – красный цвет, r (yellow flesh) – жёлтый, t (tangerine) – оранжевый [3, с. 125]. Существуют два гена, наличие которых вызывает повышенное содержание хлорофилла в плодах: qf (green flech) и dq (dark green). Сочетание генов oq (old qold) и hp (hiqh pigment) способствует повышенному содержанию ликопина и каротиноидов. Действие генов qf и dq за счёт высокого содержания хлорофилла в плодах окрашивает их в тёмно-зелёный («чёрный») цвет. Взаимодействие этих генов с генами oq и hp (высокое содержание пигментов) делает плоды томата «чёрными». Внешние условия выращивания томата могут ослаблять или усиливать тёмный цвет.

Таблица 1.

Некоторые гены томата обыкновенного (2n=24)

№	Название аллеля, символ	Хромосома	Фенотипическое проявление	Название сорта или линии
1	2	3	4	5
1	diageotropica (dgt)	1	Рост корней и стеблей под прямым углом к направлению силы тяжести	Линия № 12
2	ovate (o)	2	Форма плода овальная или грушевидная	Челнок, Жёлтая карамель
3	peach (p)	2	Плоды сильно опушённые	Персиковые
4	Curl (Cu)	2	Жилки листьев сильно укорочены, редукция центральной жилки листа	Линия № 22
5	Beta-carotene (B)	6	В плодах гомозиготных растений В/В β-каротин почти полностью замещает ликопин	Оранжевое чудо
6	fascinated (f)	11	Ребристые, многокамерные плоды	Грибное лукошко
7	dwarf (d)	2	«Гном», все части растения укорочены	Линия № 17
8	potato leaf (c)	6	Картофельвидный лист	Линия № 17
9	beaked (bk)	2	Плоды с заострённым концом, с «носиком»	Золотое сердце
10	yellow flesh (r)	3	Жёлтая окраска мякоти спелого плода	Хурма
11	green stripe (gs)	7	Радиальные, тёмно-зелёные полосы в эпидермисе незрелых плодов, золотистые – у зрелых	Линия № 16
12	tangerine (t)	10	Мякоть плода и тычинки имеют оранжевую окраску	Оранжевое чудо
13			Томат смородиновидный (<i>Solanum pimpinellifolium</i>).	Линия № 24

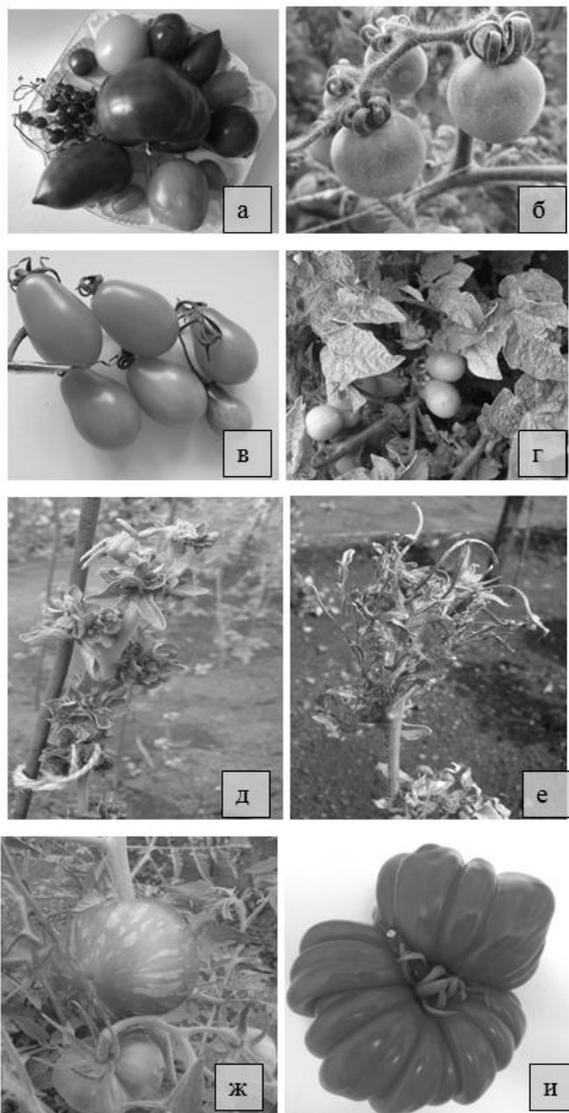


Рисунок 1. Генетическая коллекция сортов и линий томата обыкновенного а) томат смородиновидный (слева); б) сорт Персиковые; в) сорт Жёлтая карамель; г) линия 17; д) линия 22; е) линия 12; ж) линия 16; и) сорт Грибное лукошко (фото автора)

Список литературы:

1. Бочарникова Н.И. Мутантный генофонд томата и его использование в селекционно-генетических исследованиях // Вест. ВОГиС. – 2008. – Том 12, – № 4. – С. 644–653.
2. Жученко А.А. Генетика томатов / А.А. Жученко. – Кишинев: Штиинца, 1973. – 664 с.
3. Захаров И.А. Генетические карты высших организмов / И.А. Захаров. – Л.: Наука, 1979. – 157 с.

4.3. МЕДИЦИНСКАЯ БИОЛОГИЯ

АДАПТАЦИОННЫЕ МЕХАНИЗМЫ ДЕЙСТВИЯ МЕКСИКОРА ПРИ РАЗНЫХ ВИДАХ СТРЕССА

Дерюгина Анна Вячеславовна

*д-р биол. наук, доцент кафедры биохимии и физиологии
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
РФ, г. Нижний Новгород
E-mail: derugina69@yandex.ru*

Шумилова Анастасия Владимировна

*магистрант кафедры биохимии и физиологии
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
РФ, г. Нижний Новгород
E-mail: shumilowanastya@gmail.com*

Филиппенко Екатерина Сергеевна

*магистрант кафедры биохимии и физиологии
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
РФ, г. Нижний Новгород
E-mail: ekaterina.filippenko@gmail.com*

Галкина Яна Валентиновна

*аспирант кафедры биохимии и физиологии
Нижегородского государственного университета
им. Н.И. Лобачевского,
РФ, г. Нижний Новгород
E-mail: galkina.iana@mail.ru*

ADAPTATION MECHANISMS OF INFLUENCE MEXICOR IN DIFFERENT TYPES OF STRESS

Anna Deriugina

*doc. biol. sc., associate professor
of the department human and animal physiology,
Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky,
Russia, Nizhny Novgorod*

Anastasia Shumilova

*master of the department human and animal physiology,
Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky,
Russia, Nizhny Novgorod*

Ekaterina Filippenko

*master of the department human and animal physiology,
Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky,
Russia, Nizhny Novgorod*

Yana Galkina

*postgraduate of the department human and animal physiology,
Nizhny Novgorod State University named after N.I. Lobachevsky,
Russia, Nizhny Novgorod*

АННОТАЦИЯ

Цель – исследование влияния Мексикора на электрофоретическую подвижность эритроцитов при разных стрессовых воздействиях (черепно-мозговой травме и кровопотере). Электрофоретическая подвижность используется в качестве маркерной характеристики развития стресс-реакции организма, повышение которой характеризует развитие адаптационных процессов. Использование Мексикора вызывало увеличение электрофоретической подвижности эритроцитов, сниженной при обоих видах альтерации организма.

ABSTRACT

The goal is to study the effect Mexicor electrophoretic mobility of red blood cells at different stress conditions (traumatic brain injury or blood loss). The electrophoretic mobility is used as a marker characteristic of stress reactions, increase of which characterizes the development of adaptation processes. Using Mexicor caused an increase in the electrophoretic mobility of red blood cells, decreased at both types of alterations in the body.

Ключевые слова: стресс; электрофоретическая подвижность эритроцитов; Мексикор; черепно-мозговая травма; кровопотери.

Keywords: stress; electrophoretic mobility of erythrocytes; mexicor; traumatic brain injury; blood loss.

В настоящее время в терапии различных заболеваний, таких как кардиологические заболевания [1, с. 73], хроническая ишемия головного мозга [4, с. 24], при инсульте [5, с. 7], широко используется отечественный препарат Мексикор, что обусловлено его составом, сочетающим антигипоксические, так и антиоксидантные свойства. При этом данные свойства препарата могут обуславливать возможность его использования в качестве адаптогена. Для верификации данного положения целесообразно провести исследование электрофоретической подвижности эритроцитов (ЭФПЭ) – маркерной характеристики адаптационных процессов. Целью работы ставилось исследование Мексикора на ЭФПЭ при моделировании черепно-мозговой травмы и острой кровопотери в эксперименте.

Работа проведена в две серии. В первой серии у крыс (18 животных) моделировали черепно-мозговую травму (ЧМТ), путем свободного падения груза с высоты 80 см массой 100 г на теменно-затылочную область головы. Во второй серии у животных (20 особей) создавали острую кровопотерю, забором крови в количестве 3,0 мл из хвостовой артерии. В каждой серии животные были разделены на 2 равные по численности группы. Крысам 1 группы внутрибрюшинно (в/б) вводили Мексикор в дозе 8 мг/кг массы тела, контрольным животным в/б вводили физиологический раствор.

Анализ ЭФПЭ проводили методом микроэлектрофореза на 1, 3, 7 сутки после альтерации. Данные были обработаны с помощью пакетов прикладных программ Statistica 6.0 и MicrosoftExcel.

В ходе исследований было выявлено, что при обеих патологиях ЭФПЭ была снижена, что сочетается с ранее полученными фактами и свидетельствует о развитии у животных стресс-реакции [3, с. 19]. Следует отметить, что использование Мексикора уже к 1 суткам посттравматического периода вызывало повышение показателя относительно контроля. К 3 суткам введение Мексикора определило повышение ЭФПЭ относительно контрольной группы на 20 % при ЧМТ и на 13 % при кровопотере соответственно. Выявленная тенденция сохранялась к 7 суткам посттравматического периода.

Таблица 1.
Изменение электрофоретической подвижности эритроцитов при действии Мексикора

Группа животных		До воздействия	Время после альтерации (сутки)		
			1	3	7
Крово-потеря	Контроль	0,95±0,04	0,89±0,02	0,78±0,01*	0,88±0,04
	Мексикор	0,98±0,03	0,93±0,03	0,88±0,07*▲	0,95±0,06
ЦМГ	Контроль	0,91±0,01	0,70±0,02*	0,68±0,01*	0,74±0,03*
	Мексикор	0,90±0,01	0,81±0,02*▲	0,82±0,03*▲	0,83±0,03*▲

Примечание: «*» – статистически значимые различия со значениями до воздействия, $p < 0,05$; «▲» – статистически значимые различия относительно контроля, $p < 0,05$

Полученные результаты можно объяснить непосредственным действием Мексикора на эритроцитарные мембраны, в частности, за счет ингибирования реакции перекисного окисления липидов [1, с. 77]. Однако рост ЭФПЭ при действии Мексикора может быть обусловлен развитием второй фазы стресс-реакции и повышением адаптационных возможностей организма, лимитирующих развитие стресс-реакции и определяющих повышение ЭФПЭ [3, с. 20]. Подтверждением данного положения могут являться результаты, полученные в контрольной группе, где проявлялся достаточно длительный восстановительный период. Целесообразность использования препарата обусловлена сочетанием в Мексикоре эмоксипина (производное оксипиридина) с янтарной кислотой (сукцинатом). В работах, посвященных применению этого препарата в неврологии и кардиологии, было показано, что по сравнению с другими сукцинатсодержащими антигипоксантами, Мексикор за счет высоких пенетрационных свойств эмоксипина значительно быстрее проникает в клетку, а затем в цитозоле диссоциирует на две составляющие, каждая из которых оказывает самостоятельное позитивное действие в условиях ишемии – реперфузии [2, с. 31]. Эмоксипин способствует торможению свободнорадикальных процессов, а янтарная кислота позволяет поддерживать процессы образования макроэргов, что способствует улучшению энергетического потенциала клеток организма и противостоянию окислительному стрессу.

Список литературы:

1. Бояринов Г.А., Котлов И.С., Бричкин Ю.Д. Эффективность цитопротекторов в профилактике реперфузионного синдрома у больных инфарктом миокарда при тромболитической терапии // Поликлиника. – 2010. – № 6. – С. 73–79.
2. Бояринов Г.А., Дерюгина А.В., Бояринова Л.В. и др. Экспериментальной обоснование и результаты применения мексикора для коррекции нарушений про- и антиоксидантных систем у больных с сочетанной торакоабдоминальной травмой // МедиАль. – 2015. – № 2. – С. 31–35.
3. Крылов В.Н., Дерюгина А.В. Изменение электрофоретической подвижности изолированных эритроцитов при действии стресс-факторов // Гематология и трансфузиология. – 2011. – № 5. – С. 18–21.
4. Фирсов А.А., Смирнов М.В. Влияние парентерального применения препарата Мексикор на состояние когнитивных функций у больных с хронической ишемией головного мозга // Поликлиника. – 2010. – № 2. – С. 24–26.
5. Фирсов А.А., Смирнов М.В., Усанова Т.А. Метаболическая цитопротекторная терапия в острый период ишемического инсульта // Поликлиника. – 2011. – № 1. – С. 7–9.

4.4. МОЛЕКУЛЯРНАЯ БИОЛОГИЯ

ОЦЕНКА ТРАНСФЕКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ПРОИЗВОДНЫХ ХИТОЗАНА В КАЧЕСТВЕ НОСИТЕЛЕЙ ДЛЯ ДОСТАВКИ КОРОТКИХ ИНТЕРФЕРИРУЮЩИХ РНК

Петрова Александра Валерьевна

*м.н.с. «НИИ Гриппа» Минздрава России,
РФ, г. Санкт-Петербург,
аспирант ИФНИТ, СПбПУ им. Петра Великого,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: alexandra.b_05@mail.ru*

Горшков Андрей Николаевич

*канд. биол. наук, с.н.с. «НИИ Гриппа» Минздрава России,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: angorsh@yahoo.com*

Егоров Владимир Валерьевич

*канд. биол. наук, в.н.с. «НИИ Гриппа» Минздрава России,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: toizeg@gmail.com*

Бондаренко Андрей Борисович

*биологический факультет, СПбГУ, РФ, г. Санкт-Петербург,
лаб.иссл. «НИИ Гриппа» Минздрава России,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: bonan@bk.ru*

Шурыгина Анна-Полина Сергеевна

*канд. биол. наук, с.н.с. «НИИ Гриппа» Минздрава России,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: ann-polin@mail.ru*

Грудинина Наталья Андреевна

*канд. биол. наук, с.н.с., ФГБНУ «ИЭМ»,
РФ, г. Санкт-Петербург*

Васин Андрей Владимирович

канд. биол. наук, зав.лаб. структурной и функциональной протеомики
«НИИ Гриппа» Минздрава России, РФ, г. Санкт-Петербург,
доцент, ИФНИТ, СПбПУ им. Петра Великого,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: influenza.spb@gmail.com

CHITOSAN DERIVATIVES, AS CARRIERS FOR SYNTHETIC SHORT INTERFERING RNA CELL DELIVERY

Alexandra Petrova

junior researcher "Influenza Research Institute" Russian Health Ministry,
Russian Federation, Saint-Petersburg,
IFNIT graduate student, Peter the Great Polytechnic University,
Russia, Saint-Petersburg

Andrei Gorshkov

PhD, senior researcher "Influenza Research Institute"
Russian Health Ministry,
Russia, St. Petersburg

Vladimir Egorov

PhD, leading researcher "Influenza Research Institute"
Russian Health Ministry,
Russia, St. Petersburg

Andrey Bondarenko

Department of Biology, St. Petersburg State University,
Russian Federation, St. Petersburg,
Lab assistant, "Influenza Research Institute" Russian Health Ministry,
Russia, Saint-Petersburg

Anna-Polina Shurygina

PhD, senior researcher, "Influenza Research Institute"
Russian Health Ministry,
Russia, St. Petersburg

Natalya Grudinina

*PhD, senior researcher, "Institute of Experimental Medicine",
Russia, St. Petersburg*

Andrei Vasin

*PhD, head of the laboratory of structural and functional proteomics
"Influenza Research Institute" Russian Health Ministry,
Russian Federation, St. Petersburg,
Associate Professor, IFNIT, Peter the Great Polytechnic University,
Russia, St. Petersburg*

*Данная работа выполнена при финансовой поддержке РФФ
(грант № 15-15-00170 «Клеточные микроРНК – новые молекулярные
мишени для терапии тяжелых вирусных инфекций»).*

АННОТАЦИЯ

В данной работе были изучены свойства коммерческих и синтетических производных хитозана при их использовании в качестве поликатионных носителей для доставки коротких интерферирующих РНК (киРНК) в клетки MDCK и HEK293. Была оценена способность носителей к образованию стабильных комплексов с киРНК, а также токсичность ряда коммерческих производных хитозана – хитозан метилгликоля MGly, хитозан гидрохлорида HCl, хитозан олиголактата OL (Sigma), а также модифицированного хитозана Q-348, обогащённого четвертичными аминогруппами, синтезированного в НИИ нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН. Ранняя динамика проникновения, скорость и эффективность доставки киРНК с флуоресцентной меткой в клетки была показана различными методами, включая флуоресцентную и конфокальную микроскопию, а также проточную цитофлуориметрию для хитозанов MGly и Q-348.

ABSTRACT

In this study several commercial and synthetic chitosan derivatives were investigated as polycationic carriers for delivery of short interfering RNAs (siRNAs) on MDCK and HEK293 cell models. Several commercial derivatives of chitosan such as chitosan methylglycol MGly, chitosan hydrochloride HCl, chitosan oligolaktat OL (Sigma), and one synthetic modified chitosan Q-348 enriched quaternary amine, which was made in the Institute of Petrochemical Synthesis Topchieva A.V. RAS, were estimated to form stable polyplexes with siRNA. For all of them the toxicity was estimated as well. The early dynamics, efficiency and speed of fluorescently labeled siRNA delivery was shown and determine by different methods

including fluorescent and confocal microscopy and cytofluorometry for only two chitosan MGly and chitosan Q-348.

Ключевые слова: киРНК; поликатионные носители; хитозан; флуоресценция; эндосомальная доставка.

Key words: siRNA; polycations; chitosan; fluorescence; endosomal escape.

РНК-интерференция – это молекулярный механизм регуляции экспрессии генов, опосредованный комплементарным взаимодействием коротких двунитовых РНК с мРНК гена мишени, с последующей остановкой транскрипции при помощи белкового комплекса RISC. Этот процесс с участием эндогенных малых РНК происходит конститутивно в любых эукариотических клетках. А также было показано, что синтетические короткие интерферирующие РНК (киРНК), введенные в клетку, распознаются RISC и могут блокировать мРНК, препятствуя трансляции белков [1].

В последние годы интенсивно изучается подход, основанный на целенаправленном введении киРНК в качестве лекарственного препарата, против многих острых респираторных инфекций, включая грипп [2]. Такой подход является перспективным вследствие высокой специфичности киРНК, отсутствием токсичности у киРНК и возможностью обойти резистентность вируса к такому препарату. Основной проблемой создания такого рода препаратов является правильный выбор носителя для стабильной и эффективной доставки киРНК в клетку. В случае вируса гриппа А (ВГА) человека наиболее эффективным должен быть носитель, подходящий для интраназального введения препарата, так как этот путь минимизирует системную потерю киРНК, доставляя их специфически к месту локализации ВГА-клеткам верхних дыхательных путей. В качестве средства доставки часто используются поликатионные полимеры, способные связывать большое количество киРНК за счет своих положительных зарядов, а также обеспечивающие защиту РНК от нуклеаз клетки. Особо перспективным носителем для доставки киРНК в клетки представляется хитозан и его производные, так как этот природный полимер обладает низкой цитотоксичностью, биodeградируемостью, хорошей биосовместимостью. Хитозан способен связывать нуклеиновые кислоты с образованием стабильных комплексов, размер которых составляет 100–200 нм. Частицы такого размера успешно эндоцитируются эпителиальными клетками. Эффективность хитозан-опосредованной трансфекции определяется

способностью комплексов хитозана с киРНК выходить из эндосомального компартмента в цитоплазму (endosomal escape), где и осуществляется киРНК-интерференция. Молекулярная основа endosomal escape в случае хитозана детально не исследована, однако предполагается, что разрыв мембраны эндосомы осуществляется по механизму «протонной губки», аналогично ряду других поликатионов [3].

В нашей работе была исследована способность к комплексообразованию с дц киРНК ряда коммерческих производных хитозана: хитозана метилгликоля MGly (Sigma), хитозана гидрохлорида HCl (Sigma), хитозана олиголактата OL (Sigma), а также модифицированного хитозана Q-348, обогащённого четвертичными аминогруппами. Хитозан Q-348 был синтезирован в НИИ нефтехимического синтеза им. А.В. Топчиева РАН. Также для всех производных хитозана была определена токсичность на клеточной модели MDCK; и оценена способность и динамика попадания в клетку комплексов хитозан-киРНК на клеточной модели MDCK.

В качестве модельной киРНК, для решения задач визуализации, мы использовали синтетические дц киРНК, содержащие флуоресцентную метку на 3'-конце.

Для создания комплексов киРНК с поликатионами смешивались равные объёмы водных растворов киРНК и растворов поликатионов с различной концентрацией, чтобы получить следующие соотношения N/P (азотных групп поликатиона к фосфатным группам РНК, в расчёте на один нуклеотид и одно мономерное звено): 1/32, 1/16, 1/8, 1/4, 1/2, 1/1, 2/1, 4/1, 8/1, 80/1. Комплексы эффективно перемешивались встряхиванием, осаждались с помощью микроцентрифугирования и инкубировались при комнатной температуре в течение 1 часа. Проверка связывания киРНК с поликатионом осуществлялась методом электрофоретического разделения в 15 % полиакриламидном геле по гашению флуоресценции бромистого этидия для дцРНК, связанной в комплекс с поликатионом. Было показано, что минимальное соотношение N/P, при котором экранируется полностью дц киРНК в комплексе, составляет 2/1 для хитозана Q-348, и 4/1 для хитозана MGly. Для остальных коммерческих производных хитозана соотношение N/P = 80/1 оказалось недостаточным для полного экранирования киРНК; и как следствие эти поликатионы были признаны неэффективными для комплексов с киРНК.

Токсичность полученных растворов поликатионов определяли при помощи микротетразолиевого теста (МТТ) после 24 часов инкубации клеток MDCK с растворами поликатионов, добавленных

в среду в трехкратном разведении. Оптическую плотность измеряли в лунках планшетов на планшетном ридере Victor 1420 (Perkin Elmer, Финляндия) на длине волны 535 нм. LD₅₀ для монослоя MDCK в лунках 96 луночного планшета (10⁵ клеток) составила: 188 мкг/мл для хитозана Q-348; 8,2 мг/мл для хитозана MGly; 3,8 мг/мл хитозана OL; 6,6 мг/мл хитозана HCl.

По совокупности данных анализа были отобраны для дальнейшей оценки доставки в клетку только хитозан метилгликоль и Q-348, так как способны образовывать стабильный комплекс с кРНК в концентрациях, не токсичных для клеток.

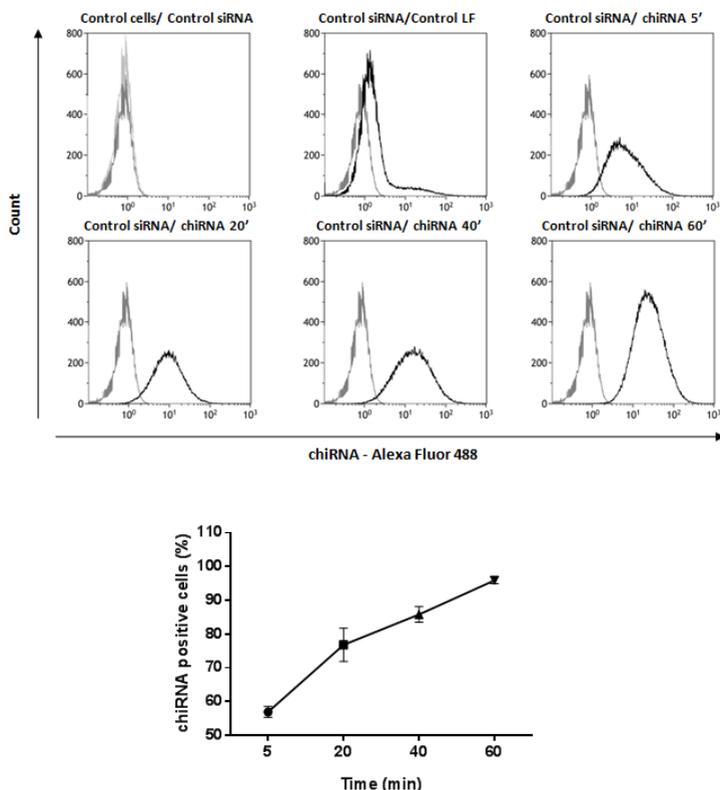


Рисунок 1. Данные проточной цитофлуориметрии для хитозана Q-348. Популяция клеток MDCK содержащая флуоресцентно-меченную кРНК, после 5, 20, 40 и 60 минут инкубации клеток в среде, содержащей комплексы хитозан-РНК

Проникновение комплекса хитозан-киРНК в клетки MDCK оценивалось по данным флуоресцентной микроскопии фиксированных клеток с окраской актина в различные временные интервалы после внесения комплекса в среду от 1 минуты до 24 часов. Было показано наличие и накопление комплексов в цитоплазме начиная с первой минуты эксперимента и до 20 минут. При помощи лазерной проточной цитофлуориметрии («BD FACS Canto2», США) было показано, что 93,5±1,5 % клеток содержат комплекс с флуоресцентной меткой после 60 минут инкубации клеток с комплексами (рис. 1). Также было показано, что скорость накопления комплексов в клетках не зависит от дозы киРНК в комплексах. Также было подтверждено накопление комплексов хитозан-РНК с флуоресцентной меткой, начиная с первой минуты после внесения, данными микроскопии в режиме реального времени на конфокальном микроскопе (Carl Zeiss, Германия) на клеточных моделях MDCK и HEK249.

Список литературы:

1. Ryther R.C.C., Flynt A.S., Phillips J.A., & Patton J.G. (2005). siRNA therapeutics: big potential from small RNAs. *Gene therapy*, 12(1), 5–11.
2. Ge Q., McManus M.T., Nguyen T., Shen C.H., Sharp P.A., Eisen H.N., & Chen J. (2003). RNA interference of influenza virus production by directly targeting mRNA for degradation and indirectly inhibiting all viral RNA transcription. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(5), 2718–2723.
3. Richard I., Thibault M., De Crescenzo G., Buschmann M. D., & Lavertu M. (2013). Ionization behavior of chitosan and chitosan–DNA polyplexes indicate that chitosan has a similar capability to induce a proton-sponge effect as PEI. *Biomacromolecules*, 14(6), 1732–1740.

4.5. ПОЧВОВЕДЕНИЕ

ВЛИЯНИЕ АВТОТРАНСПОРТНОЙ НАГРУЗКИ НА НАКОПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВАХ Г. АРХАНГЕЛЬСКА

Вишневая Юлия Сергеевна

*аспирант, Северный (Арктический) федеральный
университет имени М.В. Ломоносова,
РФ, г. Архангельск
E-mail: Ujka23@yandex.ru*

Попова Людмила Федоровна

*д-р биол. наук, канд. хим. наук, доцент, Северный (Арктический)
федеральный университет имени М.В. Ломоносова,
РФ, г. Архангельск
E-mail: ludap9857@mail.ru*

EFFECT OF TRAFFIC LOAD ON THE ACCUMULATION OF HEAVY METALS IN SOILS OF ARKHANGELSK

Iuliia Vishnevaia

*postgraduate student
of Northern (Arctic) Federal university named after M.V. Lomonosov,
Russia, Arkhangelsk*

Liudmila Popova

*doctor of Science, Candidate of Science, associate professor
of Northern (Arctic) Federal university named after M.V. Lomonosov,
Russia, Arkhangelsk*

АННОТАЦИЯ

В статье рассмотрена проблема загрязнения почвенного покрова города Архангельска тяжелыми металлами на фоне увеличения автотранспортной нагрузки. Проведен расчет транспортной нагрузки, закладка пробных площадей, отбор проб поверхностного слоя почв

и определение валового содержания тяжелых металлов (Pb, Zn, Cu, Mn, V, Co, Ni). На основе шкал экологического нормирования, произведена оценка загрязнения почвенного покрова города Архангельска. Установлено наличие полиметаллического загрязнения. Рассмотрено влияние автотранспортной нагрузки на содержание тяжелых металлов в почвенном покрове.

ABSTRACT

The article deals with the problem of soil pollution by heavy metals due to increased traffic load in the city of Arkhangelsk. In order to analyze the subject, listed works were carried out sampling of soils mantle, calculation of the traffic load and evaluation of total content of heavy metals (Pb, Zn, Cu, Mn, V, Co, Ni) in the test areas of the city of Arkhangelsk. Based on environmental load rationing scale, soil pollution in the city has been assessed. Results confirm the presence of polymetallic soil pollution. Also, has been considered the influence of traffic load on the content of heavy metals in soil mantle.

Ключевые слова: почвенный покров; тяжелые металлы; полиметаллическое загрязнение; автотранспортная нагрузка.

Keywords: soil mantle; heavy metals; polymetallic pollution; traffic load.

Для городских почв характерно загрязнение токсичными веществами, так как большинство техногенных выбросов в городскую среду аккумулируется в поверхностном слое почвы, где происходит их постепенное депонирование. Это ведет к изменению физико-химических и химических свойств субстрата [5].

Существенный вклад в деградацию почвенного покрова во всем мире вносит загрязнение тяжелыми металлами (далее ТМ). Они относятся к приоритетным загрязняющим веществам [12].

Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из атмосферного воздуха и водной среды. Она же служит источником вторичного загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха и природных вод. Из почвы ТМ усваиваются растениями и почвенной биотой [3, с. 6].

Автомобильный транспорт относится к одному из основных источников загрязнения окружающей среды (в том числе и почвенного покрова) населенных пунктов, город Архангельск не исключение. Несмотря на то, что Архангельск – крупный административный и промышленный центр, за пятилетний период (2009–2013 гг.) выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от промыш-

ленных источников уменьшились более чем на 50 % (таблица 1). Сокращение выбросов связано с переводом филиала ТГК-2 «Архангельская ТЭЦ» на использование в качестве топлива природного газа, а также с остановкой в апреле 2013 года производства ОАО «Соломбальский ЦБК» и закрытием в 2013 г. таких предприятий как ОАО «Северное лесопильное товарищество лесозавод № 3» и ОАО «Лесозавод № 2» [4]. В то же время вклад автотранспорта в суммарные выбросы загрязняющих веществ, наоборот увеличился с 35,4 % в 2009 г. до 64,9 % в 2013 г.

Таблица 1.

**Выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух
в г. Архангельске за 2009–2013 гг. [4]**

	2009	2010	2011	2012	2013
Выбросы от автотранспорта, тыс. т.	34,7	35,7	28,2	28,0	17,4
Выбросы от промышленности, тыс. т.	63,4	59,6	31,0	28,0	9,4
Суммарные выбросы, тыс. т.	98,1	95,3	59,2	56,0	26,8
Вклад автотранспорта, %	35,4	37,5	47,6	50,0	64,9

По данным УГИБДД УМВД России по Архангельской области, на 01 января 2014 г. В городе Архангельск зарегистрировано 116 166 шт. транспортных средств, что на 16 902 шт. (17,0 %) больше, чем в предыдущем году и на 38 498 шт. (33,1 %) больше, чем в 2009 году. В то же время, за последние пять лет (2009–2013 гг.) суммарные выбросы загрязняющих веществ от автотранспорта снизились на 19,462 тыс. т., что обусловлено изменением методики расчета выбросов от передвижных источников [16].

Известно, что одним из компонентов отработавших газов автотранспорта являются аэрозоли и различные примеси, в том числе в виде твердых частиц, в состав которых кроме основных компонентов входят соединения ТМ, содержащиеся в присадках смазочного масла, либо являющиеся продуктами изнашивания деталей двигателя. В атмосферу в составе пыли ТМ могут поступать вместе с продуктами изнашивания тормозных накладок (Cu, Pb, Cr, Ni, Zn), автомобильных шин (Zn, Cd, Cu, Pb) и дорожного покрытия (Cd, Pb) [9].

В составе атмосферных взвесей в процессе сухого (под действием сил тяжести) и мокрого (с атмосферными осадками) осаждения соединения ТМ поступают на поверхность почвенного покрова, где происходит их аккумуляция, трансформация и перераспределение. Исследования содержания ТМ в почвах г. Архангельска проводятся систематически с 1998 года, однако отдельно влияние автотранспортной

нагрузки на загрязнение почв ТМ не рассматривалось [8, 13]. Анализ данных о транспортной нагрузке и валовом содержании ТМ в поверхностном слое почв, позволяет оценить уровень загрязнения почвенного покрова данными поллютантами и выявить степень влияния автотранспорта на их содержание.

Для изучения влияния автотранспорта на загрязнение почвенного покрова г. Архангельска ТМ сначала был поставлен экологический эксперимент по учету количества автомобилей на улицах города (54 точки). Учет автотранспорта и расчет автотранспортной нагрузки проводился согласно общепринятым методикам [15; 17; 18]. Затем было выбрано 15 точек с различной интенсивностью движения, на которых летом 2014 года были заложены пробные площадки (далее ПП) для отбора почвенных образцов (рисунок, таблица 2).

Отбор проб из поверхностного слоя почв (0–20 см), хранение и транспортировка их осуществлялись в соответствии с ГОСТ 17.4.4.02–84 [2].

Валовое содержание ТМ (Co, Ni, Mn, V, Pb, Zn, Cu) в почвах определяли рентгенофлуоресцентным методом согласно ПНД Ф 16.1.42-04 [11] с использованием оборудования ЦКП НО «Арктика» (САФУ) при финансовой поддержке Минобрнауки РФ (уникальный идентификатор работ RFMEFI59414X0004).

Оценку загрязнения почвенного покрова ТМ проводили как по санитарно-гигиеническим показателям, таким как ПДК и ОДК (МУ 2.1.7.730-99 и ГН 2.1.7.2511-09) [1; 7], так и по биогеохимическим критериям, таким как:

1. *коэффициент концентрации (K_c)* – показатель, служащий для характеристики и выявления локальных техногенных аномалий, связанных с газопылевыми выбросами отдельных промышленных предприятий, их накоплением в урбанизированных территориях, вдоль автотрасс и т. д.:

$$K_c = \frac{C}{C_0},$$

где: C – фактическая концентрация определяемого компонента в почве;
 C_0 – региональное фоновое содержание этого компонента.

2. *суммарный коэффициент техногенного загрязнения (Z_c)*:

$$Z_c = \sum \frac{K_c}{n-1},$$

где: K_c – коэффициент концентрации химического вещества;
 n – число анализируемых элементов загрязнителей [10].



Рисунок 1. Расположение пробных площадей в г. Архангельске
(карту выполнила магистранка ИЕНиТ САФУ Ларионова М.В.)

Таблица 2.
Пробные площади г. Архангельска с различной автотранспортной нагрузкой

№ ПП	Местоположение ПП	Транспортная нагрузка, шт./сут.
1	Перекресток ул. Гагарина – пр. Троицкий	32 792
2	Перекресток ул. Воскресенская – пр. Троицкий, у входа в Петровский парк	19 296
3	Перекресток пр. Московский – ул. Павла Усова	40 140
4	Перекресток пр. Ленинградский – ул. Павла Усова	39 312
5	Перекресток пр. Троицкий – ул. Суворова	4 044
6	Перекресток пр. Ломоносова – ул. Комсомольская	20 572
7	Перекресток ул. Логинова – пр. Ломоносова	21 840
8	Пр. Ломоносова (у перекрестка с ул. Урицкого)	27 552
9	Ул. Павла Усова	9 732
10	Ул. Урицкого (у перекрестка с пр. Ломоносова)	23 436
11	Перекресток ул. Выучейского – пр. Троицкий	7 636
12	Перекресток пр. Троицкий – ул. Поморская	6 864
13	Ул. Краснофлотская (30 м от перекрестка ул. Советская – ул. Краснофлотская)	1 656
14	Перекресток ул. Советская – ул. Краснофлотская	38 160
15	Площадь Терехина (перекресток ул. Терехина и пр. Никольский)	42 450

Анализ экспериментальных данных (таблица 3) показал, что почвы города слабо загрязнены Zn, Pb и Ni. В поверхностном слое почв 53 % ПП обнаружено превышение ОДК свинца, 60 % ПП – цинка и 20 % ПП – никеля, при этом максимальные из наблюдаемых концентраций составили 2,2 ОДК, 2,5 ОДК и 1,3 ОДК, соответственно. Данные ПП расположены вблизи крупных транспортных узлов с высокой интенсивностью движения. Стоит отметить, что все отмеченные максимальные превышения ОДК Pb, Zn и Ni определены на ПП № 13 (ул. Краснофлотская), которая не характеризуется высокой транспортной нагрузкой, однако на ней есть несанкционированные стоянки автотранспорта (непосредственно на неизолированном асфальтом почвенном покрове).

Таблица 3.

Валовое содержание ТМ, мг/кг, в почвенном покрове
г. Архангельска летом 2014 года

№ ПП	Химические элементы						
	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn	V
1	34,0±1,7	81,5±4,1	26,5±1,3	23,5±1,2	н/о	376,9±18,8	55,0±2,8
2	9,5±0,5	56,5±2,8	20,0±1,0	16,5±0,8	3,0±0,2	272,8±13,6	22,5±1,1
3	40,0±2,0	71,0±3,6	22,5±1,1	18,5±0,9	н/о	281,3±14,06	37,0±1,9
4	40,5±2,0	74,5±3,7	20,5±1,0	16,5±0,8	1,0±0,05	416,0±7,3	16,5±0,8
5	30,0±1,5	39,0±1,9	18,0±0,9	13,5±0,7	2,5±0,1	192,7±9,6	28,0±1,4
6	21,5±1,1	62,0±3,1	20,5±1,0	16,5±0,8	н/о	265,1±13,3	29,5±1,5
7	16,0±0,8	31,5±1,6	16,5±0,8	11,5±0,6	3,0±0,2	147,4±7,4	16,0±0,8
8	27,5±1,4	80,0±4,0	27,5±1,4	25,0±1,3	н/о	323,5±16,2	52,0±2,6
9	35,5±1,8	51,0±2,6	16,5±0,8	12,5±0,6	2,0±0,1	209,8±10,5	19,0±1,0
10	18,0±0,9	58,5±2,9	17,0±0,9	13,0±0,7	4,5±0,2	193,9±9,7	32,0±1,6
11	21,5±1,1	36,5±1,8	16,5±0,8	12,0±0,6	3,5±0,2	170,3±8,5	15,0±0,8
12	53,5±2,7	95,0±4,8	20,0±1,0	16,0±0,8	3,5±0,2	263,2±13,2	15,5±0,8
13	70,0±3,5	139,5±7,0	29,5±1,5	26,5±1,3	2,0±0,1	337,9±16,9	44,5±2,2
14	29,0±1,5	46,5±2,3	19,0±1,0	14,5±0,7	3,0±0,2	201,2±10,1	27,5±1,4
15	47,5±2,4	44,5±2,2	19,0±1,0	15,0±0,8	5,0±0,3	188,1±9,4	29,0±1,5
ПДК (МУ 2.1.7.730- 99)	32,0	87,0	53,0	85,0	50,0	1500,0	150,0
ОДК (ГН 2.1.7.2511- 09)	32,0	55,0	33,0	20	н/д	н/д	н/д
Фон*	2,8±0,1	35,2±1,8	7,4±0,4	14,7±0,7	6,3±0,3	399±20	30,3±1,5

Примечание: *-средние значения содержания ТМ в почвах Архангельской области по данным станции агрохимической службы «Архангельская»; н/о – не обнаружено, н/д – нет данных

Уровень содержания других поллютантов менее ПДК (ОДК). В целом почвенный покров города согласно санитарно-гигиенических нормативов по степени загрязнения ТМ относится к категории «чистый».

Согласно K_c (таблица 4) установлено, что *отсутствует загрязнение* (или естественное колебание фона) почвенного покрова г. Архангельска Co и Mn ($K_c < 1,5$), однако он слабо загрязнен ($1,5 < K_c < 3,0$) Cu на 73% ПП, Zn на 53 % ПП, Ni на 20% ПП, V на 13 % ПП. Отмечено умеренное загрязнение ($3,0 < K_c < 5,0$) почв города Cu на 27 % ПП, Pb и Zn на 7 % ПП. Сильное ($5,0 < K_c < 10,0$) и очень сильное ($K_c > 10,0$) загрязнение Pb имеет поверхностный слой почв на 60 % ПП и 33 % ПП, соответственно.

Таким образом, вследствие техногенно-антропогенного воздействия в поверхностном слое почв города Архангельска в основном накапливаются Pb, Zn, Cu, в меньшей степени (на 2–3 ПП) – Ni и V. Ряд накопления ТМ в проанализированных почвах города Архангельска выглядит следующим образом: $Co < Mn < V < Ni < Zn < Cu < Pb$.

Таблица 4.

Коэффициент концентрации (K_c) и суммарный коэффициент техногенного загрязнения (Z_c) ТМ почвенного покрова г. Архангельска

№ ПП	K_c						Z_c	
	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Mn		V
1	12,1±0,6	2,3±0,1	3,6±0,2	1,6±0,08	-	0,9±0,05	1,8±0,09	3,7
2	3,4±0,2	1,6±0,08	2,7±0,1	1,1±0,06	0,5±0,03	0,7±0,04	0,7±0,04	1,8
3	14,3±0,3	2,0±0,1	3,0±0,2	1,3±0,07	-	0,7±0,04	1,2±0,06	3,8
4	14,5±0,7	2,1±0,1	2,8±0,1	1,1±0,06	0,2±0,01	1,0±0,05	0,5±0,03	3,7
5	10,7±	1,1±0,06	2,4±0,1	0,9±0,05	0,4±0,02	0,5±0,03	0,9±0,05	2,8
6	7,7±0,5	1,8±0,09	2,8±0,1	1,1±0,06	-	0,7±0,04	1,0±0,05	2,5
7	5,7±0,3	0,9±0,04	2,2±0,1	0,8±0,04	0,5±0,03	0,4±0,02	0,5±0,03	1,8
8	9,8±0,5	2,3±0,1	3,7±0,2	1,7±0,09	-	0,8±0,04	1,7±0,09	3,3
9	12,7±0,6	1,4±0,07	2,2±0,1	0,9±0,05	0,3±0,02	0,5±0,03	0,6±0,03	3,1
10	6,4±0,3	1,7±0,09	2,3±0,1	0,9±0,05	0,7±0,04	0,5±0,03	1,1±0,06	2,3
11	7,7±0,4	1,0±0,05	2,2±0,1	0,8±0,04	0,6±0,03	0,4±0,02	0,5±0,03	2,2
12	19,1±1,0	2,7±0,1	2,7±0,1	1,1±0,06	0,6±0,03	0,7±0,04	0,5±0,03	4,6
13	25,0±1,3	4,0±0,2	4,0±0,2	1,8±0,09	0,3±0,02	0,8±0,04	1,5±0,08	6,2
14	10,4±0,5	1,3±0,07	2,6±0,1	1,0±0,05	0,5±0,03	0,5±0,03	0,9±0,05	2,9
15	17,0±0,9	1,3±0,07	2,6±0,1	1,0±0,05	0,8±0,04	0,5±0,03	1,0±0,05	4,0
Средний	11,8±0,6	1,8±0,09	2,8±0,1	1,1±0,06	0,3±0,02	0,6±0,03	1,0±0,05	3,2

На основе коэффициентов концентрации рассчитан суммарный показатель загрязнения Z_c , нормативно закрепленный в МУ 2.1.7.730-99 и широко используемый в качестве интегрального показателя, отражающего общий вклад ТМ в загрязнение почвенного покрова.

Согласно этому показателю, почвенный покров города имеет допустимый уровень загрязнения ТМ по их валовому содержанию ($Z_c = 3,2$). При этом следует отметить, что самое высокое значение коэффициента $Z_c = 6,2$ имеет почва ПП № 13, для которой характерна низкая транспортная нагрузка (1656 шт./сут.). Это может быть связано как с наличием несанкционированной стоянки автотранспорта на обочине, которая представляет собой неизолированный асфальтом почвенный покров, так и с физико-химическими особенностями самой этой почвы.

Корреляционный анализ показал очень слабую связь между валовым содержанием ТМ в почвенном покрове и транспортной нагрузкой.

В целом, исследования показали, что в проанализированных почвах происходит накопление ТМ. Почвенный покров города загрязнен таким металлами как Pb, Cu, Zn и Ni, что не противоречит ранее проведенным исследованиям другими учеными в 1998–2009 гг. [8; 13]. Однако зависимости между валовым содержанием ТМ и транспортной нагрузкой не выявлено. Это может быть обусловлено тем, что аккумуляция основной части загрязняющих веществ (в том числе и ТМ) наблюдается преимущественно в гумусовом горизонте, где они связываются алюмосиликатами, не силикатными минералами, органическими веществами за счет различных реакций взаимодействия. Поэтому, состав и количество удерживаемых в почве элементов зависят не только от уровня техногенной (транспортной) нагрузки, но и от содержания и состава гумуса, кислотно-основных и окислительно-восстановительных условий, сорбционной способности, интенсивности биологического поглощения и гранулометрического состава самих этих почв [3, с. 8].

Кроме этого, валовое содержание ТМ дает не полную характеристику экологического состояния почв. Исследования количественных соотношений геохимических форм металлов, находящихся в загрязнённых почвах, позволяют прогнозировать процессы закрепления металлов в породах, предсказывать и предупреждать возможные экологические риски вторичного загрязнения окружающей среды. Поэтому в почвенно-геохимическом мониторинге помимо оценки загрязнения почв ТМ по их валовому содержанию необходимо уделять особое внимание накоплению их подвижных форм, которые способны переходить из твердых фаз в почвенные растворы, поглощаться живыми организмами и загрязнять грунтовые воды [6, 13, 14].

В связи с этим, необходимо провести ряд физико-химических исследований отобранных проб для более глубокого анализа и оценки

влияния автотранспорта на загрязнение ТМ почвенного покрова г. Архангельска.

Список литературы:

1. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве: утв. главным государственным санитарным врачом РФ от 18.05.2009: введ. в действие с 01.07.2009. – М. 2009. – 12 с.
2. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и пробоподготовки почв для химического, бактериологического и гельминтологического анализа. Постановление Госкомитета СССР по стандартам от 19.12.1984, № 4731. – М.: Стандарт информ, 2008. – 8 с.
3. Джувеликян Х.А., Щеглов Д.И., Горбунова Н.С. Загрязнение почв тяжелыми металлами. Способы контроля и нормирования загрязненных почв. – Издательско-полиграфический центр Воронежского государственного университета, – 2009. – 22 с.
4. Ежегодник «Состояние загрязнения атмосферы в городах на территории деятельности Северного УГМС за 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг.»: сб. / Федеральная служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды (Росгидромет). Северное УГМС. – Архангельск, 2007, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
5. Методические указания по оценке городских почв при разработке градостроительной и архитектурно-строительной документации. [Электронный ресурс] – М., 2003 – URL: http://standartgost.ru/g/pkey-14293850684/Методические_указания (дата обращения: 02.11.2015).
6. Минкина Т.М. Соединения тяжелых металлов в почвах Нижнего Дона, их трансформация под влиянием природных и антропогенных факторов: дис. ... д-ра. биол. наук. – Ростов-на-Дону, 2008. – 172 с.
7. МУ 2.1.7.730-99. Методические указания: Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: утв. главным государственным санитарных врачом РФ 7.02.1999: введ. в действие с 05.04.1999. – М. 1999. – 20 с.
8. Никитина М.В. Эколого-химическая оценка загрязнения тяжелыми металлами основных урболандшафтов г. Архангельска: дис. ... канд. хим. наук. – Архангельск, 2011. – 174 с.
9. Панфилов А.А. Влияние сезонных условий на загрязнение почвы при эксплуатации автомобилей: дис. ... канд. т. наук. – Тюмень, 2006. – 135 с.
10. Пилюгина М.В., Попова Л.Ф., Корельская Т.А. Экологический биогеохимический мониторинг: критерии, нормативы, коэффициенты: методические рекомендации. – Архангельск: Изд-во ПГУ, – 2007. – 48 с.

11. ПНД Ф 16.1.42-04. Методика выполнения измерений массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. Утвержден: ФГУ Федеральный научно-методический центр анализа и мониторинга окружающей среды МПР России, 23.03.2004. – М. 2010. – 13 с.
12. Пономарева С.В. Изменение эколого-биологических свойств чернозема обыкновенного при загрязнении тяжелыми металлами: дис. ... канд. биол. наук. – Ростов-н/Д., 2008 – 200 с.
13. Попова Л.Ф. Комплексная эколого-химическая оценка и нормирование качества почвенно-растительного покрова городских экосистем (на примере Архангельска): дис. ... д-ра. биол. наук. – Архангельск, 2015. – 396 с.
14. Попова Л.Ф. Трансформация соединений тяжелых металлов в почвах Архангельска // *Фундаментальные исследования*. – 2014. – № 9–3. – С. 562–566.
15. Практикум по общей и сельскохозяйственной экологии: учебное пособие к практическому курсу для студентов факультетов агрономических и технологических направлений сельскохозяйственных вузов, слушателей ДПО и ПК. – пос. Персиановский, ДонГАУ, 2008. – 216 с.
16. Состояние и охрана окружающей среды Архангельской области за 2009, 2010, 2011, 2012, 2013 гг. Сборник / Агентство природных ресурсов и экологии Архангельской области государственное казенное учреждение Архангельской области «Центр природопользования и охраны окружающей среды»; отв.ред. А.В. Чулков. – Архангельск, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014.
17. Федорова А.И., Никольская А.И. Практикум по экологии и охране окружающей среды: учебное пособие для студ. высш. учеб. заведений. – М.: Гуманит. изд. Центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
18. Чальшева Л.В. Школьный экологический мониторинг: методическое пособие. – Сыктывкар: Изд-во КРИОиПК, 2001. – 57 с.

4.6. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

СРАВНИТЕЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЦИНКА НА АКТИВНОСТЬ КУЛЬТУРЫ *SACHAROMYCES CEREVISIAE*

Ларин Сергей Леонидович

*аспирант кафедры общей и биоорганической химии,
Курского государственного медицинского университета*

РФ, г. Курск

E-mail: sergeilarin.kursk@gmail.com

Будко Елена Вячеславовна

*д-р фарм. наук, зав. кафедрой общей и биоорганической химии,
профессор Курского государственного медицинского университета*

РФ, г. Курск

E-mail: budko.e@list.ru

Хабаров Анатолий Алексеевич

*д-р фарм. наук, профессор кафедры общей и биоорганической химии,
Курского государственного медицинского университета*

РФ, г. Курск

E-mail: khabarov2014@mail.ru

COMPARATIVE STUDY OF THE EFFECTS OF CERTAIN ZINC COMPOUNDS ON THE ACTIVITY OF SACHAROMYCES CEREVISIAE CULTURE

Sergei Larin

*postgraduate of the department of general and bioorganic chemistry,
Kursk State Medical University,
Russia, Kursk*

Elena Budko

*doctor of pharmaceutical sciences, head of the department of general and
bioorganic chemistry, Kursk state medical university,
Russia, Kursk*

Anatoliy Khabarov

*doctor of pharmaceutical sciences, professor of the department of general
and bioorganic chemistry, Kursk state medical university,
Russia, Kursk*

АННОТАЦИЯ

В работе проведено сравнительное изучение воздействия некоторых соединений Zn^{2+} на активность культуры *S.Cerevisiae*. Активность хлебопекарных дрожжей определялась по ускоренному методу определения подъемной силы. Выявлен сопоставимый токсический эффект малорастворимого $Zn(OH)_2$ и раствора $ZnSO_4$ при количествах Zn 10-100 мг/г. Незначительное ингибирование ферментативной активности дрожжей выявлено для ZnO , особенно для его микронизированной формы.

ABSTRACT

This paper represents a comparative study of the effects of certain Zn compounds on the *S.Cerevisiae* culture. The activity of the yeast was determined by an accelerated method of determining the lifting force. Identified a comparable toxic effect of poorly soluble $Zn(OH)_2$ and $ZnSO_4$ solution in the quantities of Zn 10-100 mg/g. A slight inhibition of enzyme activity found for ZnO , especially for its micronized form.

Ключевые слова: цинк; сульфат; цинка оксид; малорастворимые соединения; токсичность; дрожжи; ферменты.

Keywords: zinc sulfate; zinc oxide; poorly soluble compound; toxicity; yeast; enzymes.

Введение. Известно, что ионы цинка являются кофактором целого ряда ферментов и, как следствие, оказывают существенное влияние на нормальное протекание биохимических процессов в живом организме: белковый обмен, дифференцирование клеток и др. [1]. Поэтому Zn^{2+} в витальных дозах в большинстве случаев оказывает на ферментные системы активирующее действие [6]. Однако не исключается и индукция процессов и, как следствие, гибель клеток. Уровень токсичности соединений зависит, в том числе от размера частиц и их ионизации, эффективности абсорбции. Традиционно для введения цинка в организм используются растворимые соединения. Ранее нами было показано, что культивация дрожжей хлебопекарных может быть проведена в питательной среде, с добавлением соли цинка, причем только сульфат сохраняет и повышает активность дрожжей. Это может быть связано как с концентрацией аниона в растворе, так и с его вовлечением в метаболические процессы дрожжевых клеток. Значительный интерес для дальнейших исследований представляет поиск соединений нетоксичных для дрожжевых клеток и являющихся источником максимального количества цинка, при этом имеются данные о проявлении биологической активности и малорастворимыми соединениями [3; 5; 7]. От выбора объекта исследования зависит получаемый эффект, а на его интенсивность влияют характеристики частиц. В эксперименте на крысах при однократном внутривенном введении острая токсичность нанодиспергированного цинка оксида оказалась значительно ниже, чем у традиционной солевой формы цинка сульфата [3]. Однако отмечено токсическое воздействие наночастиц оксида цинка на клетки, при этом выявлена полная ионизация оксида в живом организме.

Культура *S. Cerevisiae* позволяет моделировать многие клеточные процессы, связанные с работой ферментов. Простейший комплекс превращений под действием зимазного комплекса ферментов широко распространен практически у всех живых организмов. Эффективность процесса спиртового брожения определяется целым рядом ферментов: α -глюкозидазой, мальтопермеазой, фруктоизомеразой, β -фруктофуранозидазой, карбоксилазой и др. Большинство из них не содержат Zn^{2+} в своей структуре, поэтому действие соединений цинка в отношении данных ферментативных систем может проявляться в ингибировании активности культуры хлебопекарных дрожжей. Ранее нами проводилось исследование активности дрожжей в питательной среде, с добавлением растворимых солей цинка, при этом, для эквивалентных количествах солей выявлено токсическое воздействие ацетата и хлорида и отсутствие угнетения активности дрожжей при

использовании сульфата цинка. Значительный интерес для дальнейших исследований представляет поиск соединений нетоксичных для дрожжевых клеток и являющихся источником максимального количества цинка [2].

Целью данной работы являлось сравнительное изучение воздействия растворимого и некоторых малорастворимых разноразмерных соединений цинка на активность культуры хлебопекарных дрожжей *S. Cerevisiae*.

Материалы и методы. В эксперименте использованы промышленные образцы соединений цинка $ZnSO_4$ (ХЧ, ГОСТ 4174-77, Реахим, СПб), ZnO (ХЧ, ГОСТ 10262-73, Реахим, СПб) и образцы полученные в лабораторных условиях: ZnO микронизованный, $Zn(OH)_2$. Микронизацию окиси цинка (ХЧ, ГОСТ 10262-73, Реахим, СПб) проводили с использованием мельницы шаровой вибрационной МЛ-1 во временном режиме 15 минут [4]. $Zn(OH)_2$ получали сливанием растворов $ZnCl_2$ (ХЧ, ГОСТ 4529-78, Реахим, СПб) и KOH (ХЧ, ГОСТ 24363-80, Реахим, СПб) с последующей фильтрацией и сушкой при 25 °С.

Активность дрожжей определяли по ускоренному методу определения подъемной силы. От средней пробы дрожжей хлебопекарных прессованных высокоактивных «Премиум» (ОАО «Комбинат пищевых продуктов», СПб, Россия, ТУ 9182–008–00353595–2004) отбирали равные навески и к ним примешивали массы одного из соединений цинка в количествах эквивалентных по содержанию элемента в моле соединения. Серию разведений готовили с помощью чередования операций деления массы смеси на две равные части и восстановления исходной массы добавлением новой порции дрожжей. Данная методика позволила исключить ошибки взвешивания малых масс и позволила получить титрации с содержанием цинка до 1 мг на 1 г дрожжевой смеси.

Из одинаковых по массе и разных по содержанию цинка дрожжевых смесей готовили суспензию в 2,5 % растворе $NaCl$ (ХЧ, ГОСТ 4233-77, Реахим, СПб), которую соединяли с мукой пшеничной (ГОСТ Р 52189) и замешивали тесто с приданием ему формы шарика, шарик помещался в стакан с водой температуры 35 °С и термостатировался. Для каждой серии опытов проводилась «холостая» проба. Количество параллельных опытов 5–6. Результаты переводили в относительные единицы и проводили анализ с использованием программного обеспечения MS Excel 14 и OriginPro 8.5.1.

Результаты и обсуждение. При выборе растворимой соли цинка мы остановились на сульфате, так как полученные ранее результаты

показали безусловную токсичность хлорида и ацетата. Для дальнейших исследований мы выбрали соединения с максимальной долей цинка при отсутствии сложных противоионов – оксид и гидроксид. Полученные в результате эксперимента зависимости степени изменения подъемной силы (%) от доли введенного цинка представлены на рисунке 1.

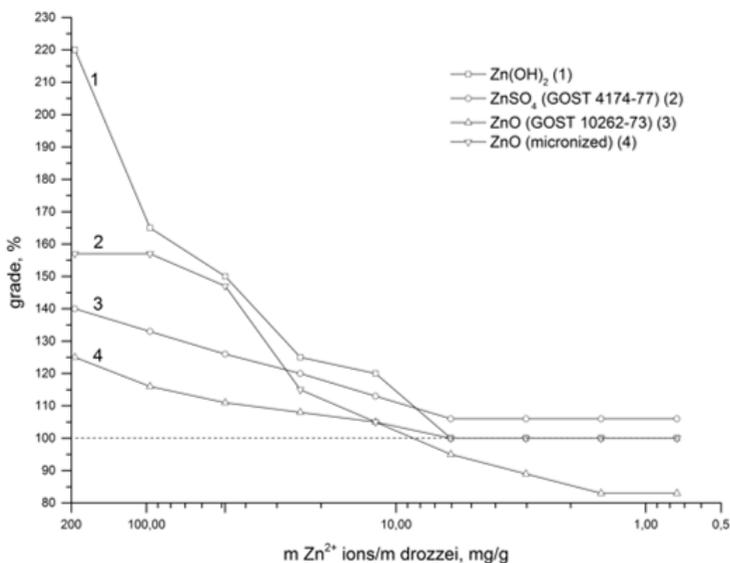


Рисунок 1. Зависимость степени изменения подъемной силы дрожжей (%) от массы Zn²⁺ для Zn(OH)₂ (1), ZnSO₄ (2), ZnO (3), ZnO микронизованный (4)

При подъемной силе контрольной пробы 100 % большинство полученных проб показало увеличение времени подъема в 1,25–1,5 раза. Из рис. 1 очевидно, что все исследуемые соединения в стартовых количествах ингибируют процесс ферментации. Наибольшим угнетающим эффектом в отношении дрожжевой системы обладают цинка гидроксид (кривая 1) и цинка сульфат (кривая 2). Стоит отметить, что на стартовых количествах угнетающее воздействие у цинка сульфата ниже, чем у гидроксида цинка. В исходных массовых уровнях цинка оксид наноразмерный (кривая 4) проявлял меньшее воздействие на клетки дрожжей, чем цинка оксид технический (кривая 3) в среднем на 12–15 %. Снижение масс соединений до милли-

и микрограммовых количеств цинка на грамм дрожжевой смеси во всех исследуемых пробах сопровождается ослабеванием угнетающего эффекта. Подъемная сила дрожжей в сериях с цинка сульфатом и гидроксидом устанавливается на исходном уровне холостой пробы. При этом нами отмечено некоторое повышение активности дрожжей в смесях с микронизированным цинка оксидом, и стабильное ингибирование ферментов зимазного комплекса ZnO техническим.

Исходя из строения дрожжевой клетки, в ходе эксперимента наблюдается ингибирование экзогенных ферментов зимазного комплекса. Отсутствие активности адаптивных ферментов можно объяснить их ингибированием в результате проникновения ионов внутрь дрожжевых клеток. Известно, что перемещение ионов между наружной средой и цитоплазмой клетки происходит через специфический транспортный механизм. Вид кривой изменения подъемной силы для сульфата предполагает ограничение проникновения элемента в клетку из растворов с достаточно высокими концентрациями соли, что можно расценить как насыщение транспорта или конечную скорость ионизации. Кроме того, относительно небольшая ингибирующая активность сульфата цинка, по нашему мнению, связана с участием аниона в нормальных метаболических процессах. Исходя из графической зависимости, следует отметить, что ослабление воздействия цинка гидроксида подобно по скорости аналогичным значениям для растворимого соединения. При этом все полученные графики сближаются с линией 100 % при одинаковом молярном содержании цинка в изучаемых соединениях.

Согласно современным представлениям, селективность ионного канала определяется радиусом транспортируемого иона и его способностью взаимодействовать с оптимальным числом фиксированных полярных групп канала. Для стерического соответствия важна характеристика окружения иона как в качественном, так и в количественном отношении. Ионы в водном растворе всегда находятся в гидратированном состоянии, причем ионы $[Zn(OH)_6]^{2+}$ считаются источником токсичности. Цинка гидроксид способен к частичной диссоциации, а также к гидратации за счет подобия ионов. Следовательно, вполне вероятен перенос цинка из гидроксида в клетку через ионные каналы, при этом его высокая активность при стартовых количествах (кривая 1) предполагает большую, чем у сульфата готовность проходить через ионные каналы.

Работы ряда авторов дают неоднозначную информацию о биологических свойствах цинка оксида. Цинка оксид обладает определенной растворимостью ($4,2 \times 10^{-6}$ г/мл [5]) и, следовательно, его

частицы диссоциированы и солубилизированы. Доказаны отсутствие инертности и дозозависимая токсичность его измельченных порошков, причем повышение степени дисперсности часто связывают с повышением биологической активности. Использованный нами цинка оксид технический имел частицы неправильной геометрической формы. При проведении микронизации на шаровой вибрационной мельнице МЛ-1 были получены частицы также неправильной формы. Микронизованный ZnO (кривая 4) показал минимальное токсическое воздействие на ферментативную активность относительно всех исследованных соединений, причем только для этой формы выявлена активация дрожжей на 10–15 %. Проявление незначительной токсичности цинка оксидом в отношении культуры клеток позволяет предположить низкую скорость процессов диссоциации и гидратации или различия в механизме абсорбции. Возможно также, что оксид цинка активизирует другие физиологические процессы, опосредованно активизирующие реакцию ферментации.

Выводы. Растворимые и малорастворимые соединения цинка при воздействии на клетки дрожжей вызывают сопоставимые эффекты. В высоких дозах эквимольные количества малорастворимого $Zn(OH)_2$ и растворимого $ZnSO_4$ значительно ингибируют процесс сбраживания, причем в стартовых дозах гидроксид оказал на культуру вдвое более сильный токсический эффект. По нашему мнению, это может быть показателем способности частиц гидроксида цинка к преодолению клеточной мембраны в результате диссоциации и гидратации. Соединение с наименьшей дисперсностью – микронизованный на шаровой мельнице цинка оксид – не только обладает минимальным токсическим эффектом в сравнении с другими изучаемыми соединениями, но в количествах на уровне миллиграмма оказывает стимулирующее воздействие на культуру *S. Cerevisiae*.

Средняя активность культуры клеток является показателем стресса, токсических эффектов, направленности метаболизма и общей жизнеспособности. Токсические эффекты частиц в культуре ткани могут быть связаны с двумя различными действиями: (I) химической токсичности, например, образование ионов, участвующих в ферментативных реакциях как ингибиторы; или (II) в результате нарушения поверхности, вызванного размерами и/или формой частиц. Процесс сбраживания дрожжевой клеткой теста основывается на действии зимазного комплекса ферментов, которые не содержат в своем составе ионов Zn^{2+} . На наш взгляд это обусловило ингибирование активности экзоферментов дрожжевой культуры, т. е. эффект можно отнести к чисто химическому воздействию

растворенных ионов цинка. Дальнейшие сравнительные исследования влияния растворимости, размера и формы частиц химических соединений на их биологическую активность может быть легко проведено на культуре клеток *in vitro*.

Список литературы:

- 1 Будко Е.В., Хабаров А.А. Цинк и питание. Германия: LAP Lambert Academic Publishing, 2014. – 72 с.
- 2 Будко Е.В., Хабаров А.А., Конопля А.И., Горбачева Л.А., Ельцова Н.О. Обогащение дрожжей солями цинка // Научные ведомости БелГУ. Серия Медицина, Фармация. – 2012. – № 10. – С. 90–94.
- 3 Распопов Р.В., Бузулуков Ю.П., Марченков Н.С., Соловьев В.Ю., Демин В.Ф., Калистратова В.С., Гмошинский И.В., Хотимченко С.А. Биодоступность наночастиц оксида цинка. Изучение методом радиоактивных индикаторов // Вопросы питания. – 2010. – № 6. – С. 14–16.
- 4 Хабаров А.А., Будко Е.В., Жилякова Е.Т., Новиков О.О., Новикова М.Ю., Попов Н.Н., Ванхин О.А. Изучение изменения технологических характеристик порошка цинка оксида в процессе его твердофазной механохимической обработки // Научные ведомости БелГУ. Серия Медицина, Фармация. – 2012. – № 22. – С. 116–120.
- 5 Brunner T.J., Wick P., Spohn P. In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility. // Environ. Sci. Technol. – 2006. – № 40. – PP. 4374–4381.
- 6 Maret W. Zinc biochemistry: from a single zinc enzyme to a key element of life. // Advances in nutrition. – 2013. – № 4. – P. 82–91.
- 7 Saravanan V.S., Kalaiarasan P., Madhaiyan M., Thangaraju M. Solubilization of insoluble zinc compounds by *Glyconobacter diazotrophicus* and the trimental action of zinc ion (Zn^{2+}) and zinc chelates on root knot nematode *Meloidogyne incognita*. // Letters in applied microbiology. – 2007. – № 44. – P. 235–241.

4.7. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

ОЦЕНКА ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕКРЕАЦИОННОЙ ЗОНЫ ЛЕСОПАРКА ИМ. ЛЕСОВОДОВ РОССИИ Г. ЕКАТЕРИНБУРГА

Кирибаум Альбина Равильевна

*магистрант, кафедра Лесных культур и Биофизики
Институт Леса и Природопользования, Уральский государственный
Лесотехнический университет,
РФ, г. Екатеринбург
E-mail: Vina1624@yandex.ru*

Мизгирева Ирина Дмитриевна

*аспирант, кафедра Ландшафтного строительства,
Институт Леса и Природопользования, Уральский государственный
Лесотехнический университет,
РФ, г. Екатеринбург
E-mail: 126ilp@mail.ru*

ATTRACTION ASSESSMENT OF PARK-FOREST RECREATION SITE NAMED AFTER RUSSIAN FORESTERS OF YEKATERINBURG

Albina Kirschbaum

*master's Degree Student, Planted Forest and Biophysics Chair,
Forest and Nature Management Institute, Ural State Forestry University,
Russia, Yekaterinburg*

Irina Mizgireva

*post-graduate student, Landscape Engineering Chair,
Forest and Nature Management Institute, Ural State Forestry University,
Russia, Yekaterinburg*

АННОТАЦИЯ

В данной статье проведены анализ и оценка привлекательности насаждений с учетом посещаемости территории. Отдыхающие стремятся вырваться из однообразного и унылого городского пейзажа в более живописные и насыщенные жизнью места отдыха.

Данное исследование предполагает дальнейшее отслеживание изменений нагрузки на исследуемую рекреационную зону.

ABSTRACT

In the article, the analysis and attraction assessment of plants taking into account the territory attendance are presented. Vacationers try to escape from monotonous and dull urban landscape to more picturesque and full of recreation places. This research assumes further monitoring of load changes on the investigated recreation area.

Ключевые слова: рекреационный комплекс; урбофитоценозы; оценка привлекательности насаждений; рекреационный объект; оценка качества насаждений.

Keywords: recreational complex; urbophytocenoses; evaluation of the attractiveness of plantation; recreational facility; quality assessment of plantation.

Лесопарк им. Лесоводов России расположен в г. Екатеринбурге в квадрате Новомосковского, Сибирского и Кольцовского трактов. Относится к лесопарковому участковому лесничеству Верх-Исетского лесничества Свердловской области, расположенного на территории муниципального образования г. Екатеринбурга в пределах его границы. Имеет площадь 873,3 га и расположен в кварталах 73–83 [1, с. 27].

В лесопарке им. Лесоводов России наиболее привлекательным рекреационным местом для отдыхающих являются сеть маленьких водоемов, а точнее – первый и самый большой. Поэтому эта зона лесопарка взята в качестве объекта исследования для оценки привлекательности.

Актуальность темы исследования. Урбофитоценозы вокруг водоема в лесопарке претерпели множество изменений в связи с постоянной рекреационной нагрузкой. Возникла необходимость исследования насаждений, а также учета посещаемости на данной территории.

Цель: анализ и оценка привлекательности насаждений вокруг водоема в лесопарке им. Лесоводов России.

Задачи:

1. Исследовать состояние насаждений вокруг водоема;
2. Дать оценку привлекательности насаждениям [3, с. 150];
3. Изучить посещаемость рекреационной зоны вокруг водоема [4, с. 17].

Для оценки привлекательности насаждений были определены видовые точки вокруг водоема рис. 1. При выборе видовых точек мы опирались на отдыхающих, а именно, что первым делом при входе на данную территорию попадает на глаза (видовая точка № 2). Исходя из этого, видовые точки определялись по периметру водоема, но особое внимание уделяется насаждения при входе к водоему (видовая точка № 1, №3), справа от входа и насаждениям, растущим напротив входа (видовая точка № 4), т. е. за водоемом.



Рисунок 1. Расположение видовых точек

По данным с видовых точек была произведена оценка привлекательности насаждений (табл. 1).

Таблица 1.

Сводная таблица оценки привлекательности видовых точек [2, с. 151]

Показатель		Балл			
		Видовая точка 1	Видовая точка 2	Видовая точка 3	Видовая точка 4
Видовой состав насаждения		1	2	2	1
Характер смещения		1	0	2	1
Вертикальная структура и возраст насаждения	Ярусность и возраст древостоя	1	1	2	0
	Характеристика нижних ярусов (подрост и /или подлесок)	1	2	1	1
Мозаичность (горизонтальная структура)	Полнота	1	1	2	2
	Размещение	0	1	2	0
Просматриваемость		1	1	1	0
Итого баллов		6	8	12	5

Из данных таблицы 1 следует, что наибольшей привлекательностью для отдыхающих обладает видовая точка № 3, наименьшей привлекательностью обладает видовая точка № 4. Это связано с тем, что на входе к водоему чаще производятся санитарно-гигиенические мероприятия: ландшафтные рубки и обустройство территории, в виду большой рекреационной нагрузки.

Для обобщающей оценки привлекательности было высчитано значение A_S [5, с. 213] (табл. 2).

Таблица 2.

Сводная таблица показателей привлекательности насаждений

Видовая точка №	Значение A_S	Привлекательность насаждения
1	0,43	средняя
2	0,57	средняя
3	0,86	высокая
4	0,36	средняя
В целом по объекту	0,56	средняя

Получаем, что рекреационный объект имеет среднюю оценку привлекательности.

Параллельно с оценкой привлекательности, проводился учет посещаемости на объекте рекреации (рис. 2).

Посещаемость рекреационной зоны возле водоема за 2015

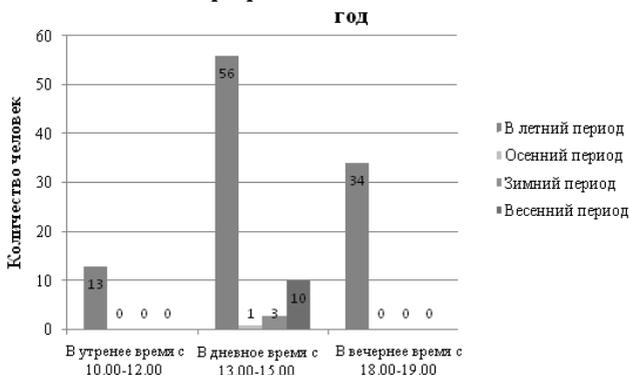


Рисунок 2. Посещаемость на объекте рекреации

Учет посещаемости в 2015 году учет посещаемости велся непосредственно в зоне объекта рекреации. Учет проводился с середины мая и до середины июня, на рисунке приведено среднее количество посетителей за определенный временной интервал.

Таким образом, данная территория, имея среднюю привлекательность насаждений, достаточно часто посещается отдыхающими. В результате превышает допустимая рекреационная нагрузка на лесопарковую зону (до 14 чел./час). Что в дальнейшем, скорее всего, повлечет за собой необратимую дигрессию.

Список литературы:

1. Лесохозяйственный регламент лесопаркового участкового лесничества Верх-Исетского лесничества Свердловской области от 27.09.2013 г. № 1386 – Е., 2011 – 486 с.
2. Моисеев В.С., Тюльпанов Н.М., Яновский Л.Н. Ландшафтная таксация и формирование насаждений пригородных зон. Л.: Стройиздат, 1977. – 224 с.
3. Рысин С.Л. Искусственные насаждения в лесах зеленой зоны Москвы: опыт создания и оценка перспектив рекреационного использования /С.Л. Рысин, А.В. Кобяков // Материалы XIV международной конференции «Проблемы озеленения крупных городов»: сб. статей. – М.: August Media Group, 2011. – 324 с.
4. Рысин С.Л. Рекреационный потенциал лесопарковых ландшафтов и методика его изучения / С.Л. Рысин // Лесохозяйственная информация. – М.: ВНИИЛМ, – 2003. – № 1. – 120 с.
5. Рысин С.Л. Рекомендации по оценке последствий рекреационного лесопользования в лесопарках Москвы / С.Л. Рысин, Л.П. Рысин // Состояние зеленых насаждений и городских лесов в Москве. Аналитический доклад. – М., 2000. – 428 с.

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
МЕТОДОМ ЛИХЕНОИНДИКАЦИОННОГО
МОНИТОРИНГА НА ПРИМЕРЕ ИЛЬМЕНСКОГО
ЗАПОВЕДНИКА**

Щербина Анастасия Геннадьевна

*студент, бакалавр экологии и природопользования,
Южно-Уральский Государственный Университет,
РФ, г. Челябинск
E-mail: nastya_9.04@mail.ru*

Машкова Ирина Вячеславовна

*канд. биол. наук, доцент кафедры экологии и природопользования,
Южно-Уральский Государственный Университет,
РФ, г. Челябинск
E-mail: Mashkoffa@yandex.ru*

**EVALUATION OF THE QUALITY OF ATMOSPHERIC
AIR IN ILMEN RESERVE ON THE BASIS
OF THE LICHENINDICATION MONITORING**

Anastassiya Shcherbina

*student, ecology and environment Bachelor, South Ural State University,
Russia, Chelyabinsk*

Irina Mashkova

*candidate of biological Sciences, assistant professor of Ecology
and Environment department, South Ural State University,
Russia, Chelyabinsk*

АННОТАЦИЯ

В данной работе предложена методика определения загрязнения атмосферного воздуха с помощью лишеноиндикационного картирования. Исследования проведены с целью определения качества воздуха государственного Ильменского заповедника и выявления наиболее экологически благоприятных и загрязненных зон. Среди исследуемых точек выделены три территории, отличающиеся по степени загрязненности атмосферы: относительно чистая, умеренно загрязненная и критическая. Выявлено, что на территориях подверженных техногенному влиянию, видовой состав и численность лишенофлоры крайне скудны.

ABSTRACT

In this paper we present the methodology of atmospheric air pollution measurement on the basis of the lichen mapping. The aim of the study is to evaluate the quality of the atmospheric air in the Ilmen State reserve region and reveal polluted areas and ones with healthy environment. The researched region has been divided into three territories according to the pollution degree: relatively clean, moderately polluted, hardly polluted. The areas liable to anthropogenic impact appear to have utterly poor numerosity and species composition of lichenoflora.

Ключевые слова: лишенология; биоиндикация; лишеноиндикация; лишайники; лишеноиндикационное картирование; эпифитная лишенофлора; атмосферный воздух.

Keywords: lichenology; bioindication; lichen indication; lichenes; lichen mapping; epiphytic lichenoflora; atmosphere air.

Характерный метод оценки загрязнения окружающей среды – лишеноиндикация, определение свойств среды по особенностям ряда показателей лишайников [1, с. 10]. Так как реакция лишайников на загрязнение окружающей среды различна, то их можно использовать в качестве биоиндикаторов. Лишайники абсорбируют концентрации поллютантов всей поверхностью тела, что повышает их восприимчивость к загрязнению [2]. Концентрации загрязняющих веществ в талломах доходят до высоких уровней также из-за того, что лишайники способны продолжительно состоять в сухом, практически дегидратированном состоянии. По сравнению с высшими растениями, лишенофлора по-другому реагирует на загрязнение. Воздействие низких концентраций поллютантов может нанести лишайнику такой ущерб, последствия которого не исчезают вплоть до разрушения их слоевищ. Вероятно, это зависит от того, что лишайники медленно регенерируют свои клетки, в то время как травмированные клетки

высших растений обновляются довольно быстро. Ильменский заповедник, как охраняемая государством территория, нуждается в постоянном наблюдении за общим состоянием окружающей природной среды. Цель нашей работы – определение оценки качества атмосферного воздуха Ильменского заповедника методом лишеноиндикационного мониторинга. Исследования основывались на использовании соотношений проективного покрытия ствола дерева лишайниками, суммарного количества видов лишайников и рабочей шкалы, в которой приведена оценка качества воздуха по проективному покрытию лишайниками [2].

Для работы были выбраны территории, различающиеся по степени антропогенной нагрузки. Была выбрана территория береговой линии двух озер: Аргаяш (точки 1, 2) и Ильменское (точки 4, 5, 6), научно-производственная база Ильменского Государственного заповедника (точка 3), территория отчуждения железнодорожного пути (точки 7, 8).

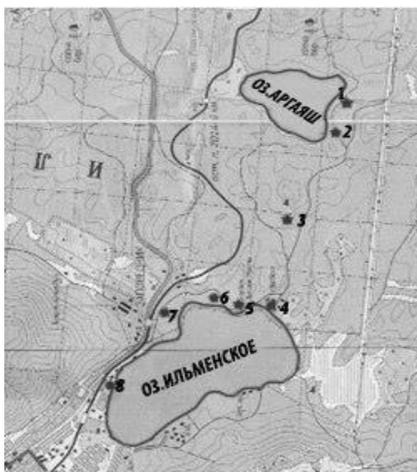


Рисунок 1. Район исследования

В связи с тем, что исследуемая территория Ильменского заповедника расположена в непосредственной близости к г. Миасс, то на качество воздуха город оказывает существенное антропогенное воздействие. В городе насчитывается более 50 предприятий выбрасывающих загрязняющие вещества в атмосферу. Основными внешними загрязнителями атмосферного воздуха являются ОАО «УралАЗ», Миасский машиностроительный завод, Тургоякское

рудоуправление, ОАО «Миастальк» и транспорт, которые выбрасывают до 20 тыс. тонн загрязняющих веществ ежегодно. В виду особенностей локализации источников загрязнения была выбрана методика определения качества воздуха по проективному покрытию эпифитными лишайниками.

На выбранной площадке обследовалось по десять деревьев хвойной породы, расположенных на расстоянии 5–10 метров друг от друга. Деревья были одного возраста, не имели повреждений. Обследование ствола проводилось на высоте от 0 до 1,3 м, проективное покрытие было определено с помощью прозрачной палетки. С помощью данного метода определили среднюю степень покрытия лишайниками на данной территории.

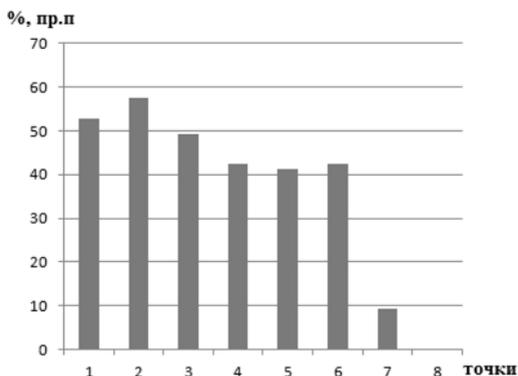


Рисунок 2. Средняя степень проективного покрытия по точкам

Оценка качества воздуха дается по шкале «Оценка качества воздуха по проективному покрытию», отображенной в таблице.

Таблица 1.

Шкала оценки качества воздуха по проективному покрытию

Степень покрытия, %	Число видов	Степень загрязнения воздуха
более 50	более 5 3 – 5 2 – 5	Зона 6: очень чистый воздух Зона 5: чистый воздух Зона 4: относительно чистый воздух
20 – 50	более 5 более 2	Зона 3: умеренное загрязнение Зона 2: сильное загрязнение
менее 20	0 – 2	Зона 1: очень сильное загрязнение (критическое)

На основании метода лишеноиндикационного мониторинга на обследованной территории Ильменского заповедника были выделены 3 зоны, отличающиеся по степени загрязненности атмосферного воздуха: относительно чистая, умеренное загрязнение и критическая. Наименьшая степень загрязненности атмосферного воздуха отмечена для территории вблизи озера Аргаяш, которая характеризуется слабой степенью антропогенной нагрузки. Уровень умеренного загрязнения атмосферного воздуха отмечен для ряда пробных площадок на территории научно-производственной базы. Кроме того, к «критической» зоне относится территория окрестностей железнодорожной станции 2008-й км.

Список литературы:

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. – М.: Научный мир, 2002. – 336 с.
2. Кострюкова А.М., Крупнова Т.Г., Машкова И.В. Биомониторинг озер Ильменского государственного заповедника // Молодой ученый. – М.: Издательство «Молодой ученый», – 2013. – № 4 (51). – Т. 1. – С. 156–158.

СЕКЦИЯ 5.

ХИМИЯ

5.1. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

ТРЁХКОМПОНЕНТНЫЕ РЕАКЦИИ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ С АРИЛАМИНАМИ И КЕТОНАМИ ИЛИ АРОМАТИЧЕСКИМИ АЛЬДЕГИДАМИ

Козьминых Владислав Олегович

*д-р хим. наук, профессор, зав. кафедрой химии Пермского
государственного гуманитарно-педагогического университета,
РФ, г. Пермь
E-mail: kvoncstu@yahoo.com*

Муковоз Пётр Петрович

*канд. хим. наук, преподаватель
Оренбургского филиала Московского технологического института,
РФ, г. Оренбург
E-mail: mpp27@mail.ru*

THREE COMPONENT REACTIONS OF 1,3,4,6-TETRACARBONYL COMPOUNDS WITH ARYLAMINES AND KETONES OR AROMATIC ALDEHYDES

Vladislav Kozminykh

*doctor of Chemical Sciences, Professor, Head of the Chemical Section
of the Perm State Humanitarian Pedagogical University,
Russia, Perm*

Peter Mukovoz

*candidate of Chemical Sciences, Teacher
of the Orenburg Division of Moscow Technological Institute,
Russia, Orenburg*

АННОТАЦИЯ

Систематизированы сведения, проведён анализ данных и представлена новая информация о взаимодействии 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с азометинами или их синтетическими предшественниками – ариламинами и ароматическими альдегидами или кетонами. Описан альтернативный реакциям с азометинами трёхкомпонентный одnoreакторный синтез разнообразных производных пиррола, обсуждаются особенности строения этих соединений.

ABSTRACT

The known data are reviewed and analysed, and new information about the reaction of 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds with azomethines or aryl amines and aromatic aldehydes or ketones as their synthetic precursors is presented. The three component one-pot synthesis of various pyrrole derivatives, being alternative to azomethine reactions, is described. The structure features of these compounds are discussed.

Ключевые слова: 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения; азометины; амины; альдегиды; кетоны; трёхкомпонентные реакции; производные пиррола.

Keywords: 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds; azomethines; amines; aldehydes; ketones; three component reactions; pyrrole derivatives.

Ранее нами был опубликован краткий обзор литературных данных и обсуждались результаты современных исследований по взаимодействию 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений (ТКС) и близких полиоксо-систем с аминами, азометинами (основаниями Шиффа) и азинами [8]. В этой же работе были изложены некоторые предварительные результаты изучения реакций ТКС непосредственно с эквимольной смесью синтетических предшественников оснований Шиффа – аминов и альдегидов или кетонов [8]. Наряду с известными данными, не вошедшими в обзор [8], приводим новые сведения о химических превращениях ТКС и их карбонильных аналогов при действии некоторых из указанных реагентов.

Целью настоящей работы является обобщение литературных данных и материалов исследований, а также анализ сведений о взаимодействии ТКС с азометинами, химических превращениях в трёхкомпонентных системах: ТКС – амины – альдегиды (кетоны) и строении продуктов этих реакций.

Имеется информация о том, что диэтоксалилацетон (**1**: таутомеры **1А** и **1В** – последний преобладает) взаимодействует с арилиденариламинами (или смесью ароматических альдегидов и ариламинов),

образуя в зависимости от соотношения реагентов 3-замещённые 4-гидрокси-5-пирролиноны – эфиры (**2**) [1; 18] или енаминоэфиры (**3**) (рис. 1), которые обладают выраженным противовирусным действием. Необычным, однако, выглядит отсутствие опубликованных сведений об образовании вероятных 3,3'-бис-пирролинонов в ходе данной реакции. Основываясь на собственном опыте изучения подобных реакций ТКС (см. ниже) следует ожидать гораздо большего разнообразия продуктов этих превращений. Описана также гетероциклизация соединений (**2**) в условиях кислотного гидролиза [18].

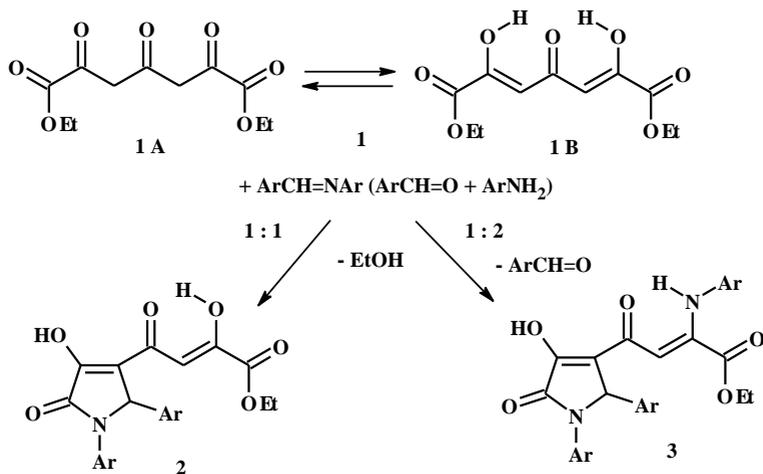


Рисунок 1. Гетероциклизация диэтоксалиацетона (1**) при действии ариліденариламинов**

В работе [8] сообщалось о несоответствии структуры 4-гидроксипроизводных 3,4-дигидро-2H-1,3-оксазин-4-она (**4**), которая ранее придавалась продуктам взаимодействия 1,6-диарил-1,3,4,6-гексантетраонов (**5**: таутомеры **5A** и **5B**, $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Ar}$) с ариліденариламинами [2; 5; 6; 13] (рис. 2). Однако в недавно вышедших публикациях С.С. Зыковой с соавторами [3; 4; 12] эта же структурная ошибка повторяется, что вынуждает нас вновь обратиться к доводам по поводу выделенных продуктов. Считаем важным снова отметить, что и химическая часть работ [6; 12], и результаты биологического скрининга [2–6; 12; 13] не вызывают доверия. Приводимые в публикациях соединения (**4**), как выяснилось, являются

тетракетонами (**5**), исходно вовлечёнными в синтез, но вновь выделенными в недостаточно очищенном виде (реакция в описанных условиях не была завершена). Об этом, в частности, свидетельствуют температуры плавления и приборные характеристики (ИК, ЯМР ^1H , масс-спектры) выделенных веществ [6; 12], которые по сути являются сходными, учитывая низкую степень чистоты соединений, с таковыми 1,6-диарилзамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (**5**) (для сравнения см., например, данные в обзоре [7]). Как следствие, все сведения о биологической активности описываемых соединений (**4**) – антигипоксической [2; 3], противомикробной [5], антиоксидантной [4; 6; 12; 13] – должны относиться именно к загрязнённым исходным тетракетонам (**5**), но не соответствуют декларируемой структуре оксазинов (**4**). Добавим, что критические замечания по структуре (**4**) изложены нами не только в обзоре [8], но и в работах [14; 16].

Трёхкомпонентные реакции ТКС с аминами и альдегидами или кетонами до наших исследований не изучались. О предварительных не опубликованных к тому времени результатах этих исследований вкратце сообщалось в обзоре [8]. Однореакторное вовлечение ариламинов и ароматических альдегидов или кетонов (например, ацетона) как синтетических предшественников азометинов во взаимодействие с 1,6-дизамещёнными 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионами (**5**) приводит к образованию разнообразных оксо(гидрокси) функционализированных структур на основе пиррола. Таким образом, нами предлагаются новые методы синтеза этих соединений, и некоторые результаты исследований обсуждаются в настоящей статье.

Рассеивая известные сомнения, в результате трёхкомпонентной реакции 1,6-дифенил-1,3,4,6-гексантетраона (**5a**: $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Ph}$; сведения о его синтезе – см. обзор [7]) с *n*-толуидином и бензальдегидом выделен не соответствующий оксазинов (**4**: $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Ph}$), а замещённый 3-гидрокси-пиррол (**6**) (табл. 1) [15, 16]. Строение соединения (**6**) установлено на основании данных ИК, ЯМР ^1H спектроскопии, масс-спектрометрии и рентгеноструктурного анализа (РСА) [15; 16] (рис. 2).

В результате проводимой в мягких условиях однореакторной конденсации 4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-диона (**5b**: $\text{R}^1 = \text{R}^2 = \text{Me}$; данные о его синтезе см. в работах [7; 19]) с *n*-толуидином и бензальдегидом получено 2-оксопропилиденпроизводное 3-гидрокси-пирролина (**7**) [16] (рис. 2, табл. 1). Соединение (**7**) можно рассматривать как оксоилиденовый аналог препаративно доступных

3-гидрокси-1,5-дигидро-2*H*-пиррол-2-онов (8), обладающих широким спектром биологического действия [8; 18]. Высокая вероятность проявления фармакологической активности аналогом (8) подчёркивает перспективность химических и биологических исследований соединений близкого ряда илиденпирролинов, представленного на примере соединения (7).

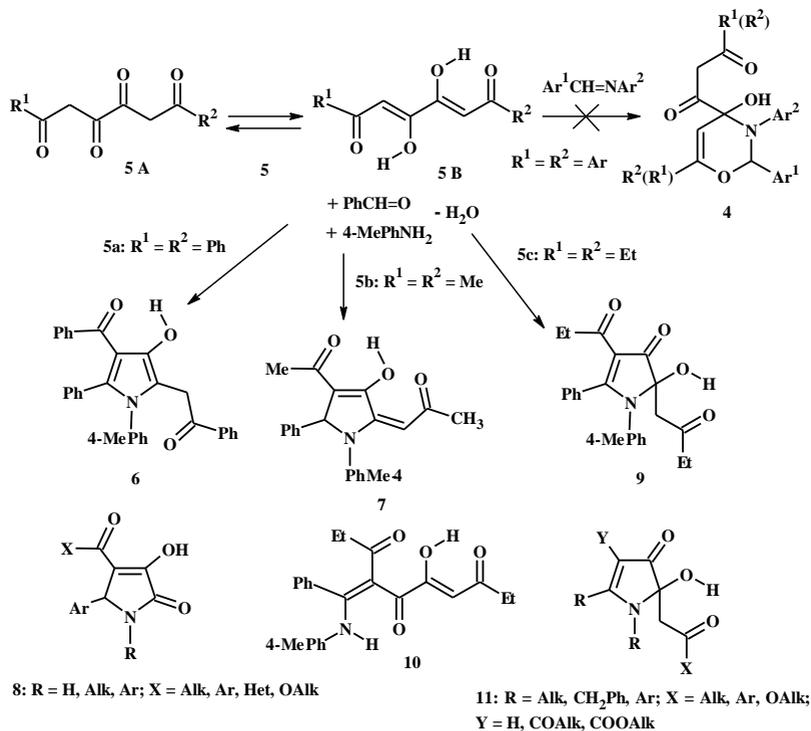


Рисунок 2. Синтез производных пиррола (6, 7, 9) на основе трёхкомпонентных реакций 1,6-дизамещённых 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений (5: $R^1 = R^2 = Alk, Ph$) с *p*-толуидином и бензальдегидом, структуры для сравнения

Ожидаемое химическое разнообразие производных пиррола, образующихся при конденсации, подтверждается трёхкомпонентным синтезом 2-гидрокси-3-пирролинона (9), региоизомерного по положению гидроксильной группы соединениям (6) и (7). Продукт (9) получен исходя из эквимольных количеств взаимодействующих

5,6-дигидрокси-4,6-декадиен-3,8-диона (**5c**: $R^1 = R^2 = Et$; данные о его синтезе приведены в обзоре [7]), *n*-толуидина и бензальдегида [16] (рис. 2, табл. 1). В отличие от пирролов (**6**), (**7**), имеющих енольную гидроксильную группу, в соединении (**9**) присутствует качественно иной *O,N*-полуацетальный гидроксил, определяющий своеобразие его структуры. Гидроксипирролинон (**9**) представлен стабилизированной пиррольным кольцом формой линейного енаминопроизводного ТКС (**10**), не отмеченного в спектрах и не выделенного индивидуально. Соединение (**9**) оказалось устойчивым к дегидратации, что не часто встречается у классических полуацеталей, но известно для некоторых гетероциклических производных (см., например, статьи [9; 10]).

Особенности строения соединений (**7**) и (**9**) описаны по данным ИК, ЯМР 1H спектроскопии, масс-спектрометрии высокого разрешения и РСА [16]. Схемы предполагаемого механизма образования пирролов (**6**), (**7**) и (**9**) приводятся и обсуждаются в работе [16].

Способ получения соединения (**9**) является удобным и простым по сравнению с более трудоёмкими методами синтеза гидроксипирролинонов этого ряда (**11**) [10; 11; 20], в том числе биологически активных [11; 20]. Обсуждению своеобразных по строению и свойствам кольчатых полуацеталей (**9**), (**11**) и подобных им соединений планируется посвятить отдельную статью.

В результате однореакторного взаимодействия ТКС, имеющих терминальные сложноэфирные группы, – 3,4-дигидрокси-2,4-алкадиеноатов (**5**: таутомеры **5A** и **5B**, последний преобладает; $R^1 = Alk$, $R^2 = OAlk$; $R^1 = OAlk$, $R^2 = Alk$; $R^1 = R^2 = OAlk$) с *n*-толуидином и ацетоном с невысоким выходом получены замещённые 4-гидрокси-5-(2-оксоэтилиден)-2,5-дигидро-1*H*-пирролы (**12a-k**) [14; 17] (рис. 3, табл. 1).

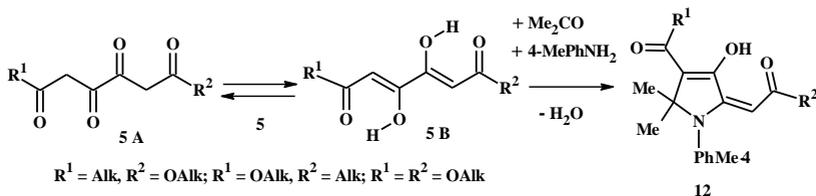
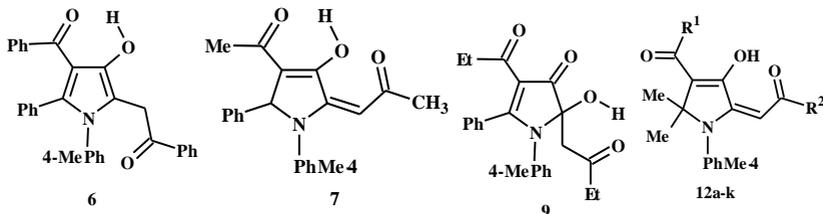


Рисунок 3. Трёхкомпонентная конденсация 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений, имеющих терминальные сложноэфирные группы (5: $R^1 / R^2 = Alk, OAlk$), с *n*-толуидином и ацетоном в синтезе 2-оксоэтилиденпроизводных 2,5-дигидро-1*H*-пиррола (12)

В твёрдом состоянии и растворах эфиры (**12**) представлены (*E*)-изомерами по 2-илиденовому звену, другие детали их строения установлены на основании данных ИК, ЯМР ¹H спектроскопии и РСА и обсуждаются в работах [14; 17]. Характерным отличительным признаком реакции с участием исходных триоксоэфиров (**5**: R¹ = R² = OAlk) является отсутствие хемоселективности. Так, в результате с сопоставимыми, хотя и низкими, выходами нами выделены четыре пары региоизомерных гидроксипирролинов (**12a** и **12e**, **12b** и **12i**, **12c** и **12f**, **12d** и **12g**) [17] (табл. 1). Отметим, что соединения (**12**) имеют структурную аналогию с хорошо известными биологически активными 2-пирролинонами (**8**) [8, 18] (рис. 2), что может быть стимулом для их дальнейшего изучения.

Таблица 1.

Матрица характеристик производных пиррола (**6**), (**7**), (**9**), (**12a-k**)



Соединение	R ¹	R ²	Т. пл., °С	Выходы, %	Литературные источники
6	–	–	175–177	74	[15, 16]
7	–	–	167–170	69	[16]
9	–	–	125–127	57	[16]
12a	CH ₃	OCH ₃	135–137	10	[17]
12b	CH ₃	OC ₂ H ₅	142–144	12	[17]
12c	C ₂ H ₅	OCH ₃	130–132	8	[17]
12d	<i>n</i> -C ₃ H ₇	OCH ₃	128–130	9	[17]
12e	OCH ₃	CH ₃	230–231	13	[17]
12f	OCH ₃	C ₂ H ₅	190–193	7	[17]
12g	OCH ₃	<i>n</i> -C ₃ H ₇	157–159	11	[17]
12h	OCH ₃	OCH ₃	150–152	52	[14]
12i	OC ₂ H ₅	CH ₃	150–152	14	[17]
12j	OC ₂ H ₅	OC ₂ H ₅	148–150	63	[14]
12k	OC ₃ H _{7-<i>n</i>}	OC ₃ H _{7-<i>n</i>}	86–88	37	[14]

Таким образом, подведены предварительные итоги исследований и представлен краткий анализ данных по реакциям 1,3,4,6-

тетракарбонильных соединений и некоторых оксо-аналогов с азометинами и их синтетическими предшественниками – ариламинами (на примере *p*-толуидина) и ароматическими альдегидами (бензальдегид) или метилкетонами (ацетон). Описаны особенности трёхкомпонентного одnoreакторного синтеза, отмечены детали строения продуктов реакций – разнообразных производных пиррола.

Список литературы:

1. Андрейчиков Ю.С., Гейн В.Л., Коньшина Л.О., Шапетько Н.Н. Синтез 1,4-дизамещённых 5-арилтетрагидропиррол-2,3-дионов на основе взаимодействия диэтоксалилацетона с азометинами // Журнал органической химии. – 1989. – Т. 25. – № 12. – С. 2494–2500.
2. Зыкова С.С. Антигипоксическая активность 6-арил-4-гидрокси-5,6-дигидро-4Н-1,3-оксазинов // Вестник современной клинической медицины. – 2014. – Т. 7. – № 2. – С. 70–73.
3. Зыкова С.С., Балыбердин А.О., Шарапова Ю.С. 3-Замещённые 2Н-1,3-оксазины – перспективные объекты для поиска антигипоксантов // Международный студенческий научный вестник. Пенза: изд-во "Информационно-технический отдел Академии Естествознания". – 2015. – № 2–3. – С. 399–401.
4. Зыкова С.С., Даровских А.А., Карманова О.Г., Игидов Н.М., Загулова Д.В. Синтез и биологическая активность некоторых продуктов реакций 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с бинуклеофилами // Научное обозрение. – 2015. – № 14. – С. 255–261.
5. Зыкова С.С., Одегова Т.Ф. Микробиологические характеристики новых продуктов синтеза 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диона с арилиденариламинами // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. – 2014. – Т. 12. – № 2. – С. 37–41.
6. Зыкова С.С., Одегова Т.Ф., Бойчук С.В., Галембикова А.Р. Синтез и фармако-токсикологические характеристики 3-замещённых 3-гидрокси-6-фенил-3,4-дигидро-2Н-1,3-оксазинов // Химико-фармацевтический журнал. – 2014. – Т. 48. – № 11. – С. 10–14.
7. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонов с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. – Оренбург, 2007. – Вып. 5 (69). – С. 138–148.
8. Козьминых В.О., Муковоз П.П. Новые представления о взаимодействии 1,3,4,6-тетракарбонильных систем с азометинами, краткий обзор реакций с аминами и азинами // Приволжский научный вестник. Научно-практический журнал. Ижевск: изд-во "Издательский Центр Научного Просвещения", май 2015. – № 5-1 (45). – С. 33–43.

9. Козьминых В.О., Муковоз П.П. Устойчивые полуацетали на основе 2Н-1,4-бензоксазинов – продукты реакции некоторых 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений с 2-аминофенолами // Инновации в науке. Сборник статей по материалам LI международной заочной науч.-практ. конф., Новосибирск, 30 ноября 2015 г. – Новосибирск: изд-во "СибАК", 2015 (в печати).
10. Козьминых Е.Н., Армагинова В.Г., Шавкунова Г.А., Игидов Н.М., Березина Е.С., Козьминых В.О. Взаимодействие 5-арил-2,3-дигидро-2,3-фурандионов с эфирами β-аминокротоновой и 2-ариламино-4-оксо-2-бутеновой кислот // Журнал органической химии. – 1997. – Т. 33. – № 2. – С. 256–259.
11. Козьминых Е.Н., Игидов Н.М., Шавкунова Г.А., Яковлев И.Б., Шеленкова С.А., Колла В.Э., Воронина Э.В., Козьминых В.О. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. 2. Синтез биологически активных 2-гидрокси-2,3-дигидро-3-пирролонов и замещённых амидов ароилпировиноградных кислот // Химико-фармацевтический журнал. – 1996. – Т. 30. – № 7. – С. 31–35.
12. Лапин А.А., Зыкова С.С., Любосеев В.Н. Сравнительная оценка тестов определения антиоксидантной активности на примере биологически активных 3-замещённых 3-гидрокси-6-фенил-3,4-дигидро-2Н-1,3-оксазинов // Бутлеровские сообщения. – 2014. – Т. 39. – № 10. – С. 127–134.
13. Любосеев В.Н., Неселевский С.М., Зыкова С.С. Изучение антиоксидантной активности соединений на основе некоторых реакций тетракетонов с основаниями Шиффа // Успехи современного естествознания. – 2013. – № 8. – С. 19.
14. Муковоз П.П., Козьминых В.О., Андреева В.А., Ельцов О.С., Слепухин П.А., Козьминых Е.Н. Способ получения и строение эфиров (5E)-4-гидрокси-5-(2-алкокси-2-оксоэтилиден)-2,2-диметил-1-(4-метилфенил)-2,5-дигидро-1Н-пиррол-3-карбоновых кислот // Журнал органической химии. – 2015. – Т. 51. – № 6. – С. 877–879.
15. Муковоз П.П., Козьминых В.О., Горбунова А.В., Слепухин П.А., Ганебных И.Н., Ельцов О.С. Трёхкомпонентный синтез и строение 4-бензоил-2-(3-гидрокси-1-(4-метилфенил)-5-фенил-1Н-пиррол-2-ил)-1-фенилэтанона // Инновационные процессы в области естественнонаучного и социально-гуманитарного образования. Материалы III Международной науч.-практ. конф. Оренбург, Оренбургский гос. педагогический университет, 17–18 марта 2016. – Оренбург, 2016 (в печати).
16. Муковоз П.П., Козьминых В.О., Козьминых Е.Н., Горбунова А.В., Слепухин П.А., Ганебных И.Н., Ельцов О.С. Особенности взаимодействия 1,3,4,6-тетракетонов с п-толуидином и бензальдегидом // Журнал органической химии. – 2016 (в печати).
17. Муковоз П.П., Слепухин П.А., Козьминых В.О., Андреева В.А., Ельцов О.С., Ганебных И.Н., Козьминых Е.Н. Особенности реакции эфиров 3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-алкадиеновых кислот с ацетоном и п-толуидином // Журнал общей химии. – 2015. – Т. 85. – № 12. – С. 1983–1988.

18. Перевалов С.Г., Бургарт Я.В., Салоутин В.И., Чупахин О.Н. (Гет)ароилпи-
ровиноградные кислоты и их производные как перспективные
"строительные блоки" для органического синтеза // Успехи химии. –
2001. – Т. 70. – № 11. – С. 1039–1058.
19. Тарасова В.А., Кузьмин А.В., Муковоз П.П., Козьминых В.О. Синтез
и особенности строения 4,5-дигидрокси-3,5-октадиен-2,7-диола //
Башкирский химический журнал. – 2014. – Т. 21. – № 4. – С. 15–19.
20. Kozminykh V.O., Igidov N.M., Kozminykh E.N., Semenova Z.N.,
Andreichikov Yu.S. Synthesis and antimicrobial activity of new 5-aryl-2-
hydroxy-3(2H)-pyrrolinone derivatives // Pharmazie. – 1992. – Bd. 47. –
№ 4. – S. 261–263.

СЕКЦИЯ 6.
НАУКИ О ЗЕМЛЕ

6.1. ГЕОФИЗИКА

**ФИЗИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ
МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ
(ПО РЕЗУЛЬТАТАМ РЕСПУБЛИКИ АРМЕНИИ)**

Манукян Ваган Мгерович
аспирант ЕГУ,
Республика Армения, г. Ереван
E-mail: vahan91@rambler.ru

Минасян Роберт Сарибекович
д-р. геол. мин. наук, профессор ЕГУ,
Республика Армения, г. Ереван
E-mail: r.minasyan@ysu.am

**PHYSICAL AND GEOLOGICAL MODEL
FOR PORPHYRY COPPER DEPOSITS
(ON THE RESULTS OF THE REPUBLIC OF ARMENIA)**

Vahan Manukyan
Ph.D student of Yerevan State University,
Armenia, Yerevan

Robert Minasyan
doctor of Geology and Mineralogy, Professor of Yerevan State University,
Armenia, Yerevan

АННОТАЦИЯ

В статье рассматривается физико-геологическая модель (ФГМ) для медно-порфировых месторождений. При составлении модели учтены особенности выявленных аномалий методами грави-, магниторазведки и вызванной поляризации (ВП). На основании обобщения и анализа полученных данных предложена универсальная ФГМ для исследованных месторождений, что позволяет рекомендовать комплекс геофизических методов при изучении аналогичных месторождений полезных ископаемых.

ABSTRACT

The paper discusses physical and geological model of porphyry copper deposits. In the model were discussed gravitational, magnetic and IP anomalies. Summarizing the factual material, it has been proposed universal physical and geological model. Due to this model, it is possible to recommend a complex of geophysical methods in the study of similar deposits.

Ключевые слова: физико-геологическая модель (ФГМ); медно-порфировое оруднение; петрофизическая модель; геофизические методы; аномалии.

Keywords: physical and geological model; porphyry copper deposits; petrophysical model; geophysical methods; anomalies.

При выборе рационального комплекса геофизических методов для изучения рудных месторождений одной из основных стадий является составление специальных типов ФГМ исследуемых районов. В частности, для исследованных нами территорий медно-порфировых месторождений составлена сводная статистическая модель с использованием основных характеристик полей гравитационных, магнитных и ВП. В основе модели лежат петрофизические характеристики пород и связи между ними.

Из физических свойств пород, которые встречаются в медно-порфировых месторождениях исследуемых территорий [1], обобщены данные плотности, магнитной восприимчивости и вызванной поляризуемости, которые приведены в таблице 1.

Таблица 1.

Месторождение, рудопроявление	Интрузия	Плотность, г/см ³	Магнитная восприимчивость, 10 ⁻⁶ СГС	Вызванная поляризуемость, η _к %
Мец-дзор	Гранитоид	2,58	105	2,1
Техут	Кварцевый диорит	2,62-2,70	810	0,8
Дастакерт, Нжде	Кварцевый диорит	2,66	до 1045	2,43-3,14
Анкасар, Гехи, Казаналич	Кварцевый диорит	2,72	835	2,43-3,14
	Гранодиорит	2,67	2020	2,43-3,14
Каджаран	Монцонит	2,48-2,65	3660	2,43-3,14
Личк	Кварцевый диорит	2,64	85	2,43-3,14
	Гранодиорит порфир	2,62	1085	2,43-3,14
Айгедзор	Сиеногранит	2,64	90	2,43-3,14
	Гранодиорит	2,67	1050	2,43-3,14
Таблица 1 (продолжение)				
Агарак	Граносиенит	2,62	500	2,43-3,14
	Гранодиорит	2,62-2,67	1625	2,43-3,14

Установлены следующие пределы изменения петрофизических свойств: плотность рудовмещающих интрузивных пород – 2,48–2,74 г/см³, магнитная восприимчивость – до 5780 * 10⁻⁶ СГС, значения вызванной поляризации получены в основном – 2,43–3,14 %.

ФГМ, медно-порфировых месторождений, в основном характеризуется интрузивами средних и кислых составов, разнородными дайками, разнонаправленными разрывными нарушениями, брекчиями и гидротермальными измененными породами. В аномальных полях вызванной поляризации особенно хорошо отображаются гидротермально измененные породы, тогда как их магнитная восприимчивость практически отсутствует. Для разуплотненных пород изученных месторождений установлены понижения значения силы тяжести.

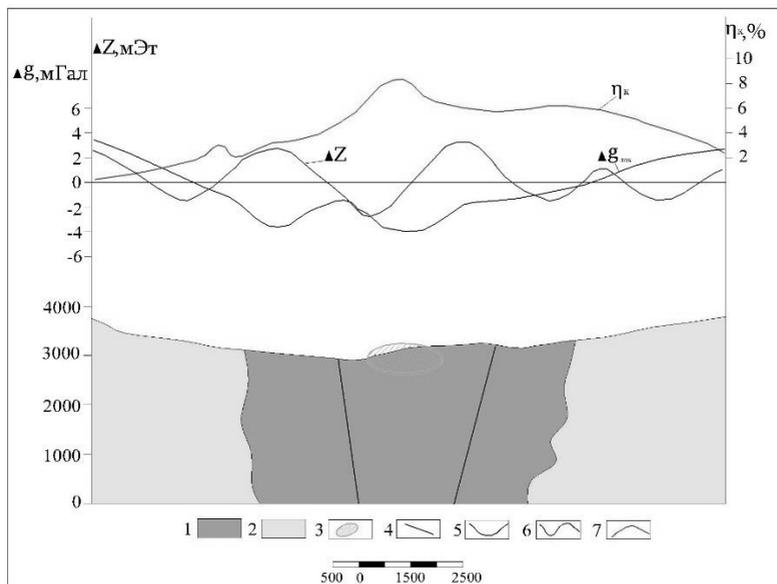


Рисунок 1. Обобщенная ФГМ для медно-порфировых месторождений. Условные обозначения: 1 – интрузивное тело кислого состава; 2 – вулканогенно-осадочные породы; 3 – Cu-Mo оруднение; 4 – тектонические нарушения; 5, 6, 7 – графики Δg , ΔZ , η_k .

На картах изодинам интрузивные и вулканогенно-осадочные породы отражаются положительными и отрицательными значениями магнитного поля. Аномалии вызванной поляризации (ВП) везде превышают фоновое поле в несколько раз, что особенно характерно для сульфидных оруднений. Например, опыт работ в других районах показывает, что над медно-порфировыми месторождениями η_k рудовмещающих пород не превышает 6 %, а на рудах колеблется в пределах 10–24 % [3]. В нашем случае параметр η_k над месторождениями полностью или частично изменяется от 3–8 % при фоне до 2 %. Это означает, что метод ВП в комплексе геофизических исследований медно-порфирового оруднения, является одним из основных и, в частности, подтверждается модельными данными, приведенными в таблице 2.

Таблица 2.

Месторождение, рудопроявление	Величины геофизических параметров:		
	Сила тяжести, мГал	Магнитное поле, мЭт	ВП, %
Мец-дзор	до -2	-	6-10
Дастакерт	-2 ÷ -3	до ÷ +5	8
Нжде	-3 ÷ -4	до ÷ +2,5	6-8
Анкасар	-1 ÷ -2	+2,5 ÷ +5	2-3
Гехи	-2 ÷ -3	-5	4-5
Казаналич	-1	+2,5 ÷ +5	2-3
Таблица 2 (продолжение)			
Личк	-2 ÷ -3	-2,5 ÷ -5	3
Айгедзор	-1 ÷ -2	до ÷ +2,5	3
Агарак	-2 ÷ -3	-2,5 ÷ -5	до 3
Каджаран	-4 ÷ -5	-2,5 ÷ +2,5	-
Техут	-5 ÷ -6	до ÷ +2	-

Анализ приведённых данных показывает, что в магнитные поля изученных месторождений и рудопроявлений не отличаются друг от друга. Основные аномальные поля наблюдаются в полях силы тяжести и вызванной поляризации.

В качестве примера на рисунке 1 приведены характерные графики геофизических параметров g , z , η_k и соответствующий модельный геологический разрез.

В целом, анализ полученных материалов и характерная обобщенная физико-геологическая модель показывают, что для выявления перспективных медно-порфировых оруднений, в особенности при изучении относительно больших глубин (более 100 м), необходимо комплексирование геолого-геофизических методов, основывающихся на разных физических и геологических свойствах поисковых объектов.

Список литературы:

1. Варгянн С.У. – Структурно-петрофизические условия рудоотложения рудных формаций цветных и благородных металлов Армении – Ер.: ЕРЕЯ, 2008. – 198 с.
2. Вахромеев Г.С., Давыденко А.Ю., Моделирование в разведочной геофизике, Москва, Издательство «Недра», 1978 г. –192 с.
3. Дортман Н.Б. – Физические свойства горных пород и полезных ископаемых, М.: Недра 1984 г. – 455 стр.

6.2. ОБЩЕСТВЕННАЯ ГЕОГРАФИЯ

РОЛЬ И ЗНАЧЕНИЕ ЭНЕРГЕТИКИ В РАЗВИТИИ ПРОМЫШЛЕННОСТИ УЗБЕКИСТАНА

Гопиров Махмуджон Одилжанович

*старший преподаватель, Географической кафедры,
Андижанского государственного университета.*

Республика Узбекистан, г. Андижан

E-mail: gopirov1978@mail.ru

ROLE AND VALUES OF POWER IN DEVELOPMENT OF THE INDUSTRY OF UZBEKISTAN

Makhmudzhon Gopirov

senior teacher, Geographical chair department,

Andizhan state university,

Republic of Uzbekistan, Andizhan

АННОТАЦИЯ

В статье рассматриваются роль и значение энергетики в промышленности Узбекистана. С этой точки зрения основное внимание уделяется развитию энергетического комплекса страны.

ABSTRACT

In article the role and value of power in the industry of Uzbekistan are considered. From this point of view the main attention is paid to development of a power complex of the country.

Ключевые слова: Энергетика; топливо; ресурсы; промышленность; электроэнергия; климат; энергосбережение.

Keywords: Power; fuel; resources; industry; electric power; climate; energy saving.

Энергетика – фундамент экономики, основа всего материального производства, ключевой элемент жизнеобеспечения страны и основа ее экспортной базы. Без топлива и электроэнергии невозможно

развитие любой отрасли экономики, особенно в промышленности. Узбекистан – одна из ключевых стран Средней Азии с точки зрения топливно-энергетического потенциала и в энергетическом плане новый игрок на международной арене. С первых лет независимости государство проводит реформы, направленные на обеспечение энергетической безопасности страны и использование потенциала национальной энергетики для решения социально-экономических задач. Значение топливно-энергетического комплекса в хозяйстве нашей страны очень велико: он снабжает топливом и энергией все отрасли хозяйства, без него не возможен ни один вид хозяйственной деятельности человека. Основными энергетическими ресурсами страны являются природный газ (доказанные запасы свыше 3 трлн. куб. м), уголь (2 млрд. т.), нефть (530 т.), запасы урановых руд (до 230 тыс. т) и электроэнергия (55–57 млрд. кВт. ч.).

В топливно-энергетическом балансе Узбекистана ведущие позиции занимает природный газ, второстепенными является уголь и нефть. Но, за последние 10 лет в стране существенных сдвигов в объемах производства первичной энергии не произошло. Добыча газа и угля медленно, но стабильно растут. Производство нефти уменьшается, а электроэнергии увеличивается. В стране действуют три нефтеперерабатывающих завода, которые могут, перерабатывать мощностью 11,2 млн. т. нефти и газового конденсата в год. Продукция нефтяной промышленности используется в химической промышленности, на тепловых электростанциях и других сферах экономики (транспорта). Уголь добывается на трёх месторождениях Узбекистана: на Ангренском, Шаргунском и Байсунком, которые используется в производстве электроэнергии. С 2003 г. в стране снижается темпы добычи нефти, на фоне быстро развивающейся промышленности и транспорта, что видно в таблице 1.

Таблица 1.

**Основные показатели современного развития энергетики
Узбекистана, 2000–2013 гг.**

Показатель/год	2000	2005	2010	2011	2012	2013
Нефть, млн. т	7,5	3,4	2	1,9	1,5	-
Газ млрд. куб. м	51,1	54	66	63	61,5	58,3
Уголь млн. т	2,6	3,1	3,6	3,8	3,7	4
Электр	46,8	47,7	52	52,8	53	54,6

Источник: таблица составлена автором по данным статистики Узбекистана

Из-за сокращения добычи нефти в Узбекистане и подорожания цены на нефть на мировом рынке, началась негативно сказываться в энергоемких сферах (например, в это время все виды автотранспорта Узбекистана ходили на нефтепродуктах), после чего Узбекистану автотранспортной сфере пришлось переходить на сжиженный газ. Переходом на сжиженный газ государство решает сразу три вопроса.

1. Избежание падения спроса на автомобили в связи с подорожанием и дефицитом нефтепродуктов в качестве использующего топлива.

2. Узбекистан на фоне сокращения добычи нефти модернизирует газовую отрасль.

3. Переход на сжиженный газ (это экологическое чистое топливо) сокращает выхлопные газы, выпускаемые автомобилями, которые используют нефтепродукты.

В настоящее время основные автотранспортные средства ходят на газе и это – один из ключевых факторов, поддерживающий спрос производства на автомобили. Чтобы сделать соответствующие выводы достаточно бегло просмотреть цифры в следующей приведенной таблице 2.

Таблица 2.

**Показатели производство основных видов продукции
для автотранспорта, 2000–2013 гг.**

Показатель/год	2003	2005	2010	2011	2012	2013
Бензин автомобильный тыс. т	1412,2	1389,6	1413,8	1323,2	1237,2	-
Газ сжиженный тыс. т	171,3	211,5	369,8	365,4	382,1	559,6
Дизельное топливо тыс. т	1512,7	1437,1	1127,9	1052	1009,3	1125,3

Источник: таблица составлена автором по данным статистики Узбекистана

Анализируя приведенные данные в таблице видно, что использование сжиженного газа с 2003 по 2013 годы увеличилось в 3,5 раза, и его производство растет как основной вид топлива для автотранспорта. Газ занимает ведущую позицию не только в транспортной сфере, но и в использовании в других сферах промышленности и на экспорт.

Промышленность – это основной потребитель электроэнергии, электроэнергия в промышленности необходима для привода в действие различных автоматических механизмов и непосредственно – в технологии процессов. Электроэнергия является не только наиболее универсальным энергоносителем для промышленности, но и необходимым

компонентом существования большинства населения. Высокие темпы экономического роста Узбекистана, курс на ускоренное развитие индустриального сектора, масштабное строительство новых производств, возведение различных объектов социального назначения, повышение уровня и качества жизни населения требует постоянного роста производства электроэнергии в Республике и совершенствования деятельности энергетической отрасли.

С учетом высоких опережающих темпов развития промышленной индустрии, по прогнозам специалистов, потребности страны в электроэнергии в 2030 году возрастут в сравнении с текущим годом примерно в 2 раза и составят свыше 105 млрд. кВтч. Сегодня продолжается строительство Туракурганской ТЭС, Самаркандской солнечной электростанции. Модернизируются и реконструируются другие электростанции, но этого не достаточно для обеспечения в дальнейшем электроэнергией промышленности и других отраслей экономики. Поэтому строительство новых тепловых, атомных, солнечных электростанций и мини ГЭС – главный гарант развития промышленности. Для этого климатические, природные условия Узбекистана предоставляют великолепные возможности для использования солнечной энергии и строительства солнечных электростанций, наличие природного газа – для строительства новых тепловых электростанций, а огромные запасы урана позволяют строить атомные электростанции.

Чем суровее климат и условия воспроизводства жизни и хозяйства, тем более проявляется в экономическом развитии страны географический детерминизм и специфичность законов хозяйствования. Узбекистан имеет более благоприятные климатические условия по сравнению с Россией и Казахстаном, поэтому производство промышленных товаров тут выгоднее, чем в северных странах. В северных странах, где суровый климат, потребность в энергии больше и это влияет на себестоимости производимых товаров на промышленных предприятиях. Пользуясь возможностями, в Узбекистане важно способствовать ускорению развития производственных предприятий с целью занятия более дешевыми промышленными товарами рынков других стран.

От электричества в значительной мере зависит развитие остальных отраслей хозяйства, производство электроэнергии – важнейший показатель, по которому судят об уровне развития страны. Перспективы развития электроэнергетики связаны с решением стратегических задач развития производственной базы отрасли, модернизации существующих и создания новых фондов (генери-

рующих и транспортных мощностей) в соответствии с уровнем спроса на электроэнергию и тепло. Узбекистан является экспортирующим электроэнергию государством, несмотря на это в сельской местности, где проживает половина населения и развивается промышленность, иногда в зимнее время года веерно отключается электроэнергия. Но с другой стороны, из-за веерного отключения электричества, население внедряет использование альтернативных источников энергии – оборудование (солнечные панели), производимые в стране. Развитие хозяйства с непрерывным ростом ТЭК, основанное на увеличении эксплуатации невозобновляемых ресурсов, может поставить под угрозу устойчивое развитие экономики, поэтому одновременное проведение жесткой политики по энергосбережению и использованию возобновляемых источников энергии – требование времени.

Таким образом, топливные ресурсы Узбекистана дали огромный толчок развитию промышленности, развитию международных отношений и сфере транспорта экономики. Кроме того, за годы независимости с развитием промышленности и с резким увеличением использования бытовой электротехники возрос спрос на электроэнергию, поэтому наращивание производства электроэнергии играет важную роль не только в развитии промышленности, но и в улучшении благосостояния народа.

Список литературы:

1. Зеркалов Д.В. Эффективность энергопотребления. Мифы и реальность. / Журнал экономика и управление. – 2013. – № 3(28). – С. 37–40.
2. Липец Ю.Г., Пуляркин В.А., Шлихтер С.Б. География мирового хозяйства: Учеб. пособие для студентов. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 1999. – 400 с.: ил.
3. Мацкевич Н.И. Использование энергосберегающих технологий в быту / Сборник тезисов. – 2004. 12–15 апреля Москва. ТЕИС – С. 676.

6.3. ФИЗИЧЕСКАЯ ГЕОГРАФИЯ И ЛАНДШАФТОВЕДЕНИЕ

ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕЛИТЕБНОЙ НАГРУЗКИ НА ГОРНЫЕ И РАВНИННЫЕ ЛАНДШАФТЫ ДАГЕСТАНА

Атаев Загир Вагитович

*канд. геогр. наук, профессор,
Дагестанский государственный педагогический университет,
г. Махачкала;
Прикаспийский институт биологических ресурсов
Дагестанского научного центра РАН,
РФ, г. Махачкала
E-mail: zagir05@mail.ru*

Братков Виталий Викторович

*д-р геогр. наук, профессор,
Московский государственный университет геодезии и картографии,
РФ, г. Москва
E-mail: ybratkov@mail.ru*

THE GEOGRAPHICAL CHARACTERISTICS OF RESIDENTIAL LOAD ON MOUNTAINOUS AND PLAIN LANDSCAPES OF THE DAGESTAN

Zagir Atayev

*candidate of Geographical Sciences, Professor,
Dagestan State Pedagogical University, Makhachkala
Caspian Institute of biological resources Dagestan scientific center of RAS,
Russia, Makhachkala*

Vitaly Bratkov

*doctor of Geographical Sciences, Professor,
Moscow State University of Geodesy and Cartography,
Russia, Moscow*

АННОТАЦИЯ

В статье анализируется тенденция изменения селитебной нагрузки на горные и равнинные ландшафты Дагестана на основе сопоставления площадей населенных пунктов разных категорий в картах масштаба 1:200000 последних изданий (середины 1980-х и начала 2000-х годов). Выявлены тенденции изменения площади населенных пунктов как в пределах всей территории Дагестана, в равнинных и горных ландшафтах, а также в пределах отдельных ландшафтных контурах. Выявлено, что за рассматриваемые временные отрезки в пределах равнинных ландшафтов селитебная нагрузка возросла повсеместно, но в наибольшей степени – в пределах полупустынных и пустынных ландшафтов. В горной части отмечаются разнонаправленные тенденции: в смежных с равнинными нижнегорно-лесных ландшафтах, а также наиболее давно освоенных горно-котловинных степных наблюдается значительный рост площадей населенных пунктов, тогда как в пределах остальных ландшафтов наблюдается чаще всего сокращение площадей.

ABSTRACT

The article analyzes the trend of change of residential loading on mountainous and plain landscapes of the Dagestan on the base of comparison of the human settlements area of different categories in maps of scale 1:200 000 of the latest editions (mid-1980s – early 2000s). The tendencies of change in the area of settlements as within the whole territory of Dagestan, in mountainous and plain landscapes so within separate outlines of the landscapes were identified. It is revealed that for the reviewed time intervals the residential loading within the plain landscapes has increased everywhere, but to the greatest extent – within the semi-desert and desert landscapes. In the mountainous part the opposite trends are marked: in the adjacent with plain and low-mountainous-forest landscapes, as well as in the most long developed of the mountainous-hollow steppe, a significant increase in the area of settlements are observed, whereas within the rest of the landscapes it can mostly be observed the decrease in the area.

Ключевые слова: природный ландшафт; антропогенный ландшафт; селитебный ландшафт; населенный пункт; селитебная нагрузка; селитебная освоенность.

Keywords: natural landscape; anthropogenous landscape; residential landscape; settlement; residential loading; residential development.

Республика Дагестан является одним из немногих регионов в России, где отмечается хорошо выраженный естественный прирост

населения. По этому показателю республика занимает 3-е место в России. Отличительной особенностью этого процесса в Дагестане является существенное территориальное перераспределение населения [16], которое выражается в изменении площади населенных пунктов разных категорий. Последнее приводит к изменению нагрузок на природную среду, так как селитебные ландшафты относятся к классу антропогенных [11–13]. Соответственно, изменение площади антропогенных модификаций в пределах природных ландшафтов позволяет говорить об изменении селитебной нагрузки на природные ландшафты или о селитебной освоенности последних. В этом ключе ранее была проанализирована селитебная освоенность Северного Кавказа и его отдельных частей [4–8]. Данные исследования в настоящее время развиваются в рамках геоэкологического мониторинга [9–11].

Территория Дагестана для подобного рода исследований довольно удобна еще и с точки зрения изученности пространственной структуры ландшафтов [1;5;6]. В последние годы подобная работа была проделана по селитебной освоенности формирующейся Махачкалинско-Каспийской агломерации [7].

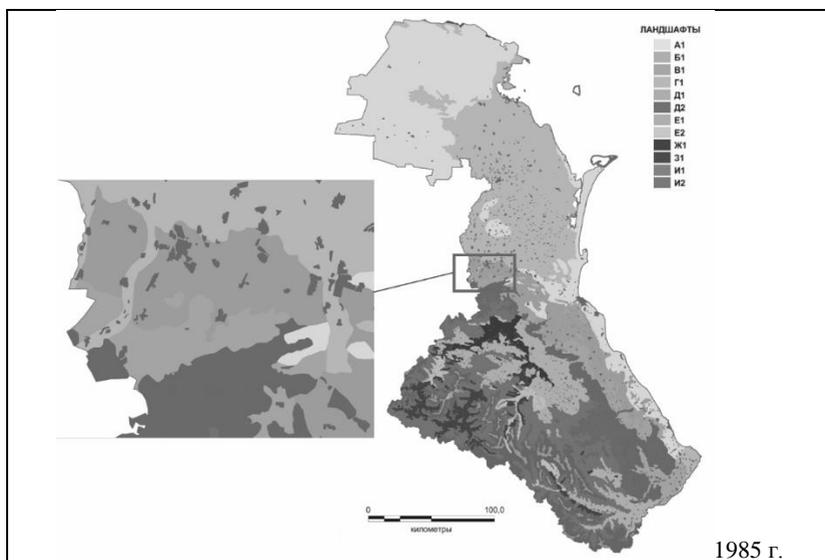
Для выявления тенденций изменения селитебной освоенности ландшафтов Дагестана были определены площади населенных пунктов по топографическим картам масштаба 1:200 000. Для изучаемой территории имеются карты, выпущенные в середине и во второй половине 1980-х годов, а также в начале 2000-х годов. Нами принято, что они отражают систему населенных пунктов, сложившуюся условно на 1985 и 2000 гг. В соответствии с общепринятыми классификациями, населенные пункты отнесены к следующим категориям: города, поселки городского типа, поселки дачного и садового типа, поселки сельского типа. В результате оцифровки этих объектов в программной среде MapInfo стало возможным сопоставить слой, содержащий сведения о ландшафтах данной территории, со слоями населенных пунктов по состоянию на 1985 и 2000 гг. (табл. 1, рис. 1). В целом на территории Дагестана населенные пункты отсутствуют лишь в наиболее возвышенных частях, в пределах субнивальных и гляциально-нивалльных ландшафтов, однако площадь этих ландшафтов была принята во внимание в пределах горной части республики. В результате сопоставления полученных данных стало возможным выявление тенденции изменения селитебной освоенности ландшафтов Республики Дагестан.

Таблица 1.

Селитебная освоенность ландшафтов Дагестана в 1985 и 2000 гг.

ЛАНДШАФТЫ	Площадь ландшафта, км ²	Площадь НП в 1990 г., км ²	Площадь НП в 2000 г. км ²	ΔS, км ²	ΔS, %	Доля НП в ландшафте в 1985 г., %	Доля НП в ландшафте в 2000 г., %
Равнинные ландшафты							
А1. Низменные и равнинные полупустынные и пустынные	12437	157,4	239,0	81,63	51,9	1,27	1,92
Б1. Равнинные и холмистые степные	1500	46,1	73,9	27,76	60,2	3,08	4,93
В1. Предгорные лугостепные, луговые, кустарниковые и лесостепные	1216	31,9	46,1	14,23	44,6	2,62	3,79
Г1. Низменные дельтовые и пойменные	10891	212,0	249,7	37,77	17,8	1,95	2,29
<i>Равнинные ландшафты в целом</i>	<i>26043</i>	<i>447,4</i>	<i>608,8</i>	<i>161,4</i>	<i>43,6</i>	<i>1,72</i>	<i>2,34</i>
Горные ландшафты							
Д1. Нижнегорно-лесные	2168	63,6	89,5	25,94	40,8	2,93	4,13
Д2. Среднегорно-лесные	3817	76,3	74,9	-1,33	-1,7	2,00	1,96
Е1. Среднегорные луговые, степные, лугостепные, шибляковые и фригановые	4180	97,0	105,8	8,86	9,1	2,32	2,53
Е2. Горно-котловинные лесокустаниково-лугово-степные	745	11,2	10,7	-0,53	-4,7	1,51	1,44
Ж1. Горно-котловинные степные и шибляковые	656	9,9	14,3	4,40	44,5	1,51	2,18
З1. Верхнегорные лесные сосновые и березовые	1789	17,5	18,8	1,35	7,7	0,98	1,05
И1. Высокогорные субальпийские лесокустарниково-луговые	7005	35,4	28,6	-6,84	-19,3	0,51	0,41
И2. Высокогорные альпийские кустарниково-луговые	3268	1,5	0,5	-0,97	-64,2	0,05	0,02
<i>Горные ландшафты в целом</i>	<i>24192</i>	<i>312,4</i>	<i>343,3</i>	<i>30,9</i>	<i>1,5</i>	<i>1,29</i>	<i>1,42</i>
Республика Дагестан	50285	759,8	952,0	192,3	25,3	1,51	1,90

Как видно из приведенных данных, на территории Дагестана общая площадь населенных пунктов (городов, поселков городского типа, поселков сельского и дачного типов) составила в 1985 г. 579,8 км², а в 2000 г. – 952,0 км². То есть примерно за 15 лет она увеличилась на 192,3 км² или на 25,3 %. Соответственно удельный вес населенных пунктов вырос с 1,51 в 1985 г. до 1,90 в 2000 г. Однако эти изменения по-разному протекали в равнинных и горных ландшафтах. Так, в пределах равнинных ландшафтов площадь населенных пунктов увеличилась на 161 км², или на 43,6 %, тогда как в горных ландшафтах рост в целом составил лишь 30,9 км² или 1,5 %. То есть в целом можно констатировать процесс «сползания» населения из горной части в равнинную, который наблюдается устойчиво в большей части горных регионов [9].



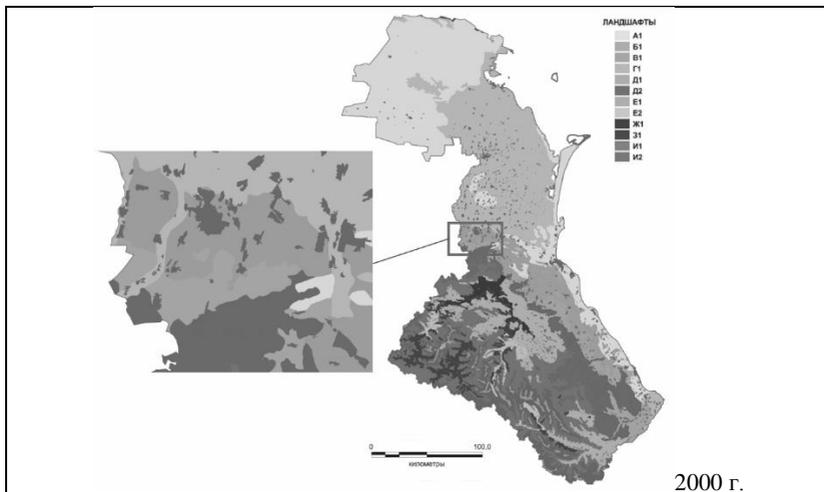


Рисунок 1. Селитебная нагрузка на природные ландшафты Дагестана

В пределах **равнинных ландшафтов** повсеместно выражена тенденция увеличения площади населенных пунктов, которая по-разному проявляется в конкретных ландшафтах. Наибольшую площадь занимают низменные и равнинные полупустынные и пустынные ландшафты, в связи с чем здесь отмечается также максимальный абсолютный прирост площади населенных пунктов – на 81,63 км², или на 51,9 %. Несмотря на то, что низменные дельтовые и пойменные ландшафты занимают сопоставимую с предыдущим ландшафтным контуром площадь (10891 км²), рост площади населенных пунктов составил 37,77 км², или всего 17,8 %. Равнинные и холмистые степные ландшафты, несмотря на то, что они занимают площадь почти в 8 раз меньшую, чем полупустынные, по относительному приросту площади населенных пунктов опережают их, а также все остальные равнинные ландшафты. Здесь за рассматриваемый временной промежуток рост площади населенных пунктов составил 27,72 км², или 60,2 %. Несколько меньшие темпы прироста отмечаются в пределах предгорных лугостепных, кустарниковых и лесостепных ландшафтов: 14,23 км² или 44,6 %. В результате к 2000 г. тем не менее, несмотря на произошедшие изменения, ранжировка ландшафтов по степени селитебной освоенности, выражаемая через удельную долю населенных пунктов в пределах того или иного ландшафта, не изменилась. По-прежнему

наиболее удобным для заселения остаются равнинные и холмистые степные, а также предгорные ландшафты. Это связано с тем, что здесь имеются оптимальные возможности для ведения разнообразной сельскохозяйственной деятельности. Притягательность полупустынных ландшафтов связана, очевидно, также с их приморским положением, особенно на стыке с предгорными. Наконец, интразональные низменные дельтовые и пойменные ландшафты, для которых характерен в значительной степени полупустынный климат, характеризуются наименьшей притягательностью для заселения из-за наименее благоприятных природных условий (большие массивы почв с разной степенью засоления в сочетании с сухим и жарким климатом).

Горные ландшафты характеризуются разными тенденциями изменения селитебной освоенности. Наиболее высоко расположенные горно-луговые ландшафты (альпийские и субальпийские) характеризуются наиболее высокими темпами депопуляции. Так, альпийские ландшафты и ранее были заселены незначительно, а к 2000 г. площадь населенных пунктов здесь сократилась максимально – на 64,2 %. Аналогичная ситуация отмечается и в пределах субальпийских ландшафтов, где площадь населенных пунктов уменьшилась на 19,3 %. В целом сокращение населения в наиболее высокогорной части объясняется скорее всего наиболее неблагоприятными социально-экономическими (отсутствие инфраструктуры), а не природными условиями. В гораздо меньшей степени сократились населенные пункты в пределах горно-котловинных лесо-кустарниково-лугово-степных ландшафтов – на 0,53 км² или 4,7 %. Площадь населенных пунктов в пределах среднегорно-лесных ландшафтов сократилась незначительно, всего на 1,7 %. В пределах остальных горных ландшафтов отмечается рост площади населенных пунктов. Относительно небольшой прирост наблюдался в пределах верхнегорных лесных сосновых и березовых ландшафтов, а также среднегорных луговых, степных, лугостепных, шибляковых и фригановых: 7,7 и 9,1 % соответственно. Наконец, в пределах горно-котловинных степных и шибляковых, а также нижнегорно-лесных ландшафтов площадь населенных пунктов возросла максимально – на 44,5 и 40,8 %.

Несмотря на происшедшие изменения, наибольшей селитебной нагрузке подвергаются нижнегорно-лесные ландшафты, селитебная нагрузка на которые росла наиболее быстрыми темпами. Значительной остается селитебная освоенность среднегорных луговых, степных, лугостепных, шибляковых и фригановых ландшафтов, а также горно-котловинных степных и шибляковых. В этих ландшафтах доля населенных пунктов росла и к 2000 г. составляла от 2,18 до 4,13 %. Очень слабо изменилась селитебная освоенность в пределах

высокогорно-лесных ландшафтов (от 0,98 до 1,05 %). Наконец, в остальных ландшафтах площадь населенных пунктов за рассматриваемый промежуток времени сократилась, причем наиболее сильно, как отмечалось выше – в горно-луговой зоне.

На наш взгляд, отмеченные тенденции изменения селитебной освоенности природных ландшафтов можно объяснить следующими причинами. Во-первых, не все население высокогорных луговых ландшафтов переселяется в более благоприятные для жизни равнинные ландшафты, а, скорее всего, тяготеет к смежным природным ландшафтам: высокогорно-лесным, а также среднегорным. Во-вторых, дополнительным фактором сокращения населения в высокогорьях следует считать тот факт, что здесь в настоящее время проходит государственная граница Российской Федерации, что налагает определенные ограничения на пребывание населения и возможность ведения хозяйственной деятельности. В-третьих, горно-котловинные степные и шибляковые ландшафты на территории всего Северного Кавказа традиционно отличаются наиболее благоприятными природно-климатическими условиями для проживания и ведения хозяйства, что и делает их привлекательными для переселения. И, наконец, нижнегорные ландшафты оказываются притягательными по причине их смежного положения, как с равнинными ландшафтами, так и с вышерасположенными горными. В результате здесь, как и в горных котловинах, отмечается наиболее значительное увеличение площади населенных пунктов.

Таким образом, несмотря на довольно большое «возмущение», связанное с действием социально-экономических факторов, можно констатировать, что природные внутриландшафтные условия играют существенную роль в формировании и функционировании системы расселения на территории Республики Дагестан. В целом, несмотря на происходившие в эти годы социально-экономические изменения, наиболее притягательными для заселения остались природные ландшафты с наиболее комфортными условиями для жизни: степные и полупустынные на равнине, предгорно-холмистые и нижнегорно-лесные в полосе контакта равнин и гор, а также горно-котловинные в пределах собственно горного сооружения.

Список литературы:

1. Абдулаев К.А., Атаев З.В., Братков В.В. Современные ландшафты Горного Дагестана. – Махачкала, ДГПУ, 2011. – 116 с.
2. Атаев З.В., Братков В.В. Современное состояние селитебной освоенности ландшафтов Северного Кавказа // Труды Географического общества Республики Дагестан. – 2011. – № 39. – С. 25–31.

3. Атаев З.В., Братков В.В., Заурбеков Ш.Ш., Астапов М.Б., Мамонов А.А. Селитебная нагрузка на ландшафты Северного Кавказа // Юг России: экология, развитие. – 2012. – № 4. – С. 100–107.
4. Атаев З.В., Заурбеков Ш.Ш., Братков В.В. Современная селитебная освоенность ландшафтов Северо-Восточного Кавказа // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2010. – № 1 (10). – С. 71–74.
5. Атаев З.В., Братков В.В. Горно-котловинные ландшафты Северо-Восточного Кавказа: современные климатические изменения и сезонная динамика. – Махачкала: ДГПУ, 2011. – 128 с.
6. Атаев З.В., Братков В.В., Гаджибеков М.И. Полупустынные ландшафты Северо-Западного Прикаспия: изменчивость климата и динамика. – Махачкала: ДГПУ, 2011. – 124 с.
7. Атаев З.В., Братков В.В. Динамика селитебной освоенности ландшафтов формирующейся Махачкалинско-Каспийской агломерации (на основе данных дистанционного зондирования) // Мониторинг. Наука и технологии. – 2013. – № 4. – С. 11–16.
8. Идрисова Р.А. Ландшафты Чеченской Республики: пространственная структура и особенности селитебной нагрузки. Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. – Нальчик, 2009. – 24 с.
9. Мамонов А.А., Братков В.В., Атаев З.В. Оценка изменения селитебной освоенности ландшафтов контактной полосы Терско-Сулакской и Приморской низменностей Дагестана на основе данных дистанционного зондирования // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2013. – № 1 (22). – С. 84–89.
10. Мильков Ф.Н. Человек и ландшафты. – М.: Мысль, 1973. – 224 с.
11. Ларина А.В., Ямашкин А.А. Геоэкологическое районирование и приоритетные проблемы развития селитебных ландшафтов Мордовии // География и регион. I. Регионоведение и региональная организация общества: Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (30 сент. – 4 окт. 2002 г.). – Пермь: Изд-во Перм. ун-та, 2002. – С. 38–41.
12. Ларина А.В. Анализ влияния геоэкологических факторов на формирование селитебных ландшафтов (на примере РМ) // Естественно-научные исследования: теория, методы, практика: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 2. – Саранск, 2003. – С. 18–20.
13. Ларина А.В., Ямашкин А.А. Селитебный ландшафт как объект геоэкологических исследований // Естественно-технические исследования: теория, методы, практика: межвуз. сб. науч. тр. Вып. 5. – Саранск, 2005. – С. 125–127.
14. Хрусталеv Ю.П. Эколого-географический словарь. / Научн. редактор Г.Г. Матишов. – Батайск, 2000. – 198 с.
15. Ataev Z.V., Bratkov V.V. Geography and Regional Features of Spatial Differentiation and Settlement Development of Landscapes of the Northern Caucasus // European researcher = Европейский исследователь. – 2013. – № 11-1 (62). – С. 2650–2662.
16. Eldarov E.M., Holland E.C., Aliyev S.M., Abdulagatov Z.M., Atayev Z.V. Resettlement and Migration in Post-Soviet Dagestan // Eurasian Geography and Economics. – 2007. – Т. 48. – № 2. – С. 226–248.

6.4. ГЕОЭКОЛОГИЯ

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В ПРОИЗВОДСТВЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР

Имангазинова Жемисжан Саттыбековна

*магистр,
Жетысуского государственного университета им. И. Жансугурова,
Республика Казахстан, г. Талдыкорган*

Мукашева Данагуль Мадияровна

*магистр,
Жетысуского государственного университета им. И. Жансугурова,
Республика Казахстан, г. Талдыкорган*

Джетимов Мырзабай Айтмуханович

*старший преподаватель,
Жетысуского государственного университета им. И. Жансугурова,
Республика Казахстан, г. Талдыкорган
E-mail: make_d_61@mail.ru*

THE USE OF WASTEWATER IN THE PRODUCTION OF FODDER CROPS

Zhemiszhan Imangazhinova

*master, Zhetysu State University named after I. Zhansugurov³,
Republic of Kazakhstan, Taldykorgan*

Danagul Mykasheva

*master, Zhetysu State University named after I. Zhansugurov³,
Republic of Kazakhstan, Taldykorgan*

Myrzabay Jetimov

*senior Teacher, Zhetysu State University named after I. Zhansugurov³,
Republic of Kazakhstan, Taldykorgan*

АННОТАЦИЯ

Орошение сточными водами — комплексное мероприятие, направленное на доочистку стоков, повышение плодородия почв, получение стабильных ресурсов и оздоровления экологии региона. Утилизация осадков сточных вод и использование их в качестве органоминерального удобрения является актуальной проблемой городов. Полученные результаты исследования позволят сделать вывод об экономической безопасности и экономической целесообразности использования городских сточных вод для орошения кормовых, технических и лесных культур, при этом одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения и повышается плодородие почв.

ABSTRACT

Sewage irrigation is a complex measure directed on afterpurification of sewages, increase of soils fertility, obtaining of stable resources and improvement the ecology of the region. Utilization of sewages sludge and its usage as organic-mineral fertilizer is thought to be an urgent problem of the cities. The received results of the research will allow to make a conclusion about economic security and economic reasonability of using city sewage waters for irrigation of forage, technical and forest cultures, a number of problems is solved at the same time: the need of storage is excluded and fertility of soils increases.

Ключевые слова: утилизация; транслокация; кормовые культуры; тяжелые металлы; концентрация; почва.

Keywords: utilization; translocation; feed crops; heavy metals; concentration; soil.

Введение

Установлено, что для орошения могут быть использованы хозяйственные бытовые стоки, сточные воды пищевой промышленности (сахарная, крахмальная, гидроизоляция) и стоки животноводческих комплексов. Для оптимального решения вопросов сельскохозяйственного использования сточных вод и охраны водных объектов от загрязнения мы предлагаем рассматривать размещение сточных вод как систему мероприятий по очистке, использованию, а также регулированному сбросу стоков с целью обеспечения охраны водных источников от загрязнения [6].

В результате очистки бытовых сточных вод образуются осадки. Одним из способов утилизации осадков сточных вод является использование их в качестве органоминерального удобрения, при этом

одновременно решается ряд задач: исключается необходимость хранения и повышается плодородие почв. Применение осадков сточных вод возможно при условии, что не будет происходить загрязнение почвы вредными веществами. Основой оценки опасности загрязнения почв, используемых для выращивания сельскохозяйственных растений, является транслокационный показатель вредности, являющийся важнейшим показателем при обосновании предельно допустимой концентраций (ПДК) химических веществ в почве. Это обусловлено тем, что:

- с продуктами питания растительного происхождения в организм человека поступает в среднем 70 % вредных химических веществ;
- уровень транслокации определяется уровнем накопления токсикантов в продуктах питания, влияющих на их качество.

Существующая разница допустимых уровней содержания химических веществ по различным показателям вредности [4; 7] и основные положения дифференциальной оценки степени опасности загрязненных почв позволяет также дать рекомендации по практическому использованию загрязненных территорий, а также определить объем и высоту осадков, который допустимо использовать в качестве удобрения при рекультивации сероземно-луговых почв.

Методы исследования

Исходя из равномерного смешения осадков с плодородным слоем почвы уравнение материального баланса, имеет вид [3–5; 8; 7]:

$$C_{\text{ф}} \cdot M + C_{\text{ос}} \cdot m = C_{\text{см}} \cdot (M + m), \quad (1)$$

где: $C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация i -ого вещества, мг/кг почвы;

M – масса плодородного слоя почвы, т;

$C_{\text{ос}}$ – концентрация i -ого вещества в осадке, мг/кг почвы;

m – масса осадка, кг;

$C_{\text{см}}$ – концентрация i -ого вещества в почве после смешивания ее с осадком, мг/кг почвы;

Для того, чтобы осадок можно было использовать в качестве удобрений, необходимо соблюдение следующего основного условия [3–5; 8]:

$$C_{\text{см}} < \text{ПДК}, \quad (2)$$

где ПДК – предельно допустимая концентрация i -ого вещества, мг/кг почвы.

Объем W (м^3) и массы M (т) плодородного слоя почвы на участке определяется по формулам:

$$W = H \times S, \quad (3)$$

$$M = W \times \rho_{\text{п}}, \quad (4)$$

где: H – мощность почвенного слоя, м;

S – площадь объекта рекультивации, м^2 ;

$d_{\text{ос}}$ – плотность почвы, $\text{т}/\text{м}^3$.

Масса осадка m , подлежащего размещению на участке, определяется из уравнения материального баланса [3; 5; 8; 7]:

$$m = M \cdot (C_{\text{см}} - C_{\text{ф}}) / C_{\text{ос}} - C_{\text{см}}, \quad (5)$$

Объем осадка V , предназначенный для утилизации на участке, составит, м^3 :

$$V = m / d_{\text{ос}}, \quad (6)$$

где $d_{\text{ос}}$ – плотность осадка, $\text{т}/\text{м}^3$

Высота осадка будет равна, м:

$$H = V / S, \quad (7)$$

Результаты исследований

В решении проблем загрязнения водных ресурсов Или-Балхашского бассейна большая роль отводится разработке целенаправленного использования их на сельскохозяйственных полях орошения в современных социально-экономических условиях. Данная проблема обусловила проведение исследований по целенаправленному и эффективному использованию сточных вод г. Алматы в производстве кормовых культур, получении экологически чистой продукции, направленных на повышение плодородия почв, обеспечивающих высокую эффективность сельскохозяйственных полей орошения.

Целью исследования, является использование сточных вод г. Алматы для орошения кормовых культур и оценка качества воды, почвы, выращенной с\х продукции.

Объектом исследований, являются сточные воды г. Алматы, кормовые культуры, почвы и грунтовые воды. Для оценки качества почвогрунтов, грунтовой воды и биохимического состава растений в лабораторных условиях определялись (N, P, K), а также тяжелые

металлы (Zn, Cu, Fe, Ca, Cr, Pb и другие) в соответствии ГОСТом, инструкциям Госстандарта, методиками технического контроля работы очистных сооружений ГОСТ 18963-73 [3–5; 8; 7]. Осадок, образовавшийся при очистке бытовых сточных вод, содержит медь в концентрации $C_{oc}=12,5$ г/м³. Плотность осадка d_{oc} равна 1,2 т/м³. Почвенный слой участка представлен сероземно-луговыми почвами суглинистого механического состава мощностью $H = 0,2$ м и плотностью $d_{oc} = 1,45$ т/м³. Фоновая концентрация меди в почве по данным санитарно-эпидемиологической службы (СЭС) $C_f = 0,3$ мг/кг почвы. Площадь опытного участка – 0,5 га [3; 5; 7; 8].

Объем и масса плодородного слоя почвы на участке площадью $S = 0,5$ га (5000 м²) составят:

$$W = H \times S = 0,2 \times 5000 = 1000 \text{ м}^3;$$
$$M = W \times d_{oc} = 1000 \times 1,45 = 1450 \text{ т.}$$

Чтобы осадок сточных вод использовать в качестве удобрений, концентрация меди в почве после смешивания ее с осадком не должна превышать ПДК.

$$C_{cm} = \text{ПДК}^{Cu} = 3,0 \text{ мг/кг почвы.}$$

Для расчета массы осадка концентрацию осадков сточных вод необходимо перевести из г/м³ в мг/кг почвы:

$$C_{oc} = C_{oc} / d_{oc} = 12,5 / 1,2 = 10,42 \text{ г/т} = 10,42 \text{ мг/кг почвы};$$

Масса осадка m , подлежащего размещению на участке равна:

$$m = M \cdot (C_{cm} - C_f) / C_{oc} = 1450(3 - 0,3) / 10,42 = 527,6 \text{ т};$$
$$V = m / d_{oc} = 527,6 / 1,2 = 439,7 \text{ м}^3;$$

при этом высота осадка будет равна, м:

$$h = V / S = 439,7 / 5000 = 0,088 \text{ м.}$$

Необходимо определить объем и высоту осадка для всех загрязняющих элементов, содержащихся в осадке, и выбрать такой объем V и высоту h , при которых не будет происходить загрязнение почвы. Данные приведены в табличном виде (таблица 1).

Таблица 1.

Объем и высота осадка для всех загрязняющих элементов (Н=0,2м)

Загрязняющих элементов	Плотность осадка $d_{ос}$, т/м ³	Площадь S, га	Масса плодородного слоя почвы, М, т	Содержание в осадке, $C_{ос}$, мг/кг	Фоновое содержание $C_{ф}$, мг/кг	Концентрация i -ого вещества, $C_{св}$, мг/кг	Масса осадки, ш, кг	Объем осадки V, м ³	Высота осадки, м
Медь	1,2	0,5	1450	10,42	0,3	3	527,6	439,7	0,088
Фтор	1,2	0,5	1450	6,7	0,1	1	228,9	190,8	0,038
Марганец	1,2	0,5	1450	13,3	0,5	2	192,5	160,4	0,032
Фосфор	1,2	0,5	1450	12,5	3	5	386,7	322,2	0,064
Нитраты	1,2	0,5	1450	2,75	1,5	2	966,7	805,5	0,161
Свинец	1,2	0,5	1450	0,028	0,015	0,010	725	604,2	0,120
Взвешенные вещества	1,2	0,5	1450	0,6	0,30	0,35	241,7	201,4	0,040

Результаты гигиенических исследований загрязненных почв позволяют оценить степень опасности загрязнения вредными веществами по уровню их возможного воздействия на системы «почва-растение», «почвы-микроорганизмы, биологическая активность», «почвы-грунтовые воды», «почва-атмосферный воздух» и непосредственно – на здоровье человека. С гигиенической позиции, опасность загрязнения почвы определяется уровнем возможного ее отрицательного влияния на контактирующие среды, пищевые продукты и непосредственно на людей, а также на биологическую активность почвы и процессы ее самоочищения. ПДК химических веществ в почве являются основным критерием гигиенической оценки опасности загрязнения почв вредными веществами.

Для оценки загрязнения опасности почвы выбор химических веществ – показателей загрязнения проводится с учетом:

- специфики источников загрязнения, определяющих комплекс химических элементов, участвующих в загрязнении почв изучаемого региона;
- приоритетности загрязнителей в соответствии со списком ПДК химических веществ в почве и их классов опасности;
- характера землепользования.

Если нет возможности учесть весь комплекс химических веществ, загрязняющих почву, оценку проводят по наиболее токсичным веществам, то есть относящихся к наиболее высокому классу опасности.

При отсутствии в документации класса опасности химических веществ, приоритетных для почв исследуемого района, класс опасности J может быть определен по следующей формуле [3–5; 8; 7]:

$$J = \lg A \cdot S / a \cdot M(\text{ПДК}) = \lg 64 \cdot 1,535/58,5 \cdot (0,575) \cdot 0,01 = 2,46, \quad (8)$$

где: A – атомный вес соответствующего элемента;

S – растворимость в воде химического соединения, мг / л;

M – молекулярная масса химического соединения, в которое входит данный элемент;

a – среднее арифметическое из шести ПДК химических веществ в разных пищевых продуктах (мясо, рыба, фрукты, молоко, хлеб, овощи). Следовательно, изученные почвы относятся при значения индекса от 0,1 до 2,5-к мало опасным (3класс опасности). При оценке опасности загрязнения почв химическими веществами следует учитывать следующее:

- опасность загрязнения тем больше, чем выше фактические уровни содержания контролируемых веществ в почве по сравнению с ПДК;
- опасность загрязнения тем больше, чем выше класс опасности контролируемых веществ;
- буферность почвы, влияющую на подвижность химических элементов, что определяет их воздействие на контактирующие среды.

Оценка уровня химического загрязнения почв, как индикаторов неблагоприятного воздействия на здоровье населения, проводится по показателям, разработанным при сопряженных геохимических и геогигиенических исследованиях окружающей среды городов. Такими показателями являются: коэффициент концентрации химического вещества (K_c), который определяется отношением его реального содержания в почве (C) к фоновому (C_f):

$$K_c = C/C_f, \quad (9)$$

По формуле (9) находим коэффициенты концентрации загрязняющих веществ:

$$K_{c.F} = 10,42/0,3 = 34,7; K_{c.Mg} = 6,7/0,1 = 67; K_{c.P} = 13,3/0,5 = 26,6$$

Суммарный показатель загрязнения Z_c , равный сумме коэффициентов концентраций химических элементов [1; 3; 5]:

$$Z_c = \sum_i^n K_{ci} - (n-1), \quad (10)$$

Где n – число суммируемых элементов.

По формуле (10) суммарный показатель загрязнения равен:

$$Z_c = (34,7 + 67 + 26,6) - (3-1) = 126,3$$

Почвы опытного участка загрязнены фтором, марганцем и фосфором, содержание подвижных форм которого составляет 126,3. На основании таблицы 1, почва должна быть отнесена к категории «опасное» загрязнения, т. к. уровень содержания фтора, марганца и фосфора превышает допустимые уровни содержания этих элементов по всем показателям вредности: транслокационному, миграционному, водному и общесанитарному. Такая почва может быть использована только под технические культуры или полностью исключена из сельскохозяйственного использования.

Оценка опасности загрязнения почв комплексом металлов по показателю Z_c , отражающему дифференциацию загрязнения воздушного бассейна городов как металлами, так и другими наиболее распространенными ингредиентами (пыль, оксид углерода, оксиды азота), проводится по оценочной шкале, приведенной в таблице 2 [4; 3; 2]. Градации оценочной шкалы разработаны на основе изучения показателей состояния здоровья населения, проживающего на территории с различным уровнем загрязнения почв. Микроэлементы тяжелых металлов анализировались в сточных водах у вододелителя, Сорбулака и тупиковом канале по 16 ингредиентам. Сопоставление полученных значений [1; 2; 9] с критериями ПДК показывают, что по всему спектру микроэлементов сточные воды накопителя пригодны для орошения и не вызовут при этом отрицательных экологических последствий. За период исследований 2010–2013 гг. из 16 ингредиентов мышьяк, молибден, титан и ртуть в сточных водах Сорбулака не обнаружены. А такие элементы как никель обнаружены в 5 пробах, кадмий – в 3, кобальт – в 1 пробе с содержанием их в пределах значительно ниже уровней ПДК [10–11]. Остальные ингредиенты, которые часто встречаются в сточных водах, представлены в таблице 2.

Тяжелые металлы из воды, почвы через трофическую цепь поступают в растения, а затем потребляются животными и человеком. Поэтому ни один жизненный процесс в организме растений, животных не может совершаться без участия воды, и ни одна его клетка не может обойтись без водной среды [2].

Таблица 2.

Содержание микроэлементов в выращенной продукции при орошении сточной водой

Культуры	Годы	Микроэлементы, мг/кг сухого вещества							
		Zn	Fe	Cd	Cu	Cr	Ni	Pb	Co
Кукуруза	2010	13,45	-	0,06	1,10	-	-	0,40	-
	2011	8,49	40,90	0,15	2,18	0,55	0,61	0,21	0,29
	2013	8,35	30,25	0,04	0,11	0,11	1,20	0,86	0,24
Подсолнечник	2010	13,10	-	0,23	12,97	-	-	4,80	-
	2011	16,39	57,50	0,25	10,66	0,89	1,91	3,35	0,64
	2013	16,69	40,52	0,06	13,46	0,98	1,57	2,11	0,52
Суданская трава	2010	12,60	-	0,26	2,13	-	-	0,90	-
	2011	15,94	51,20	0,14	2,87	0,80	0,82	0,22	0,50
	2013	7,94	25,44	0,06	0,64	0,87	0,49	0,91	0,08
Люцерна	2011	7,00	29,01	0,09	5,02	0,79	1,08	1,17	0,49
	2013	8,07	30,56	0,08	5,61	0,87	1,19	1,86	0,50

Обсуждение

Обеспечение растений доброкачественной водой является одним из условий успешного развития сельскохозяйственного производства. Также процесс доочистки стоков на сельскохозяйственных полях орошения (ЗПО) должен заменить технологии, страдающие для доочистки отдельных ингредиентов, как правило, дорогостоящих и малоэффективных.

Таким образом, орошение сточными водами – комплексное мероприятие, направленное на доочистку стоков, повышение плодородия почв, получение стабильных ресурсов и оздоровления экологии региона. Полученные результаты позволяют сделать вывод об экономической безопасности и экономической целесообразности использования городских сточных вод для орошения кормовых, технических и лесных культур на юге и юге-востоке Казахстана.

Процесс почвенной доочистки эффективнее протекает в условиях теплого климата, легких почв, глубокого залегания грунтовых вод и высокого удельного веса в севообороте многолетних трав. Эти факторы позволяют увеличить нагрузки сточных вод на ЗПО.

Список литературы:

1. ГН 2.1.7.2041-06 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве» (утв. Главным государственным санитарным врачом РФ 19 января 2006 г.).
2. Естаев К.А. Выращивание экологически чистой кормовой продукции при использовании сточных вод г. Алматы // Автореф. канд. сельскохозяйств. наук. Алматы, 2005, – 27 с.
3. Методические рекомендации по геохимической оценке загрязнения территорий городов химическими элементами, М., ИМГРЭ, 1982.
4. Мустафаев Ж.С., Сейтказиев А.С., Анафин М.Ш. Мелиоративный комплекс на орошаемых землях Казахстана. Алма-Ата. 1992. – 32 с.
5. Оценка степени загрязнения почв химическими веществами. – Ч. 1. Тяжелые металлы и пестициды. – М.: Минприроды РФ, 1982.
6. Сейтказиев А.С., Цой В.Н. Водоохранные мероприятия на сельскохозяйственных полях орошения// Международн. научно-практ. конф. (20–21 октября); Тараз, 2005, – С. 275–278.
7. Сейтказиев А.С., Джетимов М.А., Байзакова А.Е., Музбаева К.М. Экологическая оценка продуктивности улучшения засоленных земель в пустынных зонах республики Казахстан Тараз. 2011. – 274 с.
8. Сейтказиев А.С., Тайчибеков А., Сейтказиева К.А. Methods of Salt and Alkaline Soils Improvement in Zhambylsk Region// European Researcher, 2013, Vol.(64), – №12-1, – С. 2768–2773.

9. Сейтказиев А.С., Музбаева К.М., Салыбаев С.Ж. Моделирование водно-солевого и теплового режимов деградированных почв. Тараз. 2011. – 356 с.
10. Сейтказиев А.С., Буданцев К.Л. Моделирование водно-солевого режима почв на засоленных землях //Межвузовский сб.научн.трудов по гидро-техническому специальному строительству.. Москва. 2002. – С. 72–79.
11. Сейтказинов А.С., Джетимов М.А., Байзакова А.Е. Результаты промывок сероземно-луговых почв в условиях хлоридно-сульфатного засоления. Materialy 7 mezinarodni vedecko-prakticka conference., Praha, 2011, 13–17.

6.5. КАРТОГРАФИЯ И ГЕОИНФОРМАТИКА

ИНЖЕНЕРНО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОЩАДКИ РЕСТАВРАЦИИ ОБЪЕКТА КУЛЬТУРНОГО НАСЛЕДИЯ «КИТАЙСКИЙ ТЕАТР АЛЕКСАНДРОВСКОГО ПАРКА Г. ПУШКИНА»

Корвет Надежда Григорьевна

*канд. геол.-мин. наук, доцент СПбГУ,
РФ, г. Санкт-Петербург
E-mail: n.korvet@spbu.ru*

Заводчикова Мария Борисовна

*канд. геол.-мин. наук, доцент СПбГАСУ,
РФ, г. Санкт-Петербург.
E-mail: zymaria@mail.ru*

ENGINEERING-GEOLOGICAL FEATURES OF THE SITE RENOVATION OF CULTURAL HERITAGE "CHINESE THEATER OF THE ALEXANDER PARK PUSHKIN"

Nadezhda Korvet

*candidate geological-mineralogical sciences, associate professor
of Saint-Petersburg State University,
Russia, Saint-Petersburg*

Maria Zavodchikova

*candidate geological-mineralogical sciences, associate professor
of Saint-Petersburg State University of architecture and construction,
Russia, Saint-Petersburg*

АННОТАЦИЯ

Дана оценка инженерно-геологических условий территории объекта культурного наследия федерального значения «Китайского

театра Александровского парка г. Пушкина», полученная в результате инженерно-геологических изысканий, проводимых при выполнении комплекса работ с целью реконструкции и модернизации объекта.

ABSTRACT

Evaluated engineering-geological conditions of the territory of object of cultural heritage of Federal value "the Chinese theatre in the Alexander Park of Pushkin", as a result of engineering-geological surveys, carried out during the implementation of works on reconstruction and modernization of the facility.

Ключевые слова: Китайский театр Александровского парка г. Пушкина; инженерно-геологические изыскания; физико-механические свойства грунтов.

Keywords: Chinese theatre in the Alexander Park of Pushkin; engineering-geological surveys; physico-mechanical properties of soils.

Вопросы реконструкции и модернизации таких объектов, как архитектурно-исторические памятники, имеют особое значение для сохранения культурного наследия страны. В настоящее время в России, и, в частности, в Санкт-Петербурге, этим вопросам уделяется значительное внимание [1; 3; 5].

Решаемые при этом задачи, всегда направлены на оценку взаимодействия системы: геологическая среда – сооружения. На территориях реставрации и реконструкции архитектурно-исторических памятников, основной целью является воссоздание их первоначального облика, и подобная оценка определяется следующими взаимосвязанными факторами.

- На отдельных участках территории часть сооружений или комплекса сооружений сохранились, и предполагается усиление или замена их фундаментов, и необходимо учитывать, что традиционные приёмы усиления несущих элементов гражданских сооружений в некоторых случаях неприемлемы и даже недопустимы для рассматриваемых объектов.

- Основанием реконструируемого сооружения являются горные породы (грунты), выступающие как основной элемент геологической среды (природных условий), и имеющие важное значение в оценке её взаимодействия с сооружением. Учитывая большое разнообразие природных условий территорий, которые применительно к целям строительной практики рассматриваются, как «инженерно-геологические условия» (ИГУ) расположения сооружения, в каждом конкретном случае для подготовки проекта

реконструкций объекта, необходимо их детальное изучение в процессе общего комплекса работ, в состав которых входят инженерно-геологические изыскания (исследования).

Китайский театр расположен в Александровском парке г. Пушкина, Пушкинского района г. Санкт-Петербурга. Построен в 1778–1779 гг. арх. И.В. Нееловым по проекту, созданному в 1770 г. арх. А. Ринальди. В июне 1978 г. началась кладка фундаментов и стен театра. 13 июня 1779 г. состоялось его открытие. В 1780 г. наспех построенный театр потребовал «переделки переломанных от осадки стен и от погод оконничных переплётв [6]. Он неоднократно ремонтировался и в дальнейшем. В 1908–1909 гг. театр капитально перестроил С.А. Данини, заменив все деревянные конструкции металлическими, также были сделаны различные пристройки, которые вписались в общий вид здания. С начала основания театра и до 1913 г. в нём шли различные представления, устраивались выставки и заседания. В 1914–1930 гг. Китайский театр пустовал [2].

Во время наступления немецких войск 15 сентября 1941 г. Китайский театр почти полностью выгорел и с тех не восстанавливался, в настоящее время, представляя собой практически руины.

В связи с принятым решением о реставрации и реконструкции Китайского театра, разработка научно-исследовательской, изыскательской и проектной документации на выполнение работ по сохранению объекта выполнялась ООО «Архитектурное бюро Студия 44». Инженерно-геологические изыскания проводились сотрудниками организации ООО «Строительное управление № 299», и включали анализ архивных материалов по данному объекту, комплекс полевых и лабораторных исследований, обработку полученных данных; в числе исполнителей принимала участие один из авторов данной статьи. В результате перечисленных работ были получены сведения, необходимые для подготовки проекта реконструкции здания: информация об инженерно-геологических условиях территории.

Поверхность площадки покрыта техногенными насыпными грунтами мощностью от 1,0 до 2,0 м. Под ними повсеместно залегают ледниковые отложения Лужской стадии оледенения мощностью от 0,8 до 1,4 м: суглинки с различными включениями (гравий, галька, щебень, обломки песчаника, известняка); супеси; пески. Коренные породы, представленные нижнеордовикскими известняками и сланцами, а также нижнекембрийскими глинами, вскрытой мощностью до 27,5 м, залегают в пределах площадки на глубине от 2,5 м.

В гидрогеологическом отношении площадка характеризуется наличием двух водоносных горизонтов, режим которых отличается изменчивостью, так как их питание происходит за счёт инфильтрации атмосферных осадков и снеготаяния. Первый водоносный горизонт приурочен к насыпным грунтам, его водоупором являются ледниковые суглинки. Разгрузка горизонта осуществляется в местную гидрографическую сеть – Обводной канал и пруды. Второй водоносный горизонт приурочен к трещиноватым известнякам и прослоям песчаника в нижнекембрийских глинах. Его питание происходит за счет инфильтрации атмосферных осадков на тех участках, где трещиноватые породы среднеордовикских отложений не перекрыты слабопроницаемыми породами. Гидравлически он связан с поверхностными водами, его разгрузка происходит в Большой пруд Александровского парка. Оба водоносных горизонта являются безнапорными.

Проектом предусматривается выполнить реконструкцию здания (усиление фундаментов, возможна пересадка на сваи) и возведение нового объекта с подземным этажом. В качестве возможного варианта конструкции фундамента предложены свайные фундаменты из буронабивных свай. По результатам расчета несущей способности свай по данным статического зондирования, глубина погружения острия свай составляет 6,0 м.

Анализируя геологическое строение площадки реконструкции театра, следует отметить неоднородность геологического разреза в её пределах.

Положение подошвы ледниковых отложений в геологическом разрезе всей площадки фиксируется в интервале глубин от 2,5 до 3,9 м., где они залегают на различных коренных породах.

В западной части территории, коренные породы представлены нижнеордовикскими известняками, вскрытыми на глубинах 3,00–3,50 м. Их мощность составляет здесь 9,00–11,00 м, в восточной части они выклиниваются. Под ними залегают нижнеордовикские сланцы мощностью 2–4 м, расположенные на нижнекембрийских глинах. В восточной части территории коренные породы представлены нижнекембрийскими глинами, вскрытыми на глубинах 2,5–3,5 м. В тоже время, на отдельных небольших участках, непосредственно под четвертичными отложениями, залегают нижнеордовикские диктионемовые сланцы, на глубине 2,50 м (мощностью до 2,00 м), расположенные на кембрийских глинах значительной мощности.

Таким образом, на глубинах погружения острия буронабивных свай (6 м) в пределах всей площадки залегают коренные породы. Для окончательного обоснования фундамента наибольшее значение будут

иметь физико-механические свойства коренных пород, прежде всего, их прочностные и деформационные характеристики. На основании анализа геологического строения, а также согласно ГОСТ 25100-2011, с учетом возраста, генезиса, номенклатурного вида грунтов, слагающих участок, в пределах рассматриваемой глубины бурения произведено выделение инженерно-геологических элементов (ИГЭ). В коренных породах выделено четыре ИГЭ: ордовикские известняки, сланцы; кембрийские глины дислоцированные и глины неравномерно-слоистые. Они все, кроме глин неравномерно-слоистых, залегают на глубине около 6 м. Их инженерно-геологические особенности, средние значения показателей физико-механических свойств приведены ниже.

Известняки светло- и пятнисто-серого цвета, с тонкими прослоями серовато-голубой твердой глины, трещиноватые, насыщенные водой имеют плотность в естественном сложении $2,41 \text{ г/см}^3$. Предел прочности при одноосном сжатии составляет 304 кгс/см^2 .

Сланцы диктионемовые твердые аргиллитоподобные, трещиноватые, с обломками раковин характеризуются: природной влажностью – 0,190 д.ед., плотностью – $1,79 \text{ г/см}^3$, коэффициентом пористости – 0,607 д.ед., показателем консистенции (текучести) – «минус» 0,49 д.ед. Модуль общей деформации сланцев составляет 125 кгс/см^2 , в соответствии с классификацией грунтов по сжимаемости, они относятся к среднесжимаемым грунтам [4]. Предел прочности при одноосном сжатии составляет 13 кгс/см^2 .

Глины пылеватые твердые, дислоцированные, с тонкими прослоями алевритового песка, прослоями тонко- и мелкозернистого песчаника. Величина их природной влажности составляет 0,197 д.ед., плотности – $2,11 \text{ г/см}^3$, коэффициента пористости – 0,562 д.ед., показателя консистенции (текучести) – «минус» 0,25 д.ед. Прочностные и деформационные характеристики: угол внутреннего трения – 17° , сцепление – $1,05 \text{ кгс/см}^2$; модуль общей деформации – 225 кгс/см^2 , что соответствует малосжимаемым грунтам; предел прочности при одноосном сжатии – 29 кгс/см^2 .

Исходя из приведённых характеристик, можно отметить отличие показателей физико-механических свойств диктионемовых сланцев от других пород, залегающих в зоне влияния сооружения. Они обладают высоким содержанием органического вещества (0,24 д.ед.); характеризуются более низкими значениями показателей плотности, прочности.

Таким образом, инженерно-геологические условия рассматриваемой территории, характеризуются неоднородностью её геологического разреза; прослеживанием в пространстве, залегающей локально, толщи диктионемовых сланцев, обладающих высоким содержанием органического вещества и относительно низкой средней плотностью и прочностью. Данные факторы будут иметь значение при обосновании фундамента. Окончательное решение о конструкции фундамента, глубине его заложения и способах возведения принимает проектная организация на основании анализа комплекса данных, в числе которых основное место занимает инженерно-геологическая оценка территории.

Список литературы:

1. Дашко Р.Э., Шидловская А.В. Инженерно-геологический и геоэкологический мониторинг архитектурно-исторических памятников Санкт-Петербурга как источник информации для подготовки проектов их реставрации и реконструкции.//Материалы Международной конференции «Геология крупных городов». СПб.: Изд-во «ГеоИнформ», 2009. – С. 18–20.
2. Ласточкин С.Я., Рубежанский Ю.Ф. 1998. Царское Село – резиденция российских монархов: Архитектурный и военно-исторический очерк. СПб.: ВИТУ. Изд-во «Викторита», 1998. – 344 с.
3. Мангушев Р.А., Осокин А.И. Геотехника Санкт-Петербурга. – М.: Изд-во АСВ, 2010. – 264 с.
4. Проектирование фундаментов зданий и подземных сооружений: Учебное пособие //Под ред. Далматова; 3-е изд. – М.: Изд-во АСВ; СПб.: СПбГАСУ, 2006. – 428 с.
5. Улицкий В.М., Шашкин А.Г., Шашкин К.Г. Геотехническое сопровождение развития городов. «Стройиздат Северо-Запад». Группа компаний «Геореконструкция» Санкт-Петербург, 2010 – 551 с.
6. ЦГИА, ф. 487, оп. 1, ед.хр. 897, 1780 г., л. 1.

Научное издание

**«ЕСТЕСТВЕННЫЕ И МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
НАУКИ В СОВРЕМЕННОМ МИРЕ»**

Сборник статей по материалам
XXXVI-XXXVII международной научно-практической конференции

№ 11-12 (35)
Декабрь 2015 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 15.12.15. Формат бумаги 60x84/16.
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.
Усл. печ. л. 14. 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