

АГЕНТСТВО ПЕРСПЕКТИВНЫХ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
(АПНИ)

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Сборник научных трудов
по материалам
VII Международной научно-практической конференции

г. Белгород, 31 января 2015 г.

В десяти частях
Часть I



Белгород
2015

УДК 001

ББК 72

Т 33

Теоретические и прикладные аспекты современной науки :
Т 33 сборник научных трудов по материалам VII Международной научно-практической конференции 31 января 2015 г.: в 10 ч. / Под общ. ред. М.Г. Петровой. – Белгород : ИП Петрова М.Г., 2015. – Часть I. – 160 с.

ISBN 978-5-9906141-8-5

ISBN 978-5-9906141-9-2 (Часть I)

В сборнике рассматриваются актуальные научные проблемы по материалам VII Международной научно-практической конференции «Теоретические и прикладные аспекты современной науки» (г. Белгород, 31 января 2015 г.).

Представлены научные достижения ведущих ученых, специалистов-практиков, аспирантов, соискателей, магистрантов и студентов по физико-математическим, химическим, биологическим наукам.

Информация об опубликованных статьях предоставляется в систему Российского индекса научного цитирования (РИНЦ) по договору № 690-11/2014 от 05.11.2014 г.

Электронная версия сборника находится в свободном доступе на сайте:
www.issledo.ru

УДК 001

ББК 72

ISBN 978-5-9906141-8-5

ISBN 978-5-9906141-9-2 (Часть I)

© Коллектив авторов, 2015

© ИП Петрова М.Г. (АПНИ), 2015

СОДЕРЖАНИЕ

СЕКЦИЯ «ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ НАУКИ»	6
<i>Демин А.В.</i> ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ РЕДУКЦИИ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТОДА	6
<i>Долгарев А.И.</i> СРЕДНЯЯ КРИВИЗНА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ	8
<i>Коробкин Е.А.</i> ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДУЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВОГО МАССИВА, ОСНОВАННОГО НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ	12
<i>Облизина С.В., Федоров В.Ф.</i> ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА.....	16
<i>Родионов А.В.</i> ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЕТЕНТНОСТНО- ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА	19
<i>Уколов А.И., Попова Т.Н.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ Ge	24
<i>Хайбуллина А.Р., Измаилов Р.Н.</i> УСТОЙЧИВОСТЬ МОДЕЛИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОТОВОЙ НОРЫ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНОЙ МЕТРИКЕ.....	27
<i>Шарафутдинов И.В.</i> РОЖДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПОДМНОЖЕСТВЕ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ.....	29
<i>Шарафутдинова Г.Г.</i> ЗАКРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТЕРЖНЯ, ЛЕЖАЩЕГО НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ.....	31
СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»	35
<i>Акылбеков Н.И., Омаров Е.А., Шигенова А.С., Сейтова А.А., Тулепова А.К., Аппазов Н.О.</i> МИКРОВОЛНОВАЯ АКТИВАЦИЯ В СИНТЕЗЕ ИЗОБУТИЛАЦЕТАТА...	35
<i>Балыбин Д.В., Кудрявцева Н.М., Попова Е.Д., Шамсиева Е.А.</i> ВЛИЯНИЕ ФЕНИЛБИГУАНИДИНА НА КИНЕТИКУ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ЖЕЛЕЗЕ В КИСЛЫХ ХЛОРИДНЫХ СРЕДАХ	39
<i>Белогурова О.А., Саварина М.А., Шарай Т.В.</i> КАРБИДИЗИРОВАННЫЕ ГРАНУЛЫ ИЗ КИАНИТА – ОСНОВА ДЛЯ ПЛОТНЫХ ОГНЕУПОРОВ	44
<i>Грязнова Е.Н., Шиян Л.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИГИДРОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОНАМИ МАРГАНЦА (II)	47
<i>Иртегов Ю.А., Мачехина К.И.</i> ОБРАЗОВАНИЕ ДИСУЛЬФИДОВ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА С НАНОРАЗМЕРНЫМИ СЛОЯМИ В УСЛОВИЯХ СВЧ	49
<i>Маланова Н.В., Косинцев В.И.</i> КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ МИКРОПУЗЫРЬКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ	52
<i>Мачехина К.И., Шиян Л.Н., Войно Д.А.</i> УДАЛЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННЫХ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ	55
<i>Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т.</i> ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В	

РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ «СТРУКТУРА-СВОЙСТВО» БРОМИРОВАННЫХ ИМИДОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ	57
<i>Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Малахов В.А., Султанбек Уларбек</i> ВЛИЯНИЕ НТФ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ОКСИДНО-ФОСФАТНЫХ И ФОСФАТНЫХ ПЛЕНОК НА ЖЕЛЕЗЕ	63
<i>Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Айт Сауык, Султанбек Уларбек</i> ЭЛЕКТРОДНЫЕ РЕАКЦИИ ЖЕЛЕЗНОГО ЭЛЕКТРОДА В РАСТВОРАХ, СОДЕРЖАЩИХ НИТРИЛОТРИМЕТИЛЕНФОСФОНОВУЮ КИСЛОТУ И ЛИГНОСУЛЬФОНАТ НАТРИЯ.....	67
<i>Темирханов Б.А., Темердашев З.А.</i> ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕРМОРАСШИРЕННЫХ ГРАФИТОВ ПОСЛЕ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ.....	72
<i>Темирханов Б.А., Султыгова З.Х., Ужахова Л.Я.</i> СИНТЕЗ СОРБЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТИ	77
СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»	82
<i>Баркова О.Ю., Смарагдов М.Г.</i> ВЛИЯНИЕ ГЕНА NSARG НА ПРИЗНАКИ ЯЙЦА ДОМАШНЕЙ КУРИЦЫ	82
<i>Белов М.В., Кудинов А.А.</i> ПРИКЛАДНЫЕ ГЕНОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В SNP-ГЕНОТИПИРОВАНИИ ЖИВОТНЫХ.....	88
<i>Воронова Н.В., Игнатова Л.В., Кистаубаева А.С., Савицкая И.С.</i> ПРОЕКТНЫЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ	90
<i>Ганин Г.Н.</i> ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ ЧЕРВЕЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ОСАДКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ЕГО КОМПОСТИРОВАНИИ	95
<i>Коряк Ю.А.</i> ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИОННАЯ ТРЕНИРОВКА МЫШЦ- РАЗГИБАТЕЛЕЙ СТОПЫ У ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СЕМИСУТОЧНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ СОКРАЩЕНИЯ И АРХИТЕКТУРУ ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ.....	101
<i>Кравцова Л.С., Войло М.А.</i> НАХОДКА <i>CRICOTOPUS (ISOCLADIUS) MYRIOPHYLLI</i> <i>OLIVER, 1984 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE)</i> В ФАУНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ	120
<i>Кручинина А.Д., Григорьева О.М., Генгин М.Т.</i> АКТИВНОСТЬ ФЕНИЛМЕТИЛСУЛЬФОНИЛФТОРИД-ИНГИБИРУЕМОЙ КАРБОКСИПЕПТИДАЗЫ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ВВЕДЕНИИ СЕЛЕКТИВНЫХ ИНГИБИТОРОВ ОБРАТНОГО НЕЙРОНАЛЬНОГО ЗАХВАТА МОНОАМИНОВ.....	124
<i>Латынова И.В., Генгин М.Т., Соловьев В.Б.</i> ВЛИЯНИЕ СЕМАКСА И СЕЛАНКА НА МЕЖПОЛУШАРНУЮ АСИММЕТРИЮ МОЗГА У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ	126
<i>Лоскутов С.И., Смарагдов М.Г., Кудинов А.А.</i> СОЗДАНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЙ ВЫБОРКИ КОРОВ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ	130
<i>Москвина Н.А., Голубцова Ю.В., Дышлюк Л.С., Просеков А.Ю.</i> ДНК-МАРКЕРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ – КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ	134
<i>Сайфуллин О.А.</i> РОЛЬ ПЛОДОВЫХ САДОВ В ФОРМИРОВАНИИ ОРНИТОФАУНЫ В ПОСЛЕГНЕЗДОВОЙ ПЕРИОД.....	137

<i>Сватов А.Ю., Урюпина М.В.</i> ПОЛИМОРФИЗМ ISSR-МАРКЕРОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ КАРАСЕЙ ИЗ РАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ	142
<i>Сергиенко Г.Ф., Сергиенко С.С., Пигарева С.Н.</i> ВЛИЯНИЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ, ДЫХАТЕЛЬНОЙ И НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ У ЛОШАДЕЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ВЫЕЗДКА	144
<i>Хачатурова К.С., Кравец П.П.</i> СТРУКТУРА ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ <i>MYTILUS EDULIS L.</i> В БУХТЕ КРУГЛАЯ ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ.....	148
<i>Шамсутдинова Ю.В., Воронова Н.В.</i> АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОО «ЭКИБАСТУЗСКАЯ ГРЭС-1 ИМ. Б. НУРЖАНОВА»	152
<i>Щербакова О.В., Иванисова Н.В., Куринская Л.В.</i> ШУМОЗАЩИТНАЯ РОЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВИНОГРАДА ДЕВИЧЬЕГО (<i>PARTHENOCISSUS GUINGUEFOLIA</i>)	155

ПРИМЕНЕНИЕ ПРАВИЛ РЕДУКЦИИ ДЛЯ ВЕРИФИКАЦИИ
ВЫДЕЛЕНИЯ МЕТОДА

Демин А.В.

студент магистратуры кафедры компьютерных технологий
Санкт-Петербургского национального исследовательского университета
информационных технологий, механики и оптики,
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье рассматривается верификация одного из видов рефакторинга, выделения метода, основанная на применении правил редукции, в языке программирования Featherweight Java. Статическая верификация, в отличие от юнит-тестов, позволяет формально доказать, что после проведения рефакторинга поведение программы не изменилось. Доказывается теорема, позволяющая проводить формальную верификацию выделения метода.

Ключевые слова: статическая верификация, рефакторинг, редукция, Featherweight Java.

В настоящее время рефакторинг является неотъемлемой частью процесса разработки программного обеспечения. Основными целями рефакторинга являются улучшение читаемости и структуры кода необходимые для упрощения дальнейшего расширения функционала. Подробное рассмотрение процесса рефакторинга, а также наиболее распространенных типов рефакторных преобразований можно найти в книге “Рефакторинг. Улучшение существующего кода” [1].

Выделение метода – один из наиболее часто проводимых типов рефакторинга. При его проведении часть существующего метода (или общая часть нескольких методов) выносится в отдельный метод.

Наиболее распространенным на данный момент способом проверки корректности вносимых изменений является написание юнит-тестов [2]. Однако, в процессе тестирования позволяет лишь найти ошибки, но не доказать их отсутствие.

Язык Featherweight Java является минимальным ядром для моделирования системы типов языка Java. Данный язык был предложен в статье [3], и обозначения, введенные в ней авторами, используются в настоящей работе.

Определение: редукцией по методу m класса C назовем отношение, которое для любого выражения e удовлетворяет следующим свойствам:

1.
$$\frac{e \rightarrow_{C,m} e'}{e.f \rightarrow_{C,m} e'.f};$$
2.
$$\frac{m' \neq m \vee e : D \wedge \neg D <: C \quad e \rightarrow_{C,m} e' \quad \bar{e} \rightarrow_{C,m} \bar{e}'}{e.m'(\bar{e}) \rightarrow_{C,m} e'.m'(\bar{e})};$$

3.
$$\frac{e : D \quad D <: C \quad mbody(m, C) = \bar{x}.e_0 \quad e \rightarrow_{C,m} e' \quad \bar{e} \rightarrow_{C,m} \bar{e}' \quad e_0 \rightarrow_{C,m} e'_0}{e.m(\bar{e}) \rightarrow_{C,m} [\bar{e}' / \bar{x}, e' / this]e'_0},$$
4.
$$\frac{\bar{e} \rightarrow_{C,m} \bar{e}'}{new D(\bar{e}) \rightarrow_{C,m} new D(\bar{e}')};$$
5.
$$\frac{e \rightarrow_{C,m} e'}{(D)e \rightarrow_{C,m} (D)e'}.$$

Лемма 1: если $e \rightarrow_{C,m} e'$, то $e \rightarrow^* e'$.

Доказательство: следует из свойства конгруэнтности отношения редукции.

Лемма 2: если метод m класса C не содержит прямых рекурсивных вызовов и $e \rightarrow_{C,m} e'$, то выражение e' не содержит вызовов метода m класса C .

Доказательство: очевидно из определения редукции по методу.

Теорема: пусть после преобразования класса C изменились тела методов m_1, m_2, \dots, m_n , а также появился новый метод m' , не содержащий прямой рекурсии. В результате класс C преобразуется в класс C' . Если выполняются следующие условия:

1. $\forall i : 1 \leq i \leq n \Rightarrow e'_i \rightarrow_{C',m'} e_i,$

где $mbody(m_i, C) = \bar{x}.e_i,$
 $mbody(m_i, C') = \bar{x}.e'_i;$

2. если $\exists D : C <: D \wedge mbody(m', D) = \bar{x}_D.e'_D,$ то $e'_D = e',$

где $mbody(m', C') = \bar{x}.e',$

то данное преобразование является выделением метода.

Доказательство: из первого пункта следует, что если в полученном классе во всех измененных методах раскрыть все вызовы метода m' , то их реализация совпадет с исходной, а значит, их поведение не изменится.

Из второго пункта следует, что если в одном из базовых классов класса C был определен метод m' , то в результате преобразования поведение данного метода в классе C' и его наследниках не изменилось.

Таким образом, поведение программы не изменилось, а значит, данное преобразование является рефакторингом. А так как для преобразования к исходному варианту необходимо лишь раскрыть вызовы нового метода, то этот рефакторинг является выделением метода.

На основании доказанной теоремы возможно проводить формальную верификацию одного из типов рефакторинга – выделение метода – в языке программирования Featherweight Java.

Список литературы

1. Фаулер, М., Бек, К., Брант, Д., Апдайк, У., Робертс, Д., Гамма, Э. Рефакторинг. Улучшение существующего кода / [Текст] М. Фаулер, К. Бек, Д. Брант, У. Апдайк, Д. Робертс, Э. Гамма. Изд-во: Символ-Плюс, – 2008 – 432 с.

2. Beck, K. Test Driven Development: By Example / [Текст] Kent Beck, Addison-Wesley Professional, – 2002. – 240 p.

3. Igarashi, A., Pierce B.C., Wadler P. Featherweight Java: A Minimal Core Calculus for Java and GJ / [Текст] Atsushi Igarashi, Benjamin C. Pierce, Philip Wadler // ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS). – V.23 – Issue 3, – 2001. – P.396-450.

СРЕДНЯЯ КРИВИЗНА ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МНОГОМЕРНЫХ ПРОСТРАНСТВ

Долгарев А.И.

доцент кафедры МСМ Пензенского университета, к.ф.-м.н., доцент,
Россия, г. Пенза

Цилиндрические поверхности евклидова пространства E^m размерности m описывается n – параметрической явной функцией и m – параметрической векторной функцией, $m > n - 1$. Ниже приведены основные свойства многомерных цилиндрических поверхностей. Получено соотношение между средней кривизной цилиндрической поверхности и средней кривизной ее направляющей поверхности.

Ключевые слова: многомерные цилиндрические поверхности; квадратичные формы цилиндрических поверхностей; определяемость поверхности; средняя кривизна поверхности.

В евклидовом пространстве E^m размерности m существуют n – параметрические поверхности F^n , $m \geq n - 1$; если $m \neq n - 1$, то поверхность является цилиндрической. Размерность пространства считается произвольной, а поверхность регулярной. Некоторые свойства многомерных цилиндрических поверхностей содержатся в [1].

1. Цилиндрическая поверхность как прямая сумма поверхностей

Погружение γ n – мерного многообразия R^n в m – мерное евклидово пространство E^m , $n < m$, в известных случаях может быть описано одной явной функцией $z = z(x)$; $\gamma: R^n \rightarrow E^m$, $x = (x^i) = (x^1, \dots, x^n)$. Пусть $\gamma: x \rightarrow M = (y) = (y^1, \dots, y^m)$, тогда имеем векторную функцию

$$r(x) = (x^1, \dots, x^n, z(x), y^{n+2}, \dots, y^m) . \quad (1)$$

Поверхность есть образ F^n в паре с погружением $\gamma: R^n \rightarrow E^m$. Описывается поверхность F^n одной явной функцией $z(x)$, или векторной функцией $r(x, y)$. Поверхность F^n является n – параметрической, параметры y^{n+2}, \dots, y^m от параметров x^i не зависят. Векторы производных $r_i = \partial r / \partial x^i$ независимы, т.е. ранг матрицы Якоби $J(y) = (y^j_i)$ равен n .

В пространстве выбран репер $B = (O, e_1, \dots, e_m)$. Замены реперов дифференцируемы.

Если $m = n - 1$, то F^n является гиперповерхностью, если $m > n - 1$, то F^n цилиндрическая поверхность. Пусть P точка поверхности (1). Всякая прямая $\langle P, e_a \rangle$, проходящая через точку P в направлении вектора e_a , $a = n + 2, \dots, m$, лежит на поверхности F^n и является ее образующей. Поверхность F^n содер-

жит плоскость $\Pi^{m-n-1} = \langle P, e_{n+2}, \dots, e_m \rangle$ размерности $m-n-1$, состоящую из образующих прямых линий поверхности F^n . Направляющей поверхностью цилиндрической поверхности (1) является поверхность F_{m-n-1}^n , описываемая векторной функцией

$$F_{m-n-1}^n: r(x) = (x^1, \dots, x^n, z(x), 0, \dots, 0),$$

она является гиперповерхностью в подпространстве E^{m-n-1} пространства E^m . Обозначим через NF^n направляющую поверхность цилиндрической поверхности F^n , имеем $NF^n = F_{m-n-1}^n$. Выполняется следующее:

1. **УТВЕРЖДЕНИЕ.** В пространстве E^m содержится поверхность F^n , являющаяся прямой суммой поверхностей NF^n и Π^{m-n-1} : $F^n = NF^n \oplus \Pi^{m-n-1}$.

В случае $m=3$ цилиндрические поверхности являются прямыми суммами своих направляющей и образующей.

2. Касательная плоскость и нормаль цилиндрической поверхности

Координатные линии цилиндрической поверхности F^n представляют собой координатные линии направляющей поверхности $NF^n = F_{m-n-1}^n$, они описываются функциями $r(x^i) = (x_0^1, \dots, x^i, \dots, x_0^n, z(x_0^1, \dots, x^i, \dots, x_0^n), 0, \dots, 0)$ параметра x^i . Другого вида координатные линии поверхности F^n есть образующие $\langle P, e_a \rangle$ этой поверхности, $a = n+2, \dots, m$. Обозначаем: $r_i = r_i(x) = \partial r(x) / \partial x^i$; координатная запись: $r_i = (0, \dots, 0, 1, 0, \dots, 0, z_i, 0, \dots, 0)$; существует n таких независимых векторов, они служат касательными векторами поверхности F^n . К касательным векторам относятся и e_a . Касательная плоскость цилиндрической поверхности F^n :

$$T_p F^n = \langle P, r_1, \dots, r_n, e_{n+2}, \dots, e_m \rangle. \quad (2)$$

Размерность плоскости $T_p F^n$ равна $m-1$, значит и $\dim F^n = m-1$, цилиндрическая поверхность в каждой точке обладает единственной нормалью $T_p F^n = \langle P, v \rangle$, где v вектор нормали,

$$v = (-z_1, \dots, -z_n, 1, 0, \dots, 0), \quad (3)$$

Этот вид нормали поверхностей, заданных одной явной функцией получен в [1]. Скалярные произведения векторов касательной плоскости (2) и вектора (3) равны нулю: $r_i v = 0$, $e_a v = 0$.

3. Свойства квадратичных форм цилиндрических поверхностей

Имеем $dr = \sum_i r_i dx^i$, метрическая форма поверхности F^n такова:

$$\mu = \sum_{ij} g_{ij} dx^i dx^j, \text{ где } g_{ii} = 1 + (z_i)^2, \quad g_{ij} = \sum_c z_i z_j, \quad i \neq j. \quad (4)$$

Векторы вторых производных:

$$r_{ij} = (0, \dots, 0, z_{ij}, \dots, 0). \quad (5)$$

Ненулевая компонента имеет номер $n+1$. Нормальная кривизна линии $r(s)$ на поверхности F^n относительно нормали (3), согласно [1], равна

$$k_n = \frac{1}{ds^2 |v|} \sum_{ij} r_{ij} v dx^i dx^j = \frac{1}{ds^2} \sum_{ij} b_{ij} dx^i dx^j, \quad r_{ij} v = z_{ij}, \quad b_{ij} = \frac{1}{|v|} r_{ij} v. \quad (6)$$

В [1] найдены выражения коэффициентов формы кривизны поверхности F^n евклидова пространства E^m , $n < m$, через коэффициенты ее метрической формы в случае, если поверхность задана одной явной функцией. Справедлива:

2. ТЕОРЕМА, [1]. Коэффициенты основных форм кривизны к поверхности F^n выражаются через коэффициенты метрической формы μ по формулам

$$b_{ii} = \frac{g_{iii}}{2\sqrt{v}\sqrt{g_{ii}-1}}, \quad b_{ij} = \frac{1}{2\sqrt{v}} \sqrt{\frac{g_{ij}g_{jji}}{g_{ij}}}, \quad g_{ijk} = (g_{ij})_k = \frac{\partial g_{ij}}{\partial x^k} \cdot \# \quad (7)$$

Для поверхностей 3-мерного евклидова пространства аналогичные формулы получены в [2] в другой символике. Коэффициенты формы кривизны κ^c имеют вид (6), выполняется

3. ТЕОРЕМА, [3]. Если на односвязной области U n -плоскости $\langle P, \vec{e}_1, \dots, \vec{e}_n \rangle$ пространства E^m заданы функции g_{ij} , удовлетворяющие условиям

$$(\sqrt{g_{ii}-1})_j = (\sqrt{g_{jj}-1})_i, \quad g_{ij} = \sqrt{(g_{ii}-1)(g_{jj}-1)},$$

то на этой области задана поверхность $z = z(x)$ с точностью до положения в пространстве E^m , для которой функции g_{ij} являются коэффициентами метрической функции. Начальные условия $x^i = x_0^i, z_0 = z(x_0^i)$ выделяют единственную поверхность, проходящую через точку $P = (x_0^1, \dots, x_0^n, 0, \dots, 0)$ и имеющую в точке P вектор нормали $\vec{v} = (-\sqrt{g_{11}-1}, \dots, -\sqrt{g_{nn}-1}, 1, 0, \dots, 0)$.

4. СЛЕДСТВИЕ, [1]. (основная теорема теории евклидовых поверхностей). Поверхность F^n пространства E^m , заданная одной явной функцией, однозначно, с точностью до положения в пространстве, определяется метрической формой поверхности. #

Известно существование изометричных поверхностей, несовместимых в движениях, например, заданные на области $0 < x < 1, 0 < y < 1$, часть плоскости $z = 0$, и часть круглого цилиндра $r(\varphi, v) = (\cos \varphi, \sin \varphi, v)$. Но различные изометричные поверхности задаются различными явными функциями: плоскость функцией $z = 0$, часть цилиндра функцией $z = \sqrt{1-x^2}$; при этом и метрические формы рассматриваемых поверхностей различны, у плоскости $\mu = 0dx^2 + 0dy^2$, у цилиндра $\mu = (1 + \frac{x^2}{1-x^2})dx^2 + dy^2$. Функция $z = 0$, является решением дифференциального уравнения $0dx + 0dy = 0$, а функция $z = \sqrt{1-x^2}$ – решением уравнения $-\frac{x}{\sqrt{1-x^2}}dx + 0dy = 0$.

4. Матрицы квадратичных форм

Пусть G матрица метрической формы μ поверхности F^n с коэффициентами (4) и Q матрица формы кривизны κ с коэффициентами из (6). В [4, с. 57] выписаны формулы средней H и полной K поверхности F^n в точке P поверхности:

$$H(P) = \text{trace}(G^{-1}Q), \quad K(P) = \det(G^{-1}Q) = \frac{\det Q}{\det G}. \quad (8)$$

В общем случае на основании утверждения 1 получаем

5. ТЕОРЕМА. Средняя кривизна поверхности F^n вычисляется по первой формуле в (8), при условии, что элементы b_{ij} матрицы Q записаны по формулам (7), т.е. средняя кривизна поверхности зависит только от коэффициентов метрической формы поверхности. #

6. ТЕОРЕМА. Полная кривизна поверхности F^n вычисляется по второй формуле в (8), при условии, что элементы b_{ij} матрицы Q записаны по формулам (7), т.е. полная кривизна поверхности зависит только от коэффициентов метрической формы поверхности. Вторая формула в (7) является формулой Гаусса поверхностей F^n при тех же условиях. #

На основе утверждения 1 получаем

7. ТЕОРЕМА. Матрицы квадратичных форм цилиндрических поверхностей являются блочными:

$$G = G(F^n) = \begin{pmatrix} G(NF^n) & 0 \\ 0 & E \end{pmatrix}; \quad Q = Q(F^n) = \begin{pmatrix} Q(NF^n) & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.$$

Блоки $G(NF^n)$ и $Q(NF^n)$ есть соответственно матрицы квадратичных форм направляющей поверхности NF^n цилиндрической поверхности F^n , их размерность равна n . При этом $\det G(NF^n) \neq 0$. Матрица $G(F^n)$ содержит единичный блок E размерности $m - n - 1$. Символом 0 обозначены блоки нулей.

На поверхности NF^n имеется n главных направлений, на плоскости Π^{m-n-1} имеется $m - n - 1$ главных направлений; всего на цилиндрической поверхности существует $m - 1$ главных направлений. Обозначим: $\bar{k}_1 = H(NF^n)$, $\bar{k}_2 = H(\Pi^{m-n-1})$, во всех направлениях плоскости кривизна нулевая, поэтому $\bar{k}_2 = 0$. В соответствии с этим, выполняется

8. ТЕОРЕМА. Для цилиндрической поверхности:

$$K = 0, \quad H = \frac{1}{m-1}(\bar{k}_1 + \bar{k}_2) = \frac{1}{m-1}\bar{k}_1.$$

Вторая из формул теоремы 11 означает, что имеет место

9. ТЕОРЕМА. Средняя кривизна n -параметрической цилиндрической поверхности F^n m -мерного пространства равна $1/m-1$ части средней кривизны направляющей поверхности NF^n :

$$H(F^n) = \frac{1}{m-1}H(NF^n).$$

Для поверхностей 3-мерного евклидова пространства выполняется следующий частный случай теоремы 9.

10. СВОЙСТВО. Средняя кривизна прямой цилиндрической поверхности 3-мерного пространства равна половине кривизны направляющей линии цилиндрической поверхности.

Список литературы

1. Долгарев А.И. Многомерные поверхности I. Выражение коэффициентов второй квадратичной формы евклидовой поверхности через коэффициенты первой квадратичной формы. // *Materialy X Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji "Moderni wymozenosti vedy – 2014"*, dil 34. *Matematyka. Fizyka.* – Praga: Publishing House "Education and Skience". s.r.o. – 2014. С. 30 – 40.
2. Долгарев А.И. Новый вид основной теоремы Гаусса в евклидовой теории поверхностей. // *Materiali IX mezinarodni vedecko-praktika conference «Dni vedy – 2013»* – Dil 32. *Matematika. Vystavba a architektura*: Praga: Publishing House "Education and Skience". s.r.o. – 2013. С. 55 – 60.
3. Долгарев А.И. Многомерные поверхности III. Задание поверхности коэффициентами ее метрической формы // *Materialy X Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji "Dny vedy – 2014"*, Dil 31. *Matematyka.* – Praha: Publishing House "Education and Skience". s.r.o. – 2014. P. 72 – 78.
4. Иванов А.О., Тужилин А.А. Лекции по классической дифференциальной геометрии. – М.: Новая университетская библиотека, 2009 – 233с.
5. Долгарев А.И. Многомерные поверхности II. Секционная и полная кривизна поверхности. // *Materialy X Miedzynarodowej naukowii-praktycznej konferencji "Veda a technologie: krok do budoucnosti – 2014"*, Dil 29. *Matematyka. Fyzika.* – Praha: Publishing House "Education and Skience". s.r.o. – 2014. P. 40 – 48.

ПРИНЦИПЫ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МОДУЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА УСТОЙЧИВОСТИ ГРУНТОВОГО МАССИВА, ОСНОВАННОГО НА НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКЕ

Коробкин Е.А.

аспирант Воронежского государственного университета,
Россия, г. Воронеж

В статье описываются этапы работы модуля прогнозирования коэффициента устойчивости грунтового массива. Для прогноза этого коэффициента предлагаются методы нечеткой логики. Для настройки прогнозной модели используются генетические алгоритмы.

Ключевые слова: прогнозирование, нечеткая логика, база данных, база правил, устойчивость грунтового массива, генетические алгоритмы, PHP.

Массив грунта при определенных условиях может потерять устойчивость и в результате этого перейти из состояния статического равновесия в состояние движения. Такое состояние грунтового массива называется оползнем.

Существует потребность в прогнозировании таких условий и создании программного продукта, основанном на методах нечеткой логики [1, 2]. Модуль прогнозирования представляет собой структуру, располагающуюся в рамках файла PROGNOZ.PHP.

Условно, его работу можно разделить на несколько этапов. Первым этапом является сбор нужных сведений из базы данных сведений о том, как

менялся коэффициент устойчивости грунтового массива за последнее время. Далее эти данные представляются в виде, необходимом для построения модели прогнозирования. В основе нечетких методов лежит база знаний – определенные правила, которые позволяют прогнозировать изменение значения коэффициента устойчивости на некоторое время вперед. Согласно теории нечеткой логики для экспертно-лингвистических оценок «НИЗКОЕ», «ВЫСОКОЕ», «СРЕДНЕЕ» и так далее, применяется формализация с помощью функций принадлежности.

По определению, функция принадлежности $\mu^T(x)$ характеризует субъективную меру уверенности эксперта в том, что четкое значение x соответствует нечеткому терму T . Область значения описанной функции находится в диапазоне $[0,1]$. В решаемой задаче используется простая и удобная в настройке аналитическая модель функции принадлежности переменной x произвольному нечеткому терму T в виде [8,11]:

$$\mu^T(x) = 1 / (1 + ((x - b) / c)^2), \quad (1)$$

где b и c – параметры настройки. Параметр b представляет собой координату максимума функции принадлежности – $\mu^T(b) = 1$. А параметр c является коэффициентом концентрации – растяжения функции. Число b представляет собой наиболее возможное значение переменной x для нечеткого терма T .

Следующий этап представляет собой экспертный выбор параметров b и c , после чего посредством дефаззикации, основанной на методе центра тяжести, находится прогнозируемое значение коэффициента устойчивости.

Данный метод прогнозирования допускает погрешность до 10,5%.

Генетический алгоритм может значительно улучшить прогноз коэффициента устойчивости грунтового массива.

При написании программного продукта учитывается следующее: будет создана 1 хромосома, состоящая из 10 генов, которые будут характеризовать отклонения параметров b и c от изначально принятых. Популяция представляется в виде двумерного массива $M \times N$, где M – количество особей, N – количество генов. Будем рассматривать популяцию из 20 особей.

На начальном этапе работы модуля прогнозирования синтезируется первичная прогнозная модель, которая основана на экспертных оценках [3]. Ее построение происходит в три этапа, основываясь на использовании трех правил. После чего результаты его работы рассматриваются, и оценивается погрешность работы алгоритма. После первичной работы алгоритма на основании параметров, выбранных экспертами, производится настройка модели методом генетического поиска, описанным генетическим алгоритмом. Массив \$PARAM[\$k][\$j] – представляет собой средство хранения всей популяции. На первом шаге генетического алгоритма в качестве исходной особи выбирается особь, построение которой проводилось по оценкам экспертов. Далее популяция поиска заполняется до необходимого количества особями, имеющими определенные случайные отклонения от родительской особи. Этот процесс равнозначен операции мутации. После успешного синтеза остальных особей популяции происходит оценка их пригодности.

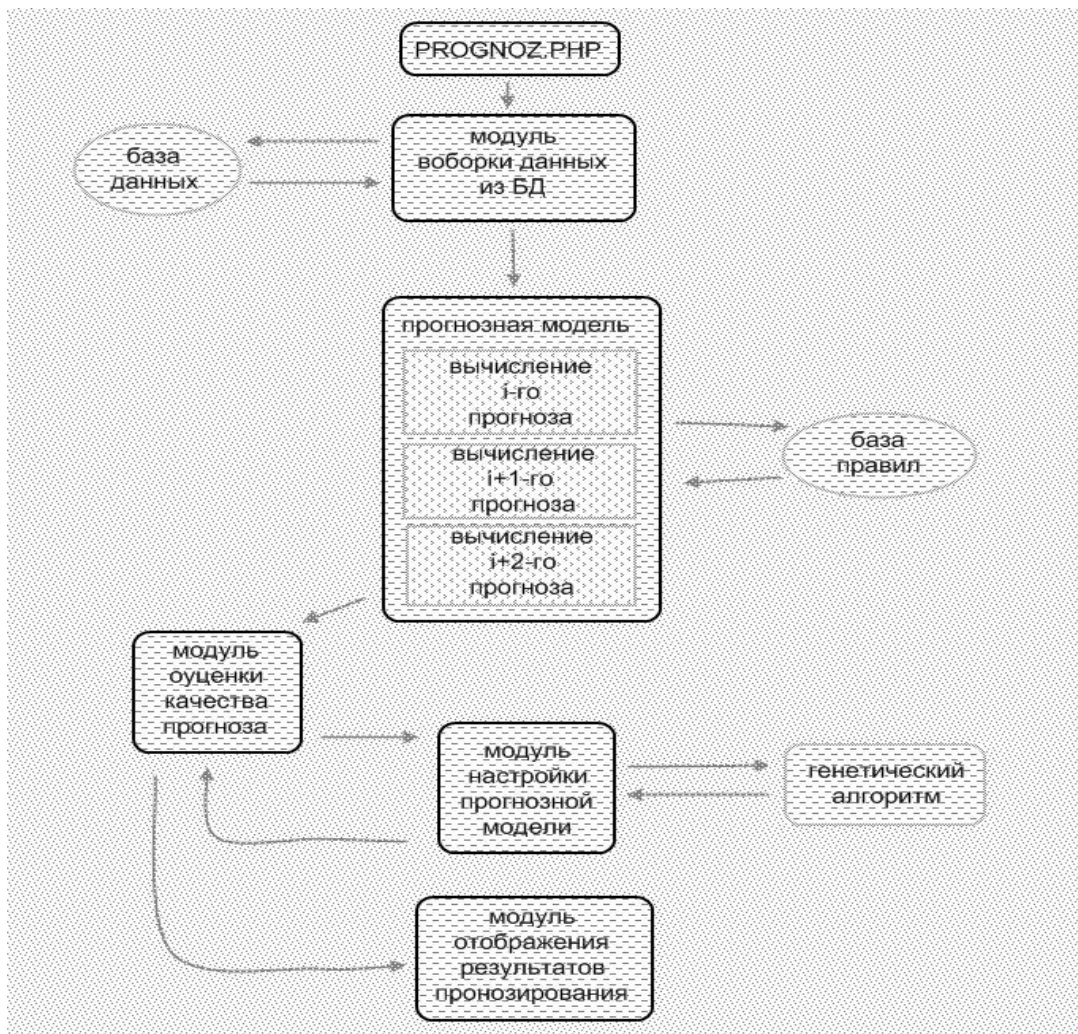


Рис. 1. Структура модуля прогнозирования

Данная процедура осуществляется с использованием функции пригодности, основным критерием работы которой является фактическая погрешность прогнозирования, основанная на параметрах, определяемых генами текущей особи. Количество параметров в решаемой задаче достигает десяти, поэтому в одиннадцатой ячейке массива особи сохраняется значение его функции пригодности. После оценки особей происходит селекция, т.е. отбор наиболее приспособленных особей для операции репродукции. Селекция исключает из популяции определенное количество слабых особей, также запрещая им скрещиваться. Оставшиеся особи производят скрещивание и дают новое потомство. Слияние двух массивов в принципиально новый массив происходит по схеме одноточечного кроссинговера. Оператор мутации организован весьма специфичным способом. Так как каждый ген хромосомы представляет собой значение конкретного параметра прогнозной модели, то подмена этого значения соседним может существенно отбросить искомое решение в сторону. Для того чтобы избежать этот неприятный эффект, оператор мутации производит изменение текущего гена в некоторую сторону на определенную случайным образом величину. С помощью выбора именно такого вида оператора мутации поддерживается определенная глубина поиска оп-

тимального решения. И не происходит радикальных отклонений от направления поиска, как это случилось бы при использовании классического оператора мутации. После проведения операций репродукции и мутации численность популяции необходимо вернуть в заданные рамки, для этого вновь созданные особи оцениваются и удаляются «худшие». Данный алгоритм выбора оптимального набора параметров прогнозирования организован в виде цикла, работа которого прекращается при достижении величины погрешности некоторой малой заданной величины или чрезвычайно большого количества итерации при не исключаемой ситуации попадания в локальный оптимум. После выхода из цикла, модуль выбирает из возможных полученных решений оптимальное решение, которое принимается за конечное решение. На основании полученного решения управление передается модулю отображения результатов прогнозирования. С его помощью пользователю выводится результат проведенного прогноза [4].



Рис. 2. Результаты прогнозирования после настройки модели

Список литературы

1. Бурдо А.И., Тихонов Э.Е. К вопросу систематизации методов и алгоритмов прогнозирования // Материалы межрегиональной конференции "Студенческая наука – экономике научно-технического прогресса". Ставрополь: СевКав ГТУ, 2001. – С.33 – 34.
2. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д.Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М: Горячая Линия – Телеком, 2006. – 452 с.
3. Мелони Д. PHP 4 в действии: Пер. с англ. / Д. Мелони. – М.: Лучшие книги, 2002. – 395 с.
4. Томсон Л. Разработка Web-приложений на PHP и MySQL: Пер. с англ. / Л. Томсон, Л. Веллинг. – 2-е изд., испр. – М.: DiaSoft, 2003. – 655 с.

ИЗУЧЕНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЦЕПИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА

Облизина С.В.

старший преподаватель кафедры общей физики
Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»,
Россия, г. Москва

Федоров В.Ф.

профессор кафедры общей физики Национального исследовательского
ядерного университета «МИФИ», доктор физ.-мат. наук,
Россия, г. Москва

Обсуждается изучение переходных процессов в RCиRL-цепях в лабораторной работе с использованием оборудования российской фирмы «ВЛАДИС» на кафедре Общей физики НИЯУ МИФИ.

Ключевые слова: переходные процессы в электрической цепи, курс общей физики.

Общеобразовательные курсы общей физики для студентов физических специальностей НИЯУ МИФИ отражают экспериментальные основы физической теории. Оптимальным средством решения этой задачи являются лабораторные работы, которые повышают наглядность изложения, позволяют избежать излишнего абстрагирования и формализации курса, существенно улучшают понимание излагаемого материала студентами.

Изучение процессов в RC- и RL – цепях на кафедре «Общая физика» НИЯУ МИФИ проходит с использованием лабораторного комплекса российской фирмы «ВЛАДИС», согласно структуре описания лабораторных работ, разработанной кафедрой [1], [2].

Переходный процесс в электрической цепи – процесс установления нового режима в электрической цепи, возникающий в момент ее коммутации. Переходный процесс является промежуточным между прежним, установившимся процессом, существовавшим до коммутации, и новым, установившимся в цепи теоретически через бесконечно большое время после коммутации. Значения токов и напряжений в переходных процессах, становятся близкими к установившимся через конечные промежутки времени. Физическая причина переходных процессов – перераспределение энергии в реактивных элементах цепи (катушках индуктивности и конденсаторах) происходящие вследствие переключения. При анализе линейных цепей обычно применяют классический метод.

Классический метод анализа основан на решении дифференциальных уравнений для исследуемой цепи. Полученные уравнения сводят к линейному неоднородному уравнению. Далее, по начальным условиям, используя непрерывность тока в катушке индуктивности и напряжения на конденсаторе (эти величины не могут меняться скачком при переключении элементов цепи), определяют амплитуды составляющих.

Чтобы выяснить, от чего зависит продолжительность импульса, рассмотрим цепь, подключенную к источнику ЭДС – U_Γ и содержащую, последовательно соединенные конденсатор C , индуктивность L и активное сопротивление R (рис.1 а).

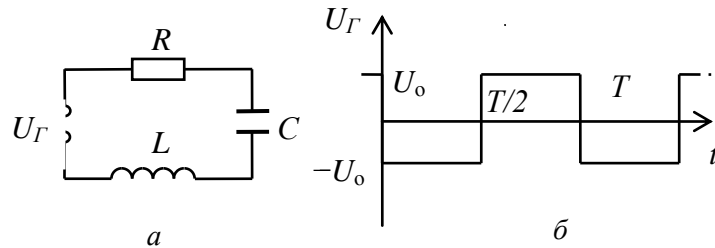


Рис. 1. Последовательный LRC -контур

Положим, что внешняя ЭДС изменяется со временем по закону (рис.1 б). В этом случае в контуре возникают электрические колебания с частотой внешней ЭДС. По закону Ома уравнение колебаний в контуре

$$IR + \frac{q}{C} + L \frac{dI}{dt} = U_\Gamma(t). \quad (1)$$

Исследуем для рассматриваемой цепи предельные случаи для промежутка времени $0 < t < \frac{T}{2}$.

1. Пусть индуктивность контура стремится к нулю $L \rightarrow 0$ (рис.2а). Принимая во внимание $U_\Gamma = -U_0$ уравнение (1) примет вид: $R \frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = -U_0$.

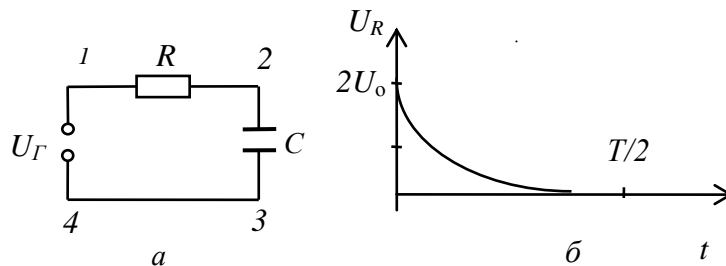


Рис. 2. Последовательный RC -контур

Используя начальное условие $q(0) = U_0 C$, получим изменение заряда на конденсаторе $q(t) = U_0 C \left(2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1} - 1\right) \right)$, где, $\tau_1 = RC$ – время релаксации RC – цепи. Эта величина характеризует скорость убывания заряда или тока. Для постоянной времени $\tau_1 \ll T$ напряжение на конденсаторе будет меняться по закону: $U_C(t) = U_0 \left(2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1} - 1\right) \right)$, где U_0 – предельное значение напряжения на конденсаторе, а напряжение на сопротивлении – $U_R(t) = 2U_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right)$, где $U_R = \varphi_2 - \varphi_1$ разность потенциалов на участке 1 – 2. График зависимости $U_R(t)$ представлен на рис.2б.

2. Теперь рассмотрим случай, когда коэффициент затухания много больше собственной частоты контура $\beta \gg \omega_0$ (рис.3а). Уравнение (1) примет вид $IR + L \frac{dI}{dt} = -U_0$.

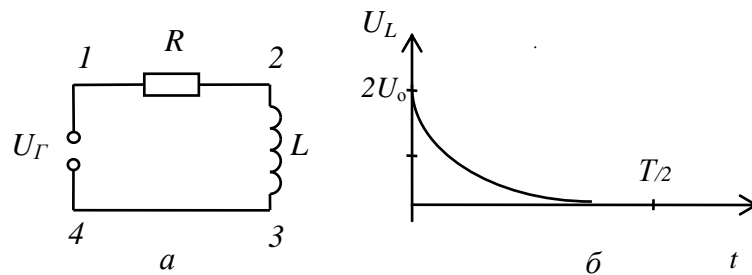


Рис. 3. Последовательный RC -контур

С учетом начального условия $I(0) = \frac{U_0}{R}$ для того же промежутка времени получим зависимость изменения силы тока от времени:

$$I(t) = \frac{U_0}{R} \cdot \left(2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) - 1 \right),$$

где $\tau_2 = \frac{L}{R}$ – время релаксации RL - цепи. в течение которого сила тока уменьшается в $e=2,718$ раз. Чем больше значение τ_2 , тем медленнее уменьшается ток. Напряжение на сопротивлении и индуктивности меняется по законам

$$U_R(t) = U_0 \left(2 \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) - 1 \right), \quad U_L(t) = 2U_0 \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right),$$

где $U_L = \varphi_3 - \varphi_2$ разность потенциалов на участке 2 – 3 (рис.3а). График зависимости $U_L(t)$ представлен на рис. 3 б.

В работе используется блок «Электрические цепи» лабораторного комплекса ЛКЭ-1. На экране осциллографа студенты получают развертку прямоугольного импульса, определяют значение напряжения U_0 , подаваемое звукового генератора сигналов. Изучают процессы заряда и разряда конденсатора при прямоугольном сигнале на выходе генератора для RC – цепи. Измеряют время релаксации τ_1 , за которое напряжение на конденсаторе уменьшается в e раз, и сравнивают с расчетными значениями по формуле $\tau_1 = RC$. Исследуют импульс $U_L(t)$ для RL -цепи, по экрану осциллографа определяют время релаксации τ_2 и оценивают индуктивность контура, используя формулу $\tau_2 = \frac{L}{R}$. Строят зависимости $U_C(t)$ и $U_L(t)$ для промежутка времени $0 < t < \frac{T}{2}$, используя значение напряжения U_0 .

Список литературы

1. Калашников Н.П., Лысак А.Ю. Федоров А.В. и др. О методах определения параметров электрической цепи, используемых в лабораторном практикуме «Электричество» НИЯУ МИФИ. «Физическое образование в вузах», Т. 16, №4, 2010 г., стр. 53-58.
2. Маркун Ф.Н., Мещерин Б.Н., Облизина С.В. и др. Использование современного физического оборудования в лаборатории атомной физики кафедры общей физики НИЯУ МИФИ. «Физическое образование в вузах», Т. 19, №4, 2013 г., стр. 3-15.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ КОМПЕТЕНТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

Родионов А.В.

ст. преподаватель кафедры Информатики и Кибернетики
Байкальского государственного университета экономики и права,
Россия, г. Иркутск

В статье рассматривается актуальная на сегодняшний день проблема перехода на компетентностно-ориентированное образование. Понятия компетентность и компетенция, а также их структура исследуются с точки зрения системного анализа. Рассматриваются свойства компетенции как системы. Для организации компетентностно-ориентированного образовательного процесса предлагается использование карты компетенций – документа, своего рода «дорожной карты», которая отражает процесс формирования компетенции в образовательном учреждении. Приводятся формальные методики построения карты компетенций, рассматривается их дальнейшее практическое использование.

Ключевые слова: компетенция, компетентность, когнитивное моделирование, упорядочивание, карта компетенции.

В течении длительного времени основой обучения в высшем профессиональном образовании был процесс организации и стимулирования активной учебно-познавательной деятельности учащихся по овладению ЗУН – знаниями, умениями и навыками. Введение государственных стандартов третьего поколения изменило ситуацию. Была предложена концепция, в которой акцент обучения смещается в сторону освоения компетенций.

Внедрение компетентностного подхода в образовательный процесс поставило перед учебными заведениями множество вопросов, в частности: что понимать по компетенциями, каким образом формируются компетенции и как нужно организовать учебный процесс, как оценивать компетенции? Для того, чтобы ответить на эти вопросы, рассмотрим более подробно суть компетентностного подхода.

Все согласятся с утверждением, что любой человек, претендующий на эффективное выполнение какой-либо деятельности, должен быть компетентен в соответствующей сфере. Основная идея компетентностного подхода заключается в том, что на сегодняшний день знания, умения и навыки сами по себе, по отдельности, не являются достаточными. Например, системный архитектор должен не только уметь проектировать информационные системы, но также он должен разбираться и в программном коде, владеть соответствующим инструментарием и многое другое.

Согласно психологии, человеческая деятельность часто рассматривается как регулируемая сознанием, активность, порождаемая потребностями, и направленная на познание и преобразование внешнего мира и самого человека. Наиболее общая структура субъекта деятельности имеет своими компонентами познавательную, нравственную, коммуникативную, технологиче-

скую, эстетическую и физическую сторону деятельности [6, с. 39]. Следовательно, методологической основой исследования компетентности и ее структуры как некоего системного множества компетенций, может являться системный подход. В частности, О.Е. Пермяковым было отмечено, что компетентность является системой, которой присущи такие свойства, как [6, с. 45]:

- целостность;
- неаддитивность;
- системная вложенность;
- целенаправленность;
- устойчивость;
- управляемость.

Можно сказать, что компетентность – это весь объем компетенций, проявленных на практике в успешной социальной и профессиональной сферах деятельности. Таким образом, компетентность состоит из набора различных освоенных компетенций, но, согласно свойству неаддитивности, не равна простой сумме компетенций. Компетенция так же носит интегративный характер, объединяя знания, умения навыки и пр., и, в свою очередь, не являются простой суммой входящих компонентов. Компетенция должна проявлять свойство эмергентности, следовательно, задача интеграции компонентов должна быть основана на их сочетаемости. Введем следующие определения:

Компетентностный подход – это совокупность общих принципов определения целей образования, отбора содержания образования, организации образовательного процесса и оценки образовательных результатов на основе компетенций. В учебную программу закладываются отчётливые и сопоставимые параметры описания того, что студент должен знать и уметь по окончании обучения.

Компетенция – это интегральная скрытая (латентная) характеристика, состоящая из личных способностей индивида, знаний, умений и навыков, и проявляющаяся в его способности выполнять определенные функции в рамках конкретного вида деятельности.

Для того, чтобы учебный процесс наилучшим образом способствовал освоению компетенций, необходимо из всего перечня дисциплин, преподаваемых в ВУЗе, для каждой компетенции определить соответствующие наборы дисциплин, а затем построить последовательность их изучения. Ведь некоторые дисциплины основываются на навыках, полученных при изучении других, «базовых» по отношению к ним, дисциплин, и их нельзя изучать раньше «базовых». С другой стороны, после окончания процесса обучения, количество полученной информации начинает монотонно убывать [8]. Следовательно, между временем изучения базовых и последующих дисциплин не должно быть большого разрыва. Данная информация может быть закреплена документально. Этот документ назовем «картой компетенции».

В настоящий момент методик формирования такого документа не существует. Преподаватели, разрабатывая рабочую программу преподаваемой

дисциплины, самостоятельно, исходя из своего опыта, указывают, какие компетенции формируются при изучении дисциплины. Далее, в учебно-методическом отделе, эта информация анализируется и группируется, и на ее основе создается матрица компетенций (своего рода «групповая» карта компетенций). Недостатками такого подхода является сильная субъективность и непрозрачность. Для устранения этих недостатков в работе предлагается использовать метод когнитивного моделирования для формирования карт компетенций.

Исходным понятием в когнитивном моделировании сложных систем является понятие когнитивной карты [1]. Когнитивная карта представляет собой ориентированный взвешенный граф, в котором:

- вершины взаимнооднозначно соответствуют базисным факторам, в терминах которых описываются процессы.
- определяются непосредственные взаимосвязи между факторами путем рассмотрения причинно-следственных цепочек, описывающих распространение влияний одного фактора на другие факторы.

Следовательно, карту компетенции можно выразить в следующем виде:

$$G = \langle P, W \rangle,$$

где $P = \{p_1, p_1, \dots, p_n\}$ – факторы, влияющие на формирование компетенции. Под факторами будем понимать предметные дисциплины.

n – количество факторов,

W – бинарное отношение на множестве P , которое задает набор связей между его элементами.

Наиболее целесообразным для построения карты компетенций является привлечение группы экспертов, которыми могут быть преподаватели университета, работники учебно-методического управления, работодатели, т.к. для принятия обоснованного решения необходимо опираться на опыт, знания и интуицию специалистов в соответствующей предметной области. Алгоритм экспертного опроса может быть следующим:

На первом этапе группе экспертов предлагается выбрать, какие предметы из списка изучаемых влияют на формирование компетенции. Результатом данного этапа является список предметов $P_l, l = \overline{1, n}$, где n – количество предметов, влияющих на компетенцию K . Их можно представить в виде графа (см. рис. 1).

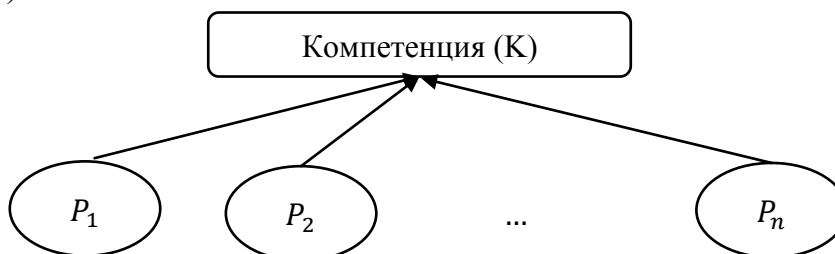


Рис. 1. Зависимость компетенции от предметов

На втором этапе из определенного списка предметов нужно определить последовательность изучения предметных дисциплин. Для этого предлагает-

ся использовать систему нестрогого ранжирования [5, с. 269]. Предположим, что экспертами (M – количество экспертов) определен набор предметов P_l , $l = \overline{1, n}$, изучение которых способствует формированию какой-либо компетенции. Необходимо проранжировать предметы, т.е. определить, какие предметы должны изучаться первыми, какие могут изучаться параллельно, а какие в завершать освоение компетенции. Так как эксперту гораздо легче на каждом шагу сравнивать только два объекта, поэтому наиболее целесообразно применить метод парных сравнений. Результатом работы эксперта будет матрица парных сравнений A_m .

$$A_m = \begin{pmatrix} 0 & a_{1,2} & \dots & a_{1,n} \\ a_{2,1} & 0 & \dots & a_{2,n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n,1} & a_{n,2} & \dots & 0 \end{pmatrix},$$

где $i, j = \overline{1, n}$,

$m = \overline{1, M}$,

$$a_{i,j} = \begin{cases} 1, & P_i \succcurlyeq P_j \\ 0, & P_i \sim P_j \\ -1, & P_i \preccurlyeq P_j \end{cases}.$$

Количество матриц равно количеству экспертов. Суммируя каждую матрицу по строкам, получим вектора, где каждый элемент вектора (сумма) – весовой коэффициент важности соответствующего предмета по каждому эксперту.

$$\begin{pmatrix} \sum_{k=1}^n a_{1,k} \\ \sum_{k=1}^n a_{2,k} \\ \dots \\ \sum_{k=1}^n a_{n,k} \end{pmatrix}$$

Упорядочив значения вектора по убыванию, получим ранжирование предметов, например:

$$R_1 = (P_1 \succcurlyeq P_2 \succcurlyeq P_3 \sim P_4 \dots \succcurlyeq P_n)$$

$$R_2 = (P_1 \succcurlyeq P_3 \succcurlyeq P_2 \sim P_4 \dots \succcurlyeq P_n)$$

...

$$R_m = (P_1 \succcurlyeq P_4 \succcurlyeq P_2 \sim P_3 \dots \succcurlyeq P_n)$$

где отношения предпочтения определяются по следующей схеме:

если $\sum_{k=1}^n a_{i,k} > \sum_{k=1}^n a_{i+1,k}$, то $P_i \succcurlyeq P_{i+1}$

если $\sum_{k=1}^n a_{i,k} = \sum_{k=1}^n a_{i+1,k}$, то $P_i \sim P_{i+1}$

После того, как получены ранжирования всех экспертов, необходимо получить результирующее отношение предпочтений (ранжирование). Известно, что результирующее ранжирование должно удовлетворять определенным условиям, которые были сформулированы в 1951 г. американским ученым Кеннетом Эрроу, и получили название «условия Эрроу»:

1. Независимость. Расширение или сужение множества альтернатив при сохранении отношений на общем подмножестве альтернатив не меняет на нем результирующее отношение.

2. Универсальность. Для любого профиля альтернатив существует результат – упорядоченный список из n альтернатив.

3. Монотонность. Если какой-либо из экспертов изменил мнение в пользу результирующего, то результирующее отношение не изменится.

4. Независимость от посторонних альтернатив. Для любой пары альтернатив существуют множества отношений, такие, что для первого множества пара альтернатив принадлежит оптимальному решению, а для второго нет.

5. Отсутствие диктатора. Нет эксперта, предпочтение которого определяло бы результат выборов независимо от предпочтений других экспертов.

Было показано, что не существует результирующего ранжирования, удовлетворяющие всем пяти условиям [3]. Однако многие исследователи считают первое условие слишком строгим и, следовательно, в реальных ситуациях им можно пренебречь. Остаются условия 2-5, и одним из немногих методов, удовлетворяющим этим четырем условиям, является медиана Кемени [2]. Согласно идее Джона Кемени следует найти среднее мнение как решение оптимизационной задачи. А именно, надо минимизировать суммарное расстояние от кандидата в средние до мнений экспертов. Найденное таким способом среднее мнение называют «медианой Кемени»:

$$M(R_1, \dots, R_n) = \text{Arg} \min_{\{R\}} \sum_{i=1}^n D(R_i, R)$$

где $\text{Arg} \min$ – значения R , при которых достигает минимума указанная сумма расстояний Кемени от ответов экспертов до текущей ранжировки R , по которой проводится минимизация [4].

Вычисление медианы Кемени в общем случае – задача целочисленного программирования. Для ее нахождения используются различные алгоритмы дискретной математики, в частности, основанные на методе ветвей и границ. Методика вычисления была предложена Б.Г. Литваком [3].

Таким образом, применение предложенного метода позволит в значительной степени формализовать процесс определения важных для формирования компетенции предметов. Результатом применения данного метода является карта компетенции, в виде графа представленная на рис. 2.

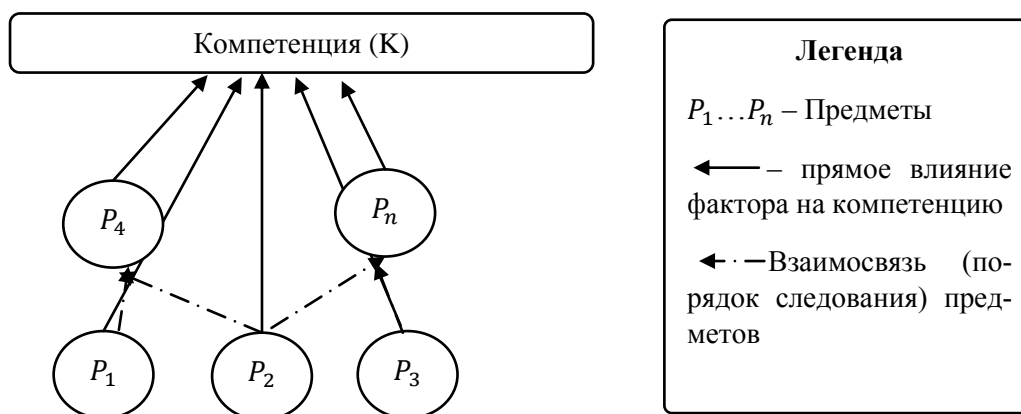


Рис. 2. Карта компетенции

Использование карт компетенции способствует получению ответов на поставленные вначале статьи вопросы. Во-первых, появляется возможность численной оценки сформированности компетенций, используя экзаменационные оценки входящих в карту компетенции дисциплин. Методика такой оценки, основанная на использовании моделей ИРТ теории, рассмотрена автором в работе [7]. Во-вторых, задача построения сбалансированного компетентностно-ориентированного учебного плана сводится к распределению преподаваемых дисциплин по семестрам, используя в качестве ограничений последовательности изучений из карт компетенций.

Список литературы

1. Василенко Т. О. Генри и когнитивные карты [Электронный ресурс] / Т. Василенко. – Режим доступа: <http://www.improvement.ru/zametki/cognitive/>.
2. Кемени Дж., Снелл Дж. Кибернетическое моделирование: Пер. с англ. – М.: Советское радио, 1972. – 192 с.
3. Литвак Б.Г. Экспертная информация: методы получения и анализа // Б.Г. Литвак. – М.: Радио и связь, 1982. – 184 с.
4. Орлов А.И. Организационно-экономическое моделирование: учебник в 3 ч. Ч. 2: Экспертные оценки. – М.: Изд-во МГТУ им. Баумана, 2010. – 486 с.
5. Писарева О.М. Методы социально-экономического прогнозирования: Учебник. – М.: ГУУ – НФПК, 2003. – 394 с.
6. Пермяков О.Е. Диагностика формирования профессиональных компетенций / О.Е. Пермяков, С.В. Менькова. – М.: ФИРО, 2010. – 114 с.
7. Родионов А.В. Применение irt-моделей для анализа результатов обучения в рамках компетентного подхода / А.В. Родионов, В.В. Братищенко // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – №4. – Режим доступа: www.science-education.ru/118-13858
8. Шленский О.Ф., Бодэ Б.В. К математическому выражению накопления информации и ее забывания // Вопросы психологии. 1967. N 4. – С.180–182.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИОННЫХ НАНОСТРУКТУР НА ПОВЕРХНОСТИ *Ge*

Уколов А.И.

ассистент кафедры высшей математики и физики
ФГБОУ ВО Керченского государственного морского технологического
университета, канд. физ.-мат. наук,
Россия, г. Керчь

Попова Т.Н.

заведующая кафедрой высшей математики и физики
ФГБОУ ВО Керченского государственного морского технологического
университета, д-р пед. наук, профессор,
Россия, г. Керчь

Методом рамановской спектроскопии комбинационного рассеивания света исследовано наличие остаточных напряжений и фазовых переходов в структурах, образованных на поверхности *Ge* в процессе деформации одноосным сжатием при температуре 300К.

Показано, что выращенные на поверхности указанным способом структуры после деформации не содержат остаточных напряжений, что исключает их временную деградацию.

Ключевые слова: германий, наноструктура, деформация, напряжение.

Циклическое деформирование образца обуславливает периодическое поле сжатий и растяжений на поверхности и связанные с ними чередующиеся полосы пересыщений по вакансиям и межузлиям [1]. При этом межузельные дислокационные петли переориентируются вдоль полос, а при наличии градиента механического напряжения являются источниками массопереноса для формирования nanoостровков.

При создании массивов наноразмерных структур квантовых точек для приборного применения рассматривают важные параметры, определяющие качество изделий, таких как размеры, форма, плотность, однородность и наличие упругих напряжений в составе островка.

Наличие остаточных механических напряжений при деформировании кристаллов, а также возможное формирование различных кристаллических, нанокристаллических или аморфных фаз на поверхности деформированных образцов *Ge* исследуют при помощи методики рамановского комбинационного рассеяния света (КРС) [2]. Из результатов, полученных А. Кайлером, Г. Клаусом и Ю. Гоготским в работе [2] следует, что под действием сосредоточенной нагрузки в области отпечатка индентора на полученных спектрах КРС появляются дополнительные максимумы (рис., *a*), которые не наблюдаются на спектре недеформированного *Ge* на графике (1) рис., *a*. Фазовые переходы, которые вызвали появление пиков (148, 177, 189, 211, 227, 244, и 271 см^{-1}) на графике (3) в спектрах КРС, полученных из центральной части отпечатка индентора, возникают при высоком давлении от 10 до 2,7 ГПа и соответствуют различным металлическим состояниям. Проявление новой полосы интенсивности в спектре КРС на частоте $\omega=293 \text{ см}^{-1}$ (график (2) рис., *a*), полученном из области модифицированной структуры в более совершенной части отпечатка, может быть вызвано двумя причинами.

Во-первых, этот пик может соответствовать гексагональной алмазной фазе. С другой стороны этот пик можно интерпретировать как смещение и асимметричное расширение рамановской полосы стабильной кубической алмазной фазы. В этом случае, это может указывать на присутствие нанокристаллической кубической алмазной структуры материала.

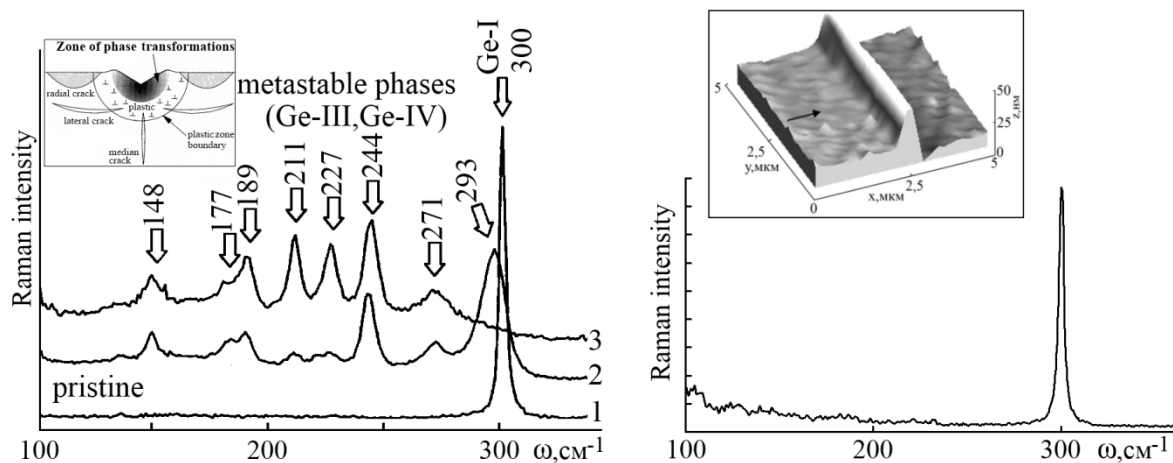


Рис. а – рамановские спектры *Ge* на недеформированной поверхности (1), в окрестности (2) и в центре (3) отпечатка от индентора Виккерса; б – спектр микро-КРС из области гребня на поверхности *Ge* деформированного при $T=300\text{K}$, на вставке АСМ изображение гребня

Таким образом, переход материала в ближайшее метастабильное состояние под действием механического напряжения должен проявляться появлением полосы интенсивности на частоте $\omega=293\text{ см}^{-1}$ в спектре КРС. Кроме того, напряженное состояние в островке *Ge* должно сопровождаться наблюдением пика на частоте $\omega=316\text{ см}^{-1}$ [3].

Нами снимались спектры КРС для наноструктур типа гребня (рис., б (вставка)) [1], образованных на поверхности образца *Ge* в процессе одноосного сжатия при комнатной температуре. Спектры записывали в точках на отрезке длиной 5 мкм по поверхности поперек гребней с шагом 0,1 мкм, то есть было выполнено 50 измерений. На всех полученных графиках наблюдался только один пик интенсивности на частоте $\omega\approx 300\text{ см}^{-1}$ (рис., б), что соответствует типичной кубической алмазной структуре *Ge*. Этот факт свидетельствует о том, что уровни напряжений, способные вызвать активные процессы самодиффузии в основании наноструктуры в виде гребня *Ge* (рис., б (вставка)), не вызывают фазовых переходов материала. Нет проявлений также напряжений на частоте $\omega=293\text{ см}^{-1}$ слева от пика $\omega=300\text{ см}^{-1}$ и справа от него при $\omega=316\text{ см}^{-1}$. Отсутствие напряжений в гребне дает возможность предполагать о сохранении стабильности его структурного состояния длительное время.

Список литературы

1. Надточий В. А. Исследование поверхности деформированного монокристалла германия методом атомно-силовой микроскопии [Текст] / В. А. Надточий, А. И. Уколов, В. П. Алехин // Деформация и разрушение материалов. – 2012. – №4. – С. 26-33.
2. Kailer A. Raman microspectroscopy of nanocrystalline and amorphous phases in hardness indentations [Текст] / A. Kailer, G. N. Klaus, Yu. G. Gogotsi // J. Raman Spectrosc. – 1999. – Vol.30. – P. 939-946.
3. Свойства самоорганизованных *SiGe*-наноструктур, полученных методом ионной имплантации [Текст] / Ю.Н. Пархоменко, А.И. Белогорохов, Н.Н. Герасименко [и др.] // ФТП. – 2004. – Т.38, № 5. – С. 593-599.

УСТОЙЧИВОСТЬ МОДЕЛИ ТОНКОЙ ОБОЛОЧКИ КРОВОЙ НОРЫ В ЦИЛИНДРИЧЕСКИ-СИММЕТРИЧНОЙ МЕТРИКЕ

Хайбуллина А.Р.

аспирант второго года обучения кафедры прикладной физики и нанотехнологий Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы, Россия, г. Уфа

Измаилов Р.Н.

доцент кафедры прикладной физики и нанотехнологий Башкирского государственного педагогического университета им. М. Акмуллы, к.ф.-м.н., доцент, Россия, г. Уфа

Данная работа представляет собой продолжение исследования Эйроа и Симоне, посвященного анализу устойчивости модели тонкой оболочки кротовой норы в цилиндрически симметричной метрике. С теоретической точки зрения, проводимые исследования позволят проанализировать основные свойства тонкой оболочки кротовой норы.

Ключевые слова: кротовая нора, модель тонкой оболочки кротовой норы, формализм сшивки, цилиндрически симметричная метрика.

Впервые возможность существования пространственной геометрии в виде туннеля, соединяющий два мира обсуждал еще в 1916 г. австрийский физик Л. Фламм [1, с. 5]. В 1935 г. А. Эйнштейн и математик Н. Розен [2, с. 4] обратили внимание на то, что простейшие решения уравнений общей теории относительности, описывающие источники гравитационного поля, имеют пространственную структуру «моста», почти гладким образом соединяющего две вселенные – два одинаковых асимптотически-плоских пространства-времени [3, с. 2]. Подобного рода пространственные структуры получили название «кротовые норы».

Условие устойчивости относительно радиальных возмущений для тонкой оболочки кротовой норы задается следующим значением:

$$V''(a_0) > 0 \quad (1)$$

Рассмотрим статически цилиндрически-симметричную метрику для определения устойчивости тонкой оболочки кротовой норы, которая представляется в виде единственного решения Торна для космических струн [4, с. 13]. Мы принимаем что ($G = c = 1$)

$$ds^2 = -r^{-4m} dz^2 + r^{4m+2} d\varphi^2 + (1 - 8m - 8\varepsilon)^{-1} r^{4m(1+2m)} (dr^2 - dt^2) \quad (2)$$

$$(1 - 8m - 8\varepsilon)^{-1} r^{4m(1+2m)} = B$$

$$r^{4m+2} = C$$

$$r^{-4m} = D$$

константы m и ε являются массой и энергией соответственно на определенном расстоянии от горловины кротовой норы.

Рассмотрим динамическое уравнение тонкой оболочки

$$\dot{a}^2 + V(a) = 0 \quad (3)$$

где a радиус горловины кротовой норы и точка означает производную по времени. Потенциал $V(a)$ запишем следующим образом:

$$V(a) = \frac{1}{B} - \left(\frac{\gamma}{\zeta}\right)^2 \quad (4)$$

где $\gamma = -\left(\frac{D'}{D} + \frac{C'}{C}\right) \frac{1}{\sqrt{B}}$, $\zeta = \frac{D'}{D} + \frac{C'}{C}$

Из уравнения статически цилиндрически-симметричной метрики (2) имеем потенциал равный

$$V(a) = a^{-4m(1+2m)} (1 - 8m - 8\varepsilon) - \left(\frac{4m}{a} - \left(\frac{\left(\frac{2+4m}{a}\right)^2 (1-8m-8\varepsilon)}{-\frac{4m}{a} + \left(\frac{2+4m}{a}\right)^2} \right) \right) \quad (5)$$

Из условия (1) находим

$$-4a_0^{-2-4m(1+2m)} m(1+6m+16m^2+16m^3)(-1+8m+8\varepsilon) > 0 \quad (6)$$

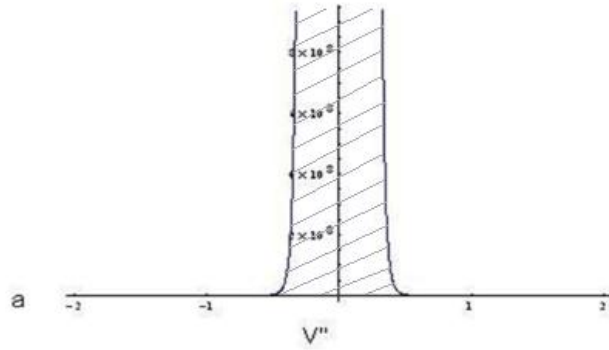


Рис. Зависимость устойчивости тонкой оболочки кротовой норы от радиуса горловины a при отрицательном значении энергии для метрики (2)

Для данного случая при $\varepsilon > 0$, все найденные решения являются устойчивыми, а при других возникают области неустойчивости. Результаты проведенных исследований показаны на рисунке, на котором изображены области существования устойчивых и неустойчивых решений в зависимости от энергии ε . На этом рисунке координата точки по оси абсцисс соответствует радиусу горловины кротовой норы a , а по оси ординат – значению второго производного по потенциалу. Заштрихованные области на рисунке соответствуют устойчивым решениям для тонкой оболочки кротовой норы.

Список литературы

1. Israel W. Singular hypersurfaces and thin shells in general relativity Nuovo Cimento 44B, Errata-ibid. 48B, 463, 1966.
2. Poisson E., Visser M. Thin-shell wormholes: Linearization stability, Phys. Rev. D 52, 7318–7321, 1995.
3. Ishak M., Lake K. Stability of Transparent Spherically Symmetric Thin Shells and Wormholes, Phys.Rev. D65, 044011, 2002.

РОЖДЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПОДМНОЖЕСТВЕ ФАЗОВОГО ПРОСТРАНСТВА СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Шарафутдинов И.В.

старший преподаватель кафедры алгебры, геометрии и методики обучения
математике Стерлитамакского филиала Башкирского государственного
университета, кандидат физ.-мат. наук,
Россия, г. Стерлитамак

В статье изучается рождение периодических решений малой амплитуды из состояния равновесия системы автономных дифференциальных уравнений первого порядка. Нелинейная часть предполагается гладкой лишь в некотором подмножестве фазового пространства, соответствующем собственным векторам матрицы линейной части.

Ключевые слова: бифуркация, периодические решения, кратное вырождение, конус.

Рассматривается динамическая система

$$x' = A(\lambda)x + a(x, \lambda), \quad x \in \mathbb{R}^N, N \geq 4, \lambda \in \mathbb{R}^1. \quad (1)$$

Здесь матрица $A(\lambda)$ и вектор-функция $a(x, \lambda)$ непрерывны по x и λ . Пусть выполнено условие

U1) Матрица $A_0 = A(\lambda_0)$ имеет две пары простых чисто мнимых собственных значений $\pm\omega_1 i$, $\pm\omega_2 i$, где $\omega_2 > \omega_1 > 0$ и отношение $\frac{\omega_2}{\omega_1}$ не является рациональным числом. Остальные $N - 4$ собственных значения матрицы A_0 не лежат на мнимой оси.

В силу условия U1) у матрицы $A(\lambda)$ при малых $|\lambda - \lambda_0|$ есть две пары простых собственных значений $\mu_1 = \alpha_1(\lambda) \pm i\omega_1(\lambda)$ и $\mu_2 = \alpha_2(\lambda) \pm i\omega_2(\lambda)$, где функции $\alpha_1(\lambda)$, $\omega_1(\lambda)$, $\alpha_2(\lambda)$, $\omega_2(\lambda)$ непрерывны, причём $\alpha_1(\lambda_0) = 0$, $\omega_1(\lambda_0) = \omega_1$, $\alpha_2(\lambda_0) = 0$, $\omega_2(\lambda_0) = \omega_2$.

Предположим также выполнение условия

U2) Справедливы соотношения $\alpha_1'(\lambda_0) \neq 0$, $\alpha_2'(\lambda_0) \neq 0$.

Обозначим через A_0^* матрицу, транспонированную к A_0 . Для каждой пары собственных значений $\pm\omega_k$ ($k = 1, 2$) найдутся две пары таких линейно независимых векторов $e_k, g_k \in \mathbb{R}^N$ и $e_k^*, g_k^* \in \mathbb{R}^N$, что

$$A_0 e_k = -\omega_k g_k, \quad A_0 g_k = \omega_k e_k, \quad A_0^* e_k^* = \omega_k g_k^*, \quad A_0^* g_k^* = -\omega_k e_k^*, \quad (2)$$

$$|e_k| = |g_k| = 1, \quad (e_k, e_k^*) = (g_k, g_k^*) = 1, \quad (e_k, g_k^*) = (g_k, e_k^*) = 0. \quad (3)$$

Здесь и далее символом (a, b) обозначено евклидово скалярное произведение векторов a и b .

Через E_0 обозначим четырёхмерное подпространство пространства \mathbb{R}^N с базисом из векторов e_1, g_1, e_2, g_2 . Тогда пространство \mathbb{R}^N разлагается в прямую сумму пространства E_0 и $(N - 4)$ -мерного пространства E^0 : $\mathbb{R}^N =$

$E_0 \oplus E^0$. Далее, через Px и Qx обозначим операторы проектирования из \mathbb{R}^N на E_0 и из \mathbb{R}^N на E^0 соответственно.

Для пространства E_0 определим конусную окрестность:

$K_0 = \{x: \|Qx\| \leq \delta_0 \|Px\|\}$, где $\delta_0 \in (0; 1)$.

Пусть, наконец, выполняется условие

U3) Выполнено соотношение

$$\lim_{|x| \rightarrow 0} \max_{|\lambda - \lambda_0|} \frac{|a(x, \lambda)|}{|x|} = 0, \quad x \in K_0.$$

Уравнение (1) при всех малых $|\lambda - \lambda_0|$ имеет нулевое решение. При переходе параметра λ через значение λ_0 у него в окрестности стационарного состояния $x = 0$ могут возникать нестационарные периодические решения малой амплитуды с периодом, близким к $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ или к $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$. При этом период решений каждого семейства стремится соответственно к $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ или к $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$ при $n \rightarrow \infty$.

Определение. Число λ_0 называется точкой бифуркации Андронова-Хопфа системы (1), если существует такая последовательность $\{\lambda_n\}$, сходящаяся к λ_0 , что при каждом λ_n система (1) имеет нестационарное периодическое решение $x_n(t)$, и $\max_t |x_n(t)| \rightarrow 0$ при $n \rightarrow \infty$.

Теорема 1. Пусть выполнены условия U1)-U3). Тогда число λ_0 будет точкой бифуркации Андронова-Хопфа для системы (1), и у системы (1) при малых $|\lambda - \lambda_0|$ существует два семейства периодических решений, периоды которых близки соответственно к $T_1 = \frac{2\pi}{\omega_1}$ или к $T_2 = \frac{2\pi}{\omega_2}$. При этом периодические решения каждого семейства существуют в точности в одном из трёх случаев: (1) $\lambda > \lambda_0$; (2) $\lambda < \lambda_0$; (3) $\lambda = \lambda_0$, причём в первых двух случаях каждому λ отвечает не более одного цикла малой амплитуды каждого периода. Эти бифурцирующие решения лежат в конусной окрестности K_0 .

Определение. Бифуркация в системе (1) называется субкритической (соответственно суперкритической), если бифурцирующие решения существуют при $\lambda < \lambda_0$ (соответственно при $\lambda > \lambda_0$). В соответствии с этим говорят о двух типах бифуркации.

Чтобы выяснить, в каком именно случае существуют периодические решения, то есть определить тип бифуркации, проведём вспомогательные построения.

Пусть $C = C[0; 1]$ – пространство непрерывных на отрезке $0 \leq t \leq 1$ вектор-функций с равномерной метрикой. Далее, пусть $F = F[0; 1]$ – банахово пространство функций $x(t) \in C$, $x(0) = x(1)$, ряды Фурье которых абсолютно сходятся. Наконец, пусть $\Phi = \Phi[0; 1]$ – банахово пространство функций $x(t) \in C$, $x(0) = 0$, таких, что $x(t) - tx(1) \in F$.

Определим функции

$$e_k(t) = e_k \cdot \cos 2\pi t - g_k \cdot \sin 2\pi t, \quad g_k(t) = g_k \cdot \cos 2\pi t + e_k \cdot \sin 2\pi t$$

и функционалы

$$\alpha_k[x(t)] = (x_c, g_k^*) + (x_s, e_k^*), \quad \beta_k[x(t)] = (x_c, e_k^*) - (x_s, g_k^*),$$

где e_k, g_k, e_k^*, g_k^* – векторы из (2) и (3), а векторы x_c и x_s – это отвечающие $\cos 2\pi t$ и $\sin 2\pi t$ коэффициенты Фурье функции $x(t) \in F[0; 1]$.

Наконец, определим действующий из Φ в F оператор $\Theta x(t) = x(t) - tx(1)$.

Из условия U1) следует, что для матрицы A_0 существует обратная матрица A_0^{-1} . Далее нам понадобятся следующие функции:

$$\psi_{2k}(t) = \int_0^t a_2(e_k(s), \lambda_0) ds, \quad \psi_{3k}(t) = \int_0^t a_3(e_k(s), \lambda_0) ds, \quad (4)$$

$$\Gamma_k(t) = \frac{1}{T_k} A_0^{-1} \psi_{2k}(1) - \Theta \psi_{2k}(t) - T_k A_0 \int_0^t \exp[T_k A_0(t-s)] \Theta \psi_{2k}(s) ds,$$

$$\psi_{1k}(t) = T_k \int_0^t a'_{2x}(e_k(s), \lambda_0) \Gamma_k(s) ds - \psi_{3k}(t).$$

Положим $A' = A'(\lambda_0)$ и определим числа: $\gamma_k = (A' e_k, e_k^*) + (A' g_k, g_k^*)$, $\delta_k = \alpha_k [\Theta \psi_{1k}(t)]$. Из условия U3) следует, что $\gamma_k \neq 0$.

Теорема 2. Пусть выполнены условия U1)-U3) и $\delta_k \neq 0, k = 1, 2$. Тогда рождающиеся при малых $|\lambda - \lambda_0|$ периодические решения $x(t, \lambda)$ системы (1) с периодом, близким к $T_k = \frac{2\pi}{\omega_k}$, существуют только при $\lambda < \lambda_0$, если $\delta_k \gamma_k < 0$, или только при $\lambda > \lambda_0$, если $\delta_k \gamma_k > 0$.

Список литературы

1. Филиппов, А. Ф. Дифференциальные уравнения с разрывной правой частью / А.Ф. Филиппов – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1985. – 224 с.
2. Шарафутдинов, И. В. Бифуркации периодических решений в конусных окрестностях / И.В. Шарафутдинов // Вестник Башкирского университета. – 2005. – № 4. – С. 11-14.

ЗАКРИТИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ СТЕРЖНЯ, ЛЕЖАЩЕГО НА УПРУГОМ ОСНОВАНИИ

Шарафутдинова Г.Г.

старший преподаватель кафедры теории и методики начального образования
Стерлитамакского филиала Башкирского государственного университета,
кандидат физ.-мат. наук,
Россия, г. Стерлитамак

В статье рассматривается решение нелинейной краевой задачи о прогибе стержня, лежащего на упругом основании, под действием продольной сжимающей силы и поперечной нагрузки, решение которой ищется методами теории локальных бифуркаций. В качестве модели упругого основания принята модель Винклера.

Ключевые слова: точка бифуркации, критическая точка, закритическое поведение.

В математических моделях, описывающих изгибы стержней и пластин, моменты потери устойчивости соответствуют точкам бифуркации дифференциальных уравнений, описывающих изгибы.

В данной статье рассматривается задача о формах прогиба продольно и поперечно нагруженного стержня, лежащего на упругом основании типа Винклера. Её математическая модель приводит к нелинейной краевой задаче

$$u'' = \rho(s)(-\lambda u + f(u) + q)\sqrt{1 - (u')^2}, \quad u(0) = u(1) = 0. \quad (1)$$

Здесь $u = u(s)$ – прогиб стержня, $\rho = \rho(s)$ – жёсткость стержня, λ – продольная нагрузка, $q(s)$ – поперечная нагрузка,

$$f(u) = \begin{cases} cu, & \text{если } u < 0, \\ 0, & \text{если } u \geq 0, \end{cases}$$

где c – коэффициент постели, $c > 0$.

Пусть известно решение задачи (1) $u_0 = u_0(s, q, \lambda)$ такое, что функция $u_0(s, q, \lambda)$ непрерывна по совокупности переменных $s \in [0, 1]$, $q \geq 0$, $\lambda \geq 0$, и $u_0(s, 0, 0) = 0$.

При возникновении продольной нагрузки прогиб стержня $u_0(s, q, \lambda)$ начинает увеличиваться, а затем, при достижении параметром λ некоторого значения λ^* , называемого критическим, стержень скачком переходит в новое устойчивое состояние равновесия, прогнувшись вверх. Соответствующее значение параметра будем называть точкой бифуркации.

Ставится задача – вычислить первую критическую нагрузку, то есть первую точку бифуркации λ^* задачи (1), и определить закритическое поведение стержня при $\lambda > \lambda^*$, то есть получить приближённые формулы, описывающие прогиб стержня при нагрузках, больших критической.

Пусть $y = u - u_0$. Тогда от задачи (1) перейдем к равносильной задаче

$$y'' = \rho(s)(-\lambda y + f(y + u_0) - \lambda u_0 + q)\sqrt{1 - (y' + u_0')^2} - u_0'', \quad y(0) = y(1) = 0. \quad (2)$$

Задача (2) при $\lambda < \lambda^*$ имеет устойчивое нулевое решение. Когда нагрузка достигает значения λ^* , прямолинейное состояние равновесия станет неустойчивым, и появится криволинейное устойчивое состояние равновесия.

Перейдем от задачи (2) к равносильному операторному уравнению

$$z(s) = \rho(s) \left((\lambda - c) \int_0^1 G(s, \sigma) z(\sigma) d\sigma - f(u_0) + \lambda u_0 - q \right) \times \\ \times \sqrt{1 - \left[\int_0^1 G'_s(s, \sigma) z(\sigma) d\sigma + u_0' \right]^2} + u_0''. \quad (3)$$

Справедливо следующее утверждение.

Лемма 1. Пусть $z(s) \in L_2[0, 1]$ – решение уравнения (3). Тогда функция $y(s)$, определяемая равенством

$$y = \int_0^1 G(s, \sigma)z(\sigma)d\sigma ,$$

будет решением задачи (2). И наоборот, если функция $y(s)$ – решение задачи (2), то функция $z(s)$, определяемая равенством

$$z(s) = -\frac{d^2y}{ds^2},$$

будет решением уравнения (3).

Уравнение (3) при всех λ имеет нулевое решение. Нас интересует, имеет ли уравнение (3) малые ненулевые решения. С этой целью определим оператор

$$F(z, \lambda) = \rho(s) \left((\lambda - c) \int_0^1 G(s, \sigma)z(\sigma)d\sigma - f(u_0) + \lambda u_0 - q \right) \times \\ \times \sqrt{1 - \left[\int_0^1 G'_s(s, \sigma)z(\sigma)d\sigma + u'_0 \right]^2} + u''_0. \quad (4)$$

Критическими являются такие значения $\lambda = \lambda^*$, при которых производная Фреше оператора (4) в нулевой точке имеет собственное значение 1[2].

Другими словами, будем говорить, что λ^* – точка бифуркации уравнения (3), если оператор $B(\lambda^*) = F'_z(0, \lambda)$ имеет собственное значение 1. Соответственно, λ^* будет называться критической нагрузкой задачи (2). Наименьшая из точек бифуркации уравнения (3) совпадает с первой критической нагрузкой λ^* задачи (2).

Определим производную Фреше оператора (4) в точке $z^* = 0$:

$$F'_z(0, \lambda)h = \\ = \rho(s) \left((\lambda - c) \int_0^1 G(s, \sigma)z(\sigma)d\sigma + (f(u_0) + \lambda u_0 + q) u'_0 \int_0^1 G'_s(s, \sigma)z(\sigma)d\sigma \right).$$

Пусть $\rho(\lambda)$ – спектральный радиус оператора $B(\lambda)$. Оператор $B(\lambda)$ положительный, значит, $\rho(\lambda)$ – наибольшее собственное значение оператора $B(\lambda)$. Так как $\rho(0) = 0$ и функция $\rho(\lambda)$ возрастает, то для нахождения λ^* можно постепенно увеличивать значения λ , следя за тем, когда будет выполнено равенство $\rho(\lambda^*) = 1$.

Теорема 1. Пусть $h^*(s)$ – собственная функция оператора $B(\lambda)$, отвечающая его спектральному радиусу. Пусть $h_0(s) \in L_2[0,1]$, $\|h_0(s)\|_{L_2} = 1$, $(h_0(s), h^*(s)) \neq 0$. Тогда последовательность

$$h_1(s) = \frac{B(\lambda)h_0(s)}{\|B(\lambda)h_0(s)\|}, \dots, h_n(s) = \frac{B(\lambda)h_{n-1}(s)}{\|B(\lambda)h_{n-1}(s)\|}, \dots$$

сходится к $h^*(s)$. При этом спектральный радиус вычисляется по формуле

$$(\lambda) = \frac{(B(\lambda)h^*(s), h^*(s))}{(h^*(s), h^*(s))}.$$

На основе теоремы 1 несложно составить алгоритм вычисления спектрального радиуса оператора $B(\lambda)$ при любом λ и определения критической нагрузки λ^* .

Как только значение λ перейдет через λ^* нулевое решение теряет устойчивость, упругое основание перестаёт действовать, и система скачком переходит к новому устойчивому состоянию, которое является решением дифференциальных уравнений модели изгиба стержня без упругого основания. Поэтому для исследования закритического поведения стержня следует использовать модель стержня без упругого основания.

Здесь возможны два случая: если поперечная нагрузка мала, то можно считать $q(s) \equiv 0$ и получим прогибы, решая классическую задачу Эйлера [1]

$$y'' = -\lambda\rho(s)y\sqrt{1 - (y')^2}, y(0) = y(1) = 0. \quad (5)$$

В этом случае закритическое поведение стержня определяем по схеме:

1. Решаем задачу (5) и определяем её нагрузки $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 \dots$
2. Определяем промежуток $[\lambda_j, \lambda_{j+1}]$, которому принадлежит значение λ^* .
3. Тогда для стержня в закритической ситуации возможна любая из k различных форм равновесия, отвечающая точкам бифуркации $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_j$ [1].

В общем случае для определения закритического поведения стержня можно воспользоваться, например, методами решения двухточечных задач.

Список литературы

1. Шарафутдинова, Г.Г. Оперативный метод исследования задачи Эйлера о формах потери устойчивости шарнирно-закрепленного стержня при продольной нагрузке / Г.Г. Шарафутдинова // Известия ВУЗов. Математика. – 2010. № 11. – С. 86-91.
2. Юмагулов, М. Г. Функционализация параметра и её приложения в задаче о локальных бифуркациях динамических систем / М.Г. Юмагулов, Л.С. Ибрагимова // Автоматика и телемеханика. – 2007. № 4. – С. 3-12.

СЕКЦИЯ «ХИМИЧЕСКИЕ НАУКИ»

МИКРОВОЛНОВАЯ АКТИВАЦИЯ В СИНТЕЗЕ ИЗОБУТИЛАЦЕТАТА

Акылбеков Н.И.

ведущий специалист лаборатории инженерного профиля
Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата,
Казахстан, г. Кызылорда

Омаров Е.А.

инженер лаборатории инженерного профиля
Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата,
Казахстан, г. Кызылорда

Шигенова А.С.

магистрант Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата,
Казахстан, г. Кызылорда

Сейтова А.А.

ведущий специалист лаборатории инженерного профиля
Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата,
Казахстан, г. Кызылорда

Туленова А.К.

ведущий специалист лаборатории инженерного профиля
Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата,
Казахстан, г. Кызылорда

Аппазов Н.О.

старший научный сотрудник лаборатории инженерного профиля
Кызылординского государственного университета им. Коркыт Ата, к.х.н.,
Казахстан, г. Кызылорда

В работе предлагается синтез изобутилового эфира уксусной кислоты реакцией прямой этерификации уксусной кислоты изобутиловым спиртом в условиях микроволнового облучения в присутствии серной кислоты. Найдены оптимальные условия проведения процесса: мощность сверхвысокочастотного облучения, продолжительность процесса, соотношение катализатора от общей массы реагирующих веществ, соотношение реагирующих веществ. Найдено, что оптимальным при проведении процесса является молярное соотношение уксусная кислота: изобутиловый спирт 1:1, продолжительность 3,0 мин, соотношение катализатора от общей массы реагирующих веществ 1%, мощность облучения 300 Вт. Выход целевого продукта при этих условиях составляет практически 91,41%. Полученный продукт идентифицирован с помощью газовой хромато-масс спектрометрии и ИК-спектрометрии. Предлагаемый способ получения изобутилового эфира уксусной кислоты по сравнению с известными методами позволяет сократить продолжительность процесса в несколько десятков раз. Результаты могут найти применение для получения сложных эфиров карбоновых кислот.

Ключевые слова: изобутилацетат, уксусная кислота, изобутиловый спирт, микроволновая активация, серная кислота, хромато-масс спектрометрия, ИК-спектрометрия, сложные эфиры карбоновых кислот, мощность облучения.

В последнее время сверхвысокочастотное облучение находит широкое применение при проведении химических реакций, в отличие от обычного нагрева активация реакций лучами сверхвысоких частот позволяет значительно сократить продолжительность реакций [1]. Для работы бытовых СВЧ-печей и для реакторов в синтетической химии используется частота 2,45 ГГц (длина волны 12,24 см) [10].

Сложные эфиры уксусной кислоты обладают приятным эфирно-фруктовым запахом, входят в состав многих эфирных масел душистых растений, находят практическое применение в парфюмерно-косметической промышленности для изготовления душистых веществ, отдушек для косметических изделий и мыла, пищевых ароматизаторов и пищевых консервантов, используются в производстве лакокрасочных изделий в качестве растворителей [2, 4, 6, 8].

Изобутилацетат содержится во многих фруктах и ягодах, имеет приятный эфирно-фруктовый запах. Используют в отдушках для синтетических моющих средств при дозировке до 4%, а также в пищевых ароматических эссенциях, как идентичный натуральному пищевой ароматизатор (зарегистрирован как вкусоароматическое химическое вещество для производства пищевых ароматизаторов) [3, 4, 9]. Является растворителем нитроцеллюлозных, перхлорвиниловых, полиакриловых лакокрасочных материалов, применяется для производства быстро сохнущих лаков [6, 9].

Получают изобутилацетат реакцией этерификации уксусной кислоты изобутиловым спиртом в присутствии серной кислоты (~9% от общей массы реагирующих веществ) при температуре 118⁰С, выход продукта при этом составляет 78,8% [7].

Также изобутилацетат получают каталитическим способом из отходов производства винилацетата, содержащего 70 масс.% уксусной кислоты и из сивушного масла полученного при выделении пищевого спирта, содержащего 42 масс.% изобутанола (кроме изобутанола в сивушном масле содержится 22,5 масс.% н-пропанола и 35,5 масс.%, изоамилового спирта). Процесс проводят в присутствии катализатора КУ-2-8-чС (0,8 масс.%) и серной кислоты (0,16 масс.%), при температуре 130⁰С в течение 4 ч. Выход изобутилацетата в расчете на изобутанол составляет 96,4 % [5].

Недостатками перечисленных способов получения изобутилацетата являются длительность процесса, применение высокой температуры.

Синтез изобутилацетата осуществляли прямой этерификацией уксусной кислоты изобутанолом при микроволновом облучении на бытовой СВЧ-печи. При проведении опытов в качестве катализатора использовали концентрированную серную кислоту. В качестве исходных реагентов использовали ледяную уксусную кислоту и изобутиловый спирт.

Нами были проведены серия опытов для определения оптимальных условий проведения процесса, т.е. влияние на выход продукта мощности облучения, продолжительности процесса, соотношения катализатора от общей массы реагирующих веществ и соотношений реагирующих веществ.

Найдено, что оптимальным соотношением реагирующих веществ является молярное соотношение уксусная кислота:бутанол-2 – 1:1, продолжительность 3 мин, соотношение катализатора от общей массы реагирующих веществ 1%, мощность облучения 300 Вт, при этих условиях выход целевого продукта составляет 91,41 % (Таблица).

Таблица

Нахождение оптимальных условий проведения процесса

№	Молярное соотношение реагирующих веществ		Мощность облучения, Вт	Продолжительность, мин	Катализатор, % от общ. массы реагирующих веществ	Выход продукта, %
	Уксусная кислота	Бутанол-2				
1	1	1	100	3	1	74,93
2	1	1	180	3	1	88,38
3	1	1	300	3	1	91,41
4	1	1	450	3	1	86,78
5	1	1	300	2	1	87,14
6	1	1	300	4	1	87,30
7	1	1	300	3	0,5	82,73
8	1	1	300	3	1,5	87,75
9	1	1	300	3	2	86,40
10	1	0,9	300	2	1	83,10
11	1	1,1	300	3	1	84,44

После проведения реакции продукты анализировали на хромато-масс спектрометре Agilent 7890A/5975C (США) и ИК-спектрометре IR-Prestige 21 фирмы Shimadzu (Япония).

Условия хроматографирования: газовый хроматограф 7890А с масс-селективным детектором 5975С фирмы Agilent; подвижная фаза (газ носитель) – гелий; температура испарителя 160⁰С, сброс потока (Split) 1000:1; температура термостата колонки, начало 40⁰С (1 мин), подъем температуры 5⁰С в минуту, конец 150⁰С, при этой температуре удерживается 1 мин, общее время анализа 24 мин; режим ионизации масс-детектора методом электронного удара. Капиллярная хроматографическая колонка HP-FFAP, длина колонки 30 м, внутренний диаметр 0,25 мм, неподвижная фаза нитротерефталевая кислота модифицированная полиэтиленгликолем. Время удержания изобутилацетата составляет 4,3 мин.

Полученный продукт идентифицирован с помощью масс-селективного детектора, масс-спектры изобутилацетата соответствует данным библиотечной базы NIST08, в масс-спектрах присутствуют молекулярный ион и масс фрагменты полученного продукта.

В ИК-спектрах полученного продукта наблюдается характеристичная полоса поглощения карбонильных групп при 1717 см^{-1} , также в области 1180 , 1233 см^{-1} проявляются интенсивные эфирные полосы, вызванная колебаниями С-О-С.

Таким образом, нами был синтезирован изобутилацетат прямой этерификацией уксусной кислоты изобутанолом в условиях сверхвысокочастотного облучения в присутствии серной кислоты (1% от общей массы реагирующих веществ). Найдены оптимальные условия проведения процесса, максимальный выход продукта составляет 91,41%. Полученный продукт был идентифицирован с помощью газового хроматографа с масс-селективным детектором и инфракрасной спектроскопии. Предлагаемый нами способ получения изобутилацетата по сравнению с известным способом позволяет сократить продолжительность процесса в несколько десятков раз.

Список литературы

1. Бердонос С.С. Микроволновая химия // Соровский образовательный журнал. – 2001. – Т.7. – №1. – С.32-38.
2. Брюсова Л.Я. Химия и технология синтетических душистых веществ. – Москва: Пищепромиздат, 1947. – 544 с.
3. Войткевич С.А. 865 душистых веществ для парфюмерии и бытовой химии. – М.: Пищевая промышленность, 1994. – 594 с.
4. Гигиенические требования по применению пищевых добавок. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПИН 2.3.2.1293-03 от 18.04.2003. Минздрав РФ.
5. Жуков В.И., Валькович Г.В., Гершберг М.И., Саушкин Ю.И., Белов Г.П., Петров Ю.М., Гермашев А.И., Волостнов С.М., Козлов Ю.П., Полоумов А.В.. Способ получения сложных эфиров и/или их смесей // Патент России № 2127722.1999. Бюл. № 33.
6. Исагулянц В.И. Синтетические душистые вещества. – Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1946. – 831 с.
7. Перкель А.Л., Воронина С.Г. Карбоновые кислоты и их производные в органическом синтезе. – Кемерово, 2013. – 27 с.
8. Хейфиц Л.А., Дашунин В.М. Душистые вещества и другие продукты для парфюмерии: Справ. изд. – М.: Химия, 1994. – 256 с.;
9. Химический энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1983. – С.209.
10. Nüchter M., Ondruschka B., Bonrath W., Gum A. Microwave assisted synthesis – a critical technology overview // Green Chem. – 2004. – №6. – P.128-141.

ВЛИЯНИЕ ФЕНИЛБИГУАНИДИНА НА КИНЕТИКУ РЕАКЦИИ ВЫДЕЛЕНИЯ ВОДОРОДА НА ЖЕЛЕЗЕ В КИСЛЫХ ХЛОРИДНЫХ СРЕДАХ

Балыбин Д.В.

старший преподаватель кафедры химии ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, канд. хим. наук, Россия, г. Тамбов

Кудрявцева Н.М.

аспирантка 1 года обучения кафедры химии ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Россия, г. Тамбов

Попова Е.Д.

студентка 5 курса специальности «химия» ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Россия, г. Тамбов

Шамсиева Е.А.

студентка 3 курса специальности «химия» ФГБОУ ВПО Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, Россия, г. Тамбов

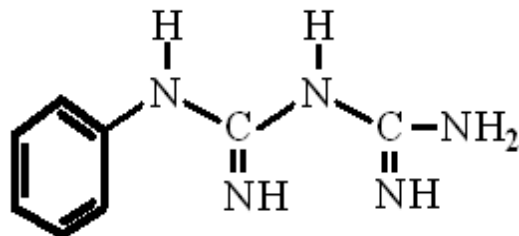
В данной работе изучена кинетика реакции выделения водорода (РВВ) на железе и диффузия водорода через стальную мембрану из этиленгликоль – водных растворов HCl с постоянной ионной силой, равной 1, содержащих фенилбигуанидин (ФБГ). Показано влияние ФБГ на природу лимитирующей стадии РВВ.

Ключевые слова: реакция выделения водорода, фенилбигуанидин, лимитирующая стадия, растворители.

Введение

Исследование влияния природы индивидуального и состава смешанного растворителя на кинетику и механизм электродных реакций представляет собой глобальную научную задачу, к решению которой исследователи, по существу, только приступают. Дело в том, что роль растворителя как среды и как реагента не может быть однозначно без серьезных допущений выяснена без смены его природы в единых процессах. Это касается закономерностей химических и электрохимических процессов, как гомогенных, так и гетерогенных, протекающих в объеме не только жидкой фазы, но и на границе раздела фаз. Такой подход обусловлен невозможностью однозначной оценки влияния молекул сольвента на поведение системы в целом как с точки зрения состояния твердой фазы (электродов), границы раздела фаз, так и сольватационных эффектов объема раствора [1].

Целью данной работы являлось изучение кинетики реакции выделения водорода (РВВ) на железе и диффузию водорода через стальную мембрану из этиленгликоль – водных растворов HCl с постоянной ионной силой, равной 1, содержащих фенилбигуанидин, молекулярная формула которого имеет вид:



Методика эксперимента

Исследования проведены в водных и водно – этиленгликолевых (с 50 масс.% воды) растворах с составом электролита x M HCl + $(1 - x)$ M LiCl, полученных насыщением исходных растворителей сухим хлористым водородом с последующим разбавлением ими полученной системы до заданной кислотности и введением высушенного при $107 \pm 5^\circ\text{C}$ хлорида лития. Кинетику РВВ исследовали при комнатной температуре на железе армко в условиях потенциодинамической поляризации (скорость развёртки 0,66 мВ/с, потенциостат Solartron 1255), водородная атмосфера, комнатная температура, потенциалы пересчитаны по стандартной водородной шкале. Электрохимические измерения проведены в двух экспериментальных сериях: в одной использован насыщенный водный хлоридсеребряный электрод сравнения, во второй – равновесный водородный электрод в том же рабочем растворе. Первый метод связан с возникновением потенциала жидкостной границы $\text{HO}-\text{C}_2\text{H}_4-\text{OH} / \text{H}_2\text{O}$, второй ведет к зависимости потенциала электрода сравнения от кислотности среды, но позволяет непосредственно оценивать величину перенапряжения водорода, определяющую скорость катодного процесса. Потенциалы приведены по стандартной водородной шкале. Рабочий электрод с видимой поверхностью 1 см^2 армировали в оправу из эпоксидной смолы, отвержденной полиэтиленполиамином, зачищали наждачной бумагой разных номеров и обезжиривали ацетоном. Фенилбигуанидин был синтезирован непосредственно для рассматриваемых экспериментов.

Экспериментальные результаты

С целью идентификации характера контроля процесса рассматривали влияние скорости вращения дискового электрода на кинетику РВВ в присутствии ФБГ и в фоновых растворах. Соответствующие данные представлены на рис. 1. Из них следует, что РВВ протекает в условиях исключительно кинетических ограничений.

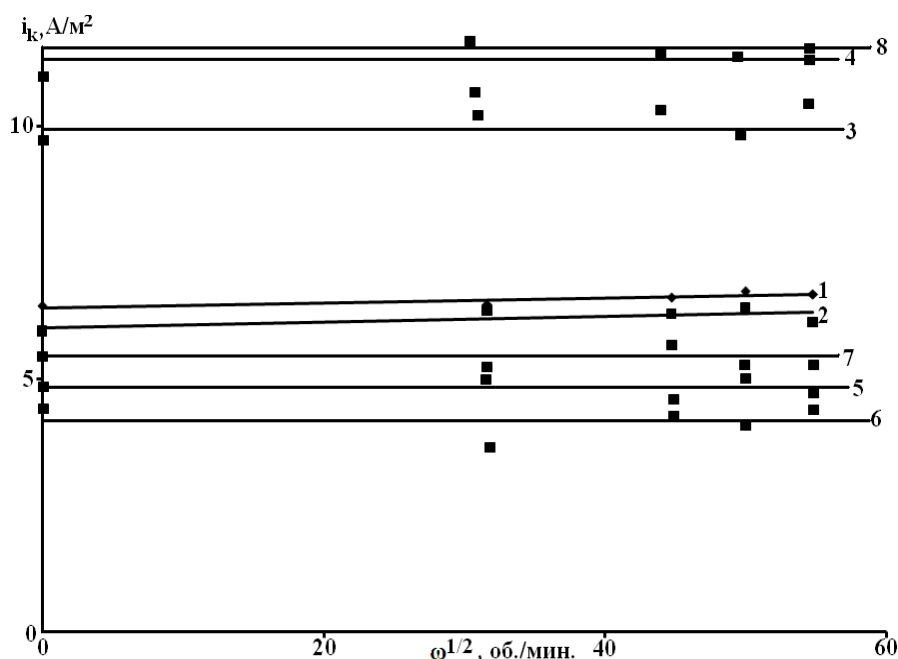


Рис. 1. Влияние частоты вращения дискового электрода Ст3 на катодный ток восстановления ионов водорода в водно – этиленгликолевых растворах: 1, 2 – 100 масс. % H₂O; 3, 4 – содержащих 50 масс. % H₂O; 5, 6 – содержащих 10 масс. % H₂O; 7, 8 – условно безводный этиленгликоль. Состав электролита 0,1 М HCl + 0,9 М LiCl.

Состав раствора: 1, 3, 5, 7 – фоновые растворы; 2, 4, 6, 8 – фоновые растворы, содержащие 1 мМ ФБГ. ΔE_к = -50 мВ, τ_{выдержки} = 300 сек.

Таблица 1

Влияние концентрации фенилбигуанидина на кинетические параметры РВВ в водных растворах HCl

C _{ФБГ} , ммоль/л	$-\frac{dE}{d \lg i_k}$, В	$-\frac{dE}{d \lg C_{H^+}}$, В	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_E$	$\frac{d\eta_H}{d \lg i_k}$, В	$-\frac{d\eta_H}{d \lg C_{H^+}}$, В	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_\eta$
0	0,115	0,068	0,85	0,115	0,060	0,5
0,5	0,115	0,055	0,50	0,115	0	0
1,0	0,125	0,075	0,50	0,125	0	0
5,0	0,125	0,080	0,50	0,125	0,035	0,15
10,0	0,130	0,065	0,75	0,130	0,035	0,25

В чисто водных фоновых растворах закономерности, характеризующие кинетику РВВ тождественны полученным ранее [2]. Как следует из полученных кинетических параметров (таблица 1), процесс протекает по механизму Фольмера (1) – Тафеля (2) с замедленной стадией разряда



Однако, при введении 0,5 мМ фенилбигуанидина ситуация меняется кардинально. Наличие уже столь малой концентрации ФБГ приводит к лимитирующей стадии рекомбинации (2) (табл. 1). Рост его содержания в 20 раз, в первом приближении, не изменяет наблюдаемой картины (табл. 2). Порядки реакции по фенилбигуанидину при E = -0,4 В и η = 0,2 В в растворах с x = 0,1 моль/л равны соответственно -0,30 и -0,29.

В целом, закономерности, наблюдаемые в присутствии фенилбигуанидина, существенно отличаются от таковых при введении гуанидина, наличие которого не сказывается на природе замедленной стадии (уравнение (1)) [3]. С учётом того, что величины дробных зарядов на атомах азота гуанидина и фенилбигуанидина достаточно близки, этот результат можно считать достаточно неожиданным, если принять, что за адсорбцию молекул указанных веществ на железе ответственно донорно – акцепторное взаимодействие азота с железом.

Рассмотрим картину, наблюдаемую в смешанном растворителе, содержащем 50 масс. % этиленгликоля. В фоновых растворах, не содержащих ФБГ картина, остаётся прежней (табл. 2). Изменяется лишь незначительно, величина тафелевских наклонов – $dE/d\lg i_k$ и $d\eta/d\lg i$.

Таблица 2

Влияние концентрации фенилбигуанидина на кинетические параметры РВВ в растворах HCl, в водно-этиленгликолевом растворителе, содержащем 50 масс. % C₂H₄(OH)₂

С _{ФБГ} , ммоль/л	$-\frac{dE}{d\lg i_k}, \text{В}$	$-\frac{dE}{d\lg C_{H^+}}, \text{В}$	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_E$	$\frac{d\eta_H}{d\lg i_k}, \text{В}$	$-\frac{d\eta_H}{d\lg C_{H^+}}, \text{В}$	$\left(\frac{\partial \lg i_k}{\partial \lg C_{H^+}}\right)_\eta$
0	0,130	0,075	0,85	0,100	0,065	0,55
0,5	0,110	0,090	0,90	0,110	0,035	0,45
1,0	0,125	0,050	0,55	0,125	0,050	0,40
5,0	0,080	0,080	0,80	0,080	0,065	0,40
10,0	0,120	0,080	0,75	0,120	0,050	0,45

Однако, несмотря на то, что природа разряжающихся доноров протонов и сольватирующих поверхность железа молекул (H₂O) остаётся прежней, влияние ФБГ принципиально изменяется. В средах со смешанным растворителем введение фенилбигуанидина и изменение его концентрации более, чем на порядок, не оказывает влияния на природу замедленной стадии (реакция (1)). В присутствии гуанидина контролирующей скорость РВВ в тех же средах на железе становилась стадия рекомбинации (2) [4]. Таким образом, вновь замена гуанидина на фенилбигуанидин кардинально меняет ситуацию.

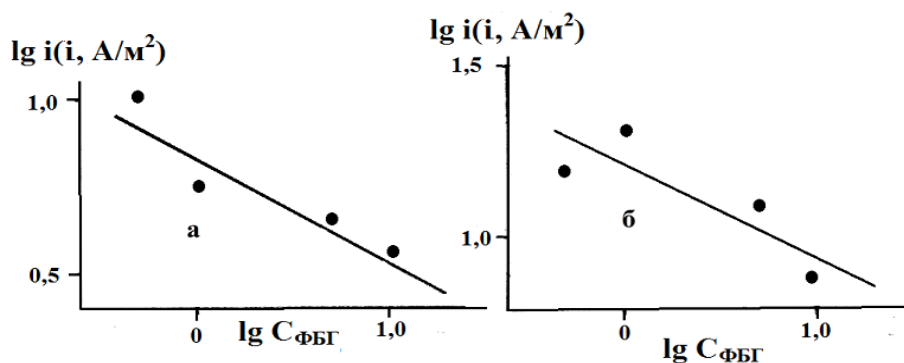


Рис. 2. Влияние концентрации фенилбигуанидина на скорость реакции выделения водорода из водных растворов $x \text{ M HCl} + (1 - x) \text{ M LiCl}$ с $x = 0,1$ моль/л при постоянном потенциале (а), равном 0,35 В и перенапряжении (б), равном 0,35 В

Порядок реакции по фенилбигуанидину при $E = -0,35$ В и $\eta = 0,35$ В в растворах с $x = 0,1$ моль/л равен $-0,30$ (рис. 2).

Таким образом, показано, что влияние ФБГ на кинетику РВВ существенно отличается от такового для гуанидина, в частности, наблюдается смена лимитирующей стадии процесса катодного выделения водорода при введении ФБГ уже в малых количествах, а также порядки реакции по ФБГ в указанных растворителях различной природы имеют близкие значения и характеризуют добавку как ингибитор, поскольку порядки имеют отрицательные значения. В общем же, катодный процесс имеет особую роль в электрохимической кинетике, так как на основе казалось бы простейшей электрохимической реакции строятся теоретические основы большей части всей электрохимии, поэтому углубление знаний в этом направлении будет несомненно способствовать развитию, как отдельных аспектов электрохимии, так и смежных с ней наук.

Выводы:

1. Реакция выделения водорода в рассматриваемых средах протекает в условиях кинетического контроля процесса.

2. При введении ФБГ в фоновые водные растворы происходит смена природы лимитирующей стадии РВВ с замедленного разряда на замедленную рекомбинацию, а затем на лимитирующую латеральную диффузию.

3. Введение ФБГ в фоновые растворы со смешанным водно-этиленгликолевым растворителем (50 масс. % воды) во всём изученном концентрационном интервале не происходит смены природы лимитирующей стадии процесса выделения водорода, замедленной остаётся стадия разряда.

4. В рассматриваемых растворителях порядки реакции по ФБГ имеют отрицательные значения, что характеризует эту добавку как ингибитор катодного действия.

Список литературы

1. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Дьячкова Т.П. Влияние анодной поляризации на диффузию водорода через стальную мембрану в этиленгликолевых растворах // Электрохимия. 2002. Т. 38. № 6. С. 719 – 724.

2. Tsygankova L.E., Vigdorovich V.I., Zarapina I.V. Hydrogen diffusion through a Steel membrane in the Water-ethylene Glycol solution containing pyridine in conditions of the cathodic polarization // J. Electroanalyt. Chem. 2009, Т. 636. №112. P. 24 – 29.

3. Vigdorovich V.I., Tsygankova L.E., Balybin D.V. Influence of guanidine on kinetics of hydrogen evolution on iron and its diffusion through steel membrane in acidic chloride media // J. Electroanalyt. Chem. 2011. Т. 653. №1. P. 1 – 6.

4. Вигдорович В.И., Цыганкова Л.Е., Балыбин Д.В., Крыльский Д.В., Яковлева В.А. Влияние гуанидина на выделение и диффузию водорода // Вестник Тамбовского государственного технического университета. 2010. Т. 16. №1. С. 94 – 107.

КАРБИДИЗИРОВАННЫЕ ГРАНУЛЫ ИЗ КИАНИТА – ОСНОВА ДЛЯ ПЛОТНЫХ ОГНЕУПОРОВ

Белогурова О.А.

старший научный сотрудник ФГБУН «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук», канд. техн. наук,
Россия, г. Апатиты

Саварина М. А.

инженер-технолог ФГБУН «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук», канд. техн. наук,
Россия, г. Апатиты

Шарай Т. В.

инженер-технолог ФГБУН «Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И. В. Тананаева Кольского научного центра Российской академии наук», канд. техн. наук,
Россия, г. Апатиты

Рассмотрен процесс получения плотных огнеупорных материалов на основе карбидизированных гранул из кианитовой руды.

Ключевые слова: карбидизированные гранулы, муллит, карбид кремния, углерод-содержащие алюмосиликатные композиты.

В настоящее время в промышленную переработку вовлекаются бедные и труднообогатимые руды сложного вещественного состава. Их добыча и обогащение связаны с ростом затрат при снижении извлечения полезных компонентов, а получаемые минеральные концентраты не всегда отвечают техническим условиям и требованиям современной промышленности.

В наших работах показана возможность использования некондиционного, непластичного природного алюмосиликатного сырья Мурманской области и техногенных отходов для создания ряда материалов [1,2]. Результаты исследований по карбидизации алюмосиликатной матрицы позволяют предположить, что существует вероятность обеспечить прочность и термостойкость огнеупоров в сочетании с торможением окисления.

Концепция огнеупорного материала на основе гранул из углерода и суглинков была представлена исследователями Colle D., Aneziris C.G., Schurf W.I, Dudczig S. в 2007 г. Суглинки представляли собой природные смеси кварца и глинистых минералов, состоящих из мелких фракций каолиновых микрочастиц и аморфных алюмосиликатных фаз субмикронных размеров. В качестве связки была использована углеродистая смола, которая обладает

высокой температурой плавления и образует ориентированные графитоподобные структуры после коксования.

Полученные углеродсодержащие алюмосиликатные композиты в зависимости от термообработки характеризуются плотностью до 2200 кг/м³, открытой пористостью до 20 %, пределом прочности при сжатии выше 30 МПа. Эти материалы опробовали не только в зонах спекания шахтных печей, но и как монолитные и фасонные изделия для металлургической промышленности.

Цель работы – разработка плотных огнеупоров различных составов на основе карбидизированных гранул из кианитового сырья Мурманской области.

Карботермические реакции в условиях восстановительной среды для псевдозакрытой системы $Al_2O_3 - SiO_2 - C$ приводят к образованию SiC. В процессе карбидизации мы сталкиваемся с восстановлением диоксида кремния, присутствующего как в качестве примеси в руде, так и выделившегося в процессе муллитизации. Согласно термодинамическим расчетам возможны реакции SiO_2 с углеродом, приводящие к образованию карбида кремния. На процесс влияют: размер частиц, наличие тесного контакта и тип углеродного восстановителя.

Диффузия SiO в объеме образца способствует переносу кремния по поровому пространству с последующей карбидизацией ($SiO + 2C = SiC + CO$). Улавливание газообразного монооксида кремния и связывание его в карбид происходит на поверхности углеродных частиц, при высоком содержании последних общая площадь поверхности становится больше, и доля кремния, задерживаемого в системе, возрастает.

При получении ряда муллитосодержащих огнеупоров важное место в процессах формирования структуры принадлежит модифицирующим добавкам, например, SiC и отходу производства ферросилиция (ОПФ). Влияние SiC обусловлено более высоким значением теплопроводности, более низким значением коэффициента термического расширения и отсутствием анизотропии ($\lambda = 30$ Вт/(м·К), $\alpha = 3.6 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{K}^{-1}$) по сравнению с муллитом ($\lambda = 3 - 3.5$ Вт/(м·К), $\alpha_a = 5.2 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_b = 7.1 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, $\alpha_c = 2.4 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ при 298-1098 К). Использование в составе шихты ОПФ приводит к их уплотнению и упрочнению, за счет реакционного спекания, так как кремний, основная его составляющая, в процессе обжига взаимодействует с монооксидом углерода внутренней восстановительной среды и в качестве продукта реакции получается карбид кремния, упрочняющий матрицу и придающий ей термостойкость.

Нами показано, что свойства муллитосодержащих материалов могут быть улучшены при введении в шихту карбидизированных гранул из кианитовой руды и проведения обжига в восстановительных условиях. При получении плотного огнеупора авторы учитывали результаты своих предыдущих исследований процесса грануляции с углеродной составляющей для теплоизоляционных материалов [3, 4]. Гранулы из кианитовой руды, углерода и алюминиевой пудры на связке из лигносульфоната (ЛСТ) получали исходя из

последовательности действий, приведенных в таблице. Обжигали гранулированный материал в графитовых тиглях при 1350° С.

Таблица

Особенности подготовки составов к гранулированию

Гранулы	Сырье для гранул	Последовательность подготовки к гранулированию
КРУ	Кианитовая руда + углерод	кианитовую руду смешивали с частью углерода и ЛСТ, вылеживали, добавляли остаток углерода и ЛСТ, вылеживали, гранулировали
КРУА	Кианитовая руда + углерод + алюминиевая пудра	кианитовую руду смешивали с частью углерода, алюминиевой пудрой и ЛСТ, вылеживали, затем вводили остаток углерода и ЛСТ, вылеживали, гранулировали

Поверхностная структура карбидизированных гранул, полученных после обжига, исследовалась на сканирующем электронном микроскопе LEO 420 “ZEISS” и представлена на рис. 1.

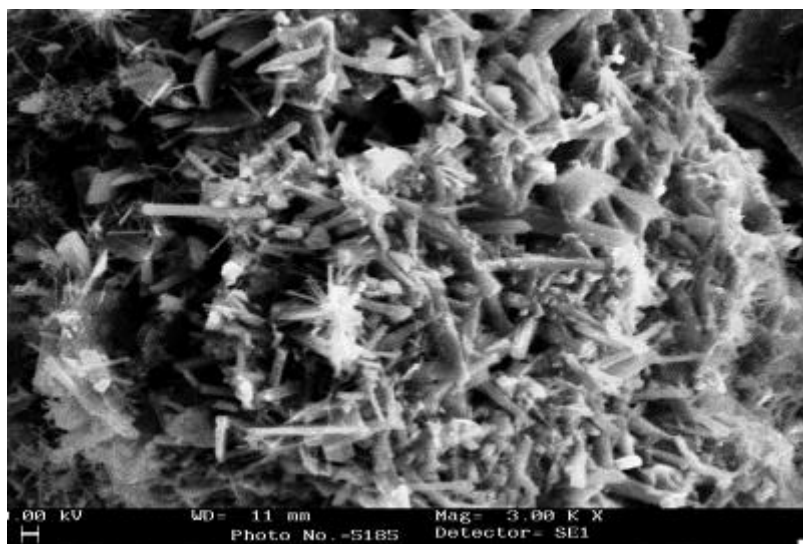
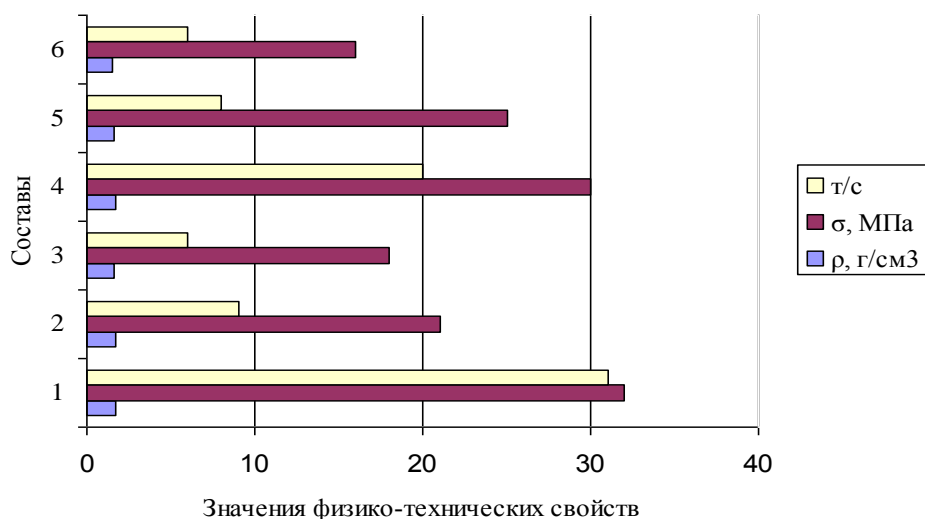


Рис. 1. SEM – микрофотография поверхностной структуры карбидизированных гранул на основе кианитовой руды и углерода

Полученный алюмосиликатнокарбидкремниевый керамический фракционированный материал использовали при получении плотных огнеупоров в составе шихты с отходом производства ферросилиция и крупной фракцией SiC. Образцы прессовали под нагрузкой 700 кг/см², обжиг проводили в восстановительных условиях при 1450°С. Некоторые физико-технические характеристики материалов в зависимости от состава шихты приведены на рис. 2.



t/c – термостойкость; ρ – плотность; σ – прочность
 Рис. 2. Влияние состава шихты на свойства материалов

Список литературы

1. Белогурова, О.А., Гришин Н.Н. Фазообразование в муллитографитовых огнеупорах [Текст] / О.А. Белогурова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2010. – № 7-8. – С. 48-55.
2. Гришин Н.Н., Белогурова О.А., Иванова А.Г., Нерадовский Ю.Н., Войтеховский Ю.Л. Особенности поведения кианита в псевдозакрытой и псевдооткрытой системе $Al_2O_3 - SiO_2 - C$ [Текст] / Н.Н. Гришин // Цветные металлы. – 2011. – № 11. – С. 9-13.
3. Белогурова О.А., Гришин Н.Н. Карбидизированные теплоизоляционные материалы из кианитовой руды [Текст] / О.А.Белогурова // Новые огнеупоры. – 2012. – № 1. – С.31-36.
4. Белогурова О.А., Саварина М.А., Шарай Т.В. Легковесные муллитокордиеритовые материалы из кианитовой руды Кейвского месторождения [Текст] /О.А. Белогурова // Огнеупоры и техническая керамика. – 2013. – № 7-8. – С. 72-77.

ВЛИЯНИЕ ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА СТРУКТУРНЫЕ СВОЙСТВА ОКСИГИДРОКСИДОВ АЛЮМИНИЯ, МОДИФИЦИРОВАННЫХ ИОНАМИ МАРГАНЦА (II)

Грязнова Е.Н.

инженер-исследователь Института воды
 Национального исследовательского Томского политехнического университета,
 Россия, г. Томск

Шиян Л.Н.

доцент кафедры общей и неорганической химии Национального исследовательского Томского политехнического университета, канд. физ.-мат. наук, доцент,
 Россия, г. Томск

В работе было исследовано влияние термообработки при температуре 850 °С на структурные свойства оксигидроксида алюминия, модифицированного ионами марганца (II). Установлено, что с увеличением концентрации марганца (II) в образце формируются совместные соединения алюминия и марганца типа шпинель – $MnAl_2O_4$ и собственные

соединения марганца – Mn_2O_3 , Mn_3O_4 . Формирование данных фаз позволяет использовать полученные материалы в качестве катализатора в органическом синтезе.

Ключевые слова: оксигидроксид алюминия, нановолокна, катализатор, модификатор, марганец (II).

Получения новых материалов с заданными свойствами на сегодняшний день, является актуальной задачей во многих отраслях промышленности, особенно это актуально для материалов в нанометром состоянии. Одним из представителей таких материалов является оксигидроксид алюминия, полученный гидролизом из электроразрывного материала [1]. Однако сегодня данный материал используют лишь в процессах водоподготовке и как сорбент для медицинских целей, но оксигидроксид алюминия обладает высоким потенциалом для применения его в катализе, за счет развитой удельной поверхности. Для получения оксигидроксида алюминия способного работать, как катализатор необходимо модифицировать его свойства. Для катализа в органическом синтезе в качестве активного компонента достаточно широко распространены оксиды марганца, поэтому в качестве модификатора оксигидроксида алюминия был выбран марганец (II). В работе [2] подробно описана методика модифицирования оксигидроксида алюминия ионами марганца (II). Согласно литературным данным [2], для получения активных алюмомарганцевых катализаторов глубокого окисления метана проводят термоактивацию путем прогрева прекурсоров катализатора в атмосфере воздуха. Поэтому целью работы являлось установление закономерностей изменения структуры оксигидроксида алюминия, модифицированного ионами марганца (II) при его прогреве в атмосфере воздуха при температуре 850 °С.

В работе исследовали модифицированные образцы оксигидроксида алюминия с различным содержанием ионов марганца (II), основные характеристики которых представлены в таблице.

Таблица

Характеристики модифицированных образцов оксигидроксида алюминия

Обозначение образцов	Концентрация марганца (II) в образце, мас. %	Фазовый состав до прогрева	Величина площади удельной поверхности до прогрева, м ² /г	Фазовый состав после прогрева	Величина площади удельной поверхности после прогрева, м ² /г
AlOOH-0	-	Al(OH) ₃ , AlOOH	196	γ-Al ₂ O ₃	170
AlOOH-1	1,4	Al(OH) ₃ , AlOOH	212	γ-Al ₂ O ₃	177
AlOOH-2	4,8	Al(OH) ₃ , AlOOH, Al	110	Al ₂ O ₃ (куб.), θ-Al ₂ O ₃ , MnAl ₂ O ₄	128
AlOOH-3	10,4	AlOOH, Al	25	α-Al ₂ O ₃ , Mn ₂ O ₃ , Mn ₃ O ₄	28

По данным рентгенофазового анализа (РФА) в образцах AlOOH-0 и AlOOH-1, прогретых при температуре 850 °С на воздухе, была обнаружена

только фаза $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$, соединение содержащих марганец обнаружено не было. Увеличение содержания марганца (II) в модифицированных образцах приводит к увеличению доли металлического алюминия. Согласно данным РФА в прокаленном при $850\text{ }^\circ\text{C}$ образце AlOОН-2 помимо фазы Al_2O_3 (куб.) обнаружены соединения марганца в форме алюмомарганцевой шпинели MnAl_2O_4 , а в образце AlOОН-3 формируются уже оксиды алюминия и марганца $\alpha\text{-Al}_2\text{O}_3$, Mn_2O_3 , Mn_3O_4 .

По полученным результатам РФА, была определена температура прокаливания для всех образцов – $850\text{ }^\circ\text{C}$, обеспечивающая постоянство фазового состава и необходимые фазовые переходы для формирования структуры катализаторов. Термообработка при $850\text{ }^\circ\text{C}$, безусловно, не могла не повлиять на площадь удельной поверхности образцов. В таблице представлены значения площади удельной поверхности прокаленных образцов. Термическая обработка при $850\text{ }^\circ\text{C}$ приводит к снижению начальной площади удельной поверхности для образцов AlOОН-0 и AlOОН-1 . Для образцов AlOОН-2 и AlOОН-3 площадь удельной поверхности увеличивается после температурной обработки, что связано с процессами окисления наноразмерного алюминия до его оксида с сохранением удельной поверхности. Из таблицы видно, что термическая обработка способствует формированию активной фазы катализатора – MnAl_2O_4 , Mn_3O_4 и Mn_2O_3 .

Работа выполнена в рамках ГЗ «Наука» 7.1326.2014.

Список литературы

1. Грязнова, Е. Н. Влияние процесса модифицирования на свойства нановолокон оксигидроксида алюминия [Текст] / Е. Н. Грязнова, Л. Н. Шиян, Н. А. Яворовский // Журнал прикладной химии. – 2013. – Т. 86. – № 3. – С. 389-394. – Библиогр.: с. 394.
2. Грязнова, Е. Н. Нановолокнистые оксигидроксиды алюминия, модифицированные ионами марганца (II) – прекурсоры марганецсодержащих катализаторов глубокого окисления метана [Текст] / Е. Н. Грязнова, Л. Н. Шиян, С. И. Галанов, О. И. Сидорова // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Т. 324. – № 3. – С. 88-93. – Библиогр. с. 93.

ОБРАЗОВАНИЕ ДИСУЛЬФИДОВ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА С НАНОРАЗМЕРНЫМИ СЛОЯМИ В УСЛОВИЯХ СВС

Иртегов Ю.А.

инженер-исследователь лаборатории №12 Национального исследовательского Томского политехнического университета,
Россия, г. Томск

Мачехина К.И.

ассистент кафедры общей и неорганической химии Национального исследовательского Томского политехнического университета, канд. техн. наук,
Россия, г. Томск

В работе представлена схема образования частиц дисульфидов вольфрама и молибдена в результате взаимодействия нанопорошков соответствующих металлов и

элементарной серы в условиях СВС. Образец в схеме имеет несколько зон, каждая из которых охарактеризована. Рассмотрен процесс диффузии серы как параметр, определяющий скорость взаимодействия реагентов.

Ключевые слова: дисульфиды, наноразмерные слои, диффузия.

Современное состояние прорывных технологий зачастую заключается в усложнении технологического процесса для получения материалов с улучшенными свойствами. К данной области можно отнести применение нанопорошков металлов, полученных электрическим взрывом проводника, в синтезе химических соединений. Возможность применения электровзрывного нанопорошка молибдена для получения эффективной твердой смазки на основе дисульфида молибдена рассмотрена в работе [4]. Дальнейшие исследования проводились в работах [2, 3]. Востребованность наноразмерных и наноструктурных порошков дихалькогенидов тугоплавких металлов связана с созданием новых видов устройств и машин и расширением областей применения существующих.

Настоящая работа посвящена исследованию вопроса образования дисульфидов вольфрама и молибдена с наноразмерными слоями в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза (СВС) из электровзрывных порошков металлов.

Нанопорошки металлов получали методом электрического взрыва проводников (ЭВП) на установках УДП-4Г в среде аргона. Характеристика нанопорошков представлена в [2]. Размер отдельных сферических частиц порошка вольфрама начинается с 50-60 нм, минимальный диаметр отдельных частиц молибдена несколько больше и составляет 70-80 нм. СВС дисульфидов осуществляли на установке, схема и описание которой представлены в [3].

В работах, посвященных исследованию сульфидной коррозии железной ленты парами серы и взаимодействию порошков металлов с серой в условиях СВС, установлено, что значение энергии активации процесса взаимодействия серы с железом составляет 96–97 кДж/моль, при этом лимитирующей стадией процесса является диффузия серы сквозь образующийся сульфидный слой. Для исследуемых систем W+S и Mo+S значения энергии активации составляют $90,1 \pm 6,3$ и $81,7 \pm 4,8$ кДж/моль, соответственно. Расчет проводили по методике, приведенной в [1]. В результате взаимодействия образуются слоистые структуры WS_2 и MoS_2 нанометровой толщины (рис. 1).

На основании результатов проведенных исследований была предложена схема образования дисульфидов вольфрама и молибдена в условиях СВС из нанопорошков металлов. В основе схемы на рисунке 2 лежит образец из прессованной смеси нанопорошка металла (W, Mo) и элементарной серы, вдоль которого сверху вниз распространяется фронт горения. Образец условно поделен на шесть зон. В зоне I температура смеси равна комнатной, взаимодействие реагентов не происходит ($\eta = 0$). Тепло, передающееся при горении от вышележащих слоев образца, нагревает

нижележащие, и в зоне II происходит нагрев смеси до температуры плавления серы, инициирование самоподдерживающейся реакции металла с серой также не происходит. Дальнейший нагрев приводит к фазовому переходу $S_{ж} \rightarrow S_{г}$ (зона III), происходящему скачкообразно.

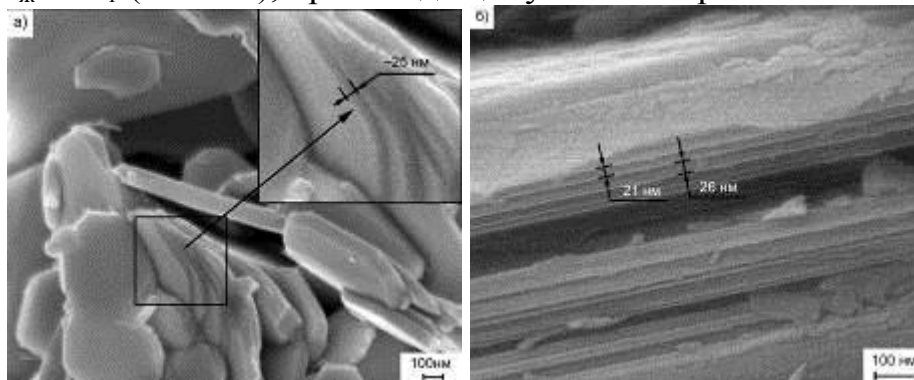


Рис. 1. Микрофотография порошков дисульфида вольфрама (а) и молибдена (б)

Возбужденные атомы серы взаимодействуют с поверхностными атомами металла с образованием слоя сульфида Me_xS_y и выделением тепла. При наличии оксидного слоя (Me_xO_y) на поверхности наночастицы идет образование SO_2 и сульфида металла. Тепло, выделяющееся при протекании реакции, обеспечивает дальнейшее повышение температуры реагентов, а с учетом того, что диффузия серы вглубь частицы металла не осложнена ввиду малой толщины сульфидного слоя, то в зоне IV происходит разогрев до максимальной температуры, который сопровождается видимым фронтом горения. Относительная высота этого фронта мала ввиду быстрого роста барьерного сульфидного слоя и торможения реакции. За фронтом горения (зона V) скорость взаимодействия реагентов значительно снижается и лимитируется диффузией серы через слой продукта, за счет этого температура в этой зоне меньше максимальной. Таким образом, в зоне V происходит дореагирование исходных веществ, достройка и образование кристаллической структуры дисульфидов.

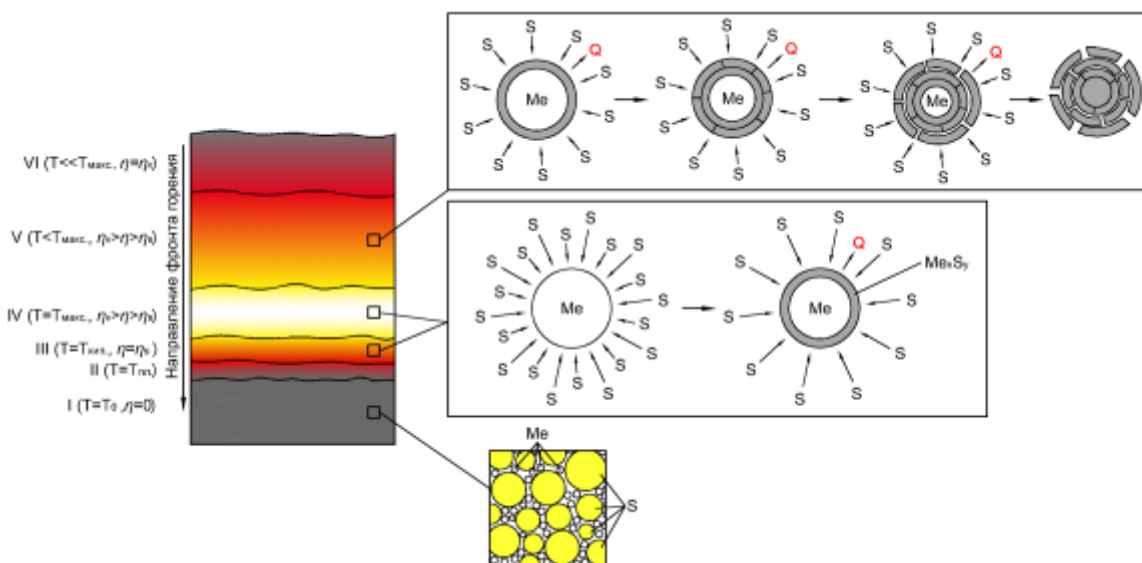


Рис. 2. Схема взаимодействия нанопорошков металлов (W, Mo) с элементарной серой в режиме СВС

Работа выполнена в рамках ГЗ «Наука» НИР №361.

Список литературы

1. Иртегов, Ю.А. Кинетика процесса синтеза наноразмерного дисульфида вольфрама в условиях самораспространяющегося высокотемпературного синтеза [Текст] / Ю.А. Иртегов, М.И. Ажгихин, В.В. Коробочкин // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – №5. – С. 1-8. – Библиогр.: с. 331.
2. Иртегов, Ю.А. Получение наноструктурных сульфидов вольфрама, молибдена, железа, меди и исследование их свойств [Текст] / Ю.А. Иртегов, В.В. Ан, Н.А. Яворовский // Известия ВУЗов. Физика. – 2012. – Т.55. – № 5-2. – С.140–145. – Библиогр.: с. 145.
3. Иртегов, Ю.А. Трибологические свойства нанослоистых дисульфидов вольфрама и молибдена [Текст] / Ю.А. Иртегов, В.В. Ан, Н.А. Яворовский, А.И. Галанов, В.М. Погребенков // Известия ВУЗов. Физика. – 2011. – Т.54. – № 11. – С.326-331. – Библиогр.: с. 331.
4. Яворовский, Н.А. Получение ультрадисперсных порошков электрическим взрывом проводников [Текст] / Н.А. Яворовский. // Известия ВУЗов. Физика. – 1996. – Т.39. – №4. – С.114-136. – Библиогр.: с. 136.

КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ КАРБОНАТА КАЛЬЦИЯ ПРИ МИКРОПУЗЫРЬКОВОЙ ОБРАБОТКЕ ВОДЫ

Маланова Н.В.

инженер-исследователь отдела организации НИОКР Института воды, НИ ТПУ,
Россия, г. Томск

Косинцев В.И.

профессор кафедры ОХТ ИПР, НИ ТПУ, д-р техн. наук, профессор,
Россия, г. Томск

В статье показана возможность применения микропузырьковой обработки для снижения жесткости воды. Описан процесс кристаллизации карбоната кальция в водных растворах, обработанных в гидродинамическом генераторе. Показано изменение концентрации ионов кальция после микропузырьковой обработки воды в результате формирования микропузырьков, инициирующих образование карбоната кальция.

Ключевые слова: жесткость воды, карбонат кальция, микропузырьковая обработка.

Анализируя современное состояние методов умягчения воды, следует указать на их большое разнообразие; при этом сохраняется актуальность оптимизации существующих и поиск новых методов снижения жесткости, а также создание новых высокоэффективных и экономически рациональных технологий очистки воды от солей жесткости.

Известно, что перспективным способом интенсификации технологических процессов является увеличение степени дисперсности систем и поверхности контакта фаз, что можно достичь получением микропузырьковых газожидкостных сред [1, 2]. Микропузырьковые газожидкостные среды применяются для интенсификации технологических процессов в химической, ме-

таллургической, пищевой, микробиологической промышленности. Однако до настоящего времени не были рассмотрены вопросы применения микропузырьковых газожидкостных сред для умягчения воды.

Целью данной статьи является обоснование выбора микропузырьковой обработки воды для процессов удаления солей жесткости.

Для обработки воды применяли гидродинамический генератор, представляющий собой вертикальный аппарат с решеткой, имеющей соотношение проходного сечения, равное 5 %, и диаметр отверстий 400 мкм. Длина канала отверстий L выбиралась из условия $L \geq 10d$, где d – диаметр одного отверстия. Для формирования микропузырьковой газожидкостной среды воду пропускали через решетку при избыточном давлении в водопроводной сети 0,25 МПа. Изменение общей жесткости контролировали по уменьшению содержания ионов кальция в водных растворах.

Ранее полученные результаты [3] подтверждают, что микропузырьковая обработка водных растворов в гидродинамическом генераторе приводит к созданию гетерогенной системы вода–газ. При прохождении водных растворов через отверстия в решетке гидродинамического генератора образуются зоны пониженного давления, и происходит дегазация воды, сопровождающаяся удалением растворенных газов и образованием парообразной воды вследствие разрыва водородных связей. В результате чего в растворе образуются пузырьки, заполненные парогазовой смесью, и газовая фаза движется в жидкой среде в виде дискретных пузырьков.

Известно [3], что для осуществления процесса кристаллизации в растворе необходимо создать пересыщение, следовательно для образования новой фазы, необходима движущая сила, связанная с отклонением системы от равновесного состояния. К способам создания пересыщения можно отнести, изменение давления, температуры, концентрации растворителя, протекание химической реакции. При создании микропузырьковой газожидкостной системы из воды удалялся растворенный диоксид углерода, углекислотное равновесие сдвигалось в направлении образования карбонат-ионов, что создавало пересыщение водных растворов и способствовало выделению карбоната кальция в твердую фазу. Для роста новой фазы необходимо инициирование этого процесса, то есть реализация важной исходной стадии – зародышеобразования. В данном случае, инициатором зародышеобразования карбоната кальция служила поверхность пузырька. Поэтому формирование карбоната кальция при микропузырьковой обработке водных растворов можно рассматривать как гетерогенное зарождение новой фазы, которое наблюдают, когда образование зародыша происходит на границе раздела фаз, в нашем случае на границе раздела жидкость–газ. После стадии зародышеобразования и формирования центров кристаллизации, происходил самопроизвольный процесс роста кристаллов карбоната кальция. Таким образом, предполагаемый механизм образования

карбоната кальция при микропузырьковой обработке водных растворов можно описать тремя стадиями:

1. Пересыщение раствора путем удаления растворенного диоксида углерода, что смещало углекислотное равновесие в направлении образования карбонат-ионов.

2. Инициирование зародышеобразования карбоната кальция на поверхности пузырька.

3. Последующий рост кристаллов карбоната кальция.

Таким образом, микропузырьковая обработка водных растворов, содержащих ионы кальция и гидрокарбонат-ионы, приводит к созданию гетерогенной системы вода-газ. Концентрирование газовой фазы, например CO_2 , в микропузырьке приводит к его удалению из раствора, что способствует повышению рН и смещению углекислотного равновесия в направлении образования карбонат-ионов. Генерируемые микропузырьки иницируют зародышеобразование кристаллического карбоната кальция, дальнейшее формирование карбоната кальция приводит к снижению общей жесткости воды. Исходя из вышеописанного, следует, что микропузырьковую обработку целесообразно использовать для умягчения воды.

Работа выполнена по теме 7.1326.2014.

Список литературы

1. Бошнятов Б.В. Гидродинамика микропузырьковых газожидкостных сред [Текст] / Б.В. Бошнятов // Известия ТПУ – 2005. – Т.308. – № 6. – С. 156-160.

2. Бошнятов Б.В. О перспективах применения микропузырьковых газожидкостных сред в технологических процессах [Текст] / Б.В. Бошнятов // Известия вузов. Физика. Приложение, 2005 – Т.48. – № 11. – С. 49-54.

3. Маланова Н.В., Коробочкин В.В., Косинцев В.И. Применение микропузырьковой обработки для снижения жесткости воды [Текст] / Н.В.Маланова, В.В. Коробочкин, В.И. Косинцев // Известия Томского политехнического университета. – 2014 – Т. 324 – № 3. – С. 108 –111.

4. Ларичев Т.А. Массовая кристаллизация в неорганических системах [Текст] / Т.А.Ларичев. – Кемерово: Кузбассвузиздат, 2006. – 176 с.

УДАЛЕНИЕ КОЛЛОИДНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ЖЕЛЕЗА ИЗ ПРИРОДНЫХ ВОД С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СОРБЦИОННЫХ МЕТОДОВ РАЗДЕЛЕНИЯ

Мачехина К.И.

ассистент кафедры общей и неорганической химии Национального исследовательского Томского политехнического университета, канд. техн. наук,
Россия, г. Томск

Шиян Л.Н.

доцент кафедры общей и неорганической химии Национального исследовательского Томского политехнического университета,
канд. физ.-мат. наук, доцент,
Россия, г. Томск

Войно Д.А.

аспирант кафедры общей и неорганической химии Национального исследовательского Томского политехнического университета,
Россия, г. Томск

Экспериментально установлено время адсорбции органических веществ на активированном угле (РАС) Norit SA UF, которое составило 3 часа. Значение максимальной сорбционной емкости активированного угля по отношению к органическим веществ составило $q_m=0,25$ мг/мг. В результате удаления органических веществ из модельного раствора происходит деструкция коллоидных соединений железа с последующим образованием осадка в виде $Fe(OH)_3$.

Ключевые слова: коллоидные соединения железа, адсорбция, активированный уголь.

В настоящее время существуют различные методы обезжелезивания подземных вод, такие как аэрирование, озонирование, обработка импульсным электрическим разрядом, использование фильтрующих загрузок [2]. Обзор традиционных методов водоподготовки показал, что они не всегда эффективны для регионов, гидрогеологические условия которых способствуют образованию коллоидных соединений железа с размером от 30 до 500 нм [1]. Реагентные и электрохимические методы более эффективны для улучшения качества вод, содержащих коллоидные соединения железа в концентрациях, превышающих ПДК, но сложны в реализации, особенно в сельской местности. Использование реагентных методов [3] осложнено многими причинами, но основная из них – участие в каждом конкретном случае специальных реагентов, их регенерация или утилизация. Для повышения эффективности очистки подземных вод, содержащих примеси в коллоидном состоянии, необходим поиск способов снижения устойчивости коллоидных растворов, которые можно реализовать в технологиях водоподготовки.

Целью данной работы является изучение сорбционных методов разделения коллоидных соединений железа для очистки природных вод.

Объекты исследований – природные и модельные коллоидные растворы железа. Для приготовления модельного раствора, содержащего ионы железа (III), кремния и органические вещества гумусового происхождения в мольном соотношении 1:7:2, использовали методику, описанную в работе [3]. Содержание органических веществ анализировали по измерению общего органического углерода – ТОС (Total Organic Carbon). В процессе адсорбции в качестве сорбента использовали активированный уголь (РАС) производства фирмы Norit, масса навески составляла 12,5 мг на 250 мл раствора.

Экспериментально было установлено, что кремний и железо практически не сорбируются, а концентрация органических веществ снижается в 3 раза согласно зависимости, приведенной на рисунке 1.

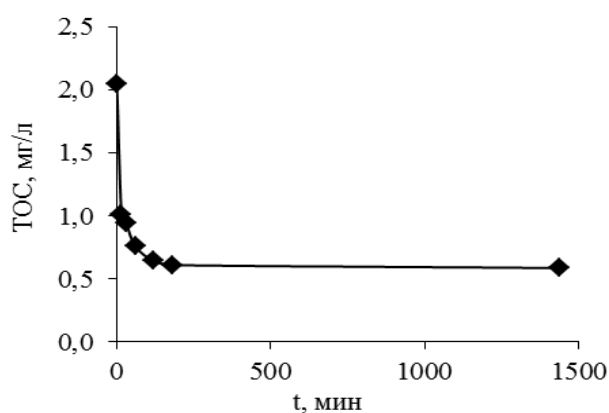


Рис. 1. Зависимость содержания органических веществ (ТОС) от времени адсорбции

Определено время адсорбции, которое составило 3 часа. В процессе адсорбции концентрация железа и кремния не изменялась в исходных растворах и составляла для железа 6,73 мг/л и для кремния 25,61 мг/л, а концентрация органических веществ изменялась от 1,2 до 30,1 мг/л. В результате была построена изотерма адсорбции согласно модели Ленгмюра, рисунок 2.

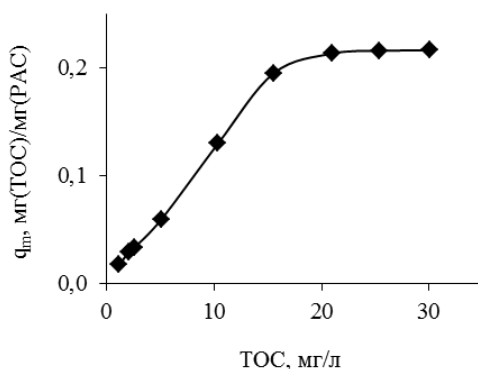


Рис. 2. Изотерма адсорбции модельного раствора на активированном угле Norit SA UF.

Значение максимальной сорбционной емкости активированного угля по отношению к органическим веществам составило $q_m=0,25$ мг/мг.

Таким образом, в результате удаления органических веществ из модельного раствора с помощью процесса адсорбции на активированном угле, будет происходить деструкция коллоидных соединений железа с последующим образованием осадка в виде $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

Работа выполнена в рамках ГЗ «Наука» 7.1326.2014.

Список литературы

1. Мачехина, К. И. Изучение процессов ультра- и нанофильтрации коллоидных растворов железа [Текст] / К. И. Мачехина, Л. Н. Шиян, Е. А. Тропина, А. Клупфель // Известия ТПУ. – 2011. – № 3. – С.27–30. – Библиогр.: с. 30.
2. Мачехина, К. И. Процесс очистки подземных вод от коллоидных соединений железа и его аппаратурное оформление [Текст] : автореф. дис. ... канд. техн. наук / К. И. Мачехина. – Томск, 2013. – 20 с.
3. Мачехина, К. И. Процесс очистки подземных вод от коллоидных соединений железа и его аппаратурное оформление [Текст] : дис. ... канд. техн. наук / К. И. Мачехина. – Томск, 2013. – 121 с.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ТЕОРЕТИКО-ИНФОРМАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В РЕШЕНИИ ЗАДАЧИ «СТРУКТУРА-СВОЙСТВО» БРОМИРОВАННЫХ ИМИДОВ ЦИКЛИЧЕСКИХ ДИКАРБОНОВЫХ КИСЛОТ

Салахов М.С.

главный научный сотрудник Института Полимерных Материалов НАН
Азербайджана, доктор химических наук,
Азербайджан, г. Сумгайыт

Гречкина О.Т.

научный сотрудник
Института Полимерных Материалов НАН Азербайджана,
Азербайджан, г. Сумгайыт

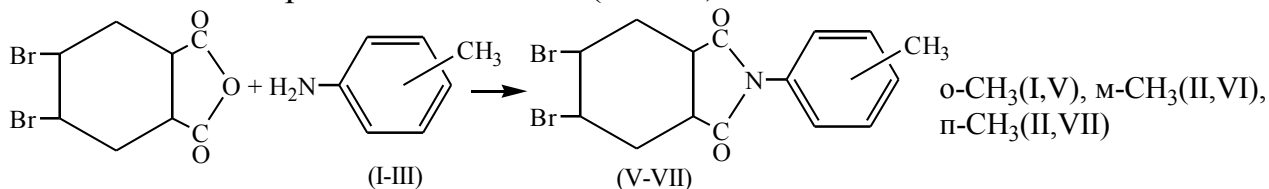
Багманов Б.Т.

заведующий лабораторией Института Полимерных Материалов НАН
Азербайджана, доктор философии по химии,
Азербайджан, г. Сумгайыт

В статье описаны результаты исследования корреляционной зависимости между структурой, описываемой с помощью модифицированных теоретико-информационных индексов и свойствами N-(о-, м-, п-метилфенил) и N-(о-, м-, п-метоксифенил)- имида транс-4,5-дибром-цис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты

Ключевые слова: модифицированные теоретико-информационные индексы, структура, свойство, бромированные имида циклических дикарбоновых кислот, корреляционный анализ.

Наше систематическое изучение [1, 4] реакций бромирования и окисления N-арилимидов циклогексен и норборнендикарбоновых кислот показало, что независимо от различных конформаций циклов и конфигурации имидного фрагмента (эндо- или экзо-), а также от электронной природы и положения заместителей в фенильном кольце (о-, м-, п-), обеспечивается стабильное образование стереоизомерных эндо-экзо-цис-, экзо-экзо-цис-, эндо- и экзо-транс- дигидрокси-, экзо-экзо- и экзо-эндо-эпокси-, а также эндо- и экзо-транс-дибромпроизводных, причем лактонизация и перегруппировки при этом не наблюдаются. С целью корреляции указанных конфигурационных и структурных особенностей с топологическими индексами (ТИ) нами впервые описаны результаты исследования корреляционной зависимости между структурой, описываемой с помощью модифицированных теоретико-информационных индексов [5, 6] и свойствами N-(о-, м-, п-метилфенил)- (V-VII) и N-(о-, м-, п-метоксифенил)-имидов транс-4,5-дибром-цис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты (VIII-X).



Ранее нами рассчитаны модифицированные теоретико-информационные индексы информационного содержания графа относительно окрестности k -го порядка в расчете на одну вершину (IC_k'), полного информационного содержания (TIC_k'), структурного информационного содержания (SIC_k') и комплементарного информационного содержания (CIC_k') для о-, м- и п- метил анилинов (I-III) [7], используемых при синтезе соединений (V-VII). В работе [7] показано, что для (I-III) являющихся о-, м-, п- изомерами соответствующих соединений, значения теоретико-информационных индексов IC_k' , TIC_k' , SIC_k' , и CIC_k' нулевого и первого порядков соответственно равны, из чего следует вывод от неспособности индексов указанных порядков участвовать в установлении корреляционных зависимостей «структура-свойство» для этих соединений. Мы получили следующую закономерность для индексов второго порядка соединений (I-III): значения IC_2' , TIC_2' и SIC_2' при изменении положения заместителя увеличиваются следующим образом: п- < о- < м-. Наименьшее значения указанных индексов именно в п- положении заместителя является следствием симметричности графа, описывающего структуру соединения в этом положении [3], так же наибольшее значение указанных индексов именно в м- положении бензольного кольца анилина соответствует наименьшей электронной плотности, и как следствие, затруднению процесса замещения атома водорода в этом положении [2]. Установлено существование линейных корреляционных зависимостей между модифицированными теоретико-информационными индексами второго порядка и $T_{пл}$ и $T_{кпп}$ для (I-III). Так же как и для (I-III), мы получили следующую закономерность для индексов второго порядка соединений (V-VII): значения IC_2' , TIC_2'

и SIC_2' (таблица 1) при изменении положения заместителя увеличиваются в ряду: п- < о- < м-.

Таблица 1

Значения $T_{пл}$, $T_{кип}$, $E_{1/2}$, R_f и модифицированных теоретико-информационных индексов IC_2' , TIC_2' , SIC_2' и CIC_2' для (IV-VII)

№	$T_{пл}$	$T_{кип}$	$E_{1/2}$	R_f	IC_0'	TIC_0'	SIC_0'	CIC_0'	IC_1'	TIC_1'	SIC_1'	CIC_1'	IC_2'	TIC_2'	SIC_2'	CIC_2'
IV	165	533	0,335	0,69	0,0426	1,5339	0,0085	4,9574	0,0819	2,9503	0,0164	4,9180	0,0929	3,3466	0,0186	4,9070
V	177	537	0,355	0,67	0,0415	1,4952	0,0081	5,0878	0,0748	2,6942	0,0146	5,0545	0,0982	3,4371	0,0192	5,03117
VI	112	557	0,335	0,76	0,0415	1,4952	0,0081	5,0878	0,0748	2,6942	0,0146	5,0545	0,0999	3,4975	0,0195	5,0294
VII	160	556	0,340	0,61	0,0415	1,4952	0,0081	5,0878	0,0748	2,6942	0,0146	5,0545	0,0965	3,3767	0,0189	5,0328

Выявлено, что между индексом CIC_2' и значением $T_{пл}$ для (V-VII) существует линейная зависимость (рис.1). Как видно из рис.1, точка, соответствующая N-(фенил) имидау транс-4,5-дибром-цис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты (IV), не участвует в полученной зависимости, что является закономерным, т.к. данное соединение не содержит метильную группу в фенильном кольце, и тем самым структурно отличается от о-, м-, п- изомеров N-(метилфенил) имидау транс-4,5-дибром-цис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты (V-VII). Модифицированные теоретико-информационные индексы IC_2' , TIC_2' , SIC_2' и CIC_2' и значения $T_{кип}$, так же как и значения потенциалов полувольт восстановления $E_{1/2}$ соединений (V-VII) не образуют линейной зависимости.

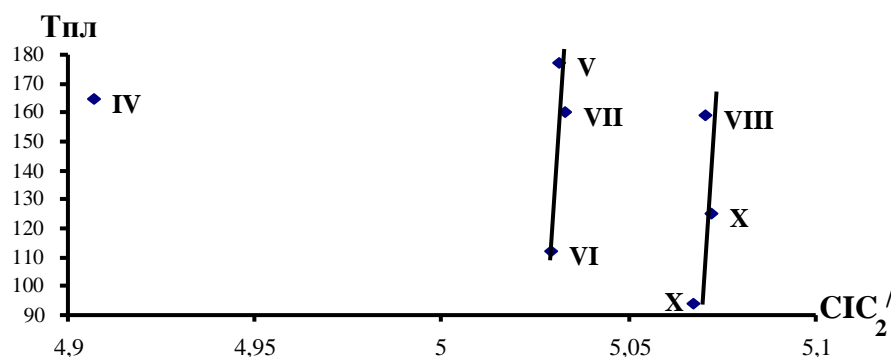


Рис. 1. Корреляционная зависимость $f(CIC_2')$ - $T_{пл}$ для (IV-VII) и (VIII-X)

Как показано на рис.2, значение R_f для IV так же отклоняется от зависимости $f(IC_2')$ - R_f , существующей для (V-VII).

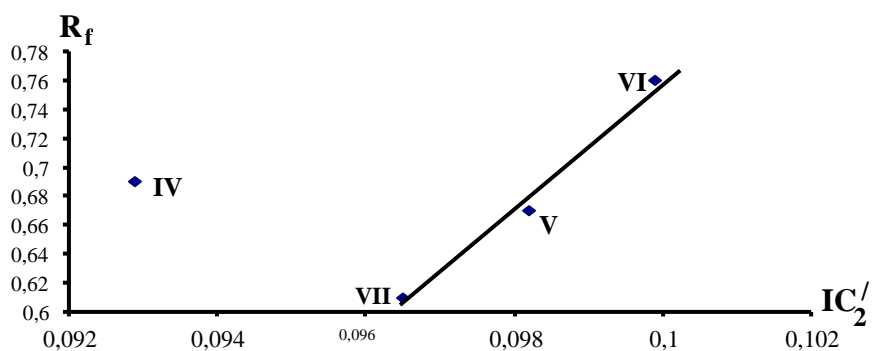


Рис. 2. Корреляционная зависимость $f(IC_2')$ - R_f для (IV-VII)

Индексы TIC_2' , CIC_2' и SIC_2' соединений (V-VII) образуют корреляционные зависимости $f(ТИ)$ - R_f (1-3), в которых, по указанной выше причине, не участвует соединение (IV).

$$R_f = 1,2417 \cdot TIC_2' - 3,5879 \quad R^2=0,9868 \quad (1)$$

$$R_f = 250 \cdot SIC_2' - 4,12 \quad R^2=0,9868 \quad (2)$$

$$R_f = -44,214 \cdot CIC_2' + 223,12 \quad R^2=0,9917 \quad (3)$$

Модифицированные теоретико-информационные индексы позволяют установить связь между структурой соединений (I, II, III), являющихся исходными для получения N-(о-, м-, п-метилфенил) имидами транс-4,5-дибромцис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты (V-VII) и самими имидами. Графическая интерпретация между соответствующими значениями индекса IC_2' соединений (V,VI,VII)- (I,II,III) показана на рис.3. Уравнения (4-6) описывают подобные зависимости, полученные для индексов TIC_2' , CIC_2' и SIC_2' . Как следует из рис.3 и значений величин аппроксимации R^2 уравнений (4-6), полученные соотношения являются строгими линейными зависимостями.

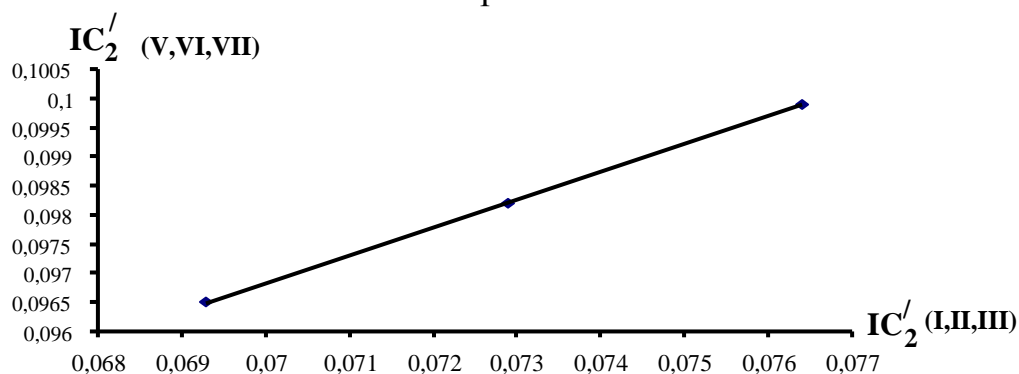


Рис. 3. Корреляционная зависимость между индексом IC_2' соединений (V,VI,VII)- (I,II,III)

$$TIC_2'(V,VI,VII) = TIC_2'(I,II,III) + 2,1983 \quad R^2 = 1 \quad (4)$$

$$SIC_2'(V,VI,VII) = 0,333 \cdot SIC_2'(I,II,III) + 0,0133 \quad R^2 = 1 \quad (5)$$

$$CIC_2'(V,VI,VII) = 0,4857 \cdot CIC_2'(I,II,III) + 3,0812 \quad R^2 = 0,999 \quad (6)$$

Нами так же рассчитаны модифицированные теоретико-информационные индексы IC_k' , TIC_k' , SIC_k' , и SIC_k' нулевого, первого и второго порядков для – (о- м -, п – метоксифенил) имидов транс-4,5-дибром-цис-1,2-циклогексан дикарбоновой кислоты (VIII-X). Индексы IC_k' , TIC_k' , SIC_k' , и SIC_k' нулевого и первого порядков для (VIII-X) соответственно равны. Значения соответствующих индексов второго порядка показаны в табл. 2.

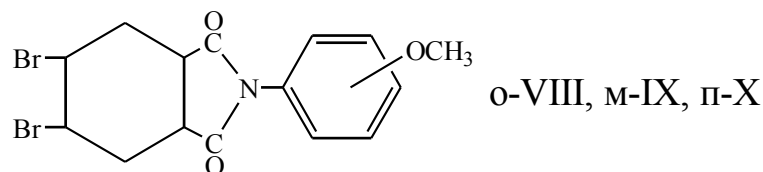


Таблица 2

Значения $T_{пл}$, $E_{1/2}$, R_f и модифицированных теоретико-информационных индексов IC_2' , TIC_2' , SIC_2' и SIC_2' для (VIII-X)

№	$T_{пл}$	$E_{1/2}$	R_f	IC_2'	TIC_2'	SIC_2'	SIC_2'
VII I	159	0,325	0,76	0,0995	3,5819	0,0193	5,07043
IX	94	0,325	0,63	0,1029	3,7032	0,0199	5,06712
X	125	0,370	0,64	0,0978	3,5215	0,0189	5,0721

Так же как и для (I-III) и (V-VII) мы получили следующую закономерность для индексов второго порядка соединений (VIII-X) – значения IC_2' , TIC_2' и SIC_2' (таблица 2) при изменении положения заместителя увеличиваются в ряду: п- < о- < м-. Индекс SIC_2' и значение $T_{пл}$ для (VIII-X) образуют линейную зависимость, подобную существующей зависимости для (V-VII) (рис. 1). Как нами показано ранее [7], и о-, м- и п- метиланилины, и – метоксианилины также образуют зависимости $f(SIC_2')$ – $T_{пл}$ (рис. 4).

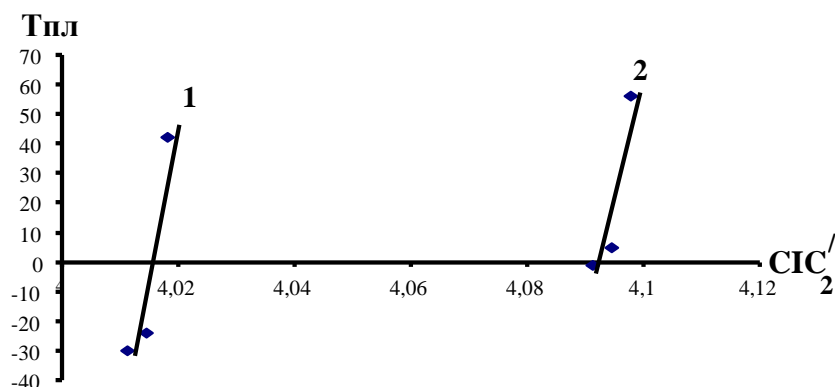


Рис. 4. Корреляционная зависимость $f(SIC_2')$ - $T_{пл}$ для и о-, м- и п- метиланилинов (ряд 1) и –метоксианилинов (ряд 2)

Результатом проведенных исследований являются следующие факты:

1. Изменение структурных графов о-, м-, п- замещенных фенилимидов циклогексендикарбоновых кислот отражается в линейной зависимости между $T_{IC_2'}$, $T_{IC_2'}$ и $T_{IC_2'}$ и $T_{пл}$ и $T_{кип}$, а незамещенный аналог не подчиняется данной закономерности.

2. Модифицированные теоретико-информационные индексы IC_2' , TIC_2' , SIC_2' и SIC_2' и значения R_f , так же как и значения потенциалов полуволн восстановления $E_{1/2}$ соединений (VIII-X) не образуют линейных зависимостей.

3. Модифицированные теоретико-информационные индексы позволяют устанавливать корреляционную зависимость между исходными ароматическими аминами и полученными на их основе имидами и их бромпроизводными.

Список литературы

1. Багманов Б.Т. Квантовохимический метод визуализации пространственной структуры норборненов // Химические проблемы. Баку – 2010. – №2. – С.163-174.

2. Кривенько А.П., Астахова Л.Н. Реакции электорфильного замещения в аренах. – Саратов: Научная книга. – 2008. – 54 с.

3. Рувре Д. Химические приложения топологии и теории графов // Под. ред. Кинга Р. – М.: Мир, 1987. – С.259-284.

4. Салахов М.С., Багманов Б.Т., Набиев Н.С., Гречкина О.Т., Аббасов З.Т. Корреляционный анализ топологических и квантовохимических расчетов и стереохимия норборненов // Материалы II Межд. конференции «Актуальные проблемы биохимических наук». г. Гянджа. 25-27 ноября. – 2011. – С.150-153.

5. Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т., Аббасов З.Т. Модифицированные теоретико-информационные индексы в установлении зависимости «структура-растворимость» фуллерена C_{60} в ароматических растворителях // Молодой ученый. – 2014. – №12(71). – С.351-356.

6. Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т., Аббасов З.Т. Модифицированные теоретико-информационные индексы органических молекул в решении задачи «структура-свойство» // Материалы научной конференции «Актуальные проблемы современной биологии и химии, г. Гянджа. 12-13 мая. – 2014. – С.175-179.

7. Салахов М.С., Гречкина О.Т., Багманов Б.Т. Влияние заместителей и структурных факторов на зависимость «структура-свойство» анилина и его производных. Доклады Академии Наук Азербайджана, принято в печать.

ВЛИЯНИЕ НТФ НА ФОРМИРОВАНИЕ ЗАЩИТНЫХ АНТИКОРРОЗИОННЫХ ОКСИДНО-ФОСФАТНЫХ И ФОСФАТНЫХ ПЛЕНОК НА ЖЕЛЕЗЕ

Стацюк В.Н.

заведующий лабораторией электрохимического ситнеза и коррозии
Института органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
д-р хим. наук, профессор,
Казахстан, г. Алматы

Фогель Л.А.

старший научный сотрудник Института органического катализа
и электрохимии им. Д.В. Сокольского, канд. хим. наук,
Казахстан, г. Алматы

Малахов В.А.

младший научный сотрудник Института органического катализа
и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
Казахстан, г. Алматы

Султанбек Уларбек

ведущий инженер Института органического катализа
и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
Казахстан, г. Алматы

В статье рассмотрено влияние нитрилотриметиленфосфоновой кислоты (НТФ) на формирование оксидно-фосфатных и фосфатных покрытий на железных (Ст.3) образцах. Показано, что присутствие в растворах фосфатирования НТФ приводит к изменению структуры пленок и способствует росту их защитных антикоррозионных свойств.

Ключевые слова: фосфатирование, оксидно-фосфатные покрытия, нитрилотриметиленфосфоновая кислота, поверхностная структура.

Процессы нанесения антикоррозионных защитных покрытий, к которым следует отнести оксидные, оксидно-фосфатные соединения находят широкое применение в различных отраслях промышленности для решения многочисленных технических задач, что обусловлено уникальными функциональными свойствами этих покрытий [1, с. 12]. В последнее время значительно повысились требования к качеству антикоррозионных покрытий и технологиям их нанесения, включая экономический и экологический аспекты. Приоритетными направлениями совершенствования процессов нанесения антикоррозионных покрытий являются улучшение защитных и других функциональных свойств, снижение концентрации растворов, температуры и времени обработки, снижение экологической опасности процессов [2, 3].

С целью регулирования антикоррозионной способности оксидно-фосфатных пленок, шламообразования и других характеристик в исследуе-

мый раствор вводятся потенциальные лиганды в виде органических и неорганических соединений. Особый интерес в этой связи представляет использование органических фосфорсодержащих соединений – комплексонов, таких как комплексоны нитрилотриметиленфосфоновой кислоты (НТФ) [4, с. 32].

Осаждение защитных оксидно-фосфатных пленок проводили из растворов, содержащих: H_3PO_4 (2,5) г/л; $Ca(NO_3)_2$ (15) г/л при температуре $90^{\circ}C$ в течение 40-60 мин. При этих условиях получают коррозионно-устойчивые пленки на железной подложке (Ст. 3). Для определения защитных свойств оксидно-фосфатных пленок использовали капельный метод. Метод заключается в том, что на заданный участок поверхности при температуре $20-25^{\circ}C$ наносят одну каплю контрольного раствора. Время от момента нанесения капли и до изменения её цвета от голубой до темно-коричневой служит характеристикой стойкости пленки [5, с. 164].

Для выяснения влияния НТФ на изменение антикоррозионных свойств исследуемых оксидно-фосфатных пленок получена зависимость изменения времени действия капельной пробы от концентрации НТФ на железной подложке (рисунок 1). Согласно рисунку 1 антикоррозионные свойства полученных пленок зависят от концентрации НТФ. Так в интервале концентраций НТФ от $1,9 \cdot 10^{-4}$ до $7,9 \cdot 10^{-4} M$ защитные свойства пленок практически не изменяются. По достижению концентрации НТФ $10^{-3} M$ время реагирования капельной пробы резко возрастает и достигает ~ 20 мин., что может быть следствием усиления антикоррозионных свойств. Однако дальнейшее увеличение концентрации НТФ до $4 \cdot 10^{-3} M$ приводит к снижению антикоррозионных свойств полученных пленок.

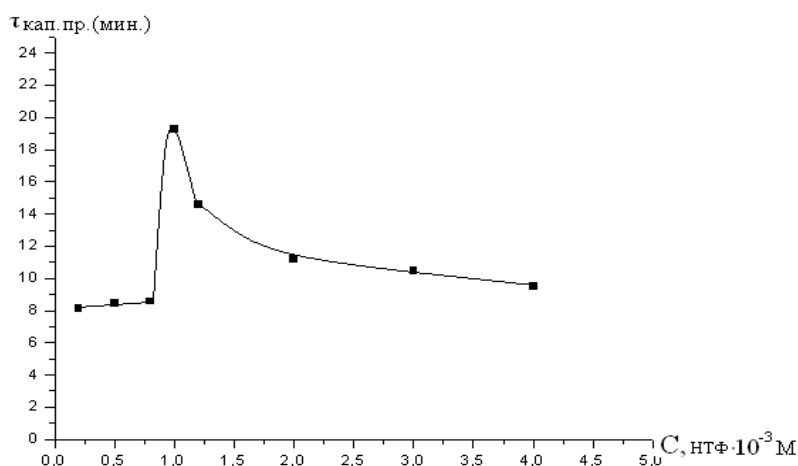


Рис. 1. Изменение времени действия капельной пробы от концентрации НТФ в оксидно-фосфатных растворах на железной подложке

С целью определения оптимальных условий получения оксидно-фосфатных пленок на железных (Ст.3) образцах в присутствии НТФ было исследовано влияние времени экспонирования и температуры на защитные свойства получаемых оксидно-фосфатных покрытий (рис. 2).

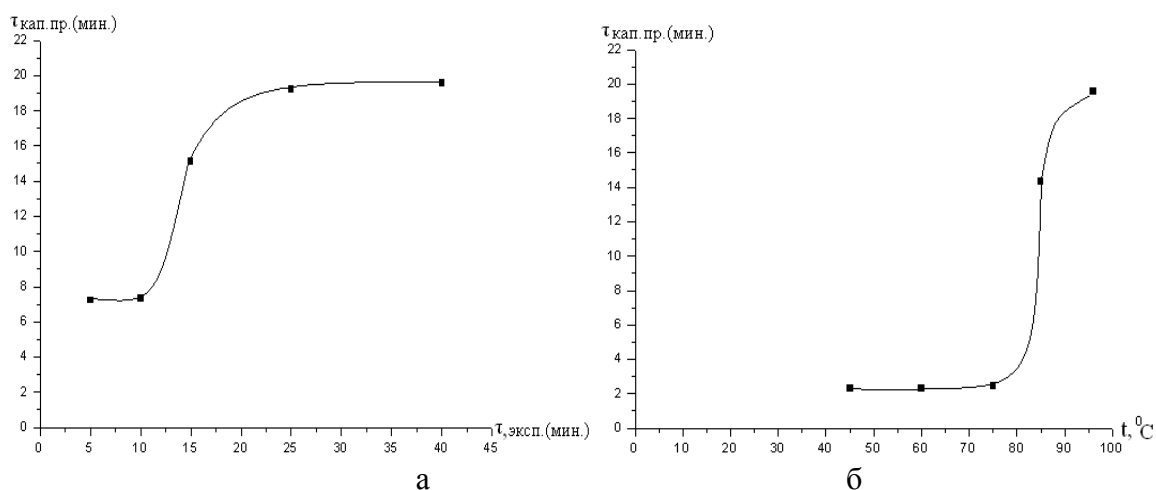


Рис. 2. Влияние времени экспонирования (а) и температуры (б) на защитные свойства оксидно-фосфатных пленок

Согласно рис. 2а защитные свойства полученного покрытия на железном образце резко усиливаются с ростом времени экспонирования, достигая постоянного значения при экспонировании 15-20 мин. Приведенные характеристики стойкости полученной пленки заметно превосходят аналогичные характеристики пленки, полученной из раствора, не содержащего НТФ. Однако следует отметить, что наличие в растворе НТФ практически не приводит к снижению температурного режима формирования оксидно-фосфатной пленки (рис. 2 б). Оксидно-фосфатные пленки с высокими защитными свойствами получают при температуре 80-90⁰С.

С целью снижения энергоемкости проведено исследование влияния НТФ на процессы холодного фосфатирования железа (Ст.3) в растворах: ZnO 15- 20г/л + Н₃РO₄ 80-100 г/л + NaNO₂ 2 г/л и в присутствии 0,01 г/л НТФ. Осаждение фосфатных пленок проводили при температуре 30 С, время экспонирования 40 мин. Установлено, что наличие НТФ в исследуемом растворе приводит к увеличению защитных свойств фосфатных пленок. Время изменения цвета капли меняется с 10 до 20 минут. При этом существенным образом меняется структура поверхности фосфатной пленки. На рисунке 3 приведены микрофотографии железных образцов после фосфатирования без добавок НТФ и в присутствии НТФ, полученные на растровом электронном микроскопе JSM 6610LV фирмы “JOEL” (Япония).

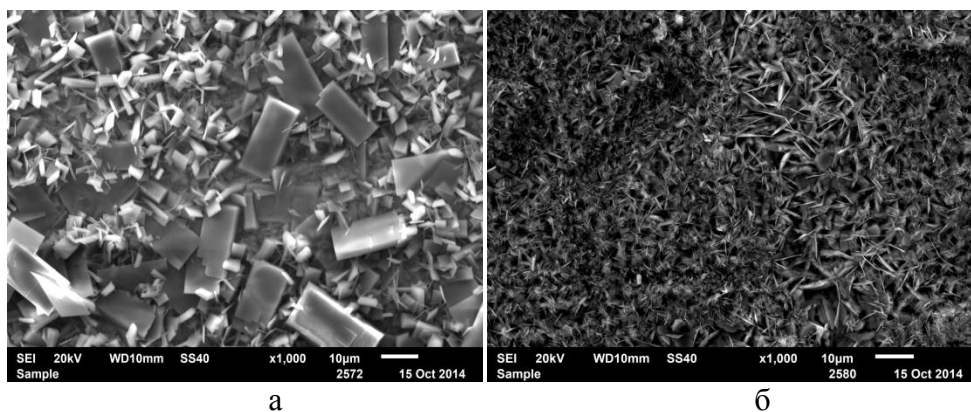


Рис. 3. Микрофотографии фосфатных пленок, полученных на железных образцах, без НТФ (а) и в присутствии НТФ (б)

Согласно рис. 3 наличие НТФ способствует формированию мелкозернистой однородной поверхности (рис. 3 б).

Исходя из полученных экспериментальных данных, следует, что наблюдаемое усиление антикоррозионных свойств оксидно-фосфатных и фосфатных пленок на железных образцах может быть связано с образованием трудно растворимых соединений. Известно, что железо (III) образует с НТФ устойчивые нерастворимые комплексы. С увеличением соотношения концентраций ионы металла/лиганд в кислых растворах увеличивается тенденция к формированию малорастворимых соединений. Наблюдаемые изменения антикоррозионных свойств пленок, образующихся на поверхности железной подложки, во многом определяется как природой лиганда, соотношением концентраций ион металла/лиганд на поверхности образца, так и изменением рН раствора в процессе фосфатирования.

Список литературы

1. Беленький М.А., Иванов А.Ф. Электроосаждение металлических покрытий. – Москва: Металлургия, 1985. – 288 с.
2. Абрашов А. А., Григорян Н. С., Ваграмян Т.А., Акимова Е.Ф. Совершенствование растворов кристаллического фосфатирования. // Гальванотехника и обработка поверхности. -2010. – Т. 18, № 3. – С.48-52.
3. Абрашов А. А., Григорян Н. С., Ваграмян Т.А., Папилов Р.В., Стяжкина М.И. Низкотемпературные растворы кристаллического фосфатирования // Гальванотехника и обработка поверхности. – 2013. – Т.21, № 4. – С.40-45.
4. Дятлова Н.М., Темкина В.Я., Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. Москва: Химия, 1988. 544 с.
5. Евдокимов В.Д., Клименко Л.П., Евдокимова А.Н. Технология упрочения машиностроительных материалов. Одесса-Николаев: НГГУ, 2005. 352 с.

ЭЛЕКТРОДНЫЕ РЕАКЦИИ ЖЕЛЕЗНОГО ЭЛЕКТРОДА В РАСТВОРАХ, СОДЕРЖАЩИХ НИТРИЛОТРИМЕТИЛЕНФОСФОНОВУЮ КИСЛОТУ И ЛИГНОСУЛЬФОНАТ НАТРИЯ

Стацюк В.Н.

заведующий лаборатории электрохимического синтеза и коррозии
Института органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
д-р. хим. наук, профессор,
Казахстан, г. Алматы

Фогель Л.А.

с.н.с лаборатории электрохимического синтеза и коррозии Института органиче-
ского катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского, канд. хим. наук,
Казахстан, г. Алматы

Айт Сауык

вед. инженер лаборатории электрохимического синтеза и коррозии Ин-
ститута органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
Казахстан, г. Алматы

Султанбек Уларбек

вед. инженер лаборатории электрохимического синтеза и коррозии Ин-
ститута органического катализа и электрохимии им. Д.В. Сокольского,
Казахстан, г. Алматы

Проведены исследования катодных и анодных электрохимических реакций на желе-
зном электроде в присутствии ингибиторных композиций на основе нитрилотримети-
ленфосфоновой кислоты (НТФ) [1] и полимерного поверхностно – активного вещества –
лигносульфоната натрия [2,3]. Впервые проведен анализ реакционной способности исход-
ных компонентов и их композиций по их влиянию на коррозионные процессы на желе-
зном электроде.

Ключевые слова: ингибитор, комплексонаты, ингибиторные композиции, коррозия,
циклические вольтамперные кривые, поляризация, электрод.

Появление отложений солей и коррозии вызывает серьезные изменения
на процесс эксплуатации теплоэнергетического оборудования. Как следствие
этого уменьшается долговечность оборудования, сокращается межремонт-
ный период, резко увеличиваются затраты на приобретение топлива и расход
воды, осуществляется необратимое воздействие на окружающую среду. Все
упомянутое выше, обусловило поиск новых ингибиторных композиций,
обеспечивающих экономическую, экологическую эффективность и целесо-
образность их применения. Фосфорсодержащие соединения являются эффек-
тивными ингибиторами коррозии и солеотложения [1,4-6].

Используемые в настоящее время ингибиторы на основе фосфорсодержащих соединений хотя и обладают высокой антикоррозионной активностью, но их роль в предотвращении образования солейотложения выражена недостаточно, особенно в тех случаях, когда в состав отложения входят не только карбонаты, но и сульфаты кальция и бария. В связи с этим, были проведены исследования электрохимической активности отдельных компонентов входящих в состав ингибиторных композиций на основе НТФ и лигносульфонатанатрия, обладающих высокоэффективными защитными свойствами и препятствующих образованию нерастворимых солевых отложений.

Экспериментальная часть: Электрохимическое исследование проводили на потенциостате Autolab (Нидерланды), в герметичной трехэлектродной ячейке при 25°C . Рабочим электродом служил железный электрод (Армко) с видимой поверхностью $0,03\text{см}^2$. Вспомогательным электродом был платиновый электрод с видимой поверхностью 2см^2 . В качестве электрода сравнения использовали хлорсеребряный электрод (Ag/AgCl , нас. KCl), потенциал которого составляет 196 мВ относительно водородного электрода. Перед снятием циклических вольтамперных кривых поверхность рабочего электрода обновляли наждачной бумагой MIRKA2000, промывали дистиллированной водой, затем полировали на бумажном фильтре (синяя лента) и окончательно промывали дистиллированной водой.

Дисковый электрод из железа (Армко), находящийся в растворе $0,3\text{ M Na}_2\text{SO}_4$ сначала поляризовали при потенциале $-0,7\text{ В}$, а затем снимали вольтамперную кривую от $-0,7$ до $-0,5\text{ В}$, что обеспечивало очистку электрода от продуктов коррозии и других адсорбированных веществ.

Растворы готовили с использованием свежеперегнанной воды. Фоновым электролитом служил раствор $0,3\text{ M Na}_2\text{SO}_4$ (соль Na_2SO_4 "х.ч.,). Лигносульфонат натрия (пр-во ALDRICH, Германия) имел квалификацию «х.ч.».

Для исследования влияния лигносульфоната натрия на электрохимическую активность железного электрода в растворе $0,3\text{ M Na}_2\text{SO}_4$ получены циклические вольтамперные кривые в области потенциалов от $-0,4$ до $-1,2\text{ В}$ (рис. 1).

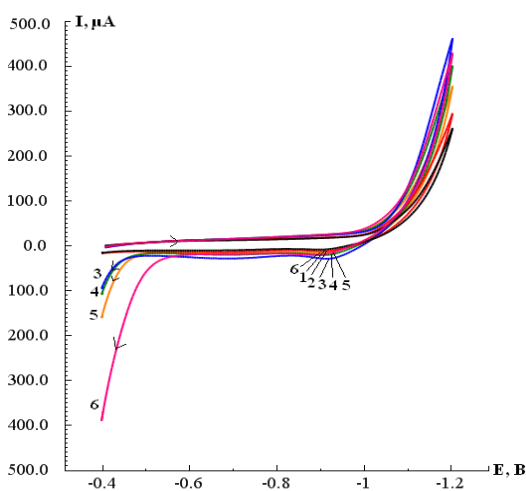


Рис. 1. Циклические вольтамперные кривые на железном электроде (Ст.3) при разных концентрациях лигносульфоната натрия ($\text{pH}=5,7$), Электролит: $0,3\text{ MNa}_2\text{SO}_4$ ($\text{pH}=5,7$); $E_{\text{H}}=-0,4\text{ В}$, $E_{\text{K}}=-1,2\text{ В}$; концентрация лигносульфоната натрия (M): 1-0; 2- $3,98 \cdot 10^{-4}$; 3- $1,38 \cdot 10^{-3}$; 4- $3,29 \cdot 10^{-3}$; 5- $1,02 \cdot 10^{-2}$; 6- $2,39 \cdot 10^{-2}$

Из рисунка 2 следует, что при снятии вольтамперных кривых в интервале потенциалов от -0,4 В до -1,2 В на катодных кривых практически не наблюдается изменение тока, однако при изменении направления развертки потенциала от -1,2 до -0,4 В при потенциалах близких к -0,4В наблюдается появление анодного тока, которое может быть вызвано ионизацией железного электрода или окислением катодных продуктов восстановления лигносульфоната натрия на железном электроде. Следует отметить, что с увеличением концентрации величина анодного тока заметно увеличивается (рис. 1, кривые 5,6). На анодных вольтамперных кривых (рис. 1, кривые 1-6) в области потенциалов -0,8 ÷ 1,0 В также наблюдается появление небольших максимумов тока, величина которых увеличивается с ростом концентрации лигносульфоната натрия.

Для установления влияния НТФ на электрохимическую активность железного электрода в растворе 0,3 М Na₂SO₄ получены циклические вольтамперные кривые в области потенциалов от -0,4 до -1,2 В (рис. 2).

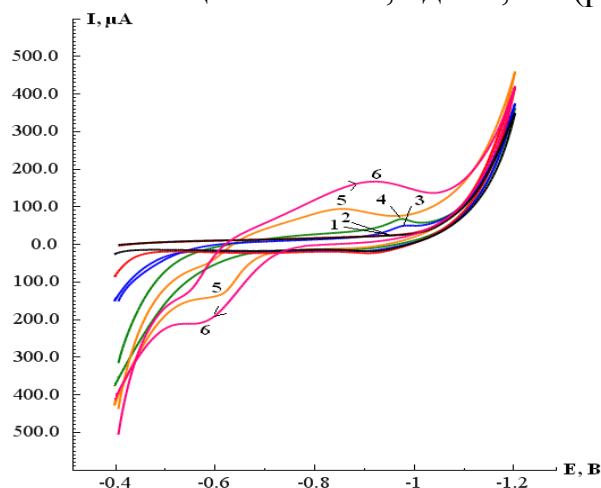


Рис. 2. Циклические вольтамперные кривые на железном электроде (Ст.3) при разных концентрациях НТФ (рН=5,7), Электролит: 0,3 М Na₂SO₄ (рН=5,7); E_н=-0,4 В, E_к=-1,2 В; концентрация НТФ(М): 1-0; 2-3,98·10⁻⁴; 3- 1,38·10⁻³; 4- 3,29·10⁻³; 5- 1,02·10⁻²; 6- 2,39·10⁻²

Согласно рисунку 2 в исследуемом растворе в присутствии НТФ, концентрацию которого изменяли от 4·10⁻⁴ до 2,4·10⁻²М, на вольтамперных кривых наблюдается появление катодных и анодных волн (кривые 1-6). Наибольший интерес представляют анодные кривые, которые наблюдаются в области потенциалов от -0,5 до -0,7 В, как при снятии вольтамперных кривых от потенциала -0,4 В до -1,2 В, так и на обратном ходе вольтамперных кривых от -1,2 до -0,4 В. Величина предельного тока этих волн увеличивается с ростом концентрации НТФ. Поскольку эти волны проявляются в анодной области, то можно предположить, что появление этих волн вызвано ионизацией железного электрода, в результате протекания реакции комплексообразования ионов железа с НТФ. Из литературных данных [7 -9] известно, что НТФ образует устойчивые комплексы с ионами железа (II) и (III). Появление положительных катодных волн на циклических вольтамперных кривых в исследуемом растворе, обусловлено электровосстановлением продуктов, образующихся

при ионизации железного электрода. Нельзя исключить, что такими продуктами могут быть комплексы железа с НТФ, электровосстановление которых может протекать в рассматриваемой области потенциалов.

Кинетические параметры коррозионных процессов на железном электроде в исследуемых растворах в присутствии НТФ и лигносульфоната натрия определяли исходя из экспериментальных вольтамперных кривых, из которых были получены полулогарифмические зависимости $\lg I - E$ (рис. 3).

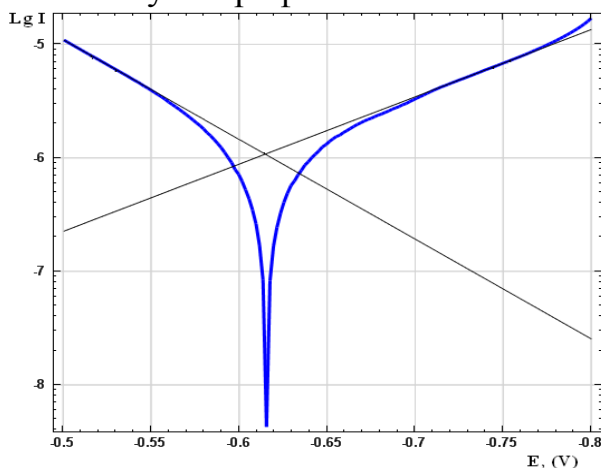


Рис. 3. Тафелевская зависимость для железного электрода в растворе 0,3М Na_2SO_4 , (pH=5,7)

Из зависимости $\lg I - E$ определены значения тафелевских наклонов $b_a = 113$ мВ и $b_k = 168$ мВ, а также глубина коррозионного проникновения 0,024 мм/год, плотность коррозионного тока – $8,5 \mu\text{Acm}^{-2}$, величина поляризационного сопротивления 27,4 ком, потенциал коррозии -0,615 мВ.

Аналогичные тафелевские зависимости были получены для железного электрода в растворе 0,3 М $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 1,02 \cdot 10^{-2}$ М НТФ (рис. 4).

Из рисунка 4 следует, что в присутствии НТФ в исследуемом растворе величина коррозионного потенциала смещается в область более отрицательных значений и составляет -0,726 В, глубина коррозионного проникновения увеличивается до 0,6 мм/год. Искажения, наблюдаемые на рисунке 4 при определении наклонов b_a и b_k , могут быть вызваны протеканием анодной и катодной электрохимических реакций железа в присутствии НТФ в исследуемой области потенциалов, согласно циклическим вольтамперным кривым, представленным на рис. 2.

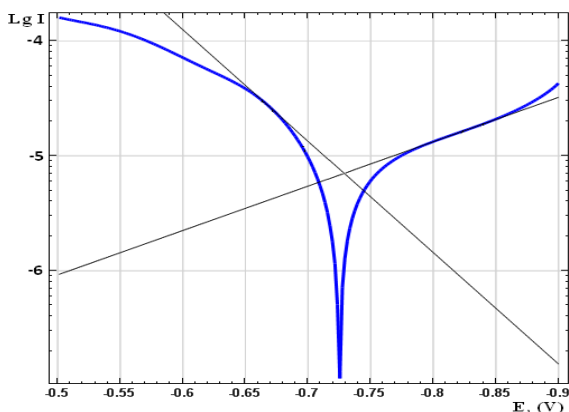


Рис. 4. Тафелевская зависимость для железного электрода в растворе 0,3М $\text{Na}_2\text{SO}_4 + 1,02 \cdot 10^{-2}$ М НТФ (pH=5,7)

Для выяснения влияния лигносульфоната натрия на коррозионные процессы железа (Армко) была получена зависимость $\lg I - E$ для разных концентраций лигносульфоната натрия в 0,3 М Na_2SO_4 (рис. 5).

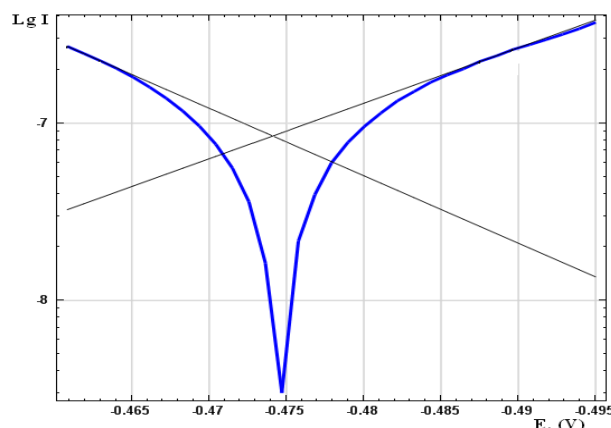


Рис. 5. Тафельская для железного электрода в растворе 0,3М Na_2SO_4 + $2,39 \cdot 10^{-2}$ М лигносульфонат натрия (рН=5,7)

Из полученных экспериментальных данных следует, что в отличие от НТФ в присутствии лигносульфоната натрия наблюдается уменьшение скорости коррозии от 0,6 до 0,03 мм/год; $b_a = 26,3$ мВ; $b_k = 31,9$ мВ.

Таким образом, методом снятия поляризационных кривых определены кинетические параметры коррозионных процессов, протекающих на железном электроде в растворах 0,3М Na_2SO_4 в присутствии НТФ и лигносульфоната натрия, которые приведены в таблице.

Таблица

Кинетические параметры коррозионных процессов на железном электроде в исследуемых растворах

Кинетические параметры	0,3М Na_2SO_4	0,3М Na_2SO_4 + лигносульфонат натрия	0,3М Na_2SO_4 + НТФ
b_a (мВ)	113,8	26,3	103,1
b_k (мВ)	118,7	31,9	258,9
$E_{\text{корр.рас.}}$	-614,8	-474,1	-728,8
$E_{\text{корр.экс.}}$	-615,6	-474	-725,0
$i_{\text{корр.}}$ [А/см ²]	$8,58 \cdot 10^{-6}$	$2,7 \cdot 10^{-6}$	56,2
Г.К.П., (мм/год)	0,099	0,031	0,65
Поляризационное сопротивление	27,4	73,7	4,54

Сопоставляя полученные зависимости $\lg I - E$ в растворе 0,3 М Na_2SO_4 (рисунок 3) в присутствии лигносульфоната натрия (рисунок 5) и комплексона НТФ (рисунок 4), а также кинетические параметры коррозионных процессов исследуемых растворов (таблица 1), можно сделать вывод, что полимерное поверхностно-активное вещество – лигносульфонат натрия ингибирует коррозионные процессы на железном электроде, тогда как НТФ, приводит к их усилению.

Список литературы

1. Дятлова Н.М., Тёмкина В.Я. Попов К.И. Комплексоны и комплексонаты металлов. – М: Химия, 1988. – 539 с.
2. Сарканен К.Х., Людвиг Г.В. Лигнины (структура, свойства и реакции). – М.: Наука, 1975. – 632 с.
3. Бровко О.С., Паламарчук И.А., Макаревич Н.А., Бойцова Т.А. Полимолекулярные характеристики лигносульфонатов натрия, хитозана и полиэтиленполиамина // Химия растительного сырья. – 2009.- №1.- С. 29–36.
4. Бондарь Ю.Ф., Маклакова В.П., Гронцит Р.К. Применение фосфорорганических соединений для борьбы с накипеобразованием в оборотных системах охлаждения // Теплоэнергетика. – 1976. – № 1. – С.70-73.
5. Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Айт С., Иманбаева А.Б. Электродные реакции на латунном и медном электродах в растворах ингибиторов коррозии на основе фосфоновых кислот // Материалы Международного российско-казахского семинара «Проблемы современной электрохимии и коррозии металлов». – Тамбов, 2013. – С. 2325-2329.
6. Стацюк В.Н., Фогель Л.А., Ахмет О., Тилепберген Ж.Ж. Электродные реакции латунного электрода в растворах НТФ и ОЭДФ // Известия НАН РК (сер. хим.). – 2012. – № 3. – С.54-59.
7. Лурье Ю.Ю. Справочник химика. – М.: Химия, 1979. – С. 94.
8. Коттон Ф., Уилкинсон Дж. Современная неорганическая химия. – М.: Мир, 1969. – 592 с.
9. Perrin D.D. Stability Constants of Metal-Ion Complexes. Part B. Organic Ligands N.Y. Oxford: Pergamon Press, 1979. – 807 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ РЕГЕНЕРАЦИИ ТЕМРОАСШИРЕННЫХ ГРАФИТОВ ПОСЛЕ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТИ

Темирханов Б.А.

доцент кафедры химии Ингушского государственного университета,
канд. хим. наук,
Россия, г. Назрань

Темердашев З.А.

профессор кафедры аналитической химии
Кубанского государственного университета, д-р. хим. наук, профессор,
Россия, г. Краснодар

Изучены различные методы регенерации нефтяного сорбента. Проведены термоаналитические исследования терморасширенных графитов (ТРГ). Проанализированы процессы, происходящие при термической обработке этих сорбентов в атмосфере воздуха в неизотермических условиях. Проведены исследования по степени десорбции сорбента. Показано, что методом механического отжима удалось извлечь для полезного использования до 90 % собранной с поверхности воды нефти. Также исследованы циклы регенерации отработанного сорбента. Показано, что при механическом отжиме разрушается структура ТРГ и его кратность применения составляет 2-3 раза с последующей утилизацией отработанного сорбента. Изучена возможность применения химического метода регенерации с дальнейшей обработкой отработанного сорбента растворителем. В качестве растворителя для регенерации использован обычный бензин. В этом случае удалось не только

извлечь поглощенную нефть из сорбента до 98 %, но и увеличить кратность его применения в десятки раз, с учетом снижения сорбционной емкости.

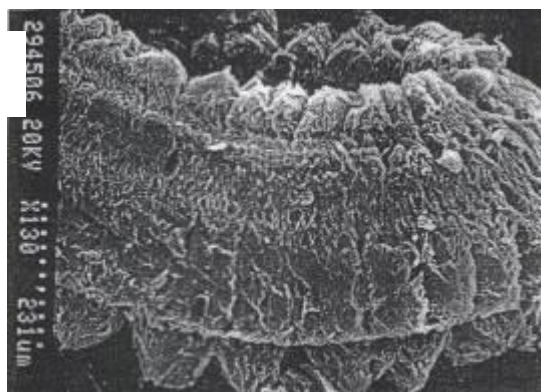
Ключевые слова: сорбент, нефть, регенерация, термостойкость.

Введение

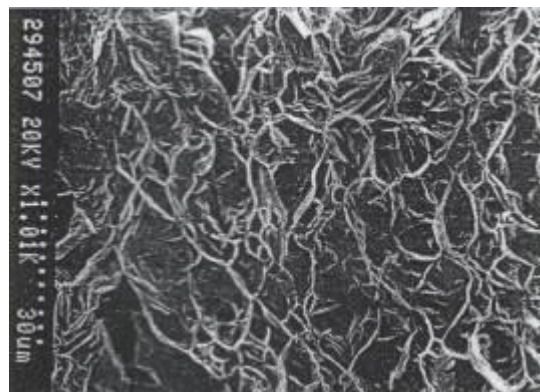
В качестве объекта исследования выбран углеродный материал терморасширенный графит (ТРГ).

Исследуемый нами углеродный материал на основе терморасширенного графита (ТРГ) – пористый низкоплотный углеродный материал, синтезируемый на основе природного графита, он на протяжении ряда лет используется в технике, и на его основе изготавливают антифрикционные, огнезащитные прокладочные изделия и многое другое.

Когда мы пишем карандашом, то на бумаге остаются слои графита, которые можно получить очень быстрым нагреванием (термоудар) соединений внедрения в графит (СВГ) различной природы. В массовом промышленном производстве используются соединения внедрения с серной и азотной кислотами. После термоудара образуется продукт, состоящий из червеобразных частиц углерода, так называемый своеобразный «черный снег» рис.1.



а) Увеличение 130



б) Увеличение 1010

По данным электронной микроскопии

Рис. 1. Внешний вид сорбента ТРГ

Исследуемый ТРГ представляет собой червеобразные искривленные гранулы рис. 1 (а). Тонкие листочки графита $\sim 0,1$ мкм образуют сложную открытую ячеистую микроструктуру с размерами пор 1-20 мкм. В сечении поры имеют полигональную изометрическую или слабоудлиненную форму рис. 1 (б) [2].

Материалы и методы исследования

Целью работы является исследование возможности регенерации ТРГ после ликвидации разлива нефти с поверхности воды.

Проведенные нами ранее исследования показали [5], что сорбционная емкость исследуемых материалов зависит не только от объема пор самого материала, но и от вязкости нефти и длительности его контакта. Результаты сорбционной емкости ТРГ по нефти сведены в таблице.

Полная сорбционная емкость ТРГ при различной вязкости нефти. Свойства ТРГ

Наименование сорбента	Вязкость используемой нефти, Сст.		Полная сорбционная емкость, г/г	
	нефть 1	нефть 2	нефть 1	нефть 2
СТРГ	3,27	186,5	41,08	49,5

Как показывают табличные данные, используемые нефти отличаются между собой большой вязкостью. Большая разница в вязкости не влияет на быстро протекающий процесс заполнения объемных пор. По времени, процесс полного поглощения нефти протекает в основном до 120 мин.

Важными показателями эффективности использования сорбента являются степень десорбции нефти, характеризующая возврат нефти в производственный цикл и возможность многократного его использования.

Регенерацию сорбентов условно можно проводить химическим, термическим или механическим методом.

В проведенных исследованиях [4] была проведена регенерация отработанных сорбентов методом механического отжима.

В этом случае удалось извлечь для полезного использования до 90 % нефти из ТРГ. Отжим сорбентов производился на машине для испытания на сжатие МС –500. Были изучены характеристики сорбентов с поглощенной нефтью, определены параметры сжатия сорбентов для выделения поглощенной нефти. Диапазон измерения нагрузки был от 20 до 200 кН. Скорость отжима составила 1,3 кН/с. Нагружение машины производилось до 10 кН.

Необходимо отметить тот факт, что структура ТРГ разрушается при механическом воздействии. Извлекая собранную с водной поверхности нефть таким методом установлено его двух – трехкратное применение.

Механические методы являются более дешевыми, но при их использовании разрушается структура сорбента и соответственно его сорбционная емкость.

После каждого механического отжима, с целью его полной очистки сорбент с остатками нефти подвергался термообработке при 500 °С, в атмосфере воздуха.

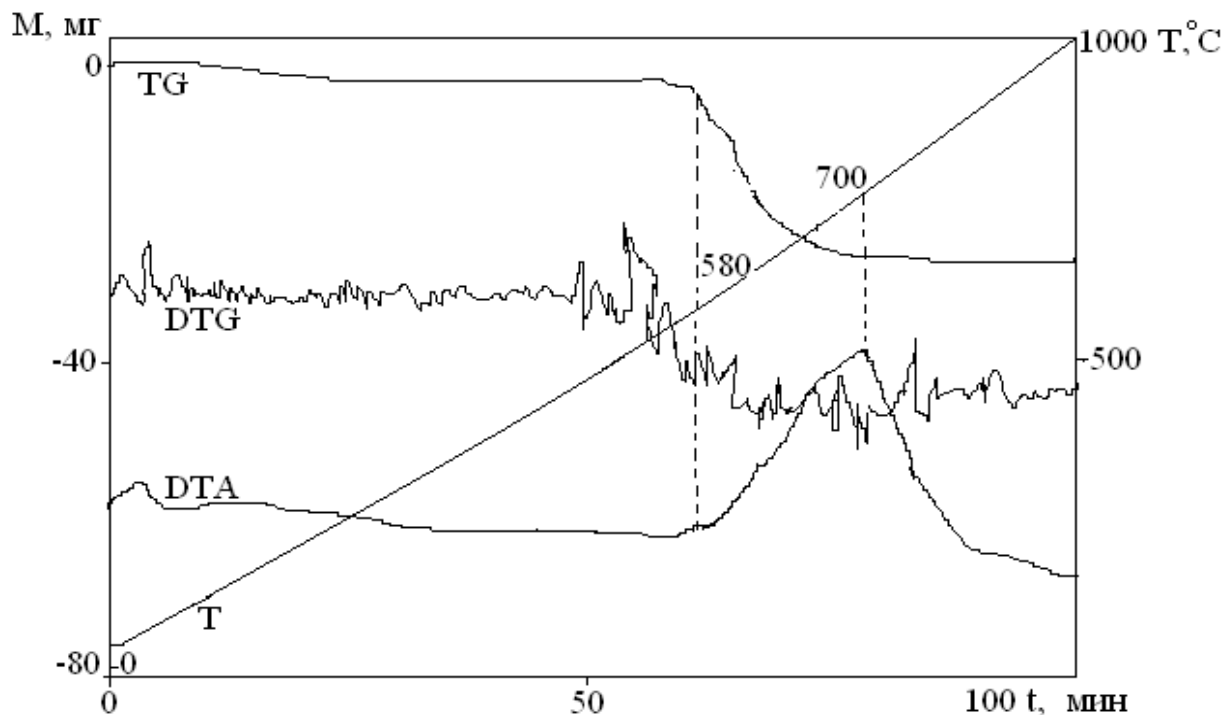
Остатки нефти, остающиеся после отжима сорбентов ТРГ, количественно выгорают при температурах выше 500°С, однако при этом надо учитывать тот факт, что применяемые сорбенты под действием температуры окисляются и частично выгорают.

Для регистрации и оценки изменений, происходящих под действием температуры, были проведены исследования теплового воздействия на исследуемый сорбент методом термического анализа.

Термический анализ сорбентов проводили на микропроцессорном дериватографе «С» фирмы МОМ (Венгрия) при температуре 20–1000 °С и скорости нагрева 10 град/мин. Веществом сравнения являлся прокаленный оксид

алюминия. Выбор режимов записи дериватограмм определялся с учетом методики [1].

Полученные термограммы сорбента ТРГ (рис. 2) позволяют судить о том, что в диапазоне от 0 до 550°C сорбент сохраняет полную устойчивость, масса сорбента стабильна. Интенсивное окисление и выгорание ТРГ за счет кислорода воздуха начинается от 580°C, что отражено на кривой ДТА в виде сложного растянутого экзоэффекта, вплоть до 700°C. При дальнейшем нагреве кривая потери веса продолжает плавно убывать.



T – температура нагрева образца; DTA- дифференциально-термическая кривая;
TG – изменение массы; DTG – скорость изменения массы.
Рис. 2. Дериватограмма сорбента ТРГ в атмосфере воздуха

Температура до начала окисления ТРГ в атмосфере воздуха, используемая для очистки ТРГ от остатков нефти не решает вопрос полной его очистки.

Полностью очистить сорбент методом нагрева его до 500 °C не удастся, так как часть нефти после обжига остается в виде кокса.

Таким образом, было установлено, что в случае применения метода механического отжима кратность использования ТРГ составляет 2 или 3 цикла.

Извлечь поглощенную нефть и нефтепродукты из ТРГ, не разрушая его структуру, можно с применением различных растворителей, таких как гексан, четыреххлористый углерод и др. Указанные растворители дорогостоящи, в связи, с чем, нами проведена регенерация смешиванием отработанного сорбента с бензином.

В этом случае возврат нефти составил 95-98% при этом кратность его применения выросла в десятки раз [5].

Как показано на графической кривой рис. 3 сорбционная емкость по нефти сорбента ТРГ после многократной регенерации снижается от 50 до 30 г/г.

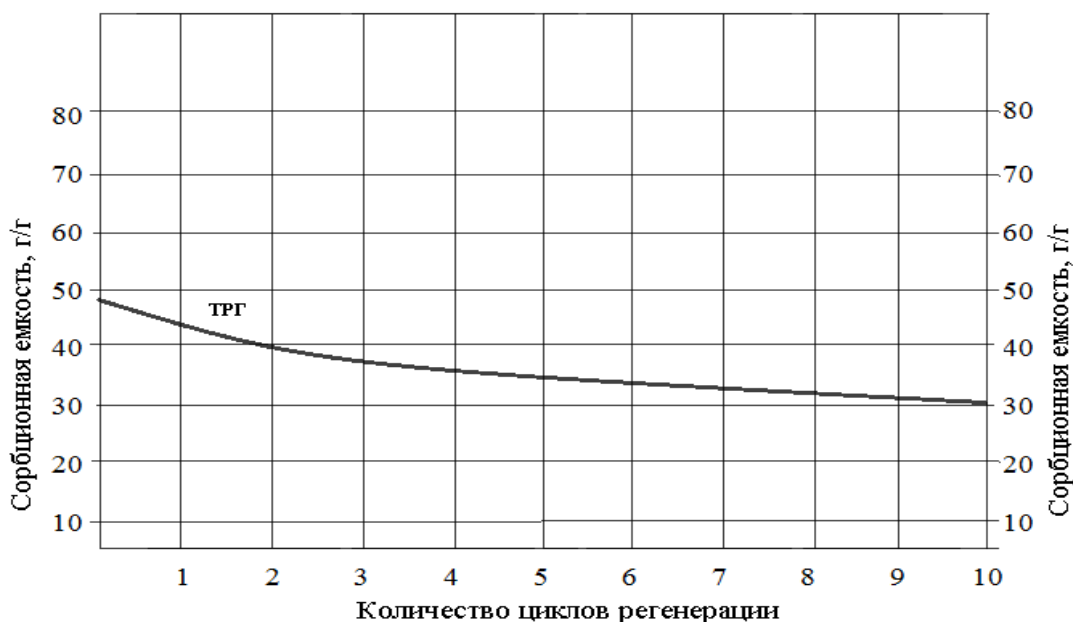


Рис. 3. Зависимость сорбционной емкости сорбента ТРГ от кратности его использования

В данном случае результаты получены на основе 10-кратной регенерации.

Как видно из рис. 3 сорбционная емкость после каждого цикла снижается плавно, в основном от 2 до 3 г/г, что позволяет нам использовать его десятки и более раз.

Не зависимо от цикла регенерации выход нефти каждый раз составлял 95-98%.

Выводы

Из проведенных исследований по регенерации отработанного сорбента можно сделать вывод о том, что сорбенты ТРГ можно использовать повторно и более с учетом снижения их сорбционной емкости.

При механическом отжиме ТРГ зафиксирован выход нефти в количестве 90 %. Вторичная регенерация методом механического отжима позволила вернуть до 70% нефти. При использовании для регенерации изучаемых ТРГ методов механического отжима установлено его двух кратное применение.

Сравнительный анализ методов регенерации ТРГ показал, что наиболее эффективным является химическая регенерация, с помощью которой удалось сохранить механические свойства ТРГ.

В случае применения химических методов нами предложено использовать обычный бензин (в данных исследованиях использован бензин марки АИ-76). В этом случае кратность применения выросла в десятки раз, а выход нефти в каждом цикле регенерации составлял 95-98 %.

Работа выполнена при финансовой поддержке в виде гранта Ингушского государственного университета «Синтез сорбентов из отходов растительного сырья и их применение для реабилитации почвенных и водных экосистем загрязненных нефтью».

Список литературы

1. Дериwатограф системы «Паулик-Паулик-Эрдей». Теоретические основы. Будапешт: Венгерский оптический завод. 1974.
2. Петров Н.Н. Газохроматографическое определение органических микропримесей в воздушных средах с использованием низкоплотных углеродистых материалов: Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата химических наук. Краснодар. 2004.
3. Темирханов Б.А., Темердашев З.А., Елецкий Б.Д., Шпигун О.А. Исследование возможности регенерации и повторного использования некоторых сорбентов для сбора нефти // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. № 5. С. 19-21.
4. Темирханов Б.А., Султыгова З.Х., Саламов А.Х., Арчакова Р.Д. Исследование углеродных материалов для реабилитации водных экосистем загрязненных нефтью. // «Вода: химия и экология». № 7. 2013 г. С. 113.

СИНТЕЗ СОРБЕНТОВ ИЗ ОТХОДОВ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ С ЦЕЛЬЮ ОЧИСТКИ СТОЧНЫХ ВОД ОТ НЕФТИ

Темирханов Б.А.

доцент кафедры химии Ингушского государственного университета,
канд. хим. наук,
Россия, г. Назрань

Султыгова З.Х.

проректор по научной работе, зав. каф. химии
Ингушского государственного университета, д-р хим. наук, профессор,
Россия, г. Назрань

Ужахова Л.Я.

доцент кафедры химии Ингушского государственного университета,
Россия, г. Назрань

Удаление нефти и нефтепродуктов из сточных вод осуществляется сорбцией скорлупы грецкого ореха и кукурузными початками (карбонизованных в среде воздуха при 300-500 °С в различных режимах времени). Обработку сточных вод предлагаемыми сорбентами осуществляют при 0-100 °С. Степень очистки воды от нефти достигает 95-99 %, установленная современными физико-химическими методами, в частности ИК-спектрофотометрическим методом.

Ключевые слова: сорбция, уголь, нефть, вода, экология.

Введение

Одной из приоритетных современных задач по очистке сточных вод, загрязненных нефтепродуктами, является поиск высокоэффективных сорбентов, используемых для этих целей.

В настоящее время для очистки стоков наиболее часто применяются установки, использующие в качестве сорбционной загрузки различные сорбенты и активированные угли.

Большое распространение получила очистка воды от нефтепродуктов путем фильтрования через неподвижный слой сорбента [1, 5].

В отечественной практике для адсорбционного извлечения нефтепродуктов используют главным образом пять марок, изготавливаемых промышленностью углей: АГ-3, АГ-5, КАД-йодный, БАУ, ДАК. Наиболее эффективным адсорбентом является уголь марки БАУ [2, 6].

Такие характеристики дают возможность эффективного использования БАУ для очистки вод от широкого спектра примесей (от мелких, соизмеримых с молекулами йода, до молекул жиров, масел, нефтепродуктов, хлорорганических соединений и др.) при высоком ресурсе работы.

Экспериментальная часть

Из литературных данных [3] известно, что карбонизованные органические вещества обладают многими свойствами, присущими активированным углям.

Научно-практическая работа ведется в два основных этапа: получение сорбента и его применение для очистки сточной воды от нефти.

На первом этапе – эта задачи синтеза сорбента из кукурузных початков и скорлупы грецкого ореха.

Синтез осуществляли в режиме температуры 400 и 500 °С в интервале времени 30 и 60 минут.

Сорбционная емкость сорбентов зависит не только от объема пор, но и от содержания углерода в карбонизованных материалах, длительности контакта и температуры.

Режимы получения сорбентов и содержание в них углерода показаны в табл. 1.

Таблица 1

Режимы получения сорбента и содержание углерода

Наименование сырья	№ пробы	Температура карбонизации, °С	Время карбонизации, мин	Содержание углерода, %	Зольность, %
Кукурузные початки	1	400	30	90	8,5
	2	500	60	95,5	3,2
Скорлупа грецкого ореха	3	400	30	96	3,5
	4	500	60	98	1,5

Для проведения исследования были выбраны сорбенты под № 2 и 4, как сорбенты с наибольшим содержанием углерода.

Для удобства в дальнейшем сорбент из скорлупы грецкого ореха отмечаем как ГО и сорбент из кукурузных початок КП.

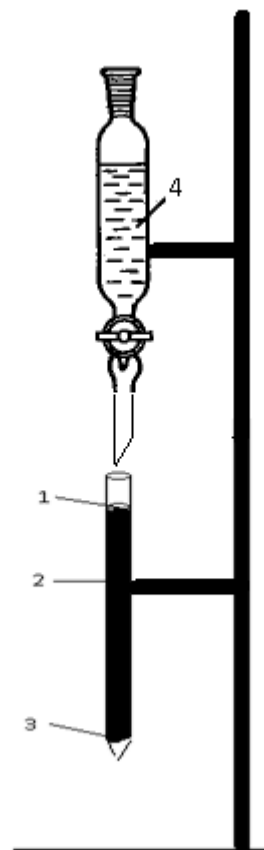
С целью определения возможности очистки сточных вод от нефти и нефтепродуктов с помощью сорбентов изучены их сорбционные характеристики в динамических условиях путем фильтрации очищаемого раствора через неподвижный слой адсорбента. Для этого достаточно собрать установку, показанную на рис. 1, в хроматографическую колонку насыпать полученный сорбент и пропустить через него загрязненную воду.

При определении характеристик сорбции в динамических условиях нами учитывались скорость пропускания воды и исходная концентрация нефти.

Исходную концентрацию нефти в воде определяли гравиметрическим методом [4].

Концентрацию нефти в очищенной воде определяли на ИК-спектрофотометре SPECORD M 80 (Карл Цейсс, Германия) по методике [4], основанной на выделении нефтепродуктов из воды экстракцией их четыреххлористым углеродом, хроматографическом отделении нефтепродуктов от соединений других классов в колонке, заполненной окисью алюминия, и количественном их определении по интенсивности поглощения С-Н связей метильных и метиленовых (-CH₃ и -CH₂-) групп в ближней инфракрасной области спектра (3100-2700 см⁻¹).

Рис. 1. Установка для фильтрования загрязненной воды через неподвижный слой сорбента: 1,3 – прокладки из стекловолокна, 2- сорбент, 4-загрязненная вода



Исследования эффективности сорбентов оценивались для воды, загрязненной нефтью с концентрацией 10,8 мг/л.

Предварительно были проведены исследования по оценке степени очистки вод в зависимости от скорости пропускания через слой неподвижного сорбента 6 и 15 мл/мин (выбрана объемная скорость пропускания воды).

Колонку высотой 50 см наполняли сорбентом на 20 см, дисперсию (500 мл) подавали сверху, и она самотеком проходила через слой сорбента.

Очищенную воду собирали в сборник порциями по 250 мл, остаточное содержание нефти определяли вышеуказанным методом [4].

При концентрации нефти в воде 10,8 мг/л и при объеме пропущенного раствора 500 мл, раствор пропускали со скоростью фильтрации 6 мл/мин.

Отбирались две пробы по 250 мл и определялась их концентрация. Полученные данные по очистке воды загрязненной нефтью с концентрацией 10,8 мг/л и скоростью фильтрования 6 мл/мин, сведены в табл. 2.

Таблица 2

Очистка воды сорбентами (исходная концентрация нефти 10,8 мг/л скорость фильтрации 6 мл/мин)

Виды сорбентов	Концентрация, мг/л			
	1 проба	Степень очистки, %	2 проба	Степень очистки, %
Активированный уголь БАУ	0,03	99,73	0,03	99,73
Активированный уголь ДАК	0,04	99,63	0,03	99,73
КП	0,1	92	0,1	92
ГО	0,03	99,73	0,03	99,73

В этих условиях степень очистки воды сорбентом ГО и активированными углями марки БАУ и ДАК достигает 99,9%; концентрация нефти в воде на выходе из колонки ниже ПДК для вод рыбохозяйственного назначения, т.е. менее 0,05 мг/л. В данном случае при указанных параметрах наиболее эффективно применение активированных углей и сорбентов из скорлупы грецкого ореха (ГО).

Второй стадией было определение влияния скорости пропускания загрязненной воды на степень ее очистки. Для этого раствор пропускали через слой сорбента со скоростью 15 мл/мин при той же концентрации 10,8 мг/л. Полученные данные сведены в табл. 3.

Таблица 3

Очистка воды сорбентами (исходная концентрация нефти 10,8 мг/л, скорость фильтрации 15 мл/мин)

Виды сорбентов	Концентрация, мг/л			
	1 проба	Степень очистки %	2 проба	Степень очистки %
Активированный уголь БАУ	0,05	99,7	0,03	99,7
Активированный уголь ДАК	0,08	99,6	0,04	99,6
КП	0,14	90	0,14	90
ГО	0,03	99,7	0,03	99,7

На основе полученных данных на рис 2. показано, что при очистке загрязненной воды с концентрацией нефти 10,8 мг/л со скоростью фильтрации 15 мл/мин сорбентом ГО достигается результат ниже уровня ПДК. При использовании активированного угля марки БАУ удается очистить загрязненную воду до уровня ПДК (0,05 мг/л).

Исходная концентрация нефти в воде 10,8 мг/л

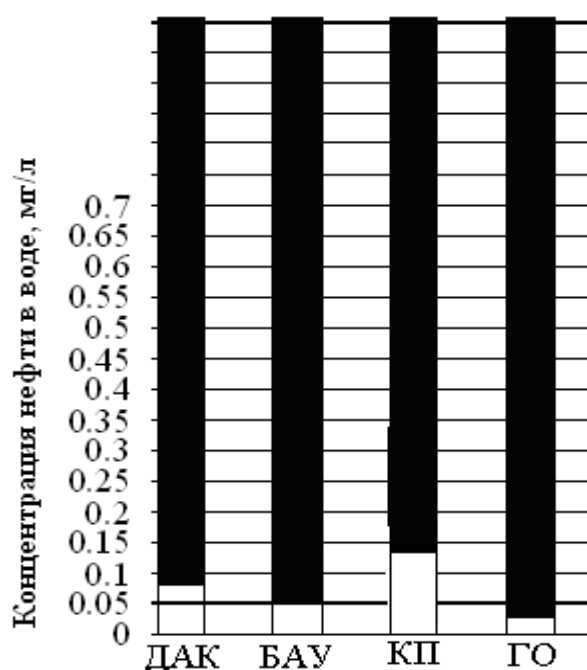


Рис. 2. Результаты очистки воды от нефти (исходная концентрация нефти в воде 10,8 мг/л, скорость фильтрации воды 15 мл/мин)

В указанных выше условиях при разных скоростях фильтрования воды, получаемые результаты удовлетворяют требованиям для сброса в водоем культурно-бытового назначения, так как концентрация нефти в очищенной воде больше 0,3 мг/л.

При очистке воды скорость фильтрации играет важную роль, так как продолжительность контакта воды с сорбентом составляет секунды, и очень важно, чтобы за это короткое время вода успела полностью очиститься от нефти.

Возможность применения фильтра с сорбентом на основе карбонизованной скорлупы грецкого ореха на завершающем этапе первой стадии очистки определяется не только относительно высоким удельным весом самого сорбента, но и содержанием углерода, а разветвленное строение диоксида кремния придает прочность и термическую устойчивость.

Работа выполнена при финансовой поддержке в виде гранта Ингушского государственного университета «Синтез сорбентов из отходов растительного сырья и их применение для реабилитации почвенных и водных экосистем загрязненных нефтью».

Список литературы

1. Карелин Я.А., Попова И.А., Евсеева Л.А. и др. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. – М.: Стройиздат, 1982. С. 129.
2. Костерин А.В., Бреус И.П., Неклюдов С.А., Бреус В.А. Защита грунтовых вод от углеводородного загрязнения путем усиления барьерных функций почвы. // Материалы Всеросс. науч. конф. Фундаментальные проблемы воды и водных ресурсов на рубеже 3-го тысячелетия. Томск. 3-7 сентября 2000г. – Томск, 2000. С. 240-243.
3. Приймак А.П., Комкина Л.Б. и др. Адсорбционно-активные материалы для промышленной экологии // Апатиты. – 1991. С. 102–103.
4. Сборник методик и инструктивных материалов по определению вредных веществ для контроля источников загрязнения окружающей среды. Краснодар. 1996. Ч. 56. С. 136–142.
5. Сергеев В.В., Якимова Н.И., Папурин Н.М. Применение углеродных сорбентов нового поколения для очистки питьевой и сточной воды (промышленной и ливневой). // Вода и экология. 1999. №1.
6. Темирханов Б.А., Темердашев З.А., Елецкий Б.Д., Шпигун О.А. Оценка эффективности использования некоторых сорбентов при очистке поверхностных вод от нефти и нефтепродуктов // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе. 2005. № 5. С. 22-23.

СЕКЦИЯ «БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ»

ВЛИЯНИЕ ГЕНА NCAPG НА ПРИЗНАКИ ЯЙЦА ДОМАШНЕЙ КУРИЦЫ

Баркова О.Ю.

старший научный сотрудник лаборатории молекулярной организации генома
Всероссийского научно-исследовательского института генетики и
разведения сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук,
Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин

Смарагдов М.Г.

заведующий лабораторией молекулярной организации генома Всероссийско-
го научно-исследовательского института генетики и разведения сельскохо-
зяйственных животных, кандидат биологических наук,
Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин

В статье исследовали ассоциацию гена NCAPG с признаками качества яйца домашней курицы. При помощи современных молекулярно-генетических методов и статистической обработке установлена достоверная связь аллелей rs14991030 в гене NCAPG с массой скорлупы, процентным соотношением массы яйца к массе скорлупы, а также с толщиной скорлупы домашней курицы.

Ключевые слова: конденсин I, ген NCAPG, домашняя курица, порода Род Айленд, качество яйца.

Идентификация генов, оказывающих влияние на проявление хозяйственно важных признаков, является одной из важнейших задач геномики сельскохозяйственных животных. Большинство таких признаков характеризуется широкой вариабельностью экспрессии генов, находящихся в определенных локусах, называемых QTL (quantitative trait loci – локусы количественных признаков) Эти локусы полиморфны и ассоциированы с вариациями фенотипических проявлений признаков, таких, как яйценоскость, вес тела и т. п. [1]. Выявленные QTLs может быть применены в MAS (marker assisted selection – маркерная селекция) для увеличения эффективности селекции [2].

В исследовании А. Волк и соавт. [3] был выявлен мажорный QTL маркированный rs14491030 на хромосоме 4, оказывающий сильное влияние на вес яйца домашней курицы. Он ассоциировал с генетической изменчивостью веса яйца до 38,5 % ($P < 0,03$). Проведенный нами анализ *in silico* показал, что SNP rs14491030 находится в гене NCAPG (не-SMC субъединице CAP-G комплекса конденсина I) в позиции 78775527 п. н.

Конденсин I и конденсин II являются субъединичными белковыми комплексами, играющими фундаментальную роль в структурной и функциональной организации хромосом. Впервые конденсин (теперь известный как конденсин I) был выявлен из экстракта яиц шпорцевой лягушки *Xenopus laevis* как основной компонент хромосомы, играющий важную роль в сборке

хромосом. Конденсин I присутствует у всех видов от дрожжей до человека [4,5]. Недавние исследования показали, что эти два комплекса многофункциональны и участвуют в регуляции экспрессии генов, рекомбинация и репарации [6,7,8].

Конденсин I и конденсин II содержат одну и ту же пару SMC2 и SMC4 субъединиц, принадлежащих к белкам структурного поддержания хромосом (SMC) большого семейства хромосомной АТФазы [9]. Также каждый комплекс имеет уникальный набор из трех не-SMC субъединиц (например, CAP-D2, CAP-G, и CAP-H для конденсина I, и CAP-D3, CAP-G2, и CAP-H2 для конденсина II). CAP-D2 и D3-CAP (и CAP-G и CAP-G2) частично гомологичны, так как имеют вырожденный мотив повторов называемый HEAT повторами. Среди трех не-SMC субъединиц, две (CAP-D2 и CAP-G) вовлечены в белок-белковые взаимодействия [10].

Для проведения данного исследования использованы куры двух линий коричнево скорлупного кросса УК Кубань 7, созданных на основе генофонда породы Род Айленд. Также в экспериментах был использован двух-линейный гибрид CD родительской формы кросса Ломан Браун. В работе использовали следующие признаки: 1. Толщина скорлупы, мкм – средняя толщина скорлупы яйца в мкм. 2. Процент скорлупы – средняя доля массы скорлупы от массы всего яйца в процентах. 3. Скорлупа, грамм – средняя масса скорлупы в граммах. 4. Пигментация, 30, 60 нед, бал. – средняя интенсивность пигментации скорлупы яиц у кур соответствующего возраста в баллах. 5. Яйценоскость, 40, 60 недельных кур – средняя яйценоскость кур в соответствующем возрасте. 6. Процент желтка – средняя масса желтка по отношению к массе яйца. 7. Желток, грамм. – средняя масса желтка в граммах 8. Масса яйца, 30, 60 нед. – средняя масса яйца у кур соответствующего возраста. 9. Индекс формы – среднее отношение длин яйца по короткой и длинной оси в выраженное в процентах 10. Упругая деформация, 30, 40 нед. – средняя деформация скорлупы яйца без нарушения ее целостности в мм под воздействием груза весом 500 грамм, снесенных курами соответствующего возраста. Из 149 образцов крови была выделена ДНК с помощью фенол-хлороформного метода. Среди них 51 образец из линии УК-72, 73 из линии УК-73 и 25 из межлинейного гибрида CD.

Дизайн аллелеспецифических праймеров для генотипирования кур по аллелям rs14491030, находящимся гене NCAPG, проводили на основании информации баз данных сети интернет (www.nlm.ncbi.nih.gov) при помощи компьютерной программы PRIMER_3 (www.genome.wi.mit.edu). Величина амплифицируемого фрагмента была задана в пределах 200-500 п.н. и температура гибридизации при 60 °С. Проверка полученных последовательностей праймеров на специфичность и отсутствие возможной внутригеномной гомологии была проведена при помощи пакета программ BLAST.

Полимеразная цепная реакция осуществлялась с аллелеспецифическими праймерами – по два альтернативных и одному универсальному праймеру для SNP2_1 и SNP3_2. Для последовательности rs 14991030 использовали два альтернативных и два универсальных праймера.

Аллелеспецифические праймеры для генотипирования кур по аллелям rs 14991030 (полиморфные сайты выделены жирными буквами):

rs 14991030 Up_A: **СТТСТТ**ССТСА**С**А**А**СТТТ**С**А**Г**ТТ**С**С**А**

Dn: GTGGTGGTCTGCTATAACACTGTCTG

rs 14991030 Up_G: **СТТСТТ**ССТСА**С**А**А**СТТТ**С**А**Г**ТТ**С**С**А****Г**

Dn: TGT**Т**Т**А**А**Г**С**Т**Т**Т**Г**А**С**Т**С**А**Т**А**Т**С**А**Г**А**С**С

Аmplification ДНК при помощи ПЦР проводили с использованием амплификатора IQ-5 (Bio-Rad, США) в следующем режиме: 95° С – 5 минут; 95° С – 1 минута ;60° С – 1 минута ;72° С – 1 минута (30 циклов);

72° С – 7 минут ;4° С – хранение.

Разделение фрагментов проводили методом электрофореза в агарозном геле. Статистическую обработку результатов осуществляли с помощью однофакторного дисперсионного анализа. В качестве критерия достоверности использовали критерий Фишера F. Вычисления осуществляли при помощи пакета компьютерной программы Statistica

Анализ *in silico* показал, что SNP rs14491030 находится в гене NCAPG (не -SMC субъединице CAP-G комплекса конденсина I) в позиции 78775527 п. н. Однонуклеотидная замена rs14991030 является заменой гуанина на аденина в экзоне гена NCAPG в результате чего, происходит смена аминокислот валина на аланин. Таким образом, эта мутация является главным претендентом на каузальную.

При проведении дисперсионного анализа данных генотипирования у генотипов AG, AA и GG SNP rs 14991030 (линия УК-72) было выявлено достоверное различие для следующих признаков: масса скорлупы в граммах и процент скорлупы (средняя доля массы скорлупы от массы всего яйца) при $P = 0,0032$ и $0,014$ соответственно (таблица 1).

У линии УК-73, порода Род Айленд достоверных различий данных для всех признаков между тремя генотипами не было получено

В таблице 2 представлены статистические данные для кросса CD. У кросса CD достоверное различие из всех признаков имел признак толщина скорлупы яйца в мкм ($P = 0,0064$), и близкий к достоверному на уровне значимости $0,09$ признак процент скорлупы (средняя доля массы скорлупы от массы всего яйца).

В Таблице 3 приведен достоверный эффект замещения аллелей rs14991030 для признаков имеющих достоверное различия между тремя генотипами кур линии УК-72. Эффект замещения аллелей наблюдается при замене аллеля G на A у признаков масса скорлупы в граммах ($P = 0,001$) и процент скорлупы ($P = 0,013$). У кросса CD эффект замещения аллелей наблюдается при замене аллеля G на A у признака толщина скорлупы в мкм ($P = 0,01$). При гомозиготизации аллеля G значения толщины скорлупы становятся больше, что свидетельствует об аддитивности эффекта замены аллелей. Пропуски в таблице 3 означают, что выборка кур недостаточна для статистического анализа. Замещение аллели G на A приводит к увеличению массы, толщины скорлупы и процента массы скорлупы по отношению к массе яйца.

При этом, достоверного отрицательного влияния на изученные признаки замена аллеля G на A не выявлено.

Таким образом, по предварительным данным rs14991030 может быть рекомендован для использования в селекции кур несушек. Выявленные мажорные QTL (локусы количественных признаков) могут быть использованы для оптимизации системы молекулярных маркеров для маркерной селекции домашней курицы и геномной селекции по хозяйственно-полезным признакам качества яйца. Для селекции по признакам качества яйца в России геномная селекция позволит добиться существенного прогресса в биотехнологии птицеводства и избежать необходимости приобретения кроссов из зарубежных стран.

Таблица 1

Ассоциация генотипов rs 14991030 с признаками, характеризующими яйцо кур линии УК-72

Признак	Генотип	N	Среднее значение ± ошибка среднего	Стандартное отклонение	P
Скорлупа, грамм	AG	43	5,73± 0,06	0,4	0,0032
	AA	7	6,1±0,0	0,0	
	GG	1	5,12±0,23	0,6	
Процент скорлупы	AG	43	8,97±0,09	0,61	0,014
	AA	7	10,0±0,0	0,0	
	GG	1	8,28±0,35	0,93	
Пигментация, 30 нед	AG	43	1,34±0,06	0,41	0,54
	AA	7	1,47±0,17	0,17	
	GG	1	1±0	0,0	
Яйценокоскость, 60 нед.	AG	43	267,45±2,6	17	0,82
	AA	1	263,5±1,9	5,1	
	GG	7	264±0	0	
Яйценокоскость, 40 нед.	AG	43	127,97±0,93	6,1	0,48
	AA	7	125±1,9	5	
	GG	1	128±0,0	0,0	
Процент желтка	AG	43	27,73± 2,8	1,85	0,81
	AA	7	28,2±0,78	2	
	GG	1	28± 0,0	0	
Желток, грамм	AG	43	17,69± 0,19	1,26	0,79
	AA	7	17,1± 0,48	1,29	
	GG	1	17,42 ± 0,0	0,0	
Масса яйца, грамм, 30 нед.	AG	43	61,6±0,3	1,92	0,19
	AA	7	60,9 ± 0,41	1,09	
	GG	1	58,6±0,0	0,0	
Масса яйца, грамм, 60 нед.	AG	43	63,8±0,47	3,8	0,17
	AA	7	61,8±0,44	1,1	
	GG	1	61±0,0	0,0	
Упругая деформация, 30 нед.	AG	43	18,54±0,8	5,2	0,12
	AA	7	22±2	5,4	
	GG	1	12±0,0	0,0	
Упругая деформация, 60 нед.	AG	41	24,5±0,7	4,42	0,29
	AA	6	28±3,3	8	
	GG	1	24±0,0	0,0	

Индекс формы, 30 нед.	AG	43	78,64±0,29	1,93	0,17
	AA	7	80±0,89	2,36	
	GG	1	77,±0,0	0,0	
Толщина скорлупы, мкм.	AG	43	361,95±4,1		0,16
	AA	7	346±17,27		
	GG	1	403±0,0	0,0	

Таблица 2

**Ассоциация генотипов rs 14991030 с признаками, характеризующими
яйцо кур кросса CD**

Признак	генотип	N	Среднее значение ± средняя ошибка	Стандартное Отклонение	P
Скорлупа, грамм	AG	20	6,4± 0,1	0,4	0,77
	AA	3	6,4±0,2	0,34	
	GG	1	6,1±0,0	0,0	
Процент скорлупы	AG	20	9,7± 0,1	0,5	0,09
	AA	3	10±0,1	0,1	
	GG	1	8,8±0,0	0,0	
Пигментация, 30нед	AG	20	1,25±0,1	0,6	0,35
	AA	3	1,±0,0	0,0	
	GG	1	2±0,0	0,0	
Яйценокоскость,60 нед.	AG	67	268±1	7,5	0,80
	AA	3	270±5	8	
	GG	3	270±3	4,7	
Яйценокоскость, 40 нед.	AG	15	171,9±1,5	5,8	0,67
	AA	2	170±6	8,5	
	GG	0	0,0	0,0	
Процент желтка	AG	18	26,6± 0,7	3	0,86
	AA	3	26±1,4	2,5	
	GG	1	25,4± 0,0	0	
Желток, грамм	AG	18	17± 0,7	3	0,91
	AA	3	16± 1	1,6	
	GG	1	17,5 ± 0,0	0,0	
Масса яйца, грамм, 30 нед.	AG	20	64,6±0,9	4	0,47
	AA	3	63,6 ± 2	3	
	GG	1	69±0,0	0,0	
Масса яйца, грамм, 60 нед.	AG	20	65,8±1	3,8	0,34
	AA	3	63±2	3,5	
	GG	1	69±0,0	0,0	
Упругая деформа- ция,30 нед.	AG	15	16,33±1,9	7,6	0,12
	AA	2	12± 0,0	0	
	GG	2	12±0,0	0,0	
Упругая деформа- ция,60 нед.	AG	19	21,3±0,7	3	0,29
	AA	3	20±0,7	8	
	GG	1	26±0,0	0,0	
Индекс формы, 30 нед.	AG	15	77,5±0,4	1,56	0,40
	AA	2	76,5±0,5	0,7	
	GG	0	0,0	0,0	
Толщина скорлупы, мкм.	AG	20	381±3	15	0,0064
	AA	3	405,6±4	7,5	
	GG	1	350±0,0	0,0	

Эффект замещения аллелей rs 14991030 у кур линии УК-72 и кросса CD

Линия	Признак	генотип	N	Среднее значение ± ошибка среднего	Стандартное отклонение	Эффект замещения аллелей для генотипов	P
УК-72	Скорлупа, грамм	AG	43	5,73 ± 0,06	0,4	AG-AA 0,37	0,001
		AA	7	6,1 ± 0,1	0,5	-	-
		GG	1	5,12		-	-
	Процент скорлупы	AG	43	8,97 ± 0,09	0,6	AG-AA 1,03	0,013
		AA	7	10,0 ± 0,1	0,7	-	-
		GG	1	8,28		-	-
CD	Толщина скорлупы, мкм	AG	20	381 ± 3,3	15	AG-AA 24,6	0,01
		AA	3	405,6 ± 4,3	7,5	-	
		GG	1	350	-	-	

Список литературы

1. Cheng, H.H. Development of a genetic map of the chicken with markers of high utility./ H.H. Cheng, I. Levin, R.L. Vallejo, H. Khatib, J.B. Dodgson, L.B. Crittenden, J. Hillel // Poultry Science. –1997 – V. 74. № 11. – P. 1855–1874.
2. Grisart, B. Positional candidate cloning of a QTL in dairy cattle: identification of a missense mutations in the bovine DGAT1 gene with major effect on milk yield and composition / B. Grisart, W. Coopetees, F. Farnir, L. Karim, K. Ford, P. Berzi, N. Cambisario, M. Mni, S. Reid, P. Simon, R. Spelman, M. Georges, R. J. R. Snell // Genome Research. –2002. – V. 12. – P. 222-231.
3. Wolc, A. Genome-wide association analysis and genetic architecture of egg weight and egg uniformity in layer chickens / A. Wolc, J Arango, P. Settar, JE. Fulton, NP. O'Sullivan, R. Preisinger, D. Habier, R. Fernando, DJ. Garrick, WG. Hill, JC. Dekkers // Anim Genet. – 2012- V.43-P. 87-96.
4. Hirano, T. Condensins, chromosome condensation protein complexes containing XCAP-C, XCAP-E and a Xenopus homolog of the Drosophila Barren protein./T. Hirano, R. Kobayashi, M. Hirano//Cell-1997- V. 89-P. 511–521.
5. Sutani, T. Fission yeast condensin complex: Essential roles of non-SMC subunits for condensation and cdc2 phosphorylation of Cut3/SMC4./T. Sutani, T. Yuasa, T. Tomonaga, N. Dohmae, K. Takio, M. Yanagida. // Genes Dev-1999- P. 13 -V. 2271–2283.
6. Hirano, T. Condensins: Organizing and segregating the genome./T.Hirano // Curr Biol-2005 –V. 15 –P. 265–275.
7. Hudson DF. Molecular and genetic analysis of condensin function in vertebrate cells / DF. Hudson, S. Ohta, T. Freisinger, F. Macisaac, L. Sennels, F. Alves, F. Lai, A. Kerr, J. Rappsilber, W. Earnshaw//Mol Biol Cell-2008-V. 19 -P. 3070–3079.
8. Wood, AJ. Condensin and cohesin complexity: The expanding repertoire of functions / AJ. Wood, AF. Severson, BJ. Meyer// Nat Rev Genet-2010- V. 11 -P. 391–404
9. Hirano, T. At the heart of the chromosome: SMC proteins in action / T. Hirano// Nat Rev Mol Cell Biol-2006- V. 7 -P. 311–322.
10. Neuwald, AF and Hirano T. HEAT repeats associated with condensins, cohesins and other chromosome-related complexes. / AF. Neuwald, T. Hirano // Genome. – 2000. – V. 10– P. 1445–1452.

ПРИКЛАДНЫЕ ГЕНОМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В SNP-ГЕНОТИПИРОВАНИИ ЖИВОТНЫХ

Белов М.В.

научный сотрудник ФГБНУ ВНИИГРЖ, кандидат ветеринарных наук,
Россия, г. Санкт-Петербург

Кудинов А.А.

научный сотрудник ФГБНУ ВНИИГРЖ,
Россия, г. Санкт-Петербург

В статье представлен краткий обзор технологии SNP-генотипирования, как современного инструмента анализа связей между генотипом и фенотипом.

Ключевые слова: SNP-генотипирование, ассоциативный анализ, геномные технологии.

Секвенирование генома человека и животных стало фундаментальным аспектом развития прикладной генетики наших дней. Возможность провести взаимосвязь между фенотипическими данными и геномом используя современные технологии будоражит умы ученых вот уже 20 лет. Возрастающая массовость проведения полногеномного секвенирования послужила поводом к организации не коммерческого проекта тысяча геномов, а создание международных проектов *HapMap* (<http://www.hapmap.org/>) и *SNP-databases* (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/SNP/>) позволило привлечь внимание ученых к возможности использования полногеномной SNP-информации для проведения геномо-фенотипических ассоциативных исследований [4].

Автоматические методы SNP генотипирования.

Популяризация методов SNP-генотипирования началась после приобретения данной технологией статуса прикладной. Возможность исследования до 500 000 SNPs в геноме человека с целью обнаружения предрасположенности и риска онкологических заболеваний, скрининг генетических расстройств, а также анализ экзота популяций позволили новым технологиям уверенно завоевать доверие у сотрудников медицинской генетики.

Достижения ДНК сиквенса и высокотехнологичных систем геномного анализа привели к открытию большого числа SNP связанных с хозяйственно полезными признаками у животных. Концепция ассоциации хозяйственно-полезных признаков с SNP-генотипом животных изложенная Мовиссенем и со авт. [3] получила наименование Геномная селекция, в последствии широко распространившаяся и используемая по всему свету.

Такой уровень спроса не мог остаться незамеченным и в максимально короткие сроки различными производителями были представлены решения для дешёвого (по сравнению с полногеномным секвенированием) и быстрого SNP-генотипирования человека и животных. Возникшая между компаниями конкуренция привела к разработке разнообразных технологий генотипирования, что и позволило удешевить SNP-генотипирование для потребителей, сделав технологию не только сугубо научной, но и коммерчески доступной.

Несмотря на широкий спектр продуктов в области SNP-генотипирования от разных производителей (Applied Biosystems, Sequenom, Beckman Counter, Illumina, Affymetrix), наиболее любимыми по сравнению с другими технологиями в мире стали технологии Illumina BeadChip.

Illumina Infinium BeadChip. На заре развития геномных технологий, компания Иллюмина была известна как лидер секвенирования, но участие компании в проекте 2004 года по внедрению в практику Геномной Селекции США открыло иные перспективы. Благодаря крупным финансовым вливаниям и сотрудничеству с государственными лабораториями USDA, был проведен обширный ресиквенс геномов 392 животных 14 молочных и мясных пород крупного рогатого скота. В результате ресиквенса было обнаружено 444792 SNPs из которых были отобраны 54000 SNPs с высокой степенью детектирования [2]. В результате проделанной работы, используя данные 54000 SNPs, был создан чип, получивший название Bovine SNP 50K BeadChip. В широкую продажу данный чип поступил в 2007 году, однако и по сегодняшний день он остается золотым стандартом генотипирования крупного рогатого скота [1].

Стоит отметить, что возможности Illumina agrigenomics включают в себя решения не только в области генотипирования крупного рогатого скота, но и овец, свиней, мышей и собак.

Технология генотипирования Illumina с использованием химии Infinium позволяет проводить прикладные исследования, направленные на детектирование уже известных SNPs в геноме животного.

Процесс генотипирования укладывается в три основных этапа: амплификация, гибридизация, окраска и сканирование. На первом этапе материал подвергается полногеномной амплификации и гибридизации на Шариковые частицы (Beads arrays). Окрашивание пар A/T и C/G происходит в зеленый и красный цвета, а пар A/G, C/T в смешанный красно-зеленый цвет.

Сканирование чипов системой прямого детектирования iScan, разработанной Illumina inc., происходит со скоростью 24 образца (1 чип) \7-10 минут, а наличие систем автоматической подачи образцов делает систему способной сканировать до 192 образцов за 12 часов работы.

Выводы.

Таким образом, интерес исследователей в применении SNP генотипирования неуклонно растет. Большое количество компаний, представляющих свои услуги прикладного генотипирования, а также ежедневное развитие технологий позволяют удешевить процесс генотипирования сделав его доступным для широкого круга пользователей. Создание пользователями чипов уникальной структуры, позволяет настроить инструмент высокотехнологичного анализа индивидуально под требуемую задачу.

Использование SNP-чипового генотипирования еще не один год прослужит человечеству, так как возможности перехода на поголовный полно геномный сиквенс сложная задача, тяжело осуществляемая пользователями в результате технических и экономических показателей.

Список литературы

1. Смарагдов М.Г., Геномная селекция молочного скота в мире. Пять лет практического использования / М.Г. Смарагдов // Генетика. – 2013.- т. 49.- № 11.- С. 1251-1260.
2. Matukumalli L.K., Lawley C.T., Schnabel R.D. et al. Development and characterization of a high density SNP genotyping assay for cattle/ L.K. Matukumalli // PLoS ONE.- 2009.- V. 4:e5350
3. Meuwissen T.H.E., Hayes B.J., Goddard M.E. Prediction of total genetic value using genome-wide dense marker maps / T.H.E. Meuwissen // Genetics. – 2001. – V. 157. – P. 1819-1829.
4. Jiannis Ragoussis. Genotyping technologies for all /J. Ragoussis // Drug discovery today. – 2006. – V. 3. – P. 115-122.

ПРОЕКТНЫЙ МЕТОД ОБУЧЕНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ ВЫСШЕЙ ШКОЛЫ

Воронова Н.В.

доцент кафедры энергоэкологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, канд.биол.наук, доцент,
Казахстан, г. Алматы,

Игнатова Л.В.

доцент кафедры микробиологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, канд. биол. наук, доцент,
Казахстан, г. Алматы

Кистаубаева А.С.

доцент кафедры микробиологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, канд. биол. наук, доцент,
Казахстан, г. Алматы

Савицкая И.С.

профессор кафедры микробиологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, докт. биол. наук, профессор,
Казахстан, г. Алматы

В статье, на примере дисциплин по специальности «Экология» и «Микробиология», рассматривается роль проектного обучения в качестве одного из приоритетного метода в образовании высшей школы. Такой подход в обучении позволяет осуществить интеллектуальное и творческое воспитание личности, научить студентов самостоятельно видеть проблему, сформулировать ее и найти возможные пути решения.

Ключевые слова: проектное обучение, личностно-ориентированный подход, интерактивные методы обучения, экологически чистый город, нанотехнологии, микроорганизмы.

Современное общество нуждается в инициативных, социально-зрелых, конкурентоспособных молодых людях, которые в свою очередь ориентированы на позитивную самореализацию во всех сферах жизнедеятельности об-

щества. Сложившаяся современная ситуация свидетельствует об изменении действительности и предполагает формирование качеств личности, позволяющих самостоятельно не только увидеть проблему, но и сформулировать задачу и решить ее. Метод проектов относится к педагогическим технологиям, с которыми человечество вошло в двадцать первый век. По своей сути метод проектов относится к методам проблемного обучения. Преподаватель переходит от задачи «дать новое знание» к задаче «создать условия для получения новых знаний», в учебном процессе используется исследовательский подход к приобретению знаний.

Проектная технология позволяет развить познавательные навыки учащихся, умение самостоятельно конструировать свои знания, умение ориентироваться в информационном пространстве, развивать критическое мышление. В педагогическом плане качество образования – это его ориентация не только на усвоение студентами определённой суммы знаний, но и на развитие личности, познавательных способностей, жизненно важных компетентностей и личностных качеств. При таком подходе любые формы, методы, технологии рассматриваются в контексте одной из основных задач образования – обеспечить максимально благоприятные условия для образования, самообразования и развития личности [2]. Важной педагогической задачей высшей школы является подготовка специалиста, имеющего определённые профессиональные качества (профессиональные компетенции) и обладающего ключевыми компетенциями через повышение качества подготовки. С этой целью проводится большая работа по совершенствованию форм и методов обучения, обеспечивающих развитие мыслительной деятельности, познавательной активности, овладение знаниями, умениями, навыками. Это формы и методы проблемного обучения, практико-ориентированные, личностно-ориентированные, включающие самостоятельную работу, деловые игры, ситуационные задачи [1].

Огромные надежды в образовании стали возлагать на метод проекта, связанные с его возможностями организовывать обучение учащихся, развивать способность применять знания, умения и навыки для решения практических, жизненно важных задач. В этом смысле проектирование (метод проекта) стало рассматриваться как средство для развития компетенций.

Метод проектов, безусловно, является исследовательским методом, способным сформировать у студента опыт творческой деятельности. Работа над проектом вырабатывает устойчивые интересы, постоянную потребность в творческих поисках, ибо вне деятельности интересы и потребности не возникают [3].

Организация метода проектов требует от преподавателя большой работы по конструированию специальных условий для студента с целью выявления и развития его творческого потенциала. Практически, это заключается в искусственном конструировании проблем и проблемных задач.

Опыт применения метода проектов, описанный в литературе, дает возможность выделить уровни компетенций у учащихся:

- исследовательские умения (умения анализировать проблемную ситуацию, осуществлять отбор необходимой информации из литературы, проводить наблюдение практических ситуаций, строить гипотезы, обобщать, делать выводы);

- умения работать в команде;
- коммуникативные умения (умение не только высказывать свою точку зрения, но и понять другую, уметь конструктивно критиковать альтернативный подход для того, чтобы в итоге найти альтернативное решение) [4].

При организации проектной деятельности студентов учитываются типологические признаки проекта:

- 1) по доминирующей деятельности: поисковая, творческая, прикладная (практико-ориентированная),

- 2) предметно-содержательная: межпредметный проект,

- 3) характер контактов (среди участников одной группы),

- 4) количество участников проекта.

Применение метода проектов в практике преподавания таких дисциплин, как «Экологический мониторинг», «Основы физиологии микроорганизмов» позволяет решить проблему различного стартового уровня знаний и умений студентов по дисциплинам естественно-научного цикла (химии, биологии, экологии), так как даже в одной группе становится практически невозможно преподавание дисциплины без личностно-ориентированного подхода.

Например, по дисциплине «Экологический мониторинг» (кафедра энергоэкологии КазНУ им. аль-Фараби), студентам предлагается «построить» «Экополис будущего» или экологически чистый город. Для этого необходимо воспользоваться всей информацией, которую учащиеся рассмотрели во время всего семестра по данной дисциплине. Преподаватель предлагает построить экологически чистый город, который почти не будет иметь выбросов в атмосферу и засорять отходами ОС. Все материалы будут экологически чистыми. Студенты должны выбрать, какой транспорт будет в экополисе будущего (электромобили, транспорт с искусственным интеллектом и т.п.), предложить маршруты передвижения транспорта внутри полиса. Показать инновационные технологии – по альтернативным видам энергии, уменьшение выбросов CO₂. Энергию можно получать прямо из природы – солнечные генераторы, энергия ветра, использования биотоплива (это все уже обсуждалось). Предложить расположение промышленных предприятий, сократить трату водных ресурсов города за счет современных технологий и использовать их повторно. Обратит внимание на нанотехнологии по переработке и использованию мусора. Ознакомится с экологическими проектами Японии, ОАЭ и других стран и их инновационными программами. Результат: совместный «круглый стол» с презентациями и обсуждением, резюмирующий полученную информацию и знакомящий с полученными решениями

Каждый экологический проект имеет видимый результат: в теоретическом проекте – решение конкретной проблемы, в практическом – конкретный продукт, готовый к внедрению. При этом результат проекта является скорее

не конечной целью, а началом новой стадии в непрерывном процессе самообразования.

Согласно опыту Т.Г. Хашченко и Е.В. Макаровой существуют различные варианты проектного метода. Например вариант кооперативного обучения [5].

Вариант I

Этапы проведения

1. Каждая малая группа студентов для изучения получает тему. Студенты малой группы должны проанализировать ее и разбить на мини-темы.
2. Каждый студент малой группы индивидуально изучает мини-тему и готовит о ней мини-доклад, который представляет своей малой группе.
3. Каждая малая группа затем синтезирует эти мини-темы в общую групповую презентацию перед всей учебной группой.

Вариант II

Этапы проведения

1. Каждая малая группа студентов проводит мини-исследование.
2. Собирает эмпирический материал.
3. Проводит статистическую обработку результатов исследования.
4. Формулирует новизну полученных результатов.
5. Оформить исследование в виде доклада.
6. Проводит «процедуру защиты» основных положений и результатов исследования перед специальным экспертным советом.

Можно привести пример использования 2-го варианта проектного метода при проведении занятий по дисциплине «Основы физиологии микроорганизмов».

Студентом дается задание: Выявить микроорганизмы, обладающие ростстимулирующей способностью. Это задание связано с темой и календарным планом научно-исследовательского проекта «Разработка технологии получения препаратов для улучшения плодородия почвы», осуществляемого на кафедре биотехнологии КазНУ им. аль-Фараби.

Студенты делятся на малые группы, включающие от 3-х до 4-х человек. Каждая группа получает определенные микроорганизмы из коллекции кафедры биотехнологии. Группа выбирает растение, которое будет использовать в качестве тест-культуры.

Для эксперимента отбирают одинаковые по размерам и внешнему виду семена одного сорта с хорошей всхожестью. Семена замачивают в культуральной жидкости исследуемых культур с титром клеток 10^4 КОЕ/мл. Контролем служат семена, замоченные в стерильной водопроводной воде.

Семена помещают в стерильные чашки Петри на фильтровальную бумагу. Длительность опыта составляет от 7 до 14 суток. По окончании опыта измеряют длину корней и стеблей проростков (рис. 1), а также подсчитывают количество листьев и заполняют таблицу.



Рис. Измерение длины корней и стеблей проростков

Таблица

Культура микроорганизма	Длина корня, мм	Длина стебля, мм	Количество листьев, шт

На заключительной стадии проекта проводится статистическая обработка данных, оформление результатов в форме презентации и его защита.

Исследовательские проекты, в контексте реализации интегрированных программ образования и науки, являются одними из самых сложных, и поэтому требуют от участников проектирования определенных знаний, умений и навыков. Таким образом, проектная деятельность способствует формированию у студентов следующих умений и навыков: работа в сотрудничестве (коллективное планирование, взаимодействие, деловое партнёрское общение, решение проблем); менеджерских (умение проектировать процесс, планировать деятельность, время, рассчитывать ресурсы, принимать решения и прогнозировать их последствия, анализировать собственную деятельность, её ход и промежуточные результаты); коммуникативных (умение задавать вопрос, вступать в диалог, вести дискуссию и отстаивать свою точку зрения, находить компромисс); презентационных (умение уверенно держать себя во время выступления, отвечать на незапланированные вопросы, навыки монологической речи). Приобретенные умения и навыки, опыт, практическая деятельность и творческий подход к обучению студентов повышает качество подготовки специалистов среднего звена, их профессиональную мобильность и конкурентоспособность.

Список литературы

1. Дворецкий С., Пучков Н., Муратова Е. Формирование проектной культуры // Высшее образование в России. – 2003. – № 4. – С. 138–144.
2. Ильин Г.Н. Проектное образование и становление личности // Высшее образование в России. – 2001. – № 4. – С. 15–22.

3. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования: Учеб. пособие для студентов пед. вузов и системы повышения квалификации пед. кадров / Под ред. Е.С. Полат. – М.: Академия, 2003. – 272 с.

4. Современные подходы к компетентностно-ориентированному образованию: Материалы семинара / Под ред. А.В. Великановой. – Самара: Профи, 2001. – 60 с.

5. Хащенко Т.Г., Макарова Е.В. Интерактивные методы обучения в образовательном процессе вуза (методические рекомендации для преподавателей Ульяновской ГСХА). – Ульяновск, УГСХА, 2011. – 46 с.

ВЛИЯНИЕ ЗЕМЛЯНЫХ ЧЕРВЕЙ НА СОДЕРЖАНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ И МЫШЬЯКА В ОСАДКЕ СТОЧНЫХ ВОД ПРИ ЕГО КОМПОСТИРОВАНИИ

Ганин Г.Н.

ведущий научный сотрудник лаборатории экологии животных
Института водных и экологических проблем ДВО РАН, д-р биол. наук,
Россия, г. Хабаровск

Влияние олигохет на содержание поллютантов в субстрате реализуется двумя путями: через аккумуляцию элементов в их биомассе и через влияние на микробную активность. Последнее может приводить как к мобилизации, так и к иммобилизации тяжелых металлов (ТМ) в осадке сточных вод (ОСВ). Земляные черви способствуют выведению из осадка кадмия, свинца, меди и мышьяка. На концентрацию цинка и ртути присутствие этих педобионтов оказывает обратное действие. Изменения концентрации ТМ в червях и в ОСВ детерминируется также биогеохимическими особенностями элементов. Пределы толерантности олигохет могут расширяться в ходе селективной адаптации к загрязненному субстрату.

Ключевые слова: земляные черви, тяжелые металлы, биоаккумуляция, почвенные микроорганизмы, осадок сточных вод, компостирование.

Продолжаются интенсивные исследования пригодности вермикультуры в комплексе экобиотехнологий для утилизации все более широкого спектра сельскохозяйственных, муниципальных и промышленных отходов с целью получения органических удобрений [7, 11]. При попадании земляных червей (*Oligochaeta*) в среду с повышенным содержанием тяжелых металлов (ТМ), олигохеты достаточно легко аккумулируют их в своих тканях. В первую очередь это касается свинца и кадмия [10]. Такая способность к биоаккумуляции поллютантов педобионтами может быть использована для очищения загрязненных почв и субстратов. Примером являются успешные лабораторные опыты по применению вермикультуры для абсорбции ТМ из отходов гальванического производства [13].

Между тем, в отечественной литературе имеются противоречивые данные о динамике накопления в биомассе червей ТМ при увеличении их концентрации в субстрате [2, 8], не ясны до конца механизмы его очищения от поллютантов, не достаточно информации и о результативности биоаккумуляции.

Цель данной работы – показать многообразие факторов, влияющих на процесс очищения осадка сточных вод (ОСВ) от поллютантов в ходе его компостирования с помощью земляных червей.

Методика исследований

Осадок хозяйственно-бытовых сточных вод (2-летний ОСВ с высоким 40% содержанием органики) взят с иловых карт городских очистных сооружений. Содержание поллютантов в ОСВ не превышало нормативных [6]. Компостирование в течение 12 месяцев проводили в лабораторных условиях при температуре 15-22⁰С с периодическим ворошением и одинаковым режимом дождевания для поддержания оптимальной влажности субстрата.

В качестве модельного вида использован навозный червь *Eisenia fetida* (Savigny, 1926) (Oligochaeta, Lumbricidae), культивируемый до начала опыта в "чистом" вермикомпосте без ОСВ. Для изучения биоаккумуляции по 200 экз. этих олигохет помещались в стеклянные эксикаторы объемом 4000 см³ с осадком, где и содержались 2 или 12 месяцев в соответствии с планом эксперимента и почвенно-зоологическими требованиями. Затем собранных беспозвоночных несколько суток выдерживали без пищи, высушивали при 105⁰С до постоянного веса, растирали в агатовой ступке и анализировали на содержание поллютантов.

Содержание загрязнителей I-III класса опасности ТМ *Pb*, *Cd*, *Zn*, *Cu*, *Cr* в почве (валовое) и в беспозвоночных определяли атомно-абсорбционной спектрометрией (ААС-30) с атомизацией в низкотемпературном пламени, *Hg* – методом холодного пара (Юлия-2К), *Ni* и неметалл *As* – калориметрически (КФК-2 и КФК-3 соответственно).

За коэффициент накопления, или коэффициент биологического поглощения, K_n принято отношение концентрации элемента в биомассе живого организма (в данном случае земляного червя) к содержанию в пищевом субстрате.

NOEC – это максимальная безвредная концентрация поллютанта в среде обитания/пищевом субстрате, при которой в пролонгированном эксперименте за исследуемый период не обнаруживается статистически достоверных различий в числе молодых особей олигохет [12].

Данные подвергались статистической обработке в пакете Statistica 5.0 for Windows. Ошибка средней составляет 5-10%.

Результаты и их обсуждение

То, что земляные черви живут в среде бедной белками и аминокислотами заставляет их пропускать через себя огромные количества почвы и органических остатков, а вместе с ними возможны заметные объемы тяжелых металлов и ксенобиотиков.

Проведены лабораторные исследования по изучению возможности очищения ОСВ городской канализации от части поллютантов I-III класса опасности за счет аккумуляции в биомассе червей *E. fetida* при их долговременном содержании в этом субстрате. Результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Динамика содержания поллютантов в биомассе червей *Eisenia fetida*
и осадке сточных вод в ходе эксперимента**

Наименование образца	Вес	Орг	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Hg</i>	<i>As</i>
	1экз.	В-во								
	г	%	мг/кг сухого вещества							
Вермикомпост (без ОСВ)			0.4	11	16	119	6.7	<143	<0,11	<3,7
<i>E. fetida</i> (исх.)	0.32		0.9/2.25	1.0/0.09	7.1/0.44	64/0.54	3.5/0.52	0.3/-	0.02/-	0.63/-
ОСВ исх.(24 мес.)		40	2.2	221	45	122	33	143	0.11	3.7
<i>E. fetida</i> (2 мес.)	0.16		0.6/0.28	1.8/0.01	15/0.34	83/0.68	2.3/0.07	0.5/ 0.004	0.01/ 0.09	0.85/0.23
ОСВ п/ч (36 мес.)		10	1.6	41	57	390	25	-	0.08	1.9
<i>E. fetida</i> (12 мес.)	0.05		1.3/0.8	1.8/0.04	8.0/0.14	84/0.22	3.0/0.12	0.3/-	0.02/ 0.25	0.95/0.26
Контроль:										
ОСВ б/ч (36 мес.)		15	3.6	135	71	155	30	-	0.02	3.6
Норма*			15	250	750	1750	200	500	7.5	10

Примечание. Перед чертой – концентрация поллютанта в теле, мг/кг сухой массы, после черты – коэффициент накопления K_n ; в скобках – возраст осадка и время экспозиции червей; ОСВ п/ч – осадок после червей; б/ч – осадок без червей; прочерк – нет данных; * – допустимое валовое содержание в ОСВ I группы [6].

По окончании экспозиции в контроле – осадок без червей (ОСВ б/ч) можно констатировать понижение относительно ОСВ исх. концентрации свинца и ртути (табл. 1). Известно, что ртуть (органическая и неорганическая), превращаясь в элементарную форму, может испаряться из осадка, имеющего низкую сорбционную способность, что отмечалось и другими исследователями (см обзор: [2]). Содержание никеля и мышьяка остается без изменений. Концентрация кадмия, меди и цинка в осадке в конце опыта выше, чем в исходном. Это, возможно, объясняется их водопрочным комплексованием с относительно возросшей долей минерального компонента субстрата в ходе минерализации осадка.

Участие червей вносит свои коррективы в этот процесс. По окончании 12-месячной экспозиции в ОСВ п/ч в сравнении с контролем (ОСВ б/ч) несколько снижается концентрация меди. Особенно активно (в два-три раза!) *E. fetida* способствует очищению ОСВ от кадмия, свинца и мышьяка. При этом на концентрацию цинка и ртути в осадке присутствие червей оказывает обратное действие (табл. 1). Содержание никеля остается практически без изменений.

Влияние олигохет на содержание поллютантов в субстрате реализуется двумя путями: непосредственно через накопление загрязнителей в собственной биомассе и косвенно – через активизацию почвенного микробоценоза.

Биоаккумуляция – функция не линейная. Как показано ранее, при содержании земляных червей в загрязненных компостах концентрация никеля и меди в их биомассе достигала постоянного уровня на 55-й день (см обзор: [5]). По свинцу и цинку то же отмечено и в нашем случае, а по меди и хрому к 60-м суткам выявлены пики с дальнейшим снижением. С никелем ситуация

обратная: постоянно отмечалась его пониженная концентрация в биомассе при содержании червей в осадке. В исследованиях Fleckenstein и Graff (см обзор: [5]) в олигохетах концентрация цинка, свинца, ртути, кадмия, мышьяка увеличивалась в течение всего опыта около 100 суток. По двум последним элементам нами наблюдалось то же в течение 360 суток (табл. 1). Ртуть, являясь абиогенным элементом, не аккумулируется червями из данного осадка.

Биогеохимическая функция олигохет в отношении кадмия изменилась: из «концентраторов», что видно в случае вермикомпоста, *E. fetida* перешел в разряд «рассеивателей» (табл. 1). В литературе отмечалось как повышение, так и понижение коэффициента накопления K_n у червей с ростом концентрации металла в субстрате [2, 4]. Как представляется, K_n без значений по содержанию ТМ в биомассе мало информативен. В нашем эксперименте отмечается тенденция понижения этого коэффициента на фоне растущей концентрации металла в осадке и биомассе. При этом аккумуляция в теле модельных червей не продолжается без конца вслед за концентрацией в субстрате, что говорит о существовании у них пределов физиологической толерантности (правило Шелфорда). Но, судя по известным из литературы данным [2, 10], такие пределы могут значительно расширяться в ходе селективной адаптации к загрязненному субстрату (табл. 2). Это иллюстрирует потенциальные возможности олигохет для целей экобиотехнологии.

Таблица 2

Коэффициент накопления в биомассе *Eisenia fetida* тяжелых металлов и их максимальные безвредные концентрации *NOEC* в субстрате (мг/кг)*

Показатель	<i>Cd</i>	<i>Pb</i>	<i>Cu</i>	<i>Zn</i>	<i>Ni</i>	<i>Cr</i>	<i>Hg</i>
K_n	12÷31	4	5÷15	5÷10	1÷5	0.01÷23	20
<i>NOEC</i>	300	100	50	200	<200	100	≥0.1

Примечание. *Таблица составлена по данным: [2, 10].

Особенности динамики накопления каждого элемента с позиций биохимического барьера связаны с т. н. пороговым эффектом аккумуляции при миграции ТМ в трофической цепи «почва-педобионты» [4]. В его основе лежит, с одной стороны, видоспецифичность стехиометрических соотношений элементов в биомассе, а с другой, эффект-ориентированные концентрации металла в субстрате. Чем выше исходное (физиологичное) содержание элемента в биомассе, тем выше должны быть эффект-ориентированные концентрации доступных форм этого металла. В свою очередь биодоступность зависит от *pH* субстрата, его катион-обменной емкости и т. п. И наоборот: чем ниже исходное содержание элемента в биомассе, тем ниже может быть концентрация в субстрате, вызывающая аккумуляцию в теле.

При этом также важно различать биоконцентрирование и биоаккумуляцию [4]. Долгое пребывание червей в субстрате с аномально повышенным содержанием приводит к нарушению баланса «поступление/выведение». В итоге начинается этап аккумуляции – накопление в неактивной форме. При наличии соответствующих механизмов возможна периодическая экскреция металла из организма. Однако в случае концентраций выше *NOEC* у олигохет

проявляются видимые эффекты (например, снижение веса или репродуктивности) и может наступать летальный исход.

Пороговый эффект аккумуляции будет проявляться в ходе минерализации осадка, когда возрастает концентрация ряда металлов (в данном случае кадмия, меди и цинка).

Кроме того, существует антагонизм и синергизм во взаимодействиях металлов [2]. В нашем эксперименте содержание в биомассе свинца и цинка растет вслед за концентрацией в субстратах, достигнув своего предела через 60 суток, и при дальнейшей экспозиции в осадке больше не меняется (табл. 1). Показатель кадмия и никеля начинает расти после достижения максимума содержания свинца и цинка, т. е. спустя два месяца. В то же время для меди и хрома картина обратная – достигнув максимума к 60 суткам, далее их концентрация в теле червя начинает снижаться. При этом мышьяк, не являясь металлом, накапливается в олигохетах весь период наблюдений.

Важным представляется и другое. Ранее установлен факт облигатности микробиального звена в детритной пищевой цепи и селективного потребления земляными червями микробной массы [3]. Поэтому неразвитость почвенного микробоценоза, а соответственно дефицит белкового азота и ряда незаменимых аминокислот в субстрате, непременно сказывается на биоаккумуляции олигохетами. Это обстоятельство, помимо интоксикации, отражается в уменьшении живого веса червей (табл. 1) при их длительном содержании в осадке.

Олигохеты своей трофической деятельностью способствуют более активной микробной минерализации субстрата (см. табл. 1: пониженный процент органики в ОСВ после червей). При этом часть неассимилированных ионов металлов переходит в водорастворимую форму, что отмечалось также другими исследователями [1], и может вымываться. В нашем случае это видно на примере свинца и меди, содержание которых в ОСВ достоверно ниже после червей (табл. 1), но при этом без накопления в их биомассе.

В то же время стимулирование червями роста отдельных групп почвенных микроорганизмов (например, накопление в копролитах мицелия и спор темноокрашенных грибов, развитие некоторых грамотрицательных бактерий, актиномицетов [3]) способствует избирательному закреплению металлов в микробной массе, а значит и в субстрате. Эффект депонирования химических элементов почвенными микроорганизмами неоднократно отмечался в литературе [9]. Это объясняет, как представляется, рост концентрации цинка в осадке после червей (390 в сравнении со 155 мг/кг) и ртути (0,08 в сравнении с 0,02 мг/кг) в данном эксперименте (табл. 1).

Заключение

Почвенные олигохеты *Eisenia fetida* особенно активно очищают исследуемый осадок сточных вод от кадмия, свинца и мышьяка. Кроме того, черви способствуют выведению из ОСВ меди. При этом на концентрацию цинка и ртути в осадке присутствие олигохет оказывает обратное действие.

Влияние земляных червей на содержание поллютантов в субстрате реализуется двумя путями: через ассимиляцию элементов в их биомассе и через

стимулирование микробной активности. Последнее может приводить как к мобилизации, так и к иммобилизации поллютантов в осадке. Незрелость почвенного микробсообщества сказывается на биоаккумуляции олигохетами.

Значения коэффициента накопления информативны лишь в комплексе с данными по содержанию ТМ в биомассе. Отмечается тенденция понижения K_n на фоне растущей концентрации металла в осадке и червях. При этом существующие пределы физиологической толерантности олигохет могут значительно расширяться в ходе селективной адаптации к загрязненному субстрату.

Увеличение или снижение концентрации тяжелых металлов как в червях, так и в осадке определяется и биогеохимическими особенностями элементов. Динамика накопления связана с пороговым эффектом аккумуляции при миграции ТМ в трофической цепи «почва-педобионты». Он проявляется в ходе минерализации осадка при возрастании концентрации этих элементов. Вносит коррективы и существование у металлов антагонизма/синергизма, степень проявления которого зависит от соотношения ТМ в конкретном субстрате.

Все это позволяет заключить, что земляные черви имеют неплохую перспективу в комплексе экологических биотехнологий, в частности, для нужд городского озеленения.

Список литературы

1. Битюцкий Н.П., Кайдун П.Н. Влияние дождевых червей на подвижность микроэлементов в почве и их доступность растениями // Почвоведение. 2008. № 12. С. 1479-1486.
2. Бутовский Р.О. Тяжелые металлы как техногенные химические загрязнители и их токсичность для почвенных беспозвоночных животных // Агрехимия. 2005. № 4. С. 73-91.
3. Бызов Б.А. Зоомикробные взаимодействия в почве. М.: Товарищество научных изданий КМК. 2006. 240 с.
4. Ганин Г.Н. Пороговый эффект у беспозвоночных при миграции тяжелых металлов в трофической цепи почва-педобионты // Вестник ДВО РАН. 2008. № 1. С. 98-106.
5. Ганин Г.Н. Структурно-функциональная организация сообществ мезопедобионтов юга Дальнего Востока России. Владивосток: Дальнаука, 2011. 380 с.
6. ГОСТ Р 17.4.3.07-2001. Требования к свойствам осадков сточных вод при использовании их в качестве удобрений.
7. Жариков Г.А., Капралов В.В., Киселева Н.И., Крайнов О.А., Дядищева В.П., Леонтьевский А.А., Шушкова Т.В. Использование микроорганизмов-деструкторов и дождевых червей для биоремедиации почв, загрязненных токсичными химическими веществами // Вермикомпостирование и вермикультивирование как основа экологического земледелия в XXI веке: проблемы, перспективы, достижения. Сб. науч. трудов / ред. колл.: С. А. Максимова и др. Минск, 2007. С. 98-100.
8. Касатиков В.А. Влияние вермикомпостов на основе осадков городских сточных вод на накопление тяжелых металлов в системе почва-растение // Дождевые черви и плодородие почв. Мат-лы I междунар. научно-практ. конф. Владимир, 2002. С. 116-118.
9. Оразова М.Х., Добровольская Т.Г., Семенова Т.А., Звягинцев Д.Г. Бактериально-грибные комплексы в подстилке, почве и копролитах дождевых червей // Почвоведение. 2005. № 8. С. 974-977.
10. Покаржевский А.Д. Геохимическая экология наземных животных. М.: Наука, 1985. 300 с.

11. Стом Д.И., Потапов Д.С., Балаян А.Е., Матвеева О.Н. Трансформация нефти в почве микробным препаратом и дождевыми червями // Почвоведение. 2003. № 3. С. 352-361.

12. ASTM (American Society for Testing and Materials). 2004. Standard guide for conducting laboratory soil toxicity or bioaccumulation test with the lumbricid earthworm *Eisenia fetida* and the enchytraeid potworm *Enchytraeus albidus* // Annual Book of ASTM Standards. 1676. P. 1-26.

13. Jordao C.P., Pereira M.D., Einloft R., Santana M.B., Bellato C.R., de Mello J.W.V. Removal of *Cu*, *Cr*, *Ni*, *Zn*, and *Cd* from electroplating wastes and synthetic solutions by vermicompost of cattle manure // J. Environ. Sci. and Health. 37. 2002. Part A. P. 875-892.

ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИОННАЯ ТРЕНИРОВКА МЫШЦ- РАЗГИБАТЕЛЕЙ СТОПЫ У ЧЕЛОВЕКА В УСЛОВИЯХ СЕМИСУТОЧНОЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ РАЗГРУЗКИ И ЕЕ ВЛИЯНИЕ НА СИЛУ СОКРАЩЕНИЯ И АРХИТЕКТУРУ ТРЕХГЛАВОЙ МЫШЦЫ ГОЛЕНИ

Коряк Ю.А.

ведущий научный сотрудник ФГБУН «ГНЦ РФ – ИМБП РАН»,
д.б.н., профессор,
Россия, г. Москва

Исследовали влияние функциональной электрической стимуляции (ФЭС) на силу сокращения мышц-разгибателей стопы и архитектуру медиальной икроножной мышцы (МИМ), латеральной икроножной мышцы (ЛИМ) и камбаловидной мышцы (КМ) у группы ($n = 6$) мужчин-добровольцев возрастом 22.8 ± 0.8 лет, ростом 1.84 ± 0.1 м и массой 1.84 ± 0.1 кг, находящихся в условиях 7-сут «сухой» водной иммерсии (ИМ). Во время экспозиции испытуемые ежедневно по 3 ч в день проводили ФЭС мышц нижних конечностей. Внутренняя архитектура МИМ, ЛИМ и КМ (длина, угол перистости волокна, толщина мышцы) и ее изменение под влиянием ИМ с применением ФЭС определялась методом ультразвукового сканирования с использованием линейного электронного датчика 7.5 МГц при угловых позициях в голеностопном суставе -15° (тыльное сгибание), 0° (нейтральная анатомическая позиция), $+15^\circ$ и $+30^\circ$ (подошвенное сгибание) с углом в коленном суставе 90° . В каждом положении были получены ультразвуковые изображения МИМ, ЛИМ и КМ. Визуализация изображения мышц осуществлялась в условиях покоя (пассивное состояние) при нейтральной анатомической позиции голеностопного сустава и при усилии 50 % от максимальной произвольной силы при нейтральной позиции в коленном и голеностопном суставах, соответственно. Максимальный суставной момент, развиваемый трехглавой мышцей голени, после ИМ с применением ФЭС увеличился в среднем на 11.3 %. При пассивном состоянии до ИМ длина мышечного волокна изменялась от 36, 47 и 39 мм (угол голеностопного сустава -15°) до 27, 31 и 28 мм (угол голеностопного сустава $+30^\circ$); угол наклона волокон изменился от 31° , 20° и 23° до 49° , 29° и 34° в МИМ, ЛИМ и КМ, соответственно. После ИМ в пассивном состоянии длина мышечного волокна уменьшалась на 16, 37 и 24 %, а угол наклона увеличился на 38, 35, и 34 % в МИМ, ЛИМ и КМ, соответственно. Снижение толщины мышц не было предотвращено протоколом ФЭС, что указывает о необходимости применения специфических тренировочных режимов (интенсивности). Тренированные мышцы после ИМ с применением ФЭС показали существенные изменения в углах перистости и длине волокон, предполагая, что архитектура мышц действительно изменяется, отражая в большей степени атрофию мышц.

Ключевые слова: иммерсия, электромиостимуляция, архитектура, трехглавая мышца голени, сила сокращения.

Известно, что даже относительно непродолжительное пребывание в условиях с пониженной гравитационной нагрузкой сопровождается снижением сократительных функций и тонуса мышц [3, 4, 6, 7, 35, 36, 38, 48], нарушением координации движений [2, 5, 51] рефлексорных механизмов [4, 7, 41], суставной чувствительностью [15, 16]. Главным фактором, ответственным за все эти изменения – это устранение проприоцептивной информации от мышц и сухожилий в ответ на отсутствие механической нагрузки и, соответственно, в этой связи антигравитационные или постуральные мышцы являются основной мишенью для действия функциональной разгрузки.

Космические полеты сопровождаются большей потерей массы мышц-разгибателей, составленных преимущественно из медленносокращающихся волокон, умеренной потерей в мышцах-разгибателях, составленных преимущественно из быстросокращающихся волокон и наименьшими потерями в мышцах-сгибателях, составленных преимущественно из быстросокращающихся волокон [27, 28]. Эти различия базируются на распределении типов волокон мышцы. В недавних исследованиях [5, 55] было показано, что невесомость, моделируемая водным погружением, изменяет порядок рекрутирования двигательных единиц (ДЕ) при выполнении изометрических произвольных сокращений. Гравитационная нагрузка, по-видимому, необходима для сохранения размера (массы) и силы скелетных мышц нижних конечностей у человека [33, 37, 43, 50]. В исследованиях, моделирующих микрогравитацию, показано, что физическая тренировка уменьшает, но не предотвращает полностью потерю массы и силы мышц [10, 31, 35, 36]. Наибольшему влиянию микрогравитации подвержены антигравитационные мышцы-разгибатели бедра и особенно – стопы [2, 10], вероятно из-за большей их механической нагрузки в нормальных гравитационных условиях. Известный факт влияния микрогравитации – это непропорциональная потеря силы мышцы по сравнению с ее размером [14, 31], что указывает на существование других факторов, которые вносят вклад в ослабление мышцы кроме общепризнанной атрофии.

Внутренняя архитектура мышцы – это важный детерминант функциональных характеристик мышцы (отношение *скорость-сила*, *длина-сила* и максимальная изометрическая сила (например, [22, 45]). Отсутствие информации относительно изменений архитектуры мышц ставит под угрозу механическую продукцию мышцы. Недостаточно изучено влияние неупотребления [46] или условий, моделирующих функциональную разгрузку – невесомость [31, 43] на архитектуру мышцы.

Целью настоящего исследования было, во-первых, оценить эффективность применения продолжительной низкочастотной ФЭС на сохранения силовых сократительных свойств трехглавой мышцы голени (ТМГ) у человека в условиях семисуточной механической разгрузки, и во-вторых, сравнить из-

менения в архитектуре разных головок, составляющих трехглавую мышцу голени [медиальную (МИМ) и латеральную (ЛИМ) икроножные мышцы, камбаловидную (КМ) мышцу] у человека и обсудить функциональные значения этих изменений после 7-суточной «сухой» водной иммерсии с использованием продолжительной низкочастотной ФЭС.

МЕТОДЫ И МАТЕРИАЛ

Испытуемые и «сухая» водная иммерсия.

В исследовании приняли участие группа практически здоровых мужчин-добровольцев в возрасте 22.8 ± 0.8 лет, ростом и массой 1.84 ± 0.1 м и 79.3 ± 4.2 кг, соответственно. Все испытуемые клинически были оценены как здоровые и находились в хорошем физическом состоянии и не употребляли медикаментозных средств и были некурящими. Отбор испытуемых базировался на анализе истории болезни, биохимического анализа крови, анализа электрокардиограммы в покое и при выполнении велоэргометрического нагрузочного теста.

Все экспериментальные процедуры были выполнены в соответствии с Хельсинской Декларацией 1975 г. по правам человека на участие в эксперименте в качестве испытуемого. Испытуемые после полной информации о процедурах и задачах настоящего исследования дали письменное согласие на участие в нем. Программа исследований была одобрена комиссией по биомедицинской этике при ГНЦ РФ – ИМБП РАН.

Для функциональной разгрузки мышечного аппарата использовали модель «сухой» водной иммерсии [8]. Коротко, испытуемого помещали в специальную ванну с высокоэластической тканевой пленкой, изолирующей поверхность тела от жидкости – воды (рис. 1) с температурой воды на уровне 33.4°C , которая автоматически поддерживалась на этом уровне. Испытуемый, погруженный в иммерсионную среду до уровня шеи, постоянно оставался в горизонтальном положении, включая 3-разовое питание, санитарно-гигиенические процедуры и 8-часовой сон. Во время экспозиции испытуемый постоянно находился под медицинским наблюдением на протяжении 24 часов. Обслуживающий медицинский персонал постоянно присутствовал при транспортировании испытуемого, при выполнении личной гигиены, включая туалет и прием пищи, медицинском обслуживании в пределах ограничений протокола.

Сократительные свойства трехглавой мышцы голени исследовали дважды – до и после иммерсионного воздействия, и протокол исследований был идентичен.

Измерение силы.

Измерения были выполнены на правой, ведущей, конечности испытуемых. Испытуемый удобно располагался в положении «стоя на коленях» на специальном кресле изокинетического динамометра «Biodex» (USA) и стопа его правой конечности относительно жестко фиксировалась к измерительной платформе динамометра (рис. 2). При этом ось голеностопного сустава совпадала с осью измерительной платформе динамометра. По команде «сократить максимально сильно» испытуемый выполнял три ритмических изомет-

рических подошвенных сгибаний из положения голеностопного сустава – 0° (нейтральное анатомическое положение голеностопного сустава) и коленного сустава – 90° .

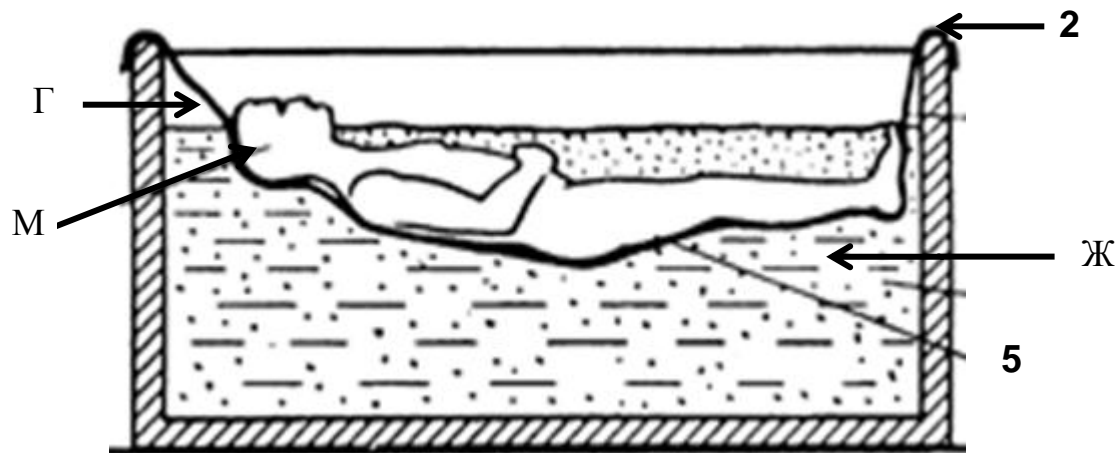


Рис. 1. Схема погружения человека в иммерсионную среду с использованием гидроизолирующей ткани: 1, свободно плавающая водонепроницаемая и высокоэластическая пленка; 2, края ванны; 3, вода; 4, испытуемый; 5, пленка свободно обволакивающая тело испытуемого

Функциональная электрическая стимуляция

Поверхностная функциональная электрическая стимуляция (ФЭС) была применена к мышцам нижних конечностей и обеспечивалась электростимуляторами («Стимул НЧ-01», Россия), генерирующими двухполярные симметричные прямоугольные электрические импульсы длительностью 1 мс, частотой 25 Гц и амплитудой от 0 до 45 В.

Техническое оборудование для ФЭС мышц состояло из специальных брюк с клапанами для электродов, двух шестиканальных электростимуляторов, соединенных между собой кабелем синхронизации, и электродов стимуляции.

После подготовки кожи, два слегка увлажненных «сухих» электрода (фирма «Axelgaard», USA) устанавливали на *m. quadriceps femoris*, *m. hamstrings*, *m. tibialis anterior*, *m. peroneal* и *m. triceps surae*. Синхронная стимуляция всех мышц конечностей предотвращала нежелательные движения конечностей.

Испытуемых тщательно инструктировали о правилах пользования электростимуляторами. ФЭС мышц передней и задней поверхности бедра и голени каждой конечности осуществлялась непосредственно при экспозиции испытуемого в ванне на протяжении 6 суток по 3 часа в день. Длительность сокращения мышц при ФЭС составляла 1 с и с интервалом отдыха между сокращениями – 2 с



Рис. 2. Экспериментальная установка и положение испытуемого на изокинетическом динамометре время тестирования функций ТМГ и архитектуры МИМ и ЛИМ (А) и положение ультразвукового линейного датчика при исследовании МИМ (Б). 1, динамометр; 2, педаль динамометра; 3, голеностопный сустав и ось педали динамометра; 4, маркер – ориентир для перемещения датчика во время измерений; 5, велькро-застежка для фиксации бедра; 6, ультразвуковая система

Ультразвуковое сканирование

Угловая позиция сустава и измерение суставного момента

Для определения суставных моментов при выполнении произвольных изометрических сокращений мышц-разгибателей стопы – трехглавой мышцы голени (ТМГ) использовали изокинетический динамометр «Biodex». Все измерения были выполнены на правой конечности испытуемого. Стопа правой исследуемой конечности относительно жестко крепилась к специальной платформе измеряемого устройства изокинетического динамометра так, чтобы ось вращения измеряемого устройства динамометра совмещалась с осью вращения голеностопного сустава (центр боковой лодыжки). Коленный сустав находился в позиции 90° . Угол голеностопного сустава последовательно был установлен в позицию -15° подошвенного сгибания, 0° (нейтральная анатомическая позиция), $+15^\circ$ и $+30^\circ$ подошвенного разгибания. В каждой позиции испытуемого просили расслабить ТМГ (пассивное состояние) и установленный пассивный суставной угол регистрировался программным обеспечением компьютера изокинетического динамометра. Затем в пассивном состоянии голеностопный сустав устанавливали в нейтральную анатомическую позицию (0°) и испытуемый выполнял 3-5 субмаксимальных сокращений для ознакомления с экспериментальной процедурой. После этого испытуемого просили по команде «сократить максимально сильно» выполнить максимальное произвольное изометрическое разгибание стопы (активное состояние) и регистрировали суставной момент (изометрическое максимальное произвольное сокращение – МПС). Затем просили выполнить со-

кращение с усилием 50 % от МПС (активный режим) при нейтральной позиции голеностопного сустава (0°) и удерживать сокращение на протяжении 2-3 с. Испытуемый выполнял три попытки с интервалом между каждым сокращением в 1 мин и лучшую попытку учитывали при дальнейшем анализе. Развиваемое мышечное усилие, регистрируемые измеряемым устройством динамометра, использовалось для зрительной обратной связи испытуемому на экране дисплея.

Измерение длины, угла перистости волокна и толщины мышцы

Для исследования мышечной архитектуры в реальном времени использовали ультразвуковую систему «SonoSite MicroMaxx» (USA) с электронным линейным датчиком 7.5 МГц. Продольные ультразвуковые исследования МИМ, ЛИМ и КМ определяли на уровнях 30 % (для МИМ и ЛИМ) и 50 % (для КМ) между подколенной складкой и центром боковой лодыжки голеностопного сустава [32]. Каждый уровень соответствовал максимальной анатомической площади поперечного сечения соответствующей мышцы [21]. На этих уровнях помещался маркер представляющий собой медную проволоку (\varnothing 1.5 мм) в мягкой пластиковой оболочке и располагался по окружности голени и являющийся ориентиром во время исследования, чтобы не смещался датчик во время измерений.

Для лучшего акустического сцепления сканирующую поверхность датчика и поверхность мышцы покрывали специальным гелем и датчик ориентировали по средне-сагиттальной оси мышцы. Качество ультразвукового изображения мышечного пучка достигалось регулировкой глубины, яркости ультразвукового сигнала. В покое и во время сокращения датчик удерживался на брюшке мышцы. Во время сканирования применяли минимальное давление датчика на кожные покровы, чтобы избежать давления на мышцу. Во время измерений в условиях покоя испытуемых инструктировали – «*полностью расслабить мышцу конечности*». Визуализация мышц осуществлялась с использованием панорамного и фрагментарного изображения мышцы в продольном или поперечном сечении (области наибольшей анатомической площади поперечного сечения). Для получения фрагментарного изображения продольного сечения мышцы датчик фиксировался перпендикулярно к поверхности мышцы и продольно в области наибольшей анатомической площади поперечного сечения мышцы с «захватом» анэхогенной линии маркера, расположенного по окружности голени. Для получения фрагментарного изображения поперечного сечения мышцы датчик располагался перпендикулярно к поверхности мышцы вдоль поперечной оси мышцы. Для панорамного изображения продольного сечения мышцы датчик фиксировался на маркере и плавно перемещался по продольной оси в направлении от проксимального к дистальному концу мышцы, а для получения фрагментарного изображения поперечного сечения мышцы датчик перемещался по окружности задней поверхности голени в поперечном направлении вдоль маркера.

Длина и угол перистости волокон ТМГ были измерены в условиях *in vivo* при помощи ультразвукового сканирования во время отдыха (пассивный режим) и при развитии усилия в 50 % от МПС (активный режим) и про-

дольные ультразвуковые изображения записывались на жесткий диск ультразвуковой системы для дальнейшего анализа.

Длина (L) волокна мышцы (рис. 3) определялась как расстояние между местом прикрепления волокна у поверхностного апоневроза до места вхождения его в глубокие слои апоневроза мышцы [9, 20, 32, 53]. Визуализируя по ультразвукограмме пучки по их длине от поверхностного к глубоким слоям апоневроза, можно проверить правильность сканирования пучка [52], в противном случае длина пучка может быть оценена слишком завышенной, а угол пучка недооценен [20].

Угол (Θ) перистости волокон (рис. 3) определялся как угол, создаваемый линией, проведенной от точки прикрепления волокна у поверхностного слоя апоневроза к месту прикрепления волокна к глубокому слою апоневроза [30, 32, 49]. У каждого испытуемого анализировались параметры трех мышечных пучков, а затем полученные данные усреднялись и анализировались. Коэффициент вариации трех измерений находился в диапазоне 0-2 %.

Толщина мышцы определялась по уравнению:

$$\text{толщина мускула} = L \times \sin \alpha, \quad \text{где}$$

L и α – каждой мышцы определялись ультразвуком.

Показателем внутреннего укорочения мышечного волокна ($\Delta L_{\text{мышца}}$) при сокращении мышцы может быть разница между L и Θ перистости волокна в активном по сравнению с пассивным состоянием мышцы [32]. Степень укорочения мышечного волокна ($\Delta L_{\text{мышца}}$) определялась по формуле:

$$\Delta L_{\text{мышцы}} = l_{\text{п}} \cdot \cos \Theta_{\text{п}} - l_{\text{у}} \cdot \cos \Theta_{\text{у}}, \quad \text{где}$$

$l_{\text{п}}$ и $l_{\text{у}}$ – длина волокна в условиях покоя и при усилии (50 % МПС);

$\Theta_{\text{п}}$ и $\Theta_{\text{у}}$ – угол наклона волокна в условиях покоя и усилии (50 % МПС).

Все ультразвуковые изображения обрабатывались с использованием пакета программ «Dr. ReallyVision» (ООО «Альянс-Холдинг», Россия).

Статистика

При обработке полученных результатов исследования применяли общепринятые статистические методы с определением средней и стандартной ошибки средней ($M \pm m$). Достоверность различий оценивали с помощью параметрического t -критерия Стьюдента и уровень достоверности $p < 0.05$ признавался как существенный.

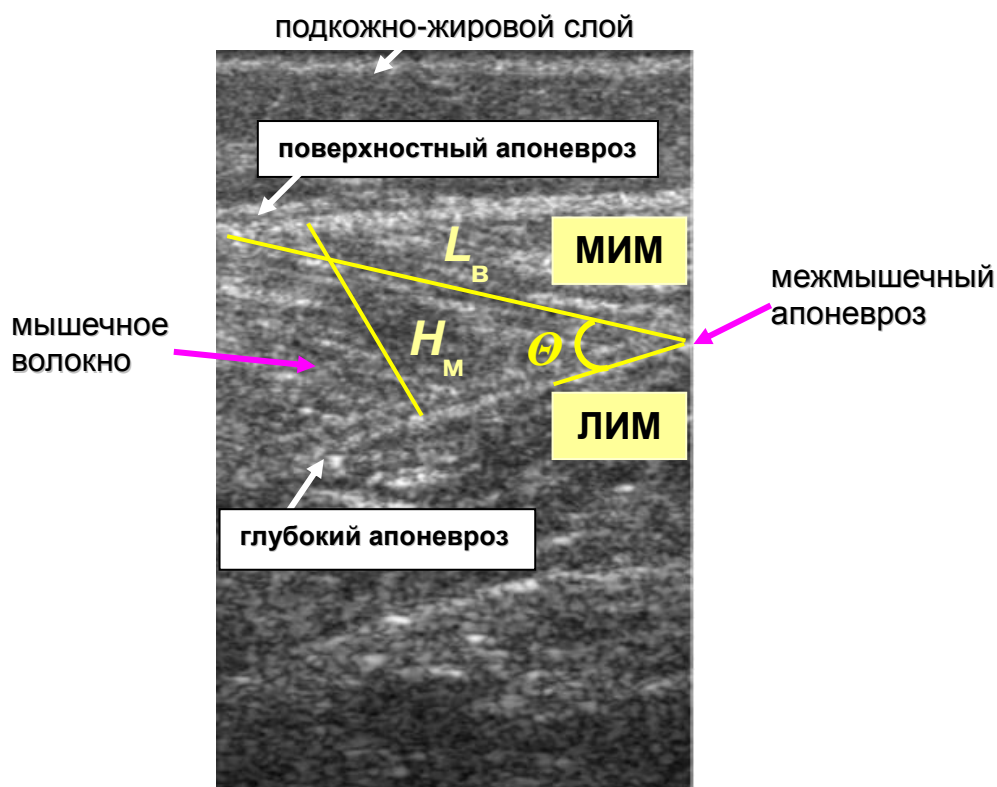


Рис. 3. Ультразвуковые изображения продольного сечения медиальной икроножной мышцы (МИМ), латеральной икроножной мышцы (ЛИМ) и камбаловидной мышцы (КМ). Представлен угол (θ) перистости, длина ($L_{\text{в}}$) волокна между глубоким и поверхностным апоневрозами и толщина ($H_{\text{м}}$) мышцы

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изменение максимальной мышечной силы

Максимальный суставной момент, развиваемый ТМГ после ИМ с ФЭС, увеличился в среднем на 11.3 % (150 ± 17.3 против 167 ± 6.7 Н) и незначительно уменьшился (155 против 140 Н; 9.6 %) у одного испытуемого (рис. 4)

Архитектурная характеристик в условиях покоя

Толщина МИМ, ЛИМ и КМ в условиях покоя (~18, 16 и 15 мм, соответственно) значительно не изменялась в ответ на изменения L мышцы при изменении угла в голеностопном суставе (рис. 5).

θ перистости и L волокон во всех трех мышцах в покое были зависимы от угла голеностопного сустава (табл. 1). Во всех трех мышцах, когда угол в голеностопном суставе увеличивался от -15° до $+30^\circ$ θ перистости увеличился: в МИМ от 31 ± 2.8 до $49 \pm 1.7^\circ$ (58 %, $p < 0.01$), в ЛИМ от 20 ± 2.1 до $28.5 \pm 1.6^\circ$ (43 %, $p < 0.05$) и в КМ от 22.8 ± 1.4 до $34 \pm 2.2^\circ$ (49 %, $p < 0.01$) (рис. 6).

Во всех трех мышцах при увеличении угла в голеностопном суставе от -15° до $+30^\circ$ L волокна уменьшилась: в МИМ от 36 ± 1.2 до 27 ± 2.1 мм (25 %, $p < 0.01$), в ЛИМ от 46.8 ± 0.6 до 31.2 ± 1.9 мм (33 %, $p < 0.01$) и в КМ от 39.2 ± 1.2 до 28.2 ± 2.0 мм (28 %, $p < 0.01$) (рис. 6).

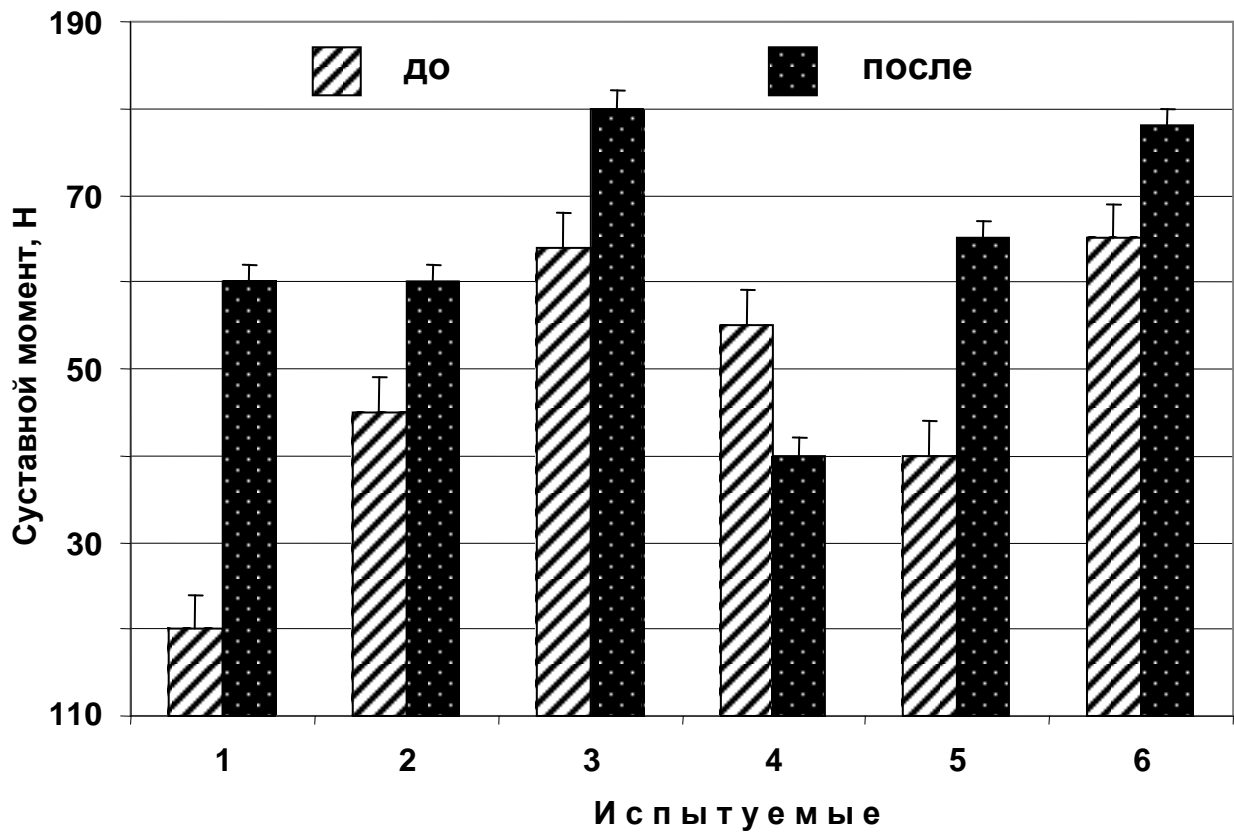


Рис. 4. Изменение максимального суставного момента, развиваемый трехглавой мышцей голени в результате электростимуляционной тренировки в условиях «сухой» водной иммерсии

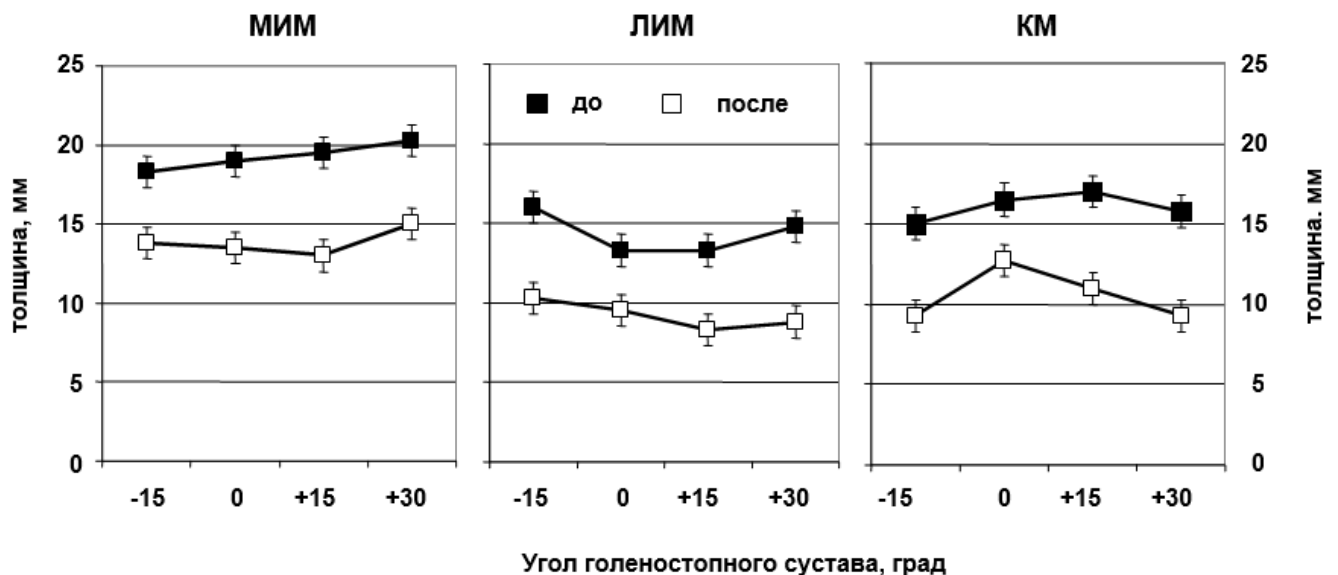


Рис. 5. Изменение толщины МИМ, ЛИМ и КМ как функция угла в голеностопном суставе

Таблица 1

Угол перистости и длина волокон в МИМ, ЛИМ и КМ

Мышца / Угловая пози- ция	до	после	Δ, %
<i>Длина волокна, мм</i>			
МИМ			
-15	35 ± 1	30 ± 2	15
0	32 ± 2	28 ± 1	12
15	30 ± 2	26 ± 3	13
30	27 ± 2	25 ± 2	5
ЛИМ			
-15	47 ± 1	40 ± 1	14
0	36 ± 2	31 ± 2	13
15	32 ± 2	25 ± 2	22
30	31 ± 2	25 ± 3	19
КМ			
-15	39 ± 1	29 ± 3	26
0	36 ± 3	32 ± 2	13
15	34 ± 1	28 ± 2	17
30	28 ± 2	22 ± 2	21
<i>Угол перистости, °</i>			
МИМ			
-15	31 ± 3	26 ± 3	15
0	37 ± 3	29 ± 2	22
15	42 ± 5	32 ± 4	25
30	49 ± 2	36 ± 3	26
ЛИМ			
-15	20 ± 2	15 ± 1	24
0	22 ± 2	18 ± 1	20
15	22 ± 1	18 ± 2	19
30	28 ± 2	20 ± 1	29
КМ			
-15	23 ± 1	18 ± 2	19
0	28 ± 2	24 ± 3	16
15	30 ± 2	22 ± 3	26
30	34 ± 2	25 ± 27	27

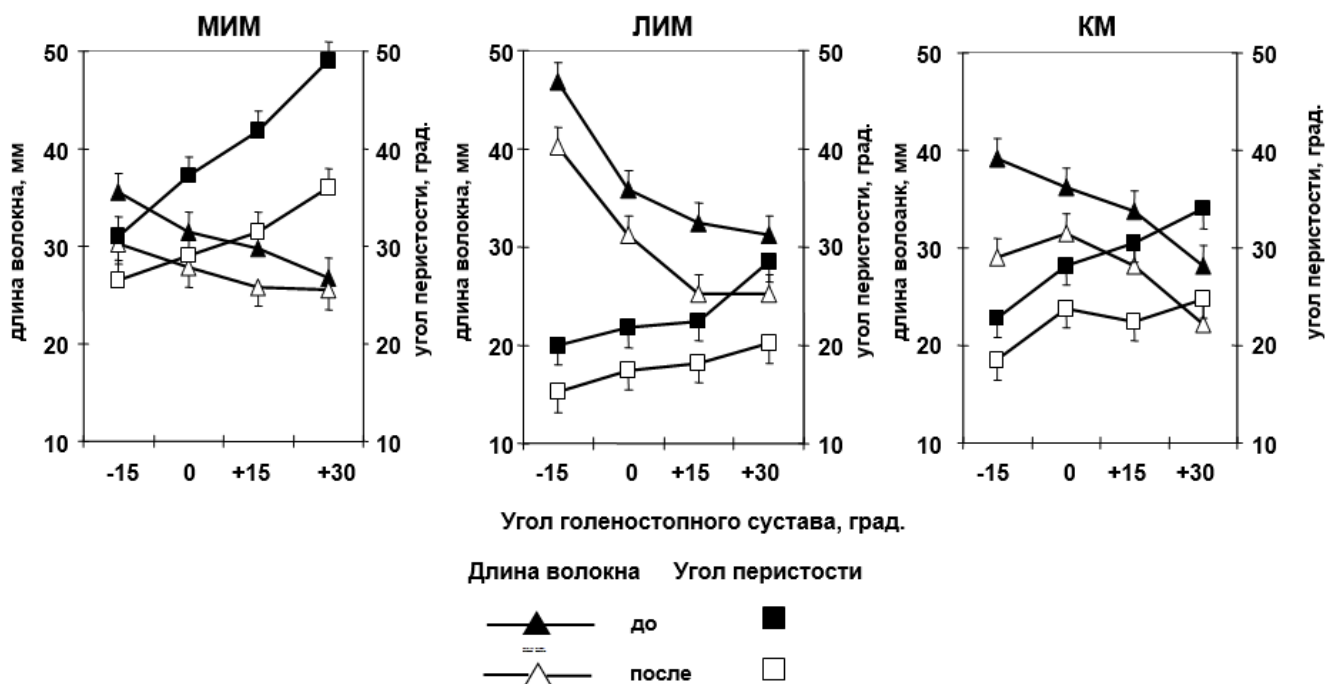


Рис. 6. Архитектура трехглавой мышцы голени. Изменение длины и угла перистости волокон МИМ, ЛИМ и КМ как функция угла в голеностопном суставе.

Архитектурные характеристики после иммерсии

Во всех трех мышцах после иммерсии с ФЭС θ перистости и L волокон были зависимы от угла голеностопного сустава (табл. 1; рис. 6). Во всех трех мышцах, когда угол в голеностопном суставе увеличивался от -15° до $+30^\circ$, θ перистости увеличился: в МИМ от 26 ± 2.8 до $36 \pm 2.8^\circ$ (38 %, $p < 0.05$), в ЛИМ от 15 ± 1.4 до $20.2 \pm 1.0^\circ$ (35 %, $p < 0.05$) и в КМ от 18.5 ± 1.6 до $24.8 \pm 1.7^\circ$ (34 %, $p < 0.01$) (рис. 6).

Во всех трех мышцах, при увеличении угла в голеностопном суставе от -15° до $+30^\circ$ L волокна уменьшилась: в МИМ от 30.2 ± 1.7 до 25.5 ± 1.9 мм (16 %), в ЛИМ от 40.2 ± 0.6 до 25.2 ± 2.9 мм (37 %, $p < 0.01$) и в КМ от 29.2 ± 2.9 до 22.2 ± 2.1 мм (24 %, $p < 0.05$) (рис. 6).

Архитектурные характеристики во время развития градуируемой силы

Изменение θ перистости и L мышечных волокон, как функция угла голеностопного сустава 90° , от условий покоя к усилию 50 % от МПС представлено в таблице 2 и на рисунке 7.

θ перистости и L мышечных волокон уменьшались как функция интенсивности сокращения во всех трех мышцах. θ перистости волокон в МИМ, ЛИМ и КМ постепенно уменьшался с 49 ± 1.4 до $40.5 \pm 2.4^\circ$ (17 %, $p < 0.01$), от 26.2 ± 1.8 до $20.5 \pm 1.9^\circ$ (22 %, $p < 0.05$) и от 36 ± 5.3 до $29.8 \pm 3.9^\circ$ (17 %), соответственно (рис. 7). L волокон в МИМ, ЛИМ и КМ постепенно уменьшилась с 26.3 ± 2.6 до 21.5 ± 1.9 мм (18 %), от 36 ± 2.9 до 28.2 ± 2.2 мм (22 %, $p < 0.05$) и от 32.2 ± 2.2 до 25.5 ± 2.1 мм (21 %, $p < 0.05$), соответственно (рис. 7).

Сравнение средних величин Θ , L и толщины мышц в условиях покоя и при усилии 50 % МПС представлены в табл. 2. Как видно в таблице, переход от отдыха к усилию при нейтральном положении голеностопного сустава (0°), толщина МИМ уменьшилась (несущественно) приблизительно в 5 мм, но толщина ЛИМ и КМ уменьшились от 13 до 9 мм (31 %, $p < 0.01$) и от 17 до 13 мм (несущественно), соответственно.

Таблица 2

Угол (Θ) перистости, длина (L) волокон и толщина (H) мышц в покое и при усилии 50 % МПС до и после экспозиции с применением электромиостимуляционной тренировки

Мышца / условия	$\Theta_{\text{ср.}}$ (град.)		L (мм)		H (мм)	
	до	после	до	после	до	после
МИМ						
покой	37 ± 3	29 ± 2	32 ± 2	28 ± 1	19 ± 2	14 ± 1
50 % МПС	49 ± 1†	41 ± 2†	26 ± 3	22 ± 2†	20 ± 2	14 ± 1
ЛИМ						
покой	22 ± 2	18 ± 1	36 ± 2	31 ± 2	13 ± 2	10 ± 1
50 % МПС	26 ± 2	21 ± 3	36 ± 3	28 ± 2	16 ± 2	10 ± 1
КМ						
покой	28 ± 3	24 ± 3	36 ± 3	32 ± 2	17 ± 1	13 ± 1
50 % МПС	36 ± 5†	30 ± 4†	32 ± 2	26 ± 2	19 ± 1	12 ± 1
† P < 0.05						

Сравнение между фактическими и архитектурными изменениями после иммерсии

Θ перистости во время 50 % МПС. Оцененный после иммерсии с ФЭМС Θ перистости во время 50 % МПС отличался 8.9 (17.3 %, $p < 0.05$), 5.7 (21.8 %, $p < 0.05$), и 6.2° (17.2 %, $p < 0.05$) от соответствующих фактических Θ перистости в МИМ, ЛИМ и КМ, соответственно (табл. 2; рис. 7). В МИМ величины Θ перистости были выше, чем соответствующие фактические величины при сокращении с интенсивностью 50 % МПС, но в ЛИМ и КМ величины были систематически ниже, чем соответствующие фактические величины.

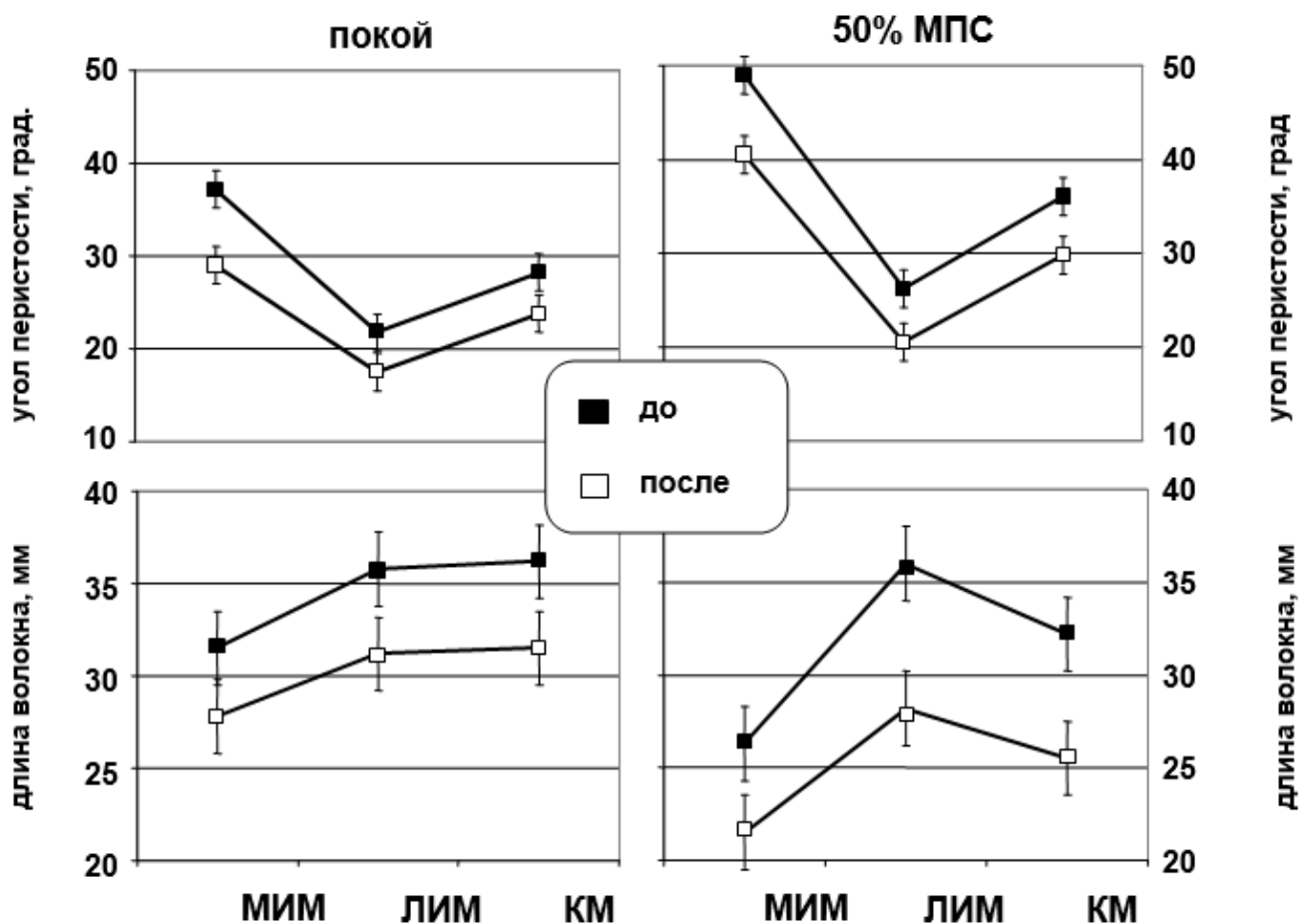


Рис. 7. Архитектурная характеристика во время развития градуируемой силы. Изменения длины волокон МИМ, ЛИМ и КМ в покое и при усилнии 50 % МПС при нейтральном анатомическом положении голеностопного сустава (0°)

L волокон во время 50 % МПС. Величина *L* волокон во время 50 % МПС отличались на 4.8 мм (18.2 %, $p < 0.01$), 7.8 мм (21.7 %, $p < 0.01$) и 6.7 мм (20.8 %, $p < 0.01$) от соответствующих фактических величин МИМ, ЛИМ и КМ, соответственно (табл. 2; рис. 7).

Внутреннее укорочение волокон.

Более короткие *L* и более крутые θ перистости волокон при активном состоянии по сравнению с пассивным показывают степень внутреннего укорочения волокон во время сокращения. До иммерсии $\Delta L_{\text{мышцы}}$ МИМ составила 7.9 мм, а после иммерсии с ФЭС уменьшилась и составила 7.8 мм, в КМ 5.9 против 5.6 мм. Существенное увеличение $\Delta L_{\text{мышцы}}$ было обнаружено в ЛИМ – от 0.9 до 3.3 мм.

ОБСУЖДЕНИЕ

Настоящее исследование впервые описывает архитектуру МИМ, ЛИМ и КМ у человека в условиях *in vivo* в покое и во время градуируемого изометрического подошвенного сгибания (50 % МПС).

Результаты, полученные в условиях *in vivo* показывают, что архитектура МИМ, ЛИМ и КМ у человека существенно изменяется и как функция угла голеностопного сустава в покое и как функция силы, развиваемая во время изометрических сокращениях при установленном суставном

угле. В покое, когда изменяется угол голеностопного сустава от -15° до $+30^{\circ}$, угол перистости волокон МИМ увеличивается от 31° до 49° , ЛИМ – от 20° до $28,5^{\circ}$ и КМ – от $22,8^{\circ}$ до 34° ; а длина волокон МИМ уменьшается от $35,5$ до $26,8$ мм, ЛИМ – от $46,8$ до $31,2$ мм, и КМ – от $39,2$ до $28,2$ мм. Эти результаты показывают, что длина и угол перистости волокон ТМГ у человека не остаются постоянными при изменяющейся длине мышцы [26, 32]. В настоящем исследовании при пассивном изменении угла в голеностопном суставе от -15° до $+30^{\circ}$ уменьшение длины волокон мышц предполагает, что волокна мышцы с увеличивающимися углами голеностопного сустава прогрессивно ослабевают [26]. Используя ультразвук, Ichinose et al. [26] показали на примере *m. vastus lateralis* у человека, что в условиях покоя ослабление волокон мышцы является функцией угла коленного сустава. Авторы отметили, что, когда угол в коленном суставе составляет 180° , т.е. отмечается полное разгибание колена, волокна мышцы значительно ослаблены, поскольку они уменьшаются примерно до 35 % своей длины, составляя величину сокращения лишь 10 % МПС. В настоящем исследовании уменьшение в длине волокна (ср. рис. 2 и табл. 1) встречающейся от -15° до $+30^{\circ}$ при пассивном изменении угла также предполагает, что волокна мышцы стали прогрессивно слабыми с увеличивающимися углами в голеностопном суставе.

В настоящем исследовании показано, что переход от условий покоя к усилию 50 % МПС угол перистости волокон МИМ увеличивается от $37,2^{\circ}$ до $49,0^{\circ}$, а длина волокна уменьшается с $31,5$ до $26,9$ мм; угол перистости волокон ЛИМ увеличивается от $21,8^{\circ}$ до $26,2^{\circ}$, а длина волокна немного увеличивается с $35,8$ до $36,0$ мм в КМ угол перистости увеличивается от $28,2^{\circ}$ до $36,0^{\circ}$, а длина волокна уменьшается с $36,2$ до $32,2$ мм без существенного изменения в расстоянии между апоневрозами. Полученные данные хорошо согласуются с предсказаниями Gans и Vock [22], согласно которым «...увеличение перистости подготавливает, чтобы волокна дали компенсацию за изменение в угле волокна во время сокращения...».

Целью настоящего исследования было попытаться объяснить влияние хронической разгрузки на механические свойства мышц человека и оценить вклад профилактического влияния, оказываемое ФЭС, выполненной во время разгрузки на сократительные свойства ТМГ. Наши результаты показывают, что дефицит механической нагрузки или иначе функциональная разгрузка мышечного аппарата вызывает снижение структурных и увеличение сократительных свойств ТМГ у человека и, хотя используемый режим тренировки/упражнений (ФЭС) действительно уменьшал отрицательное влияние функциональной разгрузки, но полностью их не предотвратил. Настоящее исследование можно считать уникальным в терминах продолжительности разгрузки с использованием ФЭС.

Многие исследования показывают, что невесомость вызывает изменения сократительных функций мышц [11, 39]. Отсутствие весовой нагрузки сопровождается изменениями в механических свойствах мышц [2, 7, 11, 13,

19, 33, 34-38, 31, 42]. Более того, невесомость, вызванная иммерсией, сопровождается характерными изменениями в порядке рекрутирования ДЕ во время выполнения произвольного изометрического сокращения [5, 55]. Порядок рекрутирования ДЕ полностью не установлен, будучи переменной при различных условиях, но одним из основных факторов, управляющих порядком рекрутирования ДЕ и являющимся наиболее важным – это вклад афферентного входа от проприорецепторов к мотонейронам, особенно при произвольном сокращении мышцы. Невесомость освобождает мышцы от ее весовой задачи и это должно уменьшить входы (вклад) проприорецепторов от веретен и сухожилия мышцы.

Основной результат работы в том, что после иммерсии с ФЭС изометрический максимальный суставной момент мышц-разгибателей стопы увеличился (~11 %), тогда как предыдущие исследования показали, что отсутствие профилактических мероприятий существенно уменьшает МПС более чем на 50 % [2, 35, 36, 38] и P_0 больше чем на 30 % [35, 36, 38]. Эффективность ФЭС в существенном увеличении сократительных свойств мышц в относительно короткий срок показана ранее [24, 40, 47]. В настоящем исследовании незначительное увеличение силы сокращения мышц у испытуемых можно предположить определяется тем, что, в среднем, интенсивность применяемых стимуляционных импульсов, во время тренировки была чрезвычайно недостаточной для активации малых ДЕ (см. рис. 2, испытуемый 4).

Известно, что когда сила сокращения мышцы прогрессивно увеличивается, то малые мотонейроны, иннервирующие мышцы, быстрее активируются, чем большие клетки [17, 18]. Малые ДЕ состоят из медленосокращающихся волокон типа I, а большие – из быстросокращающихся типа II. При субмаксимальных произвольных сокращениях волокна ДЕ типа I активируются синоптическим потоком, оканчивающимся на моторном нейроне. Ситуация полностью отличается в сокращениях, вызванных ФЭС, поскольку в этом случае волокна ДЕ активируются электрическим током, который применен внеклеточно к окончаниям нерва, и большие мотонейроны с более низким аксональным входным сопротивлением становятся более легковозбудимыми [12, 54]. Фактически, когда стимул применен снаружи клетки, электрический ток сначала должен поступить через мембрану прежде, чем деполяризуется клетка, но внеклеточная среда шунтирует ток и меньшие ДЕ не будет активировано во время субмаксимальной ФЭС из-за более их высокого аксонального входного сопротивления. Поэтому, меньшие ДЕ не тренируются при субмаксимальной ФЭС. Однако, когда используется электрическое возбуждение высокой интенсивности, большой силой стимулирующего импульса, ФЭС будет более эффективным упражнением (57).

Увеличение максимального суставного момента сопровождалось изменениями внутренней архитектуры МИМ, ЛИМ и КМ, которая частично была предотвращена профилактическими упражнениями (ФЭС). После иммерсии с ФЭС длина и угол перистости волокон уменьшаются, и это сильно предполагает потерю последовательно и параллельно соединенных саркомеров, соответственно. Функциональным последствием уменьшения дли-

ны волокна может быть уменьшение степени укорочения волокна во время сокращения. Потеря последовательно соединенных саркомеров предполагает, что это будет иметь значения для характеристических кривых *сила–длина* и *сила–скорость* мышцы. Обнаруженный меньший угол перистости волокна во время сокращения мышцы после иммерсии с ФЭС, очевидно, частично дает компенсацию за потерю силы, которая является постоянным «спутником» гравитационных мышц при разгрузке [13, 35, 36, 38, 39, 42, 47], из-за более эффективной передачи силы к сухожилию, развиваемой волокнами. Уменьшенный начальный угол перистости волокон в покое, вероятно, при сокращении увеличится и уменьшит жесткость сухожилия или мышечно-сухожильного комплекса мышцы, что подтверждается в существенном увеличении $\Delta L_{\text{мышцы}}$ ЛИМ (с 0.9 до 3.3 мм после иммерсии) во время сокращения. Это наблюдение подтверждается ранее полученными результатами [43]. Более того, снижение числа последовательно соединенных саркомеров позволяет предположить, что величина развиваемого волокном сокращения будет сниженной. Это наблюдение хорошо согласуется с результатами, полученными ранее в условиях иммобилизации [29, 50, 56].

Толщина МИМ, ЛИМ и КМ тренируемой конечности значительно уменьшилась после иммерсии с ФЭС. Этот результат подрывает утверждение, что степень атрофии мышц определяется относительным количеством медленсокращающихся волокон мышцы, т.к. МИМ и ЛИМ имеет относительно более высокий процент быстросокращающихся волокон [29, 58]. Уменьшение толщины МИМ и ЛИМ в тренируемой конечности вызывает крайнее противоречие, поскольку мышцы во время разгрузки тренировались. Причина для этого не ясна и указывает, что требуется специфическая (высокоинтенсивная) тренировка для сохранения (или, по крайней мере, поддержания) сократительных свойств и архитектуры скелетных мышц во время механической разгрузки.

С другой стороны, увеличение максимального произвольного суставного момента после иммерсии с ФЭС позволяет предположить, что ФЭС, очевидно, увеличивает афферентный поток в условиях его дефицита при гравитационной разгрузке [23], вызванном длительной экспозицией, которая может также повысить центральную роль в поддержании и нормализации активности систем управления произвольными движениями (по принципу обратной связи [1]).

В заключении, полученные результаты позволяют сделать вывод, что, во-первых, архитектура разных головок ТМГ значительно различается, отражая, вероятно, их функциональные роли, во-вторых, различные изменения длины и угла перистости волокон между разными мышцами, вероятно, связаны с различиями в способности развить силу и упругих характеристик сухожилий или мышечно-сухожильного комплекса мышц. Наконец, в-третьих, ФЭС оказывает, в целом, профилактическое воздействие на стимулируемые мышцы – частично уменьшает глубину и скорость снижения силы сокращения, а также атрофические процессы мышцы, вызванной механической разгрузкой.

Благодарность

Автор выражает благодарность М. Кузьминой, к.м.н., врачу высшей квалификации за выполненные ультразвуковые исследования, и В. Бережинскому, к.т.н., руководителю ООО «Альянс-Холдинг», за разработку программного обеспечения по обработке ультразвуковых изображений.

Особую благодарность автор выражает В.М. Коваленко, директору представительства фирмы «Dalco International» (USA), за предоставление ультразвуковой аппаратуры «SonoSite MicroMaxx»

Автор также выражает глубокую благодарность всем испытуемым, которые участвовали в исследовании, без их участия невозможно было бы получить фактический материал.

Список литературы

1. Бернштейн Н.А. Очерки по физиологии движений и физиологии активности. // М. Медицина. – 1966. – 349 С.
2. Григорьева Л.С., Козловская И.Б. Влияние 7-суточной иммерсионной гипокинезии на характеристики точностных движений. // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1985. – Т. 19. – С. 38-42.
3. Какурин Л.И., Черепяхин М.А., Первухин М.И. Влияние коротких космических полетов на состояние нервно-мышечного аппарата человека // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1971. – № 5. – № 6. – С. 53-56.
4. Какурин Л.И., Черепяхин М.А., Первухин М.И. Влияние факторов космического полета на мышечный тонус. // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1971. – Т. 5. – № 2. – С. 63-68.
5. Киренская А.В., Козловская И.Б., Сирота М.Г. Влияние иммерсионной гипокинезии на характеристики ритмической активности двигательных единиц. // Физиол. человека. – 1986. – Т. 12. – С. 627-632.
6. Козловская И.Б., Григорьева Л.С., Гевлич Г.И. Сравнительный анализ влияний невесомости и ее моделей на скоростно-силовые свойства и тонус скелетных мышц человека // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1984. – Т. 6. – № 18. – С. 22-26
7. Черепяхин М.А., Первухин В.И. Влияние космического полета на нервно-мышечную систему космонавтов. // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1970. – Т. 4. – С. 46-49.
8. Шульжено Е.В., Виль-Вильямс И.Е. Возможности проведения длительной водной иммерсии методом «сухого» погружения. // Косм. биол. и авиакосм. мед. – 1976. – № 10. – С. 82-84.
9. Abe T., Kumagai K., Brechue W.F. Fascicle length of leg muscle is greater in sprinters than distance runners. // Med. Sci. Sports Exerc. – 2000. – V. 32. – P. 1125-1129.
10. Akima H., Kubo K., Imai M. et al. Inactivity and muscle: effect of resistance training during bed rest on muscle size in the lower limb. // Acta Physiol. Scand. – 2001. – V. 172. – P. 269-278.
11. Akima H., Kubo K., Kanehisa H. et al. Leg-press resistance training during 20 days of 6° head-down-tilt bed rest prevents muscle deconditioning. // Eur. J. Appl. Physiol. – 2000. – V. 82. – P. 30-38
12. Almekinders L.C. Transcutaneous muscle stimulation for rehabilitation. // Phys. Sportsmed. – 1984. – V. 12. – P. 118-124.
13. Bachl N., Tschann H., Baron R. et al. Muscular deconditioning during long-term spaceflight exercise recommendations to optimize crew performance. // In: The Future of Humans in Space. 12th Man in Space Symposium. Washington, DC. – 1997. – P. 303P.
14. Berg H.E., Larsson L., Tesch P.A. Lower limb skeletal muscle function after 6 weeks of bed rest. // J. Appl. Physiol. – 1997. – V. 82. – P. 182-188.

15. Bock O. Joint position sense in simulated changed-gravity environments. // *Aviat. Space Environ. Med.* – 1994. – V. 65. – P. 621-626.
16. Bock O., Howard I.P., Money K.E., Arnold K.E. Accuracy of aimed arm movements in changed gravity. // *Aviat. Space Environ. Med.* – 1992. – V. 63. – P. 994-998.
17. Blair E., Erlanger J. A comparison of the characteristics of axons through their individual electrical responses. // *Am. J. Physiol.* – 1933. – V. 106. – P. 524-564.
18. Burke R.E., Edgerton R.V. Motor unit properties and selective involvement in movement. // *Exerc. Sport Sci. Rev.* – 1975. – V. 3. – P. 31-81.
19. Edgerton V.R., Roy R.R. Response of Skeletal Muscle to Spaceflight. // In: *Fundamentals of Space Life Sciences.* (ed. Churchill S.). Chapt. 7. Malabar. FL. Kreiger. – 1995. – P. 105-120.
20. Fukunaga T., Ichinose Y., Ito M., Kawakami Y. et al. Determination of fascicle length and pennation in a contracting human muscle in vivo // *J. Appl. Physiol.* – 1997. – V. 82. – P. 354–358.
21. Fukunaga T., Roy R.R., Shellock F.G. et al. Physiological cross-sectional area of human leg muscles based on magnetic resonance imaging. // *J. Orthop. Res.* – 1992. – V. 10. – P. 926-934.
22. Gans C., Bock W.J. The functional significance of muscle architecture – a theoretical analysis. // *Ergebn. Anat. Entwicklung.* – 1965. – V. 38. – P. 115–142.
23. Gzenko O.G., Grigoriev A.I., Kozlovskaya I.B. Mechanisms of acute and chronic effects of microgravity. // *Physiologist. (Suppl.)*. – 1987. – V. 30. – P. S1-S5.
24. Henneman E., Somjen G., Carpenter D.O. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. // *J. Neurophysiol.* – 1965. – V. 28. – P. 560-580.
25. Huijing P.A., Woittiez R.D. Length range, morphology and mechanical behaviour of rat gastrocnemius during isometric contraction at the level of the muscle tendon complex. // *Netherl. J. Zool.* – 1985. – V. 35. – P. 505-516.
26. Ichinose Y., Kawakami Y. & Fukunaga T. In vivo measurement of fascicle arrangement of human vastus lateralis muscle using ultrasound. // *XVth Cong. Inter. Soc. Biomech.* (eds. Hakkinen K., Keskinen K.L., Komi P.V., Mero A.). Gummerus, Jyväskylä, Finland. – 1995. – P. 412-413.
27. Ilyina-Kakueva E.I., Portugalov V.V., Krivenkova N.P. Space flight effects on the skeletal muscles of rats. // *Aviat. Space Environ. Med.* – 1976. – V. 47. – P. 700-703.
28. Jiang B., Ohira Y., Roy R.R. et al. Adaptation of fibers in fast-twitch muscles of rats to spaceflight and hindlimb suspension. // *J. Appl. Physiol. (Suppl.)*. – V. 73. – P. 58-65.
29. Johnson M.A., Polgar J., Weightman O., Appleton O. Data on the distribution of fibre types in thirty-six human muscles an autopsy study. // *J. Neurol. Sci.* – 1973. – V. 18. – P. 111-129.
30. Kawakami Y., Abe T., Fukunaga T. Muscle-fiber pennation angles are greater in hypertrophied than in normal muscles // *J. Appl. Physiol.* – 1993. – V. 74. – P. 2740–2744.
31. Kawakami Y., Akima H., Kubo K. et al. Changes in muscle size, architecture and neural activation after 20 days of bed rest with and without countermeasures. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2001. – V. 84. – P. 7-12.
32. Kawakami Y., Ichinose Y. Fukunaga T. Architectural and functional features of human triceps surae muscles during contraction. // *J. Appl. Physiol.* – 1998. – V. 85. – P. 398–404.
33. Kawakami Y., Muraoka Y., Kubo K. et al. Changes in muscle size and architecture following 20 days of bed rest. // *J. Gravit. Physiol.* – 2000. – V. 7. – P. 53-60.
34. Koryak Yu. Effects of surface electrostimulation on human skeletal muscle. // *Proc. 5th Vienna Inter. Workshop of Functional Electrostimulation.* – 1995. – P. 297-300.
35. Koryak, Yu. Electromyographic study of the contractile and electrical properties of the human triceps surae muscle in a simulated microgravity environment. // *J. Physiol.* – 1998. – V. 510. – P. 287-295.

36. Koryak Yu. The effect of 120-days of bed rest with and without countermeasures on the mechanical properties of the triceps surae muscle in young female. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 1998. – V. 78. – P. 128-135.
37. Koryak Yu. Electrically evoked and voluntary properties of the human triceps surae muscle: effects of long-term spaceflights. // *Acta Physiol. Pharmacol. Bulg.* – 2001. – V. 26. – P. 21-27.
38. Koryak Yu. “Dry” immersion induces neural and contractile adaptations in the human triceps surae muscle. // *Environ. Med.* – 2002. – V. 46. – P. 17-27.
39. Koryak Yu. Contractile properties and fatiguability of the human triceps surae muscle after exposure to simulated weightlessness. // In: *From Basic Motor Control to Functional Rec. III.* (ed. Gantchev N.). University Press. Varna. – 2003. – P. 369-380.
40. Koryak Yu., Kozlovskaya I., Gratchev V. et al. Electromyostimulation (EMS) as a countermeasure of the negative effects of weightlessness to prolonged spaceflights. // *XII Conference on Space Biol. and Aerospace Med.* – 2002. – P. 486-487.
41. Kozlovskaya I.B., Aslanova I.F., Grigorieva L.S., Kreidich Yu.V. Experimental analysis of motor effects of weightlessness. // *Physiologist. (Suppl.)*. – 1982. – V. 25. – S49-S52.
42. Kozlovskaya I., Dmitrieva I., Grigorieva L. et al. Gravitational mechanisms in the motor system. Studies in real and simulated weightlessness. // In: *Stance and Motion. Facts and Concepts.* (eds. Gurfinkel V.S., Ioffe M.Ye., Massion J.). Plenum, New York. – 1988. – P. 37-48.
43. Kubo K., Akima H., Kouzaki M., et al. Changes in the elastic properties of tendon structures following 20 days bed rest in humans. // *Eur. J. Appl. Physiol.* – 2000. – V. 83. – P. 463-468.
44. LeBlanc A.D., Schneider V.S., Evans H.J. et al. Regional changes in muscle mass following 17 weeks of bed rest. // *J. Appl. Physiol.* – 1992. – V. 73. – P. 2172-2178.
45. Lieber R.L., Frieden J. Functional and clinical significance of skeletal muscle architecture. // *Muscle Nerve.* – 2000. – V. 23. – P. 1647-1666.
46. Maganaris C.N., Baltzopoulos V., Sargeant A.J. Changes in Achilles tendon moment arm from rest to maximum isometric plantarflexion: observations in man. // *J. Physiol.* – 1998. – V. 510. – P. 977-985.
47. Mayr W., Freilinger G., Rafolt R. et al. Functional electrostimulation as a countermeasure – against muscular atrophy in long-term space flights. // *BAM.* – 2000. – V. 10. – P. 78.
48. Mitarai G., Mano T., Yamazaki Y. Correlation between vestibular sensitization and leg muscle relaxation under weightlessness simulated by water immersion. // In: *Proc. 31st Congress Inter. Astronautical Federation.* Pergamon Press, Oxford. – 1980. – P. 1-8.
49. Narici M.V., Binzoni T., Hiltbrand E. et al. In vivo human gastrocnemius architecture with changing joint angle at rest and during graded isometric contraction // *J. Physiol.* – 1996. – V. 496. – P. 287-297.
50. Narici M.V., Capodaglio P., Minetti A.E. et al. Changes in human skeletal muscle architecture induced by disuse atrophy. // *J. Physiol.* – 1998. – V. 59. – P. 506P.
51. Ross H.E., Brodie E., Benson A. Mass discrimination during prolonged weightlessness. // *Science.* – 1984. – V. 225. – P. 219-221.
52. Scott S.H., Engstrom C.M., Loeb G.E. Morphometry of human thigh muscles. Determination of fascicle architecture by magnetic resonance imaging // *J. Anat.* – 1993. – V. 182 – P. 249-257.
53. Sipilä S., Souminen H. Muscle ultrasonography and computed tomography in elderly trained and untrained women // *Muscle Nerve.* – 1993. – V. 16. – P. 294-300.
54. Solomonow M. External control of the neuromuscular system. // *IEEE Transactions on Biomed. Engin.* – 1984. – V. 31. – P. 752-763.
55. Sugajima Y., Mitarai G., Koeda M., Moritani T. Characteristic changes of motor unit activity in hip joint flexor muscles during voluntary isometric contraction during water immersion. // *J. Electromyog. Kinesiol.* – 1995. – V. 6. – P. 83-95.
56. Williams P.E., Catanese T., Lucey E.G., Goldspink G. The importance of stretch and contractile activity in the prevention of connective tissue accumulation in muscle. // *J. Anat.* – 1988. – V. 58. – P. 109-114.

57. Woo S.L., Gomez M.A., Woo Y.K., Akeson W.H. Mechanical properties of tendons and ligaments. II. The relationships of immobilization and exercise on tissue remodeling. // *Biorheology*. – 1982. – V. 19. – P. 397–408.

58. Yamaguchi G.T., Sawa A.G.U. Moran D.W. et al. A survey of human musculotendon actuator parameters. // In: *Multiple Muscle Systems. Biomechanics and movement Organization*. (eds: Winters J.S. Woo S. L-Y.). New-York. Springer-Verlag. – 1990. – P. 717-773.

НАХОДКА *CRICOTOPUS (ISOCLADIUS) MYRIOPHYLLI* OLIVER, 1984 (DIPTERA, CHIRONOMIDAE) В ФАУНЕ ОЗЕРА БАЙКАЛ

Кравцова Л.С.

Лимнологический институт СО РАН, канд. биол. наук, доцент,
Россия, г. Иркутск

Войло М.А.

Лимнологический институт СО РАН, аспирант,
Россия, г. Иркутск

Исследована фауна хирономид донных фитоценозов *Myriophyllum spicatum* L., *Elodea canadensis* (Mich.), *Potamogeton perfoliatus* L. озера Байкал. Выявлено 24 таксона хирономид из трех подсемейств: Tanypodinae (3), Orthoclaadiinae (9), Chironominae (12), среди которых впервые отмечен вид *Cricotopus (Isocladius) myriophylli* Oliver, 1984.

Ключевые слова: хирономиды, фитоценозы, озеро Байкал.

В пресноводных водоемах донные фитоценозы населены разнообразной фауной беспозвоночных животных [2, 3, 5, 10]. Высшая водная растительность является важным звеном в функционировании экосистемы озера Байкал, в ее составе зарегистрировано 86 видов [1]. Вдоль открытых побережий Байкала обычно встречается 3–4 вида: *Myriophyllum spicatum* L., *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch., *Potamogeton perfoliatus* L., *P. pectinatus* L. [6]. Интерес представляет фауна хирономид, ассоциированная с байкальской высшей водной растительностью.

В 2008-2010 гг. исследовано население беспозвоночных животных в фитоценозах высших водных растений. Количественные пробы отбирали в Малом Море в бухтах Хужир-Нуго (N 53°04'560; E 106°48'421) и Куркутская (N 53°01'427; E 106°52'497) в начальный период вегетации растений (июнь), а вояремя их максимального развития (август) – в б. Куркутская и в Посольском соре (N 51°54'097; E 106°07'109). Сбор проб осуществляли водолазы с помощью колокола из мельничного сита № 35, прикрепленного к рамке (учетная площадь 0,25 м²). Колокол опускали на дно (глубины от 1,8 м до 3 м), растения срезали ножом с площади, ограниченной учетной рамкой, затем, освободив его от рамки, затягивали веревкой и доставляли на берег. Грунт (илистый песок) вынимали из рамки водолажным совком. На берегу растения тщательно отмывали в емкостях с большим количеством воды, сортировали по видам и упаковывали в бумажные пакеты. Беспозвоночных животных с

растений, а также из проб грунта, промывали через сачок из мельничного сита № 35 и складывали в отдельные банки. С целью определения заселенности *M. spicatum* личинками хирономид, водолазы отбирали качественные пробы в разные месяцы 2012-2014 гг. в следующих районах Южного Байкала: Варначка, бухта Большие Коты, Лиственничный залив, мыс Шаманский, Выдрино. Растения *M. spicatum*, собранные на дне озера помещали в банки и доставляли в лабораторию, где его побеги просматривали под микроскопом МБС 9 при увеличении 2×8. Весь собранный материал фиксировали 4 % формалином. Всего было отобрано и проанализировано 56 количественных и 204 качественных проб.

В Байкале хирономиды самая разнообразная по составу группа амфибиотических насекомых, в настоящее время она включает 166 видов и личиночных форм [4]. В фауне хирономид исследованных фитоценозов *Elodea canadensis* (Mich.), *M. spicatum*, *P. perfoliatus* выявлено 24 таксона из трех подсемейств: Tanypodinae (3), Orthocladiinae (9), Chironominae (12). Хирономиды, хотя и были представлены обычными для прибрежно-соровой зоны Байкала видами [2], тем не менее, впервые среди них найден *Cricotopus (Isocladius) myriophylli* Oliver, 1984. Вид описан по личинке, куколке, имаго (♂) из небольших и крупных озер Канады [12]. Жизненный цикл этого вида в Байкале и в других местообитаниях несколько различается. В Байкале встречаемость личинок 1-ой и 2-ой возрастных стадий *C. myriophylli* была высока в марте – мае и составляла от 12% до 39%, а также в ноябре (до 47%). Личинки 3-ей и 4-ой стадий были отмечены в Байкале в июне и августе. В феврале (зимний период) встречались лишь единичные экземпляры личинок 1-ой возрастной стадии. Как правило, личинки первого возраста обитали среди плотно прилегающих перистых листьев молодых побегов, расположенных на вершине стеблей. Личинок хирономид 3-его и 4-ого возрастов можно было обнаружить в домиках-чехликах на поверхности листовых пластинок *M. spicatum*, стеблей, а также свободно перемещающимися среди зарослей растений и донных отложений, находящихся под их покровом [5]. В других местах ареала, в частности, в водоемах Канады [9] у *C. myriophylli* личинки 1-ой возрастной стадии встречаются с середины июня до середины августа и отсутствуют в зимний период. Лёт комаров начинается в конце мая и продолжается до середины сентября, соотношение самцов и самок составляет 2:1. Зимуют личинки преимущественно в 3-ей стадии, хотя в этот период также присутствуют личинки и 4-ой, и 2-ой стадий, но в меньшем количестве, диапаузы у них не наблюдается.

Обилие хирономид *C. myriophylli* в бухте Куркутская озера Байкал в летний период 2008 г. было относительно велико (рис.).

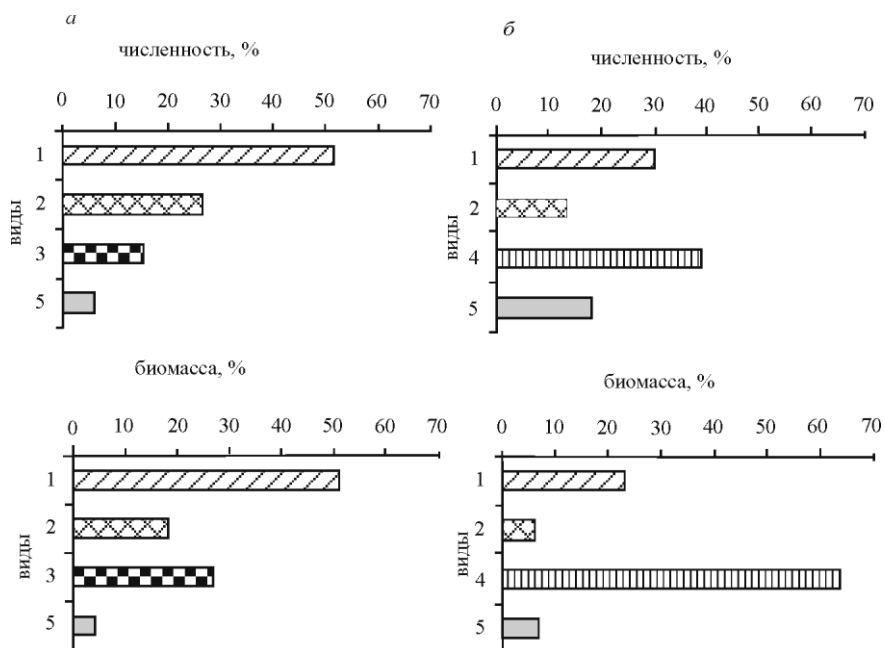


Рис. Виды, населяющие заросли (а) и донные отложения (б): 1 – *Cricotopus myriophylli*, 2 – *Nanocladius* gr. *bicolor*, 3 – *Psectrocladius sokolovae*, 4 – *Procladius choreus*, 5 – прочие.
Рис. Структура таксоценоза хирономид в зарослях *Myriophyllum spicatum* озера Байкал (бухта Куркутская, 2008)

Средняя численность личинок в зарослях растений *M. spicatum* достигала 70 экз./м², составляя 52% от общего обилия хирономид в таксоценозе (136 экз./м²). Биомасса (25.9 мг/м²) личинок *C. myriophylli* не превышала 51 % от общей (50.7 мг/м²). В донных отложениях как численность (16 экз./м²), так и биомасса (8.0 мг/м²) этого вида были невысоки, составляя соответственно 30% и 23% от общих показателей хирономид (52 экз./м² и 34.6 мг/м²). Если в зарослях *M. spicatum* хирономиды *C. myriophylli* характеризовались 100% встречаемостью, то в исследованных фитоценозах *E. canadensis* и *P. perfoliatus* отсутствовали, как среди растений, так и в донных отложениях. В других водоемах и водотоках в зарослях *M. spicatum* и в прилегающих донных отложениях количественные показатели хирономид значительно выше, чем в Байкале. Например, в нижнем течении р. Гудзон (Нью-Йорк, США) было зарегистрировано до 196 тыс. экз./м² хирономид, ассоциированных с *M. spicatum* [11].

Развиваясь в большом количестве личинки *C. myriophylli* способны ингибировать рост *M. spicatum*. Специфичность личинок *C. myriophylli* по отношению к «растению-хозяину» доказывают экспериментальные работы Макрея с соавторами [8]. Поселяясь на верхушках стеблей среди молодых листьев *M. spicatum* личинки *C. myriophylli* выгрызают апикальную меристему и таким образом препятствуют формированию новых побегов. Этот факт имеет большое значение для разработки биологических методов борьбы с экспансией *M. spicatum* в водных экосистемах. Интенсивное развитие его приводит к изменению нативного растительного покрова. Так, проникнув из Евразии в 40-е годы прошлого столетия в олиготрофные водоемы Северной Америки, *M. spicatum* вытеснил аборигенную растительность, число ее видов

за 7 лет сократилось в 3 раза [7]. В Байкале в настоящее время *M. spicatum* распространен как вдоль открытых побережий, так и в заливах, но широкой экспансии его не наблюдается. Возможно хирономиды *C. myriophylli* служат одним из лимитирующих факторов распространения *M. spicatum* в озере Байкал.

Список литературы

1. Азовский, М.Г. Высшие водные растения озера Байкал / М.Г. Азовский, В.В. Чепинога. – Иркутск, 2007. – 157 с.
2. Бекман, М.Ю. Фитофильные сообщества беспозвоночных в мелководных заливах / М.Ю. Бекман, Л.А. Левковская, Л.Н. Снимщикова // Лимнология прибрежно-соровой зоны Байкала. – Новосибирск, 1977. – С.216–222.
3. Зимбалевская, Л.Н. Зооперифитон внутренних водоемов западной Сибири / Л.Н. Зимбалевская // Фитофильные беспозвоночные равнинных рек и водохранилищ. – Киев, 1981. – 214 с.
4. Кравцова, Л.С. Биота водоемов Байкальской рифтовой зоны: монография. – Иркутск: Изд-во Иркут. гос. ун-та. 2009. – С.155–165.
5. Кравцова, Л.С. Хорологическая структура населения беспозвоночных животных в зарослях высших водных растений озера Байкал / Л.С. Кравцова, И.В. Механикова, Л.А. Ижболдина // Гидробиол. журн. – 2011. – Т.47, №3. – С.32–44.
6. Паутова, В.Н. Высшие водные растения озера Байкал // Продуктивность Байкала и антропогенные изменения его природы. – 1974. – С. 17–25.
7. Boylen, C.W. Physical control of Eurasian watermilfoil in an oligotrophic lake / C.W. Boylen, L.W. Eichler, J.W. Sutherland // Hydrobiol. – 1996. – V.340. – P.213–218.
8. MacRae, I.V. Feeding activity and host preference of the milfoil midge *Cricotopus myriophylli* Oliver (Diptera: Chironomidae) / I.V. MacRae, N.N. Winchester, R.A. Ring // J. Aquat. Plant Man. – 1990. – V.8. – P.89–92.
9. MacRae, I.V. Life history *Cricotopus myriophylli* (Diptera, Chironomidae) in the Okanagan Valley, British Columbia / I.V. MacRae, R.A. Ring // Can. Entomol. – 1993. – V.125, №3. – P.979–985.
10. Marklund, O. Distribution and diel migration of macroinvertebrates within dense submerged vegetation / O. Marklund, I. Blindow, A. Hargeby // Freshwat. Biol. – 2001. – V.46. – P.913–924.
11. Menzie, C.A. The chironomid insect diptera and other fauna of the *Myriophyllum spicatum* plant bed in the lower Hudson River, New York, U.S.A / C.A. Menzie // Estuar. – 1980. – V.3. – P.38–54.
12. Oliver, D.R. Description of a new species of *Cricotopus* Van der Wulp (Diptera: Chironomidae) associated with *Myriophyllum spicatum* / D.R. Oliver // Can. Entomol. – 1984. – V.116. – P.1287–1292.

АКТИВНОСТЬ ФЕНИЛМЕТИЛСУЛЬФОНИЛФТОРИД-ИНГИБИРУЕМОЙ КАРБОКСИПЕПТИДАЗЫ ПРИ ОДНОКРАТНОМ ВВЕДЕНИИ СЕЛЕКТИВНЫХ ИНГИБИТОРОВ ОБРАТНОГО НЕЙРОНАЛЬНОГО ЗАХВАТА МОНОАМИНОВ

Кручинина А.Д.

ассистент кафедры «Общая биология и биохимия»
Пензенского государственного университета,
Россия, г. Пенза

Григорьева О.М.

студент Пензенского государственного университета,
Россия, г. Пенза

Генгин М.Т.

профессор кафедры «Общая биология и биохимия»
Пензенского государственного университета, д.б.н., профессор,
Россия, г. Пенза

Регуляторные пептиды вовлечены в патогенез депрессии, а их уровень напрямую зависит от активности ферментов их обмена, в частности фенилметилсульфонилфторид-ингибируемой карбоксипептидазы (ФМСФ-КП). В данной работе было изучено влияние однократного введения селективных ингибиторов обратного нейронального захвата моноаминов: флуоксетина, ребоксетина, бупропиона, на активность ФМСФ-КП в надпочечниках крыс.

Ключевые слова: депрессия; флуоксетин, ребоксетин; бупропион, регуляторные пептиды; фенилметилсульфонилфторид-ингибируемая карбоксипептидаза.

Регуляторным пептидам принадлежит ключевая роль в регуляции важных нейрофизиологических процессов и соматических функций [6]. При депрессии и терапии антидепрессантами наблюдаются изменения их концентраций в отделах мозга, цереброспинальной жидкости и сыворотке крови [1]. Однако, остаются неизученными молекулярные механизмы участия пептидергической системы в патогенезе заболевания.

В настоящее время известно, что образование активных форм многих регуляторных пептидов происходит в результате ограниченного протеолиза их предшественников при участии ферментов их обмена, одним из которых является ФМСФ-КП, преимущественно локализованная в надпочечниках [3].

Для лечения депрессии широко используются селективные ингибиторы обратного нейронального захвата моноаминов, в частности серотонина – флуоксетин, норадреналина – ребоксетин, дофамина – бупропион [5]. В связи с наличием функциональных взаимодействий между моноаминовыми и пептидергической нейромедиаторными системами, представляет интерес исследование влияния данных препаратов на компоненты пептидергической системы.

Целью данной работы было изучение активности ФМСФ-КП в надпочечниках крыс при однократном внутрибрюшинном введении флуоксетина, ребоксетина, бупропиона.

Эксперимент проводился на самцах белых беспородных крыс массой 200-250 г. Через 12, 24 и 72 ч после внутрибрюшинного введения препаратов животных декапитировали под хлороформным наркозом. В гомогенате надпочечников определяли активность ФМСФ-КП флуориметрическим методом [3] и содержание белка методом Лоури [2]. Активность фермента выражали в нмоль продукта, образовавшегося за 1 минуту инкубации в пересчете на 1 мг белка. Полученные данные обрабатывали статистически с привлечением t-критерия Стьюдента, дисперсионного анализа, метода Шеффе [4].

Результаты эксперимента представлены на рисунке. Согласно литературным данным, для пациентов с депрессией характерна гиперактивация гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси, сопровождающаяся повышением уровня АКТГ, кортикотропин-рилизинг фактора, кортизола в плазме крови больных [1].

Однократное введение селективных ингибиторов обратного нейронального захвата моноаминов приводит к снижению активности ФМСФ-КП. Так, флуоксетин вызывает снижение активности фермента на 26% через 24 ч, ребоксетин на 21% и 25% через 12ч и 24 ч, бупропион на 23% через 72 ч после инъекции относительно контроля. По-видимому, при приеме антидепрессантов снижение уровня регуляторных пептидов, вовлеченных в патогенез депрессии, обусловлено уменьшением активности ферментов их обмена, к которым относится ФМСФ-КП, что приводит к снижению степени выраженности симптоматики данного заболевания.

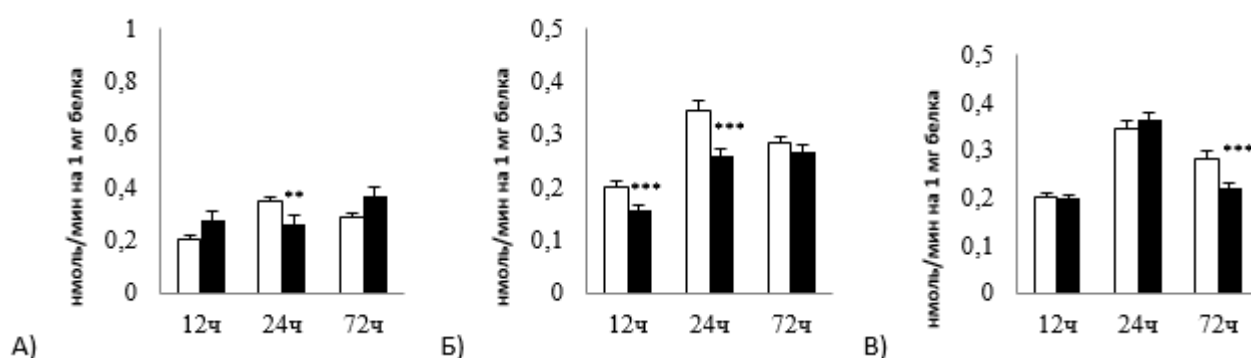


Рис. 1. Активность ФМСФ-КП в надпочечниках крыс при введении селективных ингибиторов обратного нейронального захвата моноаминов (нмоль продукта, образовавшегося за 1 минуту инкубации на 1 мг белка, $M \pm m$, $n=4-6$). Здесь: * – $p<0,05$, ** – $p<0,01$, *** – $p<0,001$ относительно контроля. А) □ – контроль, ■ – флуоксетин 10 мг/кг, Б) □ – контроль, ■ – ребоксетин 10 мг/кг, В) □ – контроль, ■ – бупропион 20 мг/кг

Список литературы

1. Bao A.M., Swaab D.F., Lucassen P.J. The stress systems in the human brain in depression and neurodegeneration // Ageing Research Reviews. 2005. Vol. 4. P. 141–194.
2. Lowry O.H., Rosebrought N.J., Farr A.G., Randall R.J. Protein measurement with the Folin phenol reagent // J. Biol. Chem. 1951. Vol. 193. № 1. P. 265–275.

3. Вернигора А.Н., Никишин Н.Н., Генгин М.Т. Частичная характеристика основной фенилметилсульфонилфторид-ингибируемой карбоксипептидазы из головного мозга кошки // Биохимия. 1995. Т. 60. № 11. – С. 1860-1866.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
5. Раевский К.С. Антидепрессанты: нейрхимические аспекты механизма действия // Психиатрия и психофармакотерапия. 2001. Т. 3. №5. С. 162-166.
6. Соловьев В.Б., Генгин М.Т., Соловьева О.В., Павлова О.В., Лобзина Е.С. Влияние холинотропных препаратов на активность основных карбоксипептидаз в нервной ткани крыс // Биохимия. 2011. Т. 76. № 10, С. 1437 – 1443.

ВЛИЯНИЕ СЕМАКСА И СЕЛАНКА НА МЕЖПОЛУШАРНУЮ АСИММЕТРИЮ МОЗГА У КРЫС С РАЗНЫМ ПРОФИЛЕМ МОТОРНОЙ ЛАТЕРАЛИЗАЦИИ

Латынова И.В.

ассистент кафедры «Общая биология и биохимия»,
Пензенский государственный университет,
Россия, г. Пенза

Генгин М.Т.

профессор кафедры «Общая биология и биохимия»,
Пензенский государственный университет, д-р биол. наук, профессор,
Россия, г. Пенза

Соловьев В.Б.

профессор кафедры «Общая биология и биохимия»,
Пензенский государственный университет, д-р биол. наук, профессор,
Россия, г. Пенза

Проведено изучение влияния синтетических пептидных препаратов семакса и селанка на межполушарную асимметрию мозга у крыс с разным профилем моторной латерализации. Установлена зависимость влияния семакса и селанка на показатель моторной асимметрии от профиля моторной латерализации животных: семакс более активен к изменению межполушарных отношений у крыс «правшей»; селанк более активен к изменению межполушарных отношений у крыс «левшей»; амбидекстры подвержены влиянию пептидов в одинаковой степени.

Ключевые слова: семакс, селанк, межполушарная асимметрия мозга, пептид.

В современной нейрофизиологии и нейрхимии особое внимание уделяется изучению механизмов пластичности нервной системы, с помощью которых обеспечиваются такие важнейшие функции, как обучение и память. Исследование молекулярных основ этих процессов важно как для понимания механизмов функций мозга, так и для поиска способов коррекции тех или иных патологических состояний нервной системы.

Среди средств коррекции большой интерес вызывают вещества пептидной природы, оказывающие мощное регулирующее воздействие при их введении в организм [9, с. 5; 10, с. 82; 11, с. 60]. К таким веществам относятся

синтетический аналог адренкортикотропного гормона – семакс [1, с. 421] и аналог эндогенного пептида тафцина – селанк [4, с. 3]. Ранее в экспериментах на культурах ткани и животных моделях церебральной ишемии, а также в клинических условиях установлены выраженные нейропротекторные и ноотропные эффекты семакса [3, с. 58; 5, с. 36] и селанка [4, с. 6; 6, с. 261].

Однако в настоящее время остаются неизученными механизмы действия пептидных препаратов, что существенно сдерживает дальнейшие клинические испытания, а также внедрение их в клиническую практику. В связи с этим в контексте обсуждаемой проблемы заслуживает внимания исследование роли пептидов в регуляции особенностей функциональной асимметрии мозга. Раскрытие механизмов межполушарных отношений важно для решения вопросов, связанных с патогенезом некоторых форм заболеваний мозга, с проблемой управления функциональным состоянием организма и разработкой новых рациональных методов оптимизации обучения.

Исходя из вышеизложенного, целью настоящего исследования явилось изучение влияния семакса и селанка на функциональную межполушарную асимметрию (ФМА) мозга у крыс с разным профилем моторной латерализации.

Материалы и методы

Опыты выполнены на 36 самцах белых беспородных крыс массой 200-250 г, содержащихся в стандартных условиях вивария при свободном доступе к пище и воде, 12-часовом световом режиме.

Для интраназальных инстилляций применялись 1% растворы семакса и селанка. Пептиды вводились курсом (в течение 3 дней) в дозе 250 мкг/кг за 10 минут до начала эксперимента.

При определении степени межполушарной асимметрии на фоне введения семакса и селанка животные предварительно отбирались по критерию моторной латерализации. Для этого использовали следующую схему эксперимента: у животных в течение 7 дней вырабатывали условный пищедобывательный рефлекс (УПР) [2, с. 156] в камере, состоящей из двух отсеков: стартового и рабочего. В рабочем отсеке располагалась площадка с лесенкой, на которой размещалась выдвижная кормушка. Животных с пищевой депривацией помещали в стартовый отсек. Через 30-60 секунд после посадки открывали дверцу стартового отсека. Звуковой сигнал служил условным раздражителем. Во время действия звукового сигнала крыса должна была подняться на площадку для пищевого подкрепления, выдвинуть кормушку за рычаг и достать из нее пищу. В этом случае решение задачи считали верным. Для анализа регистрировалось число верных решений (в процентах от числа сочетаний за один опытный сеанс). В качестве критерия выработки рефлекса выбиралось более 80% правильных реакций от числа предъявляемых сочетаний.

У крыс с выработанным УПР подсчитывали число манипуляторных движений правой и левой конечностью. Вычисляли коэффициент асимметрии (Кас), который определялся как отношение разности правосторонних (R) и левосторонних (L) манипуляторных навыков к их сумме: $Kac = (R-L)/(R+L)$ [11, с. 166]. По значению Кас животных относили к одной из групп: «прав-

ши» ($0,4 < K_{ас} \leq 1$), «левши» ($-1 \leq K_{ас} < -0,4$) и амбидекстры ($-0,4 \leq K_{ас} \leq 0,4$). Изучение изменения $K_{ас}$ у каждой из групп при трехкратном введении пептида проводили в течение 5 дней.

Полученные данные подвергали статистической обработке с применением программного обеспечения Statistica 6 (StatSoft, USA) с использованием t-критерия Стьюдента и дисперсионного анализа.

Результаты и их обсуждение

Результаты по исследованию роли селанка и семакса в регуляции ФМА головного мозга у крыс представлены на рисунке 2. Введение семакса и селанка меняло межполушарные отношения (МО) у крыс, однако эти изменения были выражены в различной степени и зависели от исходной моторной латерализации животных.

У крыс «правшей» при введении селанка в 1 день эксперимента исходный $K_{ас}$, равный $0,87 \pm 0,042$, не изменялся. На 2-е сутки отмечалась инверсия знака: $K_{ас}$ был равен $-0,9 \pm 0,045$ ($p < 0,05$), однако этот эффект был кратковременным. На 3 день опыта $K_{ас}$ увеличился на 174% ($p < 0,05$) и равнялся $0,67 \pm 0,042$. В последующие дни эксперимента у животных сохранялась правосторонняя моторная латерализация.

У крыс «левой» наблюдалось постепенное увеличение $K_{ас}$ в течение 5 дней. В 1 день эксперимента $K_{ас}$ достоверно увеличился на 15,6% ($p < 0,05$) относительно исходного значения. На 2 и 3 дни опыта $K_{ас}$ был выше на 32% и 38% соответственно по сравнению с предыдущим значением ($p < 0,05$). К 5 дню $K_{ас}$ был достоверно выше на 76% по сравнению с исходным значением ($p < 0,05$), однако инверсии знака не наблюдалось.

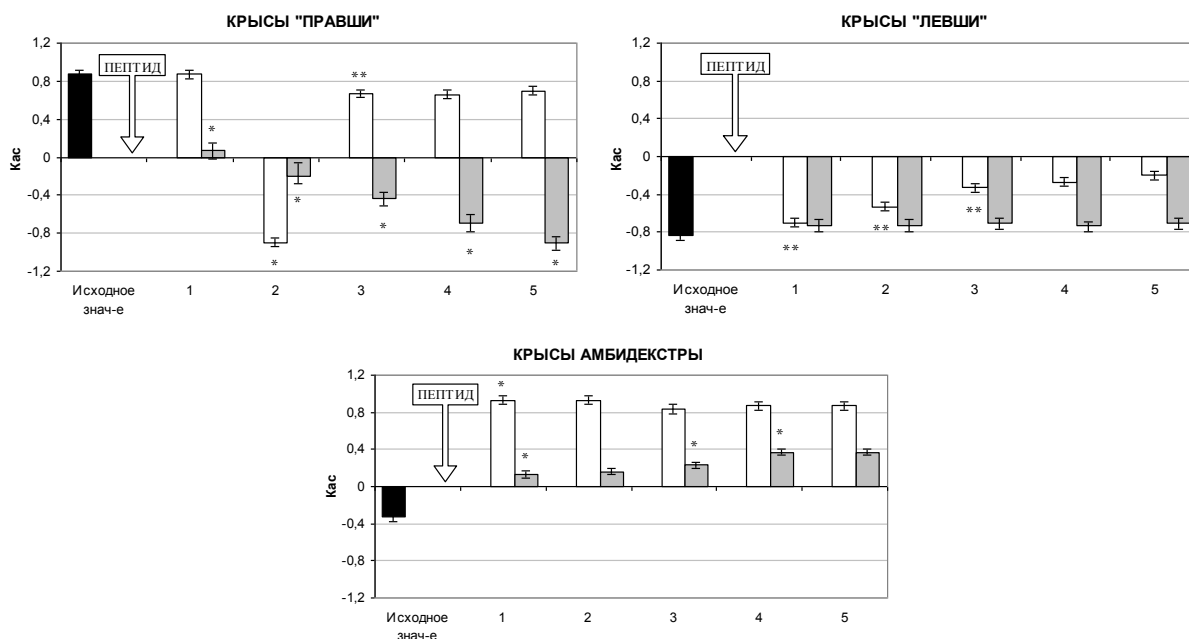


Рис. 2. Изменение $K_{ас}$ у крыс с разным профилем моторной латерализации при интраназальном введении пептидов ($M \pm m$, $n=6$). Здесь: ось абсцисс – дни опыта, ось ординат – коэффициент асимметрии, ■ – исходное значение $K_{ас}$, □ – введение селанка, ■ – введение семакса, * – $p < 0,01$, ** – $p < 0,05$ относительно предыдущего значения $K_{ас}$

Отчетливые изменения имели место у крыс амбидекстров. В этом случае введение селанка приводило к более выраженному и длительному изменению профиля поведения. В 1 день эксперимента Кас увеличивался в 3,5 раза относительно исходного значения ($p < 0,05$), наблюдалась инверсия знака: животные осуществляли манипуляторные движения преимущественно правой конечностью. Этот эффект сохранялся в течение 5 дней опыта.

При введении семакса крысам «правшам» Кас в 1 день опыта уменьшался на 92% по сравнению с исходным значением, равным $0,97 \pm 0,033$ ($p < 0,05$). На 2 день эксперимента наблюдалась инверсия знака Кас. Тенденция к снижению показателя регистрировалась в течение 5 дней экспериментального воздействия. На 4 день Кас был достоверно ниже на 38,6% относительно предыдущего значения ($p < 0,05$). К 5 дню опыта Кас снижался на 193% по сравнению с исходным значением ($p < 0,05$). Таким образом, животные приобретали левостороннюю моторную латерализацию.

У крыс «левшей» значительных изменений МО при введении семакса не было выявлено. В 1 день опыта исходное значение Кас достоверно увеличивалось на 12% ($p < 0,05$). На протяжении остальных дней экспериментального воздействия у животных сохранялась левосторонняя моторная латерализация.

Введение семакса крысам амбидекстрам в 1 день опыта приводило к инверсии знака Кас, показатель был достоверно выше на 139% относительно исходного значения ($p < 0,05$). В последующие дни эксперимента такая тенденция сохранялась и шла к увеличению. На 5 день экспериментального воздействия Кас достоверно увеличился в 2 раза по сравнению с исходным значением ($p < 0,05$).

Анализ полученных данных привел нас к предположению, что у крыс выявлена определенная тенденция в дифференциации эффектов пептидов на межполушарную асимметрию мозга. Действие семакса более выражено у животных с правосторонней моторной латерализацией и крыс амбидекстров, селанка – с левосторонней и так же крыс амбидекстров. Известно, что функциональная межполушарная асимметрия опирается на асимметрию биохимических реакций [7, с. 395]. Так, активность левого полушария связана с работой дофамин-, ГАМК- и холинергической системы, а правого – серотонин- и норадренергической [8, с. 10]. Это дает основания полагать, что зарегистрированные нами изменения в поведении животных, получавших семакс и селанк, связаны с их модулирующим воздействием на систему биогенных аминов мозга.

Список литературы

1. Ашмарин, И.П. Ноотропный аналог адренокортикотропина 4-10-Семакс (15-летний опыт разработки и изучения) / И.П. Ашмарин, В.Н. Незавибатько, Н.Ф. Мясоедов, А.А. Каменский, И.А. Гривенникова, М.А. Пономарева-Степная, Л.А. Андреева, А.Я. Каплан, В.Б. Кошелев, Т.В. Рясина // Журн. высш. нерв. деят. – 1997. – Т. 47. – № 2. – С. 420-429.
2. Буреш, Я. Методики и основные эксперименты по изучению мозга и поведения / Я. Буреш, О. Бурешова, Д.П. Хьюстон. – М., 1991. – 268 с.
3. Долотов, О.В. Семакс – аналог АКТГ(4-10), когнитивные эффекты / О.В. Долотов, Е.А. Карпенко, Л.С. Иноземцева, Т.С. Середенина, Н.Г. Левицкая, Е.В. Дубинина // Биоорганическая химия. – 2006. – Т. 1117. – № 1. – С. 54-60.

4. Козловский, И.И. О компенсаторных свойствах селанка при мнестических нарушениях функций, вызванных нейротоксическим воздействием на норадренергическую систему мозга крыс / И.И. Козловский, Ф.Ю. Белозерцев, Т.П. Семенова, А.В. Зуйков и др. // Эксперим. и клин. фармакол. – 2008. – Т. 71. – № 2. – С. 3-7.
5. Латынова, И.В. Влияние семакса на активность карбоксипептидазы E в лимбических структурах мозга при выработке условного пищедобывательного рефлекса у крыс / И.В. Латынова, М.Т. Генгин, Т.Н. Соллертинская, В.Б. Соловьев, Л.В. Живаева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2013. – №4 (28). – С. 35-43.
6. Соловьев, В.Б. Влияние селанка на активность основных карбоксипептидаз в нервной ткани крыс / В.Б. Соловьев, М.Т. Генгин, Т.Н. Соллертинская, И.В. Латынова, Л.В. Живаева // Журнал эволюционной биохимии и физиологии. – 2012. – Т.48. – №3. – С. 260-263.
7. Фокин, В.Ф. Стационарная и динамическая организация функциональной межполушарной асимметрии: руководство по функциональной межполушарной асимметрии / В.Ф. Фокин, А.И. Боровова, Н.С. Галкина, Н.В. Пономарева, И.А. Шимко. – М.: Научный мир, 2009. – С. 389-428.
8. Фокин, В.Ф. Факторы, определяющие динамические свойства функциональной межполушарной асимметрии / В.Ф. Фокин, Н.В. Пономарева, М.В. Кротенкова, Р.Н. Коновалов, М.М. Танащян, О.В. Лагода // Асимметрия. – 2011. – Т. 5. – № 1. – С. 5-20.
9. Хавинсон, В.Х. Механизмы геропротекторного действия пептидов / В.Х. Хавинсон, В.В. Малинин // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2002. – Т. 133. – № 1. – С. 4-10.
10. Хавинсон, В.Х. Результаты и перспективы практического применения пептидных биорегуляторов в геронтологии / В.Х. Хавинсон, В.Г. Морозов // Клиническая медицина. – 2006. – № 8. – С. 81-84.
11. Хавинсон, В.Х. Пептидная регуляция основных функций организма / В.Х. Хавинсон, Г.А. Рыжак // Вестник Росздравнадзора. – 2010. – № 6. – С. 58-62.
12. Чуян, Е.Н. Изменение коэффициента моторной асимметрии у крыс при адаптации к гипоксическому стрессу / Е.Н. Чуян, О.И. Горная // Физика живого. – 2009. – Т. 17. – № 1. – С. 165-168.

СОЗДАНИЕ РЕПРЕЗЕНТАТИВНОЙ ВЫБОРКИ КОРОВ В ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДА ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Лоскутов С.И.

старший научный сотрудник Всероссийского научно-исследовательского
института генетики и разведения сельскохозяйственных животных.

кандидат сельскохозяйственных наук,
Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин

Смарагдов М.Г.

заведующий лабораторией молекулярной организации генома
Всероссийского научно-исследовательского института генетики и разведения
сельскохозяйственных животных, кандидат биологических наук,

Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин

Кудинов А.А.

аспирант Всероссийского научно-исследовательского института генетики и
разведения сельскохозяйственных животных,

Россия, г. Санкт-Петербург, Пушкин

В статье рассмотрен базовый подход создания референтной популяции голштинизированного черно-пестрого скота Ленинградской области. С помощью метода

главных компонент показана возможность выявления генетических взаимоотношений между популяциями и прогнозирование основных факторов распределения частот аллелей SNP.

Ключевые слова: геномная оценка, референтная популяция, однонуклеотидные замены.

Для формирования референтной популяции, являющейся частью общей популяции голштинизированного молочного скота Ленинградской области и определяющей точность геномной оценки, необходимо знать, насколько она генетически гетерогенна [1]. В зависимости от степени генетической гетерогенности исходной популяции будет зависеть численность референтной популяции. Чем более генетически гетерогенна исходная популяция, тем более многочисленна должна быть референтная популяция. Таким образом, измерение генетической гетерогенности исходной популяции является обязательным этапом при создании референтной популяции голштинизированного черно-пестрого скота Ленинградской области. Современным методом оценки генетической гетерогенности является SNP (однонуклеотидные замены в ДНК) генотипирование животных, позволяющее наиболее точно охарактеризовать генетическую гетерогенность популяции [2, 3, 4].

При создании репрезентативной выборки коров было использовано 10 племенных хозяйств. От каждого хозяйства был получен список первотелок, закончивших лактацию в 2014 году. Исходя из полученных данных, был проведен анализ хозяйств по следующим показателям:

1. Количество быков, работающих в хозяйстве;
2. Количество дочерей от каждого быка;
3. Продуктивность первотелок;
4. Наличие общего предка (отца матери) у первотелок и принадлежность к семейству.

Таким образом, репрезентативная выборка, сформированная с помощью перечисленных выше показателей, должна обеспечивать равномерное покрытие стада (хозяйства), имея в своем составе первотелок от каждого быка. Количество первотелок, взятых от одного быка, определяется согласно генетическому вкладу быка в популяцию, т.е. зависит от числа дочерей данного быка. Для повышения генетического разнообразия репрезентативной выборки из популяции требуется максимально исключить дочерей, имеющих общего отца и отца матери. В условии, когда в репрезентативную выборку включаются дочери от одного и того же быка стоит включать особей с максимальным и минимальным уровнем продуктивности.

Для анализа гетерогенности популяции голштинизированного черно-пестрого скота использовали пакет программ PLINK 1.9, позволяющих оценить SNP-гетерогенность стад и популяций с помощью метода главных компонент. Метод главных компонент позволяет уменьшить размерность данных, потеряв наименьшее количество информации. Вычисление главных

компонент сводится к вычислению собственных векторов и собственных значений ковариационной матрицы исходных данных. Этот метод позволяет найти подпространства меньшей размерности, в ортогональной проекции на которые разброс данных (то есть среднееквадратичное отклонение от среднего значения) максимален. В нашем случае на первом этапе осуществляется построение матрицы идентичности по происхождению животных (IBD). Затем исходя из матрицы IBD вычисляются кластеры на основании которых строятся мульти пространственные расстояния (MDS) между всеми 400-ми первотелками. Результат таких вычислений, представленный в виде рисунка приведен на рис. 1. Молекулярно генетическая SNPs гетерогенность 400-от первотелок трансформируются в двухмерном пространстве в виде диаграммы рассеяния состоящей из наложения цветных точек, каждая из которых представляет одно животное (рис. 1). На рис. 2 представлена MDS-диаграмма рассеяния первотелок из трех племенных хозяйств. Из рисунка видно, что животные из трех хозяйств отличаются расположением SNP-генотипов, но визуально трудно оценить различие между скоплением точек разных цветов. На рисунке 3 приводится генетическое разнообразие всех 10-ти племенных хозяйств, каждое из которых представлено в виде кластера. На рисунке наглядно видно насколько молекулярно – генетически отличаются первотелки из разных племенных хозяйств. В первую очередь этот факт может быть обусловлен разным родословным происхождением первотелок, включая отцов – быков.



Рис. 1. Генетическая гетерогенность первотелок в десяти хозяйствах Ленинградской области

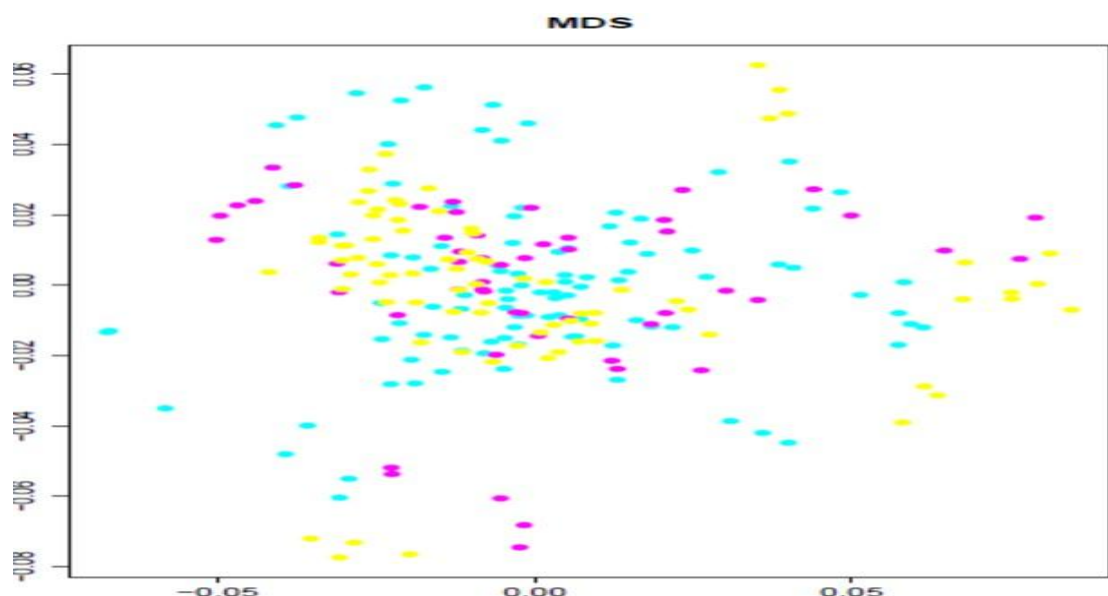


Рис. 2. Генетическая гетерогенность первотелок в трех хозяйствах Ленинградской области

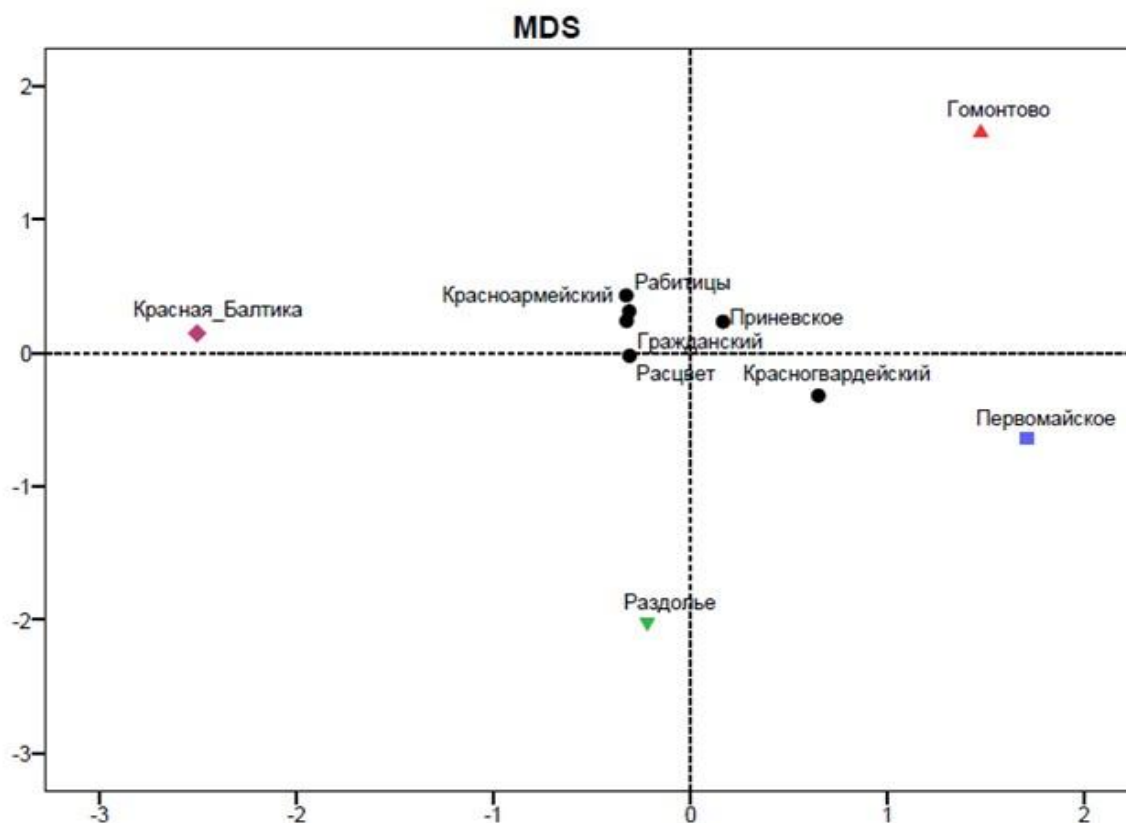


Рис. 3. Генетическая разнообразие десяти хозяйств (стад) Ленинградской области

Применение метода главных компонент позволило определить ряд племенных хозяйств, степень генетического разнообразия которых отличается от остальных племенных хозяйств Ленинградской области. Таким образом, при создании референтной выборки необходимо в племенных хозяйствах, отличающихся по генетическому разнообразию отбирать на 30% больше коров.

Список литературы

1. Смагдов М.Г. Тотальная геномная селекция с помощью SNP как возможный ускоритель традиционной селекции // Генетика. – 2009. – Т. 45. – №6. – С. 725-728.

2. Смарагдов М.Г. Геномная селекция молочного скота в мире. Пять лет практического использования // Генетика. – 2013. – Т. 49. – №11. – С. 1251.
3. Meuwissen, T.H.E. Accuracy of breeding values of 'unrelated' individuals predicted by dense SNP genotyping // Genet. Sel. 2009. №41. P. 35.
4. Tribout, T., Larzul, C., and Phocas F. Efficiency of genomic selection in a purebred pig male line // J. Anim. Sci. 2012. V. 90. №4. P. 4164-4176.

ДНК-МАРКЕРЫ, ОСНОВАННЫЕ НА ПОЛИМЕРАЗНОЙ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ – КАК МЕТОД ОЦЕНКИ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ ПЛОДОВО-ЯГОДНОГО СЫРЬЯ

Москвина Н.А., Голубцова Ю.В., Дышлюк Л.С., Просеков А.Ю.

Кемеровский технологический институт пищевой промышленности,
Россия, г. Кемерово

В статье рассматривается приоритетная область применения молекулярно-генетических маркеров в процессе идентификации образцов плодово-ягодного сырья. Представлена классификация методов полимеразной цепной реакции ПЦР, а так же, определены недостатки и преимущества каждого метода.

Ключевые слова: ДНК-маркеры, полимеразная цепная реакция, идентификация, амплификация.

Идентификация образцов растений – основная область применения молекулярно-генетических маркеров. Высокоперспективным классом молекулярных маркеров являются фрагменты ДНК, которые соответствуют определенным нуклеотидным последовательностям. Число ДНК-маркеров в разы превосходит потенциал ранее изученных маркеров: морфологических признаков, изоферментов или запасных белков. Помимо того, проявление маркеров данного типа нейтрально по отношению к фенотипу, не является тканеспецифичным, и их можно обнаружить на любой фазе развития растений. Появление ДНК-маркеров кардинально поменяло методы оценки генетического разнообразия растений, паспортизации и классификации сортов и генетического мониторинга и селекции [3].

Исследования по идентификации основаны на предположении, что в пределах семейств растений фрагменты ДНК с одинаковой молекулярной массой и интенсивностью представляют те же самые геномные фрагменты. Для оценки уровня сходства между многополосными профилями ДНК используют разделяющие полосы. Установлено, что вероятность получения идентичных многополосных профилей ДНК для двух случайно выбранных индивидуумов лежит в пределах $2 \cdot 10^{-9}$ для авокадо, $1,5 \cdot 10^{-9}$ для сортов папай [4].

Целью настоящего исследования является различение образцов растений с использованием ДНК-маркеров, основными направлениями применения которых являются: идентификация видов, сортов и других форм растений, оценка их

генеалогических связей и поиск молекулярно-генетических маркеров, ассоциированных с желательными признаками. Молекулярно-генетические маркеры должны обладать определенными свойствами и отвечать ряду требований:

- доступность фенотипических проявлений вариантов аллелей для идентификации разных индивидуумов;
- различимость аллельных замен в одном локусе от таковых в других локусах;
- доступность существенной части аллельных замещений в изучаемом локусе для идентификации;
- изучаемые локусы должны представлять случайную выборку генов в отношении их физиологических эффектов и степени изменчивости;
- равномерное распределение в геноме;
- относительная нейтральность.

К сожалению, стандартного набора праймеров не существует. Наиболее используемые молекулярно-генетические маркеры можно подразделить на следующие типы: 1- маркеры видимых морфологических признаков; 2- маркеры участков структурных генов, кодирующих аминокислотные последовательности белков; 3- маркеры некодирующих участков структурных генов; 4- маркеры различных последовательностей ДНК, отношение которых к структурным генам, как правило, неизвестно – распределение коротких повторов по геному (RAPD – случайно амплифицируемая полиморфная ДНК; ISSR- инвертируемые повторы; AFLP – полиморфизм в сайтах рестрикции), микросателлитные локусы (тандемные повторы с длиной элементарной единицы в 2-6 нуклеотидов) и так далее.

По общей классификации выделяют 3 поколения ДНК – маркеров:

- 1) ДНК-маркеры, основанные на гибридизации (к примеру, RFLP – маркеры), используются для исследования генома человека;
- 2) ДНК – маркеры, основанные на ПЦР (RAPD-, SSR-, AFLP-, ISSR-, маркеры и т. д.)
- 3) ДНК-чипы или маркеры, основанные на нуклеотидной последовательности (SNP) [1].

Рассмотрим ДНК – маркеры, основанные на полимеразой цепной реакции. В сравнении с RFLP – анализом, ПЦР – технология требует меньших количеств ДНК из растительных тканей. При ПЦР – анализе отпадает необходимость в поддержании библиотеки клонов для гибридизационных зондов, Саузерн-блоттинге и работе с радиоактивными изотопами. Типы маркеров, получаемых в результате ПЦР делятся на 2 группы: 1-ая – STS маркеры, полученные с использованием специфичных праймеров, сконструированных на основании известных последовательностей, 2-ая – маркеры, основанные на произвольных праймерах. Существуют также маркеры, амплификация которых происходит при помощи праймеров, сочетающих свойства специфических и произвольных [1,2]. Реакция амплификации со специфическими праймерами является детерминированным процессом, требующим знания последовательности матрицы, а мишенью является один определенный, либо многочисленные сайты амплификации на обеих нитях ДНК.

Произвольная амплификация – недетерминированный процесс, не требующий предварительного знания последовательности ДНК, в котором можно использовать один или несколько произвольных праймеров и амплифицировать как единичные, так и множественные сайты в геноме, многие из которых являются полиморфными.

Первыми появились методы ПЦР с произвольными праймерами, случайно выбирающими участки генома для отжига. Техника множественного случайного ампликона базируется на следующих методах:

- метод случайно амплифицированной полиморфной ДНК-RAPD;
- ПЦР с произвольным праймером – AP-PCR; УП-ПЦР (ПЦР с универсальными праймерами); ДНК – амплифицированный отпечаток- DAF; ASAR.

Эти модификации отличаются длиной праймеров, соотношением праймер /ДНК матрица и гелем для разделения продуктов амплификации, что обуславливает многообразие наборов фрагментов ДНК [1].

RAPD анализ включает в себя проведение ПЦР с использованием одного декануклеотидного праймера с произвольной нуклеотидной последовательностью. Продукты RAPD анализа образуются в результате амплификации фрагмента геномной ДНК, фланкированного инвертированной последовательностью данного праймера.

К основным свойствам RAPD относятся: высокая чувствительность к изменениям условий реакций; низкая температура отжига (37 C); низкая воспроизводимость результатов ПЦР; RAPD маркеры ведут себя как доминантные, поэтому снижается точность оценки при популяционном анализе и при идентификации генетических ресурсов в сравнении с кодоминантными маркерами; для повышения достоверности необходима большая выборка.

RAPD – анализ состоит из немногих этапов, очень производителен по времени, не требует дорогостоящего оборудования и высоко квалифицированного персонала. К тому же, для ПЦР – реакции необходимы малые количества ДНК.

Достоинства RAPD – анализа состоят в том, что не нужна предварительная информация о нуклеотидной последовательности тех или иных участков генома. Он высоко эффективен для внутривидового сравнения разных геномов и дает возможность улавливать генетические различия между разновидностями, сортами и отдельными экземплярами одного и того же вида [1, 3].

AFLP – ПЦР – еще одна из новых технологий, нечто промежуточное между RFLP – и RAPD – анализом. AFLP анализ – сложный метод анализа, состоящий из нескольких этапов. В анализе используется праймер с искусственно добавленной последовательностью. Разделение фрагментов ДНК проводят в полиакриламидном геле с радиоактивной или с флуоресцентной меткой. Получаемый отпечаток ДНК обычно высоко полиморфен и хорошо воспроизводим.

В 1994 году начал развиваться метод ISSR (ISSR – между повторяющимися последовательностями). Амплификация основана на использовании

радиоактивно меченных микросателлитных праймеров, которые несут на одном из концов «якорь» из 2-4х произвольных нуклеотидов. Такие праймеры избирательно амплифицируют фрагменты ДНК, которые располагаются между двумя достаточно близко расположенными микросателлитными последовательностями. Преимуществом этого подхода является отсутствие необходимости предварительного секвенирования ДНК. К основным свойствам ISSR относятся: доминантный характер наследования, относительно высокая точность и улучшенная воспроизводимость по сравнению с RAPD в связи с большей длиной праймера (19-23 пары нуклеотидов) и более высокой температурой отжига. В свою очередь, локализация продуктов амплификации в геноме и функция остаются неизвестными.

В геномах растений и животных количество микросателлитных повторов очень велико, что делает этот метод удобным для генетического анализа. Микросателлитные последовательности окружают многие гены и могут использоваться как якорные последовательности к этим генам.

Свойства: доминантный тип наследования; относительно высокая точность и воспроизводимость по сравнению с RAPD, в связи с большей длиной праймера и более высокой температурой отжига.

Представлены основные направления молекулярно-генетических маркеров, которые позволяют идентифицировать виды, сорта и формы растений, также используются для оценки их генеалогических связей и поиска маркеров, ассоциированных с желательными признаками.

Список литературы

1. Coyne, V.N. Molecular biology techniques manual: standart PCR protocol / V.E. Coyne, M.D. James, Sh.J. Reid. – 1994. – P.10.
2. Delano, J. Use of an intron region of a chloroplast tRNA gene (trnL) as a target for PCR identification of specific food crops including sources of potential allergens // J. Delano, A. Schmidt / Food Res. Int.- 2004.- №37. – P. 395 –402.
3. Development and single-laboratory validation of an HPLC method for the determination of cyclamate sweetener in foodstuffs / M.J. Scotter, L. Castle, D.P.T. Roberts etc. // Food Addit. Contam. – 2009. – №26.- P.614-622.
4. Frey, J.E. Genetic flexibility of plant chloroplasts / J.E. Frey // Nature.-1999. – V. 398. – P.115-116.

РОЛЬ ПЛОДОВЫХ САДОВ В ФОРМИРОВАНИИ ОРНИТОФАУНЫ В ПОСЛЕГНЕЗДОВОЙ ПЕРИОД

Сайфуллин О.А.

студент 5-го курса кафедры зоологии и общей биологии Института фундаментальной медицины и биологии Казанского федерального университета,
Россия, г. Казань

В статье рассматривается влияние естественных сукцессионных процессов, происходящих в агроценозах (яблоневый сад) после прекращения в них хозяйственной деятельности на орнитофауну окрестных территорий.

Ключевые слова: орнитофауна, сукцессия, агроценозы.

Деятельность человека на сегодняшний день является важнейшим, определяющим фактором для формирования и развития практически любых экосистем. Естественные природные сообщества изменяют облик, приобретают не свойственные им черты. В этой связи особый интерес представляет как развитие экосистем в созданных человеком ландшафтах, их реакция на антропогенное воздействие, так и процессы, происходящие в них при отсутствии антропогенного влияния, т. е. способность к возвращению в естественное состояние [Подшивалина, 2010].

На основе имеющихся исследований фауны антропогенных ландшафтов можно сделать вывод, что деятельность человека формирует совершенно новую среду обитания, к которой животные, в т. ч. птицы вынуждены приспособляться. При этом многие виды становятся неразрывно связанными с антропогенными ландшафтами, другие же сокращают свою численность, либо вовсе исчезают, т. е. по составу и характеру орнитофауны можно судить о состоянии изменённых экосистем. Вообще, орнитофауна, вследствие чувствительности к изменениям условий обитания, является удобным индикатором состояния среды [Биоценологическая... 2002].

При этом, по имеющимся данным, для садово-дачных участков характерно преобладание воробьинообразных птиц с устойчивым доминированием полевого воробья [Беспалов, 2010].

В этой связи с большой интерес представляют взаимоотношения агроценозов с естественными экосистемами, их влияние друг на друга. Для изучения данного вопроса нами проведено исследование состояния орнитофауны заброшенного яблоневого сада (в прошлом принадлежал колхозу «Камский») в послегнездовой период (август – октябрь 2013 года). Также было проведено исследование состояния орнитофауны близлежащего населённого пункта (село Ташкирмень).

Наши исследования проводились на территории, непосредственно прилегающей к трём населённым пунктам – сёлам Ташкирмень, Макаровка и Атабаево. Таким образом, зона исследования расположена примерно в 4х километрах юго-восточнее Саралинского участка Волжско-Камского заповедника. Юго-восточнее исследуемой территории расположено Куйбышевское водохранилище.

При сборе материала применялась методика маршрутного учета без ограничения ширины трансекты, с регистрацией всех птиц на маршруте. Пересчет на площадь проводился отдельно по среднегрупповым дальностям обнаружения [Равкин, 1967]. Для птиц, отмеченных летящими, вносилась поправка на среднюю скорость перемещения [Равкин, Доброхотов, 1963].

При описании населения птиц принята предложенная А.П. Кузьякиным шкала балльных оценок по которой очень редкими и редкими считались виды, обилие которых составляет менее 1 экземпляра/км²; обычными – от 1 до 9; многочисленными – от 10 до 99 и весьма многочисленными – 100 и более экз./км²; доминантами и субдоминантами по обилию считались виды, доля

которых в сообществе составляла более 10% [Кузякин, 1962; Аюпов, 1997; Равкин Е., Равкин Ю., 2005].

Для достижения поставленных целей на исследуемой территории нами было заложено 2 маршрута протяженностью 4,7 и 3 км. (рис.).



Рис. Карта исследуемой территории

Всего за время проведения учетов нами было обнаружено 42 вида птиц (табл. 1). Из них 27 видов принадлежали к отряду воробьинообразных, 5 видов – к соколообразным, по 3 вида – к дятлообразным и ржанкообразным и по одному виду – к курообразным, аистообразным и гусеобразным.

Таблица 1

Плотность населения птиц (экз/км²) в августе-октябре 2013 г.

№	Вид	Маршрут «Атабаево»		Маршрут «Ташкирмень»		
		Август	Сентябрь	Август	Сентябрь	Октябрь
1	Полевой воробей	173,0	246,8	986,7	1806,7	1120,0
2	Домовый воробей				493,3	560,0
3	Ворон	1,4		1,8	0,7	
4	Сорока	44,8	116,0	46,7	83,3	269,2
5	Галка		10,4	274,4	471,5	426,7
6	Грач	39,7	160,6	297,8	556,9	413,6
7	Серая ворона	54,7	197,0	355,7	840,7	320,1
8	Сойка	Вне учетного времени – неск. птиц, вероятно выводок				
9	Зяблик	110,6		6,7		
10	Коноплянка			106,7	133,3	
11	Черноголовый щегол	86,5	34,0	155,0	40,0	230,0
12	Рябинник	17,0	51,1			80,0
13	Деревенская ласточка	116,3	59,6	208,3	283,3	
14	Луговой чекан	19,9				
15	Варакушка	Вне учетного времени – регулярные встречи				
16	Камышевая овсянка	2,8				
17	Обыкновенная овсянка	42,6	178,7			
18	Пухляк			6,7		

19	Лазоревка	18,4	8,5	6,7		
20	Большая синица	54,6	25,5	68,3	66,7	200,0
21	Садовая камышевка	5,7				
22	Камышевка-барсучок	39,7	25,5			
23	Пеночка-весничка			6,7	13,3	
24	Сорокопут-жулан	2,8				
25	Белая трясогузка	33,6		160,0	97,4	
26	Жёлтая трясогузка	Вне учетного времени, одна встреча.				
27	Краснозобый конёк	Вне учетного времени, одна встреча.				
28	Чеглок	57,4		30,2		
29	Болотный лунь	0,1				
30	Ястреб-перепелятник	3,5		20,0		
31	Орлан-белохвост	0,0			0,7	
32	Черный коршун	2,6		7,2		
33	Сизый голубь	9,9	25,5	4,6	8,2	803,3
34	Серая цапля	Не учитывались				
35	Кряква	Не учитывались				
36	Желна	2,8				
37	Седой дятел		8,5			
38	Большой пестрый дятел	Вне учетного времени				
39	Серая куропатка	Обнаружено перо				
40	Вальдшнеп	Обнаружено перо				
41	Чибис	Вне учетного времени				
42	Озерная чайка	Не учитывались				

Нами отмечено постепенное уменьшение числа видов в течении осенних месяцев (вследствие сезонных миграций).

Одновременно наблюдается увеличение плотности населения птиц на маршруте «Атабаево», что объясняется концентрацией зимующих видов птиц вблизи человеческого жилья.

В процессе проведения учетов нами было обнаружено 3 гнезда чеглока (из них в одном гнезде было 4 слётка), одно гнездо болотного луня, и одно – черного коршуна.

Необходимо отметить полное отсутствие на исследуемой территории хищников – миофагов, при этом орнитофаги (чеглок, ястреб-перепелятник) встречались достаточно часто на обоих маршрутах.

Из видов, включенных в красную книгу Республики Татарстан, были отмечены два вида – орлан-белохвост (*Haliaeetus albicilla*) и седой дятел (*Picus canus*).

Таким образом, орнитофауна исследуемой области характеризуется значительным видовым богатством, постепенно снижающимся в течении осенних месяцев. Наибольшим количеством видов представлен отряд воробьинообразные, преобладающее семейство – врановые. В орнитофауне исследуемой территории присутствуют, в числе прочих и редкие виды.

Итоговые показатели орнитокомплексов исследуемого участка имеют следующий вид:

Показатели орнитокомплексов исследуемой территории

	А, август	Т, август	А, сентябрь	Т, сентябрь	Т, октябрь
Видовое богатство	25	19	14	14	10
Суммарная плотность	940,9	2750	1147,7	4829,4	4422,9
Инд. Шеннона	2,6	2,1	2,2	1,9	2,1
Инд. Выравненности	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2
Инд. Бергера-Паркера	0,2	0,4	0,2	0,4	0,3

Отмечается значительное увеличение плотности населения и видового богатства птиц (табл. 2), одновременно снижается биоразнообразие, достигая максимального значения в августе на участке «Атабаево». Плотность населения достигает максимального значения на участке «Ташкирмень» в сентябре.

В целом можно сказать, что фауна садов богаче фауны поселков. Однако плотность населения птиц здесь значительно ниже.

Индекс Шеннона-Уивера для населения птиц сада характеризовались средними значениями (до 2,6) и был больше такового в поселке. Все это говорит о том, что сады играют значительную роль в формировании орнитофауны участка. Однако, есть основания полагать, что влияние садов на население птиц в послегнездовой период (и тем более в осеннее-зимние месяцы) значительно уступает роли садов в период размножения, т. к. к зиме условия обитания в них ухудшаются по сравнению с весенне-летним периодом.

Список литературы

1. Беспалов А. Ф. Особенности Фауны и населения тетрапод садово-дачных участков. (Эколого-биологические проблемы Сибири и сопредельных территорий: Материалы II научно-практической конференции с международным участием. Нижневартовск: Изд-во Нижневарт. гуманит. ун-та, 2011. – 286 с.).
2. Беспалов А. Ф. Динамика структуры доминирования птиц садово-дачных участков. (Устойчивость экосистем: Теория и практика: Материалы докладов всероссийской научной конференции с международным участием. Том 1. Чебоксары: Издательство ООО «Листок», 2010. – 112 с.)
3. Биоценотическая роль позвоночных в наземных экосистемах республики Татарстан В.Г.Ивлиев, О.В. Аськеев, Г.Ю. Шахтарин, А.Н. Беляев, Т.А. Корчагина, А.В. Попов, С.М. Окулова, Биоразнообразие и биоресурсы Среднего Поволжья и сопредельных территорий: сборник материалов, посвященных 125-летию КГПУ, 2002 – С. 148.
4. Григорьев Н.Д., Попов В.А., Попов Ю.К. Птицы волжско-камского края. (Неворобьиные). М.: Наука, 1977. – 296 с.
5. Григорьев Н.Д., Попов В.А., Попов Ю.К. Птицы волжско-камского края. Воробьиные. М.: Наука, 1977 – 247 с.
6. Е.С. Равкин, Ю. С. Равкин. Птицы равнин северной Евразии: Численность, распределение и пространственная организация сообществ. – Новосибирск: Наука, 2005 – 304 с.
7. Коли Г. Анализ популяций позвоночных М. Мир 1979 – 365 с.
8. Кузнецов Б. А. Определитель позвоночных животных фауны СССР. Пособие для учителей. Ч. 2. Птицы. М.: Просвещение 1974 – 286 с.
9. Летопись природы Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника 2010-2012 гг.
10. Мальчевский А. С. Орнитологические экскурсии. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1981. – 296 с.
11. Панов Е. Н. Механизмы коммуникации у птиц. М.: Наука 1978 – 306 с.
12. Птицы. Неворобьиные – СПб.: Наука, 1995. – 325 с.
13. Рябицев В. К. Птицы Урала, Приуралья и Западной Сибири: Справочник-определитель. – Екатеринбург: Изд-во Урал. ун-та, 2001. – 608 с.

14. Симкин Г.Н. Певчие птицы. М.: Лесная промышленность, 1990. – 399 с.
15. Флинт В. Е, Мосалов А. А., Лебедева Е. А., Букреев С. А., Галушин В. М. Зубакин В. А., Мищенко А. Л., Свиридова Т.В., Томкович П. С., Харитонов Н. П., Шитиков Д. А. Птицы Европейской России. Полевой определитель. М.: Союз охраны птиц России; Алгоритм 2001. – 224 с.
16. Чельцов-Бебутов. А. М. Экология птиц. М.: Издательство МГУ 1982 – 128 с.
17. Heeb P., Werner I., Richner H., Kolliker M. Horizontal transmission and reproductive rates of hen fleas in great tit nests. – J. Anim. Ecol. – 1966. – 65.(4). – P. 474 – 484.
18. Jaccard P. Distribution de la flore alpine dans le Bassin de Dranses et dans quelques regions voisines // Bull. soc. vaudoise sci. nature. – 1901. – t. 37, N 140. – P. 241-272.
19. Merino S., Potti J. High prevalence of hematozoa in Nestlings of a passerine species, the pied flycatcher. – Auk. – 1995. – 112.(4). – P. 1041 – 1043.

ПОЛИМОРФИЗМ ISSR-МАРКЕРОВ В ПОПУЛЯЦИЯХ КАРАСЕЙ ИЗ РАЗНЫХ ВОДОЕМОВ ЮГА ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Сватов А.Ю.

магистрант кафедры экологии и генетики
Тюменского государственного университета,
Россия, г. Тюмень

Урюпина М.В.

студент кафедры экологии и генетики
Тюменского государственного университета,
Россия, г. Тюмень

Представлены данные о генетической изменчивости и дифференциации популяций серебряного карася *Carassius auratus gibelio*, обитающего в водоемах лесостепной зоны Западной Сибири. Показатели полиморфности в однополых популяциях карася составили от 30 до 59%, в двуполой популяции этот показатель был в 1,5-2 раза выше (76%). Наблюдаются высокие показатели генетической дифференциации и практически полное отсутствие потока генов между популяциями карасей, обитающих в изолированных озерах лесостепной зоны.

Ключевые слова: серебряный карась, золотой карась, генетическая изменчивость, ДНК-маркеры, Западная Сибирь.

Из всех пресноводных рыб, серебряный карась *Carassius auratus gibelio* является самым распространенным и неприхотливым к условиям обитания видом, встречается в стоячих и текущих водах, болотистых озерах и проточьях, заполненных водой, где другие виды не выживают [3]. У этого вида известны популяции, состоящие только из самок, которые нерестятся с самцами родственных видов рыб (плотвой, золотым карасем, линем, лещом, карпом). Потомство, полученное от такого спаривания, представлено только самками серебряного карася. Специфический тип размножения вызывает особый интерес к генетическим исследованиям этого вида [1]. Помимо этого, караси служат объектами промысла и прудового хозяйства, поэтому сведения о их генетической структуре могут быть полезны в целях рационального использования его ресурсов. Цель работы – изучение генетической изменчивости серебряного карася водоемов юга Западной Сибири.

Отлов серебряного карася осуществлялся в 4 водоемах: оз. Песчаное, р. Вавилон (Абатский район Тюменской области), оз. Козловик (Армизонский район Тюменской области), оз. Светлое (Курганская область). Объем выборки составил 200 особей, по 50 особей из каждого водоема. В выборках было 8 особей золотого карася, которые были использованы для сравнения. Генетическую изменчивость карасей изучали методом полимеразной цепной реакции последовательностей, ограниченных простыми повторами (ISSR PCR) с тремя видами праймеров [2]. ДНК экстрагировали из сердечной мышечной ткани, фиксированной в 70% этаноле, методом щелочного лизиса. Популяционно-генетический анализ проводили в программе PopGen.

В оз. Песчаное, р. Вавилон и оз. Козловик популяции серебряного карася представлены практически полностью самками (100%, 98% и 97% соответственно), в возрасте от 1+ до 6+, с преобладанием двух- и четырехлеток. В оз. Светлом значительна доля самцов (20%), преобладают трехлетние особи. Из чего можно сделать вывод, что первые три исследованные популяции относятся к гиногинетическим формам, а последняя – двуполая.

Всего у серебряного карася было проанализировано 32 ISSR-бэнды, из них 13 – полиморфны. Выявлены невысокие показатели изменчивости популяций карасей, особенно из оз. Козловик (табл. 1). Показатели полиморфности в однополых популяциях карася составили от 30 до 59%. В оз. Светлом, где обитает обоеполая популяция, этот показатель был больше (76%). Показатели генетического разнообразия колебались в пределах 0.11–0.19, и достоверно не различались в разных выборках. В целом, показатели генетической изменчивости карася были меньше, чем у других видов карповых рыб Обь-Иртышского бассейна [4].

Таблица 1

Показатели генетической изменчивости серебряного карася по ДНК-маркерам

Показатель изменчивости	Оз. Песчаное	Р. Вавилон	Оз. Козловик	Оз. Светлое
Число аллелей n_a	1.59	1.59	1.30	1.76
Эффективное число аллелей n_e	1.32	1.29	1.18	1.31
Генетическое разнообразие h	0.19	0.17	0.11	0.19
% полиморфных бэндов P	59.09	59.09	30.3	76.47

На долю межпопуляционной изменчивости карасей, обитающих в пределах одного района, приходится 14%. Между ними осуществляется поток генов ($Nm = 2.98$), но индексы Нея свидетельствуют об их принадлежности к разным локальным популяциям. У карасей из географически удаленных районов показатели дифференциации значительно больше (табл. 2), и свидетельствуют об отсутствии потока генов между популяциями, обитающими в изолированных степных озерах.

Таблица 2

Показатели генетической дифференциации карасей

Показатель	Между популяциями серебряного карася		Между серебряным и золотым карасем
	одного района	разных областей	
Доля межпопуляционной изменчивости Gst	0.14	0.48	0.55
Поток генов Nm	2.98	0.53	0.41
Генетическая дистанция D_N	0.077	0.396	0.577
Индекс генетического сходства I_N	0.925	0.673	0.562

Между серебряным и золотым карасем, обитающими в одном водоеме, генетическая дистанция еще больше, поток генов минимален. При гиногенетическом способе размножения самок серебряного карася объединения с генетической информацией самцов других видов не происходит.

Список литературы

1. Апаликова, О.В. Филогенетический анализ двух форм серебряного карася *Carassius auratus gibelio* Bloch на основе изменчивости митохондриальной ДНК [Текст]: дис. ... канд. биол. наук / О.В. Апаликова. – Владивосток, 2008. – 37 с.
2. Жигилева, О.Н. ПЦР-маркеры предрасположенности карповых рыб к трематодной инвазии [Текст] / О.Н. Жигилева // Вестник Тюменского государственного университета. – 2010. – № 7. – С. 82–87.
3. Янкова, Н.В. Эколого-морфологические особенности диплоидно-триплоидных комплексов серебряного карася *Carassius auratus gibelio* (Bloch) на примере озер между-речья Тобол-Тавда [Текст]: дис. ... канд. биол. наук / Н.В. Янкова. – Тюмень, 2006. – 159 с.
4. Zhigileva, O.N. Comparative analysis of using isozyme and ISSR-PCR-markers for population differentiation of cyprinid fish [Текст] / O.N. Zhigileva, O.G. Baranova, V.V. Pozhidayev [et al.] // Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. – 2013. – Vol. 13. – No. 1. – P. 159-168.

ВЛИЯНИЕ СОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ НАГРУЗКИ И ВОССТАНОВЛЕНИЯ НА ПОКАЗАТЕЛИ СЕРДЕЧНОСОСУДИСТОЙ, ДЫХАТЕЛЬНОЙ И НЕРВНО-МЫШЕЧНОЙ СИСТЕМ У ЛОШАДЕЙ СПЕЦИАЛИЗАЦИИ ВЫЕЗДКА

Сергиенко Г.Ф.

главный научный сотрудник лаборатории физиологии тренинга лошадей ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства»,
доктор биологических наук, профессор,
Россия, г Рязань

Сергиенко С.С.

заведующий лабораторией физиологии тренинга лошадей ГНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт коневодства»,
доктор сельскохозяйственных наук, профессор,
Россия, г. Рязань

Пигарева С.Н.

старший научный сотрудник лаборатории системных механизмов спортивной деятельности ФГБНУ «НИИ нормальной физиологии им. П.К. Анохина»,
кандидат биологических наук,
Россия, г. Москва

У выездковых лошадей разного возраста изучали изменения показателей мышечного тонуса плечеголовной мышцы, длиннейшей мышцы спины, поверхностной ягодичной мышцы; исследовали показатели ЧСС и частоты дыхания в минуту под влиянием соревновательной нагрузки и в период восстановления.

Ключевые слова: выездковые лошади, электромионометрия, мышцы, частота сердечных сокращений, частота дыхания.

Мониторинг показателей сердечно-сосудистой (ССС), дыхательной, нервно-мышечной систем, их согласованность под воздействием физических нагрузок и в период восстановления имеет первостепенное значение для оценки спортивной готовности выездковой лошади. Функциональной единицей нервно-мышечного аппарата является двигательная единица (ДЕ) [1], а одним из методов его изучения – электромионометрия [2]. Частота сердечных сокращений (ЧСС) и частота дыхания (ЧД) в минуту – наиболее доступные интегральные показатели контроля и оценки степени напряжения ССС и дыхательной систем, напрямую связанные с интенсивностью физической нагрузки [3]. Целью данной работы являлось изучение влияния специфической соревновательной нагрузки и процессов восстановления на изменения показателей ССС, дыхательной и нервно-мышечной систем у молодых лошадей и лошадей высокого уровня подготовки.

Объектом исследования являлись молодые лошади 4-6 лет; (первая группа) и лошади уровня «Большого Приза» 8-12 лет (высокого уровня подготовки, вторая группа). Для исследований применяли электромионометрический метод, подсчёт ЧСС и ЧД в минуту. Исследовали тонус плечеголовной мышцы, длиннейшей мышцы спины (поясничной части), поверхностной ягодичной мышцы. Тонус мышц определяли по классической методике при помощи электромионометра, модифицированного для работы с лошадьми [4], выражали в условных единицах (усл.ед.). Замер всех показателей осуществляли в период проведения соревнований по выездке: до езды, сразу после езды, через 15 минут после езды и через один час после езды. Полученные данные обрабатывали в программе «Statistica 6,0», используя непараметрический критерий Вилкоксона.

Анализ проведённых исследований обнаружил отсутствие различий по показателями тонуса плечеголовной и длиннейшей мышцы спины ($p > 0,05$; рис. 1,2) у молодых лошадей (1-й группы) в разные периоды измерений, что указывает на недостаточные адаптационные сдвиги в данных мышечных волокнах. Значимые различия в тонусе поверхностной ягодичной мышцы под влиянием нагрузки в сравнении с фоновым состоянием и полное восстановление их ($p < 0,05$) (рис. 3) предполагают наличие функциональной готовности и более раннего физиологического созревания. У лошадей 2-й группы реакция тонуса всех исследуемых групп мышц была ярко выражена ($p < 0,05$) (рис. 1,2,3). Полагаем, что соревновательная нагрузка высокой мощности у лошадей Большого Приза сопровождается рекрутированием ДЕ всех типов, начиная от низкопороговых и оканчивая высокопороговыми гликолитическими ДЕ, «включающимися» при выполнении наиболее сложных элементов высшей школы (выездка) и увеличением частоты разрядов их мотонейронов [1]. Эффект пространственной и временной суммации потенциалов действия ДЕ приводит к увеличению мышечного напряжения и повышению тонуса мышц [2]. Различия в мышечном тонусе через 15 минут после езды ($p < 0,05$) в срав-

нении с предыдущей ступенью и отсутствие различий через час после езды в сравнении с фоном указывало на развивающиеся процессы утомления в мышцах сразу после нагрузки и своевременное их восстановление.

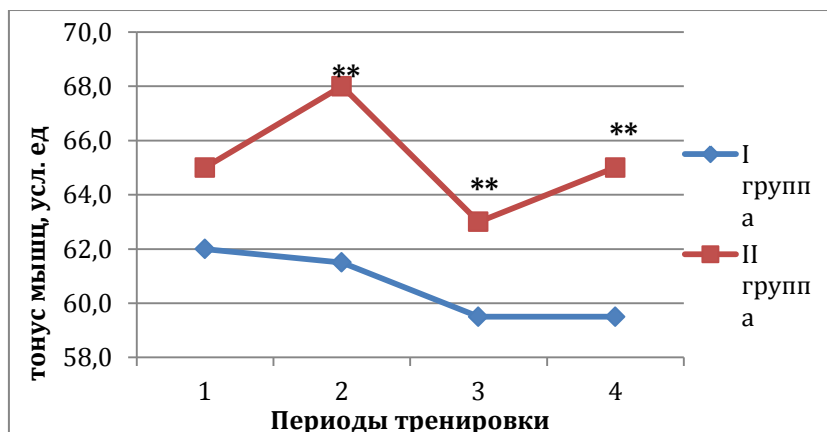


Рис. 1. Динамика тонуса плечеголовной мышцы лошадей групп 1 и 2
Примечание: Периоды измерений: 1 – до езды; 2 – сразу после езды; 3 – через 15 минут после езды; 4 – через 1 час после езды. Статистическая значимость различий: ** – при $P < 0,01$ по сравнению с предыдущим периодом

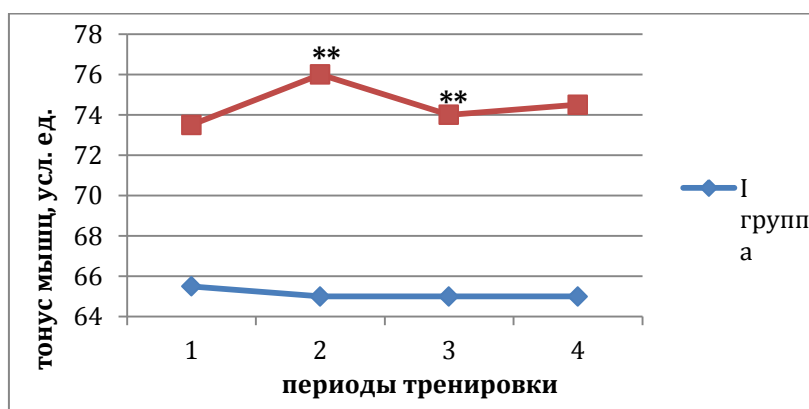


Рис. 2. Динамика тонуса длиннейшей мышцы спины у лошадей групп 1 и 2
Примечание: Периоды измерений: 1 – до езды; 2 – сразу после езды; 3 – через 15 минут после езды; 4 – через 1 час после езды. Статистическая значимость различий: ** – при $P < 0,01$ по сравнению с предыдущим периодом

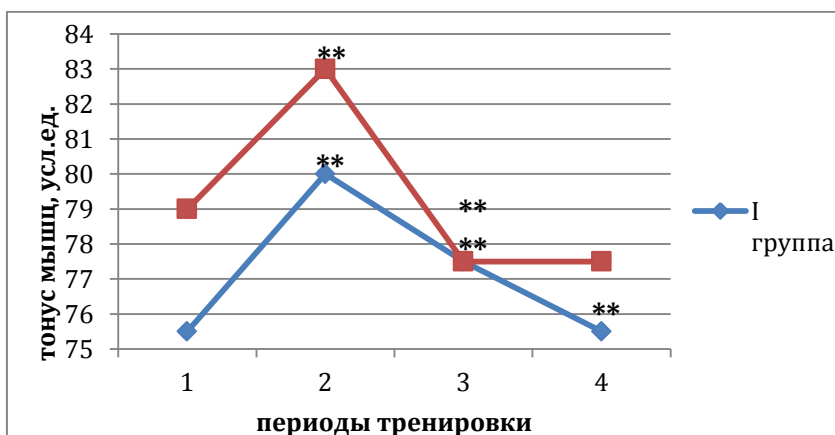


Рис. 3. Динамика тонуса поверхностной ягодичной мышцы у лошадей групп 1 и 2
Примечание: Периоды измерений: 1 – до езды; 2 – сразу после езды; 3 – через 15 минут после езды; 4 – через 1 час после езды. Статистическая значимость различий: * – при $P < 0,01$ по сравнению с предыдущим периодом

Изменения показателей ЧСС и ЧД у лошадей исследуемых групп (табл. 1,2) были сходны с изменениями мышечного тонуса (рис. 1-3). В период сразу после езды отмечался значительный рост этих показателей в сравнении с фоновыми величинами ($p < 0,05$). Через 15 минут после езды ЧСС у молодых лошадей 1-й группы снизилась на 35% по сравнению с возросшими после нагрузки значениями ($p < 0,05$). ЧД снизилась на 50% ($p < 0,05$). У лошадей 2-й группы через 15 минут после езды ЧСС снизилась на 61% ($p < 0,05$). ЧД снизилась на 70% ($p < 0,05$). Более выраженная реакция сердечнососудистой и дыхательной систем у лошадей высокого уровня подготовки к нагрузкам большой мощности свидетельствует в пользу высокой специфической адаптации их организма к спортивной тренировке. Отсутствие статистически значимых различий по ЧСС и ЧД у лошадей 1-й и 2-й групп через 1 час после езды в сравнении с фоном указывало на эффективность восстановления по этим признакам. У молодых лошадей реактивность вышеперечисленных систем менее выражена в сравнении с лошадьми высокого уровня подготовки. Установлено, что плечеголовые и длиннейшие мышцы спины у молодых лошадей подвержены большему утомлению и обладают меньшей физиологической зрелостью.

Таблица 1

Динамика показателей ЧСС у лошадей групп 1 и 2

Группа	Математические показатели	Частота сердечных сокращений (уд./мин)			
		до езды	сразу после езды	через 15 мин после езды	через 1 час после езды
первая	медиана	36	70**	44**	40**
	p-уровень	-	$p=0,005$	$p=0,005$	$p=0,005$
вторая	медиана	28	72**	38**	28*
	p-уровень		$p=0,005$	$p=0,005$	$P=0,05$

Примечание: статистическая значимость различий: ** – при $P < 0,01$; * – при $P < 0,05$ по сравнению предыдущим периодом.

Таблица 2

Динамика показателей ЧД у лошадей групп 1 и 2

Группа	Математические показатели	Частота дыхания (дых.дв./мин)			
		до езды	сразу после езды	через 15 мин после езды	через 1 час после езды
первая	медиана	12	34**	16,5**	11,5**
	p-уровень	-	$p=0,005$	$p=0,005$	$p=0,005$
вторая	медиана	7	68**	20**	7*
	p-уровень		$p=0,005$	$p=0,005$	$P=0,005$

Примечание: статистическая значимость различий: ** – при $P < 0,01$; * – при $P < 0,05$ по сравнению с предыдущим периодом

У молодых лошадей реактивность вышеперечисленных систем менее выражена в сравнении с лошадьми высокого уровня подготовки. Установлено, что плечеголовые и длиннейшие мышцы спины у молодых лошадей подвержены большему утомлению и обладают меньшей физиологической зрелостью. Показано, что при правильном режиме тренировки вегетативные

показатели у спортивных лошадей через 1 час после нагрузки восстанавливаются до исходного уровня.

Список литературы

1. Biglang, B. Motor unit activity in the voluntary contraction of human muscle // J. Physiol., 1954. – Vol. 125. – P. 322-335.
2. Фанагорская, Т.П. Некоторые методы исследования нервно-мышечного аппарата. Электромионометрия. Общие вопросы. Клинико-физиологические методы исследования спортсменов. Гос. изд.: Физк. и спорт. – М., 1968. – 230 с.
3. Дубровский В.И.. Спортивная физиология: учеб. для средн. и высш. уч. завед. по физ. культ. – М.: Гумнитарн. изд. Центр ВЛАДОС, 2005. – 462 с.
4. Брейтшер И.Л. Электромионометрическая методика исследования периферического нервно-мышечного аппарата лошади // Кн.: тренировка рысистых и верховых лошадей: тр. ВНИИ коневодства. – М. – Т.26. – Вып.1. -1973. – С. 111-116.

СТРУКТУРА ЛИТОРАЛЬНЫХ ПОСЕЛЕНИЙ МИДИЙ *MYTILUS EDULIS* L. В БУХТЕ КРУГЛАЯ ГУБЫ ЧУПА БЕЛОГО МОРЯ

Хачатурова К.С.

студентка ЕТИ, биологического факультета, гр. Б(б)-3,
Мурманского государственного технического университета,
Россия, г. Мурманск

Кравец П.П.

доцент кафедры биологии Мурманского государственного
технического университета, канд. биол. наук,
Россия, г. Мурманск

Данная работа посвящена изучению структуры литорального поселения мидий *Mytilus edulis* в бухте Круглая Белого моря. В результате исследования выяснили, что наибольшими размерно-весовыми параметрами обладают мидии из средней части бухты. Для всех районов исследования наблюдается преобладание младших возрастных групп; максимальная продолжительность жизни моллюсков (7 лет) зафиксирована в куту и средней части бухты.

Ключевые слова: мидии, литоральное поселение, Белое море.

Введение

Биология и экология мидии *Mytilus edulis* L., обитающей в Белом море, изучены глубоко и довольно подробно. И, тем не менее, она продолжает привлекать внимание исследователей, так как играет большую роль в экосистемах моря, являясь наиважнейшим звеном в её трофической составляющей [5, с. 333].

Цель работы: изучение структуры литоральных поселений мидии *Mytilus edulis* L. в бухте Круглая.

В связи с поставленной целью, в задачи работы входило изучение:

1) Пространственного распределения и показателей обилия моллюсков в исследуемом районе.

2) Размерно-весовой и возрастной структуры мидиевых поселений.

Материалы и методы

Пробы отбирались рамкой 10×10 см в трехкратной повторности с верхнего, среднего и нижнего горизонтов на литорали бухты Круглая, губы Чупа Белого моря в июне 2014 г.

В лаборатории при помощи штангенциркуля измерялись морфометрические параметры моллюсков.

Вес целой мидии определяли с точностью до сотых. Далее с помощью скальпеля разрезали мускулы-замыкатели, после чего мягкие ткани животного отделялись от раковины, которые затем обсушивали на фильтровальной бумаге, после чего взвешивали их на весах. По разности между массой целого моллюска, суммой массы мягких тканей и створок раковины находили массу заключённой в раковине жидкости. Индивидуальный возраст мидии определялся по морфологическим меткам (кольцам) – линиям зимней остановки роста на поверхности створок.

На основе среднего возраста моллюсков вычислили коэффициент смертности по формуле:

$$Z = \ln(((t - t_x + 1)/(t - t_x)) \cdot (n/(n + 1))) \quad (1),$$

где t – средний возрастной класс, t_x – начальный возрастной класс, n – численность моллюсков.

Ежегодная доля выживаемости определялась по следующей формуле:

$$V = e^{-z} \quad (2),$$

где e – экспонента,

z – коэффициент смертности.

Все расчеты производились при помощи Microsoft Office Excel 2007.

Результаты и обсуждение

В результате исследования выяснили, что на литорали данной бухты мидии распространены повсеместно, а плотность и биомасса их поселения возрастает от устья к кутовой части бухты.

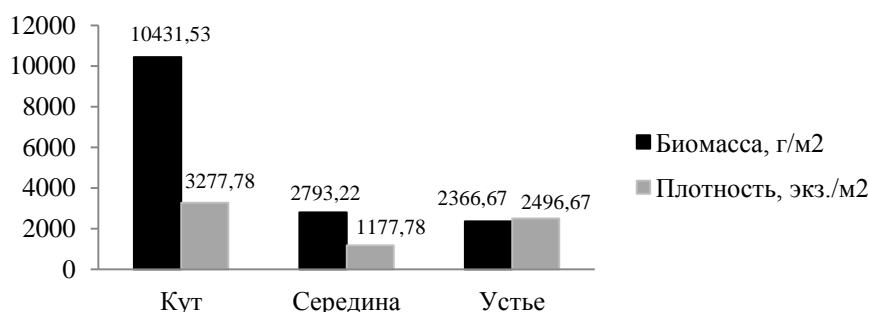


Рис. 1. Показатели обилия моллюсков *Mytilus edulis* L.

Наименьшая плотность поселения наблюдается в средней части бухты Круглая, что, вероятно, связано с тем, что литораль здесь представлена песчаной фракцией, к которой представителям данного вида, в силу своего обра-

за жизни, требующего прикрепления к твёрдому субстрату, трудно приспособиться (рис. 1).

Увеличением времени нахождения моллюсков в воде в период осушения и повышение интенсивности водообмена на нижнем горизонте обеспечивают мидий более длительным питанием и способствуют процессу их самоочищения [1, с. 304]. Поэтому, рассмотрев распределение показателей обилия мидий по горизонтам, выявили, что в куту бухты Круглая плотность и биомасса возрастают от верхнего горизонта к нижнему (табл. 1).

Таблица 1

Распределение показателей обилия моллюсков по горизонтам

Горизонт литорали	Кут		Середина		Устье	
	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²	Плотность, экз./м ²	Биомасса, г/м ²
Верхний	2266,67	1984,67	433,33	625	1966,67	1365,67
Средний	3666,67	8094	1666,67	3861,67	3200	3325,67
Нижний	4100	8378,67	1433,33	3826,33	1933,33	2598,67

Для остальных частей бухты наибольшие значения этих характеристик свойственны мидиям среднего горизонта литорали, что объясняется наличием большего количества валунов и камней, обеспечивающих моллюсков обширной площадью для прикрепления.

В результате изучения размерно-весовой структуры *Mytilus edulis* L., выяснили, что мидии средней части бухты превосходят остальных моллюсков по размерно-весовым параметрам (табл. 2).

Таблица 2

Средние морфометрические параметры мидий

Район исследования	Длина раковины, см	Масса мидии, г	Масса створок, г	Масса тела мидии, г	Масса мантийной жидкости, г
Кут	2,86±0,006	2,93±0,22	1,29±0,1	0,46±0,03	1,18±0,1
Середина	2,66±0,16	3,02±0,5	1,74±0,27	0,88±0,11	1,1±0,24
Устье	2,53±0,09	2,03±0,2	0,87±0,11	0,29±0,04	0,91±0,1

Примечание: «±» – доверительный интервал.

Рассмотрев возрастную структуру мидий, выяснили, что для всех частей бухты характерна неоднородность, проявившаяся как в количестве возрастных групп, так и в их соотношении. Следует отметить, что характер возрастной структуры моллюсков зависит от ежегодного пополнения оседающими особями [2, с. 168], что выражается в превалировании младших возрастных групп (0 – 1 год), свидетельствующие об интенсивном оседании моллюды в летний период и нормальном развитии мидиевого поселения в данной части губы Чула.

В куту и середине бухты было установлено наличие старших возрастных групп. Максимальная продолжительность жизни моллюсков (7 лет) вида *Mytilus edulis* L., определённая по максимальному возрасту встреченных мидий, наблюдается также в куту и середине бухты.

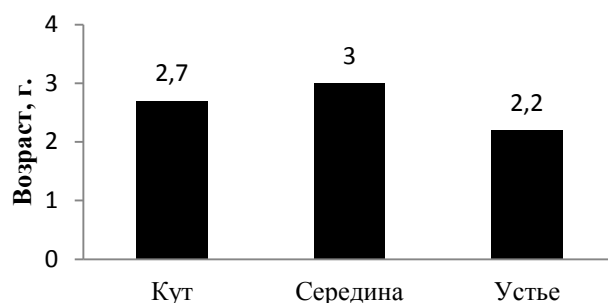


Рис. 2. Средний возраст поселений мидий

Средний возраст двустворчатого моллюска *Mytilus edulis* L. на литорали бухты Круглая варьирует от 2,2 года до 3 лет. Этот возрастной параметр рассчитывали как среднюю взвешенную численность возрастных классов [4, с. 117]. Наибольшим средним возрастом обладает мидии из средней части бухты и составляет 3 года, что указывает на его старение (рис. 2).

Развитие мидий определяется не только уровнем ежегодного пополнения молодь, но и уровнем смертности моллюсков, поэтому для более детального описания их структуры в бухте Круглая были рассчитаны коэффициент смертности и ежегодная доля выживаемости моллюсков в данной местности, рассчитанные на основе среднего возраста мидий [3, с. 39].

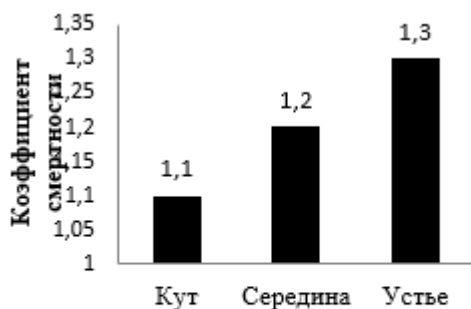


Рис. 3. Коэффициент смертности мидий

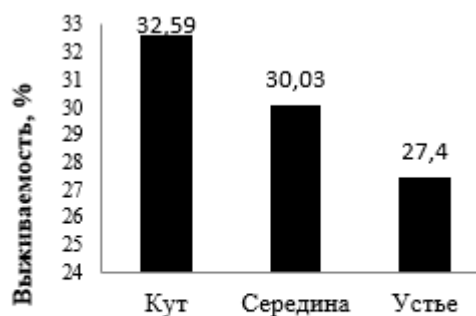


Рис. 4. Ежегодная выживаемость мидий

Из полученных данных видно, что наибольшим коэффициентом смертности обладают мидии из устья бухты Круглая (рис. 3), что объясняет низкий показатель ежегодной выживаемости мидий (рис. 4). Возможно, это можно связать с более сильным влиянием ледового режима в зимне-весенний период на литорали данной части бухты.

Выводы

1. Плотность и биомасса поселений мидий возрастают от устья к кутовой части бухты.

2. Наибольшими размерно-весовыми параметрами обладают мидии из средней части бухты.

3. Для всех районов исследования наблюдается преобладание младших возрастных групп (0-1 года); максимальная продолжительность жизни моллюсков (7 лет) зафиксирована в кутовой и средней частях бухты.

4. Наибольший коэффициент смертности и низкая ежегодная выживаемость особей данного вида мидий характерны для устья бухты.

Список литературы

1. Варигин, А. Ю. Рост мидии *Mytilus galloprovincialis* L. в донных поселениях северо-западной части Чёрного моря [Текст] / А. Ю. Варигин // 2006. – С. 304-315.

2. Каутский Н., Рост и размерная структура популяции *Mytilus edulis* в Балтийском море [Текст] / Н. Каутский // Мор. Биол. 1982. – С. 117–133.

3. Кулаковский, Э.Е. Биологические основы культивирования мидий в Белом море [Текст] / Э. Е. Кулаковский // Первое всесоюзное совещание по проблемам зоокультуры: тез. докл. Часть третья. Москва. 1986. – С. 39–40.

4. Кулаковский, Э.Е. Биологические основы марикультуры мидий в Белом море [Текст] / Э. Е. Кулаковский. – СПб: 2000. – 168 с.

5. Шкляревич Г. А., Состояние литоральных поселений *Mytilus edulis* в Кандакшском заливе Белого моря [Текст] / Г. А. Шкляревич // Проблемы изучения, рационального использования и охраны ресурсов Белого моря: тез. док. Междунар. конф. Петрозаводск, 11-14 окт. 2004 г. Петрозаводск. 2004. – С. 333–337.

АНАЛИЗ ПРИРОДООХРАННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ТОО «ЭКИБАСТУЗСКАЯ ГРЭС-1 ИМ. Б. НУРЖАНОВА»

Шамсутдинова Ю.В.

магистрант кафедры энергоэкологии Казахского национального университета имени аль-Фараби,
Казахстан, г. Алматы

Воронова Н.В.

доцент кафедры энергоэкологии Казахского национального университета имени аль-Фараби, доцент, канд.биол.наук,
Казахстан, г. Алматы

В статье электроэнергетика рассматривается в качестве одного из приоритетных факторов развития экономики страны. Развитие электроэнергетики позволяет осуществить важнейшие, универсальные и природоохранные технологии во всех отраслях производства, обеспечивающие социальную стабильность, что является основой благополучного развития инфраструктуры страны в целом.

Ключевые слова: электроэнергетика, электростанция, ГРЭС, производственная деятельность, загрязняющие вещества, природоохранная деятельность.

Электрическая энергия – важнейший, универсальный, самый эффективный технический и экономический вид энергии. Другое его преимущество – экологическая безопасность использования и передачи электроэнергии

по линиям электропередач по сравнению с перевозкой топлива, перекачкой их по системам трубопроводов. Однако выработка электроэнергии на многочисленных ГРЭС, ТЭС, ГЭС, АЭС сопряжена со значительными отрицательными воздействиями на окружающую среду. Энергетические объекты по степени влияния принадлежат к числу наиболее интенсивно воздействующих на биосферу промышленных объектов [1]. В связи с дестабилизацией природных экосистем, особое значение приобретает экологическая оценка и анализ производственной деятельности промышленных предприятий, в том числе и электростанций, их воздействие на состояние окружающей среды [3].

Одним из основных источников негативных воздействий на окружающую среду являются предприятия топливно-энергетического комплекса. Наибольшее воздействие оказывает энергетика. Электростанции служат основным источником загрязнения окружающей среды, а энергетике. Воздействие на природу в данном случае может рассматриваться в двух аспектах: для того или иного участка поверхности Земли в тот или иной отрезок времени (локальное воздействие) или общее воздействие на биосферу (глобальное воздействие). Все выбросы топливно-энергетического комплекса оказывают вредное воздействие на весь комплекс живой природы – биосферу [2].

Республика Казахстан обладает крупными запасами энергетических ресурсов (нефть, газ, уголь, уран) и является сырьевой страной. До 2010 года Казахстан являлся нетто – экспортером электроэнергии, а после 2010 является нетто – импортером, то есть потребляет больше электроэнергии, чем производит. Север Казахстана экспортирует электроэнергию, на построенной еще в советское время Экибастузской ГРЭС-1 в Россию, а юг покупает ее у Киргизии и Узбекистана [6]. Около 72% электроэнергии в Республике Казахстан вырабатывается из угля, 12.3% – из гидроресурсов, 10.6% – из газа и 4.9% – из нефти. Таким образом, основными видами электростанций вырабатывается 99.8% электроэнергии, а на альтернативные источники приходится менее 0.2% [7].

Товарищество с ограниченной ответственностью «Экибастузская ГРЭС-1 им.Б.Нуржанова» является крупнейшей электростанцией Республики Казахстан, работающей на высокочемических углях Экибастузского месторождения. Она расположена на территории Павлодарской области в 16 км к северо-востоку от г. Экибастуз, на северо-западном берегу водохранилища-охладителя Женгельды. ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 им.Б.Нуржанова» осуществляет производство и распределение электроэнергии, с установленной мощностью 4000 МВт. По проекту станция состоит из восьми энергоблоков мощностью по 500МВт каждый. Местоположение станции определила ее близость к основным угледобывающим разрезам Казахстана (крупнейший в Казахстане разрез «Богатырь» находится в 25 км восточнее). Источники водоснабжения станции является водохранилище, созданное в котловане озера Женгельды и заполняемое водой из канала «Иртыш-Караганда им.Сатпаева» [4].

Деятельность предприятия по значимости и полноте оценки воздействия на окружающую среду согласно санитарной классификации производ-

ственных объектов относится к первой категории. К основным ингредиентам, содержащимся в выбросах предприятия, относятся: твердые примеси, летучая зола, сернистый ангидрид, окислы азота. В выбросах угольных разрезов наряду с распространенными ингредиентами и транспорта наблюдается также сероводород, окислы марганца, соединения кремния, фториды [5].

Исходя из этого, предприятием проводится Программа производственного экологического контроля (ПЭК), согласно которой работы по ПЭК окружающей среды осуществляются и включают в себя организацию наблюдений, сбор данных, проведение их анализа с целью оценки воздействия предприятия на окружающую среду для принятия оперативных мер по предотвращению, сокращению и ликвидации негативного воздействия на природные среды. Программой производственного экологического мониторинга ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 им.Б.Нуржанова» предусматривается выполнение оперативного мониторинга, мониторинга эмиссий и мониторинга воздействия, выполнение которых обеспечивает более полную картину состояния компонентов окружающей среды. Так же Программа производственного мониторинга включает в себя: перечень параметров, отслеживаемых в процессе мониторинга; периодичность, продолжительность и частоту проведения измерений; сведения об используемых методах проведения мониторинга; точки отбора проб и их месторасположение; учет, анализ и передачу информации; план-график внутренних проверок.

Список литературы

1. Буров В.Д., Дохоров Е.В. и др. Тепловые электрические станции. – М.: Издательский дом МЭИ, 2009. – С.432-434.
2. Гирусов Э.В., Бобылев С.Н., и др. Экология и экономика природопользования. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, Единство, 2013. – С.17-19.
3. Деминтиевская О. Обсуждение на высоком уровне // Нефть и газ. – 2012. №2 (68). – С.12-15.
4. Оценка уровня загрязнения компонентов ОС токсичными веществами на границе санитарно-защитной зоны промплощадки и накопителей отходов производства ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 им.Б.Нуржанова» на основе инструментальных измерений за 2012 г. // Центр Чистых Производств, 2012. – 97с.
5. Оценка уровня загрязнения компонентов ОС токсичными веществами на границе санитарно-защитной зоны промплощадки и накопителей отходов производства ТОО «Экибастузская ГРЭС-1 им.Б.Нуржанова» на основе инструментальных измерений за 2010 г. // Центр Чистых Производств, 2010. – С. 19-41.
6. Республика Казахстан. Топливо-энергетические ресурсы (ТЭР) // Социально-экономическое развитие РК, 2010. – С.107-108.
7. Тазетдинова Ф. Энергетика в Казахстане. // Промышленный Казахстан. – 2011. – № 12 (72). – 42 с.

ШУМОЗАЩИТНАЯ РОЛЬ ВЕРТИКАЛЬНОГО ОЗЕЛЕНЕНИЯ НА ПРИМЕРЕ ВИНОГРАДА ДЕВИЧЬЕГО (*PARTHENOCISSUS GUINGUEFOLIA*)

Щербакова О.В.

магистр Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (ФГБОУ ВПО Донской государственной аграрный университет),
Россия, г. Новочеркасск

Иванисова Н.В.

доцент кафедры Лесоводства и лесных мелиораций Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (ФГБОУ ВПО Донской государственной аграрный университет), канд. биол. наук, доцент,
Россия, г. Новочеркасск

Куринская Л.В.

доцент кафедры Лесных культур и лесопаркового хозяйства Новочеркасского инженерно-мелиоративного института им. А.К. Кортунова (ФГБОУ ВПО Донской государственной аграрный университет), канд. биол. наук,
Россия, г. Новочеркасск

Проблема регулирования высокого уровня шума в городской среде наиболее сложно поддается решению. Листья лиан поглощают энергию падающих на них звуковых волн. Способность растений снижать шум зависит от густоты листьев, от способа формирования вьющихся растений, от плотности покрытия поверхности лианой.

Ключевые слова: шум, вертикальное озеленение, лианы, виноград девичий, плотность покрытия поверхности, шумоизоляция.

Жители крупных городов уже не представляют своей жизни без всех благ цивилизации. Их обеспечивает развитая инфраструктура, при этом существенным недостатком является тот факт, что в городах невозможно достичь таких же идеальных показателей качества окружающей среды, как на других, не столь сильно затронутых прогрессом территориях [2, с. 53]. Сегодня люди научились эффективно снижать выбросы автотранспорта и промышленных предприятий, использовать городские территории под зелёные насаждения, очищать сточные воды, эффективно утилизировать отходы, но проблема регулирования высокого уровня шума в городской среде наиболее сложно поддается решению.

Шум – фактически постоянно действующий негативный фактор окружающей среды, он преследует людей на работе, в транспорте, дома, на отдыхе. Поэтому проблема эффективной шумоизоляции – весьма актуальна.

Листья лиан поглощают до 20 % энергии падающих на них звуковых волн, а отражают и рассеивают 74 %. Способность растений снижать шум зависит от густоты листьев, от способа формирования вьющихся растений, от их различных звукопоглощающих свойств [1, с. 156].

В 2014 году в г. Новочеркасске Ростовская область (зона аридных степей) на объектах с вертикальным озеленением виноградом девичьим пятилисточковым были проведены замеры уровня шума в децибелах. Для точности исследования замеры проводились с периодом 3-4 часа. На основании результатов рассчитан усреднённый показатель и дана характеристика показателя, где 0 дБА – ничего не слышно, 5-10 – почти не слышно, 15-20 – едва слышно, 25-30 – тихо, 35-45 – довольно слышно, 50-55 – отчётливо слышно, 60-75 – шумно, 80-95 – очень шумно, максимальное значение 160 – шок, травмы от звукового самолёта [3]. Сила звука от 0 до 10 дБА и свыше 85 нами зафиксирована не была. Результаты измерений сведены в таблицу.

Таблица 1

Показатели уровня шума на объектах вертикального озеленения для винограда девичьего пятилисточкового (*Parthenocissus guinguefolia*)

№ объекта	Тип посадки	Высота, м	Площадь облиствения, м ²	Плотность покрытия поверхности, %	Уровень шума, дБА	Среднее и характеристика
1	3	4	5	6	7	8
Автодороги, магистрали						
1	в лунку	4,5	40,5	90	58,3 50,8 49,6	52,9 – отчётливо слышно
2	в полосу	3	6	80	52,3 60 57,8	56,7 – отчётливо слышно
3	в лунку, ящик	2,5	4	70	56,1 69,8 62,3	62,7 – шумно
4	в полосу	3	5	95	53,4 48,7 50,1	50,7 – отчётливо слышно
5	в лунку	2,5	32	75	62,3 59,7 64,8	62,3 – шумно
6	в полосу	3	11	70	79,4 65,1 64,6	69,7 – шумно
7	в полосу	3,5	21	85	57,4 56,3 49,8	54,5 – отчётливо слышно
8	в полосу	3	3	40	78,5 79,2 80,1	79,3 – очень шумно
9	в лунку	3	10	60	77,2 80,7 68,9	75,6 – шумно
10	в лунку	3	5	80	60,2 64,1 70,3	64,9 – шумно

1	3	4	5	6	7	8
Жилая зона						
11	в лунку	2,5	5	25	42,7 40,1 36,3	39,7 – довольно слышно
12	в полосу	3	1,5	10	45,2 38,4 37,7	40,4 – довольно слышно
13	в полосу	12	11	60	34,8 41,9 37,7	38,1 – довольно слышно
14	в полосу	3	10	70	37,8 35,6 39,3	37,6 – довольно слышно
15	в лунку	3,5	17	80	40,2 35,2 34,8	36,7 – довольно слышно
16	в лунку	2	2	60	45,6 34,8 33,7	38,0 – довольно слышно
17	в лунку	2,5	20	65	35,5 40,4 37,8	37,9 – довольно слышно
18	в лунку	3,2	4	10	43 41,9 36,9	40,6 – довольно слышно
Сады, парки						
19	в лунку	2	16	90	21,6 20,9 17,3	19,9 – едва слышно
20	в лунку	3	6	60	18,2 23,9 44,0	28,7 – тихо
21	в полосу	2,5	28	75	17,8 24,9 20,6	21,1 – едва слышно
22	в полосу	2	7	65	24,6 21,7 20,3	22,2 – тихо
23	в полосу	4	52	90	18,2 22,0 21,5	20,6 – едва слышно
24	в полосу	2,5	10	70	23,4 18,9 21,7	21,3 – едва слышно
25	в полосу	2,5	12	65	23,8 24,9 22,8	23,8 – тихо
26	в полосу	1,5	2,5	40	33,7 30 26,2	29,9 – тихо

Вертикальное озеленение создаёт благоприятный микроклимат: листья лиан уменьшают нагрев стен, особенно на южной и юго-западной сторонах, вьющиеся растения уменьшают проникновение пыли, повышает влажность воздуха, что особенно ценно в период жары [4, 190-193].

Высокий показатель уровня шума в г. Новочеркасске был зафиксирован вдоль магистралей и автодорог его значение составляет от 50 до 80 дБА, в жилой зоне значительно тише 35-40дБА, в парковой территории он весьма невелик – 18 – 30дБА.

Проведённые исследования позволили выявить закономерность снижения шума не только за счёт расстояния от источника шума, но и плотности покрытия поверхности лианой.

Результаты исследований доказывают возможность лиан снижать уровень шума.

Исследование выполнено при государственной поддержке ведущей научной школы Российской Федерации (НШ-2449.2014.4).

Список литературы

1. Головач, А. Г. Лианы, их биология и использование [Текст] / А.Г. Головач. Л.: "Наука", 1973. – 258 с.
2. Радзевич, Н.Н. Охрана и преобразование природы: Учеб. пособие для студ. геогр. спец. пед. ин-тов. [Текст] / Н.Н. Радзевич, К.В. Пашканг. – М.: Просвещение, 1986. – 288 с.
3. Справочники, 2015 [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.kakras.ru/doc/shum-decibel.html>
4. Щербакова, О.В. Средозащитная роль *Parthenocissus guinguefolia* в озеленении городов степной зоны [Текст] / О.В. Щербакова, Н.В. Иванисова // Актуальные проблемы лесного комплекса. – 2014. – № 38. – С. 190-193.

Научное издание

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
СОВРЕМЕННОЙ НАУКИ

Сборник научных трудов
по материалам VII Международной научно-практической
конференции

г. Белгород, 31 января 2015 г.

В десяти частях
Часть I

Подписано в печать 16.02.2015. Гарнитура Times New Roman.
Формат 60×84/16. Усл. п. л. 9,30. Тираж 100 экз. Заказ 18.
ООО «ЭПИЦЕНТР»
308010, г. Белгород, ул. Б.Хмельницкого, 135, офис 1
ИП Петрова М.Г., 308000, г. Белгород, Народный бульвар, 70а