



**МАТЕРИАЛЫ МЕЖДУНАРОДНОЙ ЗАОЧНОЙ  
НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКОЙ КОНФЕРЕНЦИИ**

**АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ  
И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ  
БИОЛОГИИ, ХИМИИ, ФИЗИКИ**

Новосибирск, 2012 г.

УДК 50  
ББК 20  
А 43

**А 43 «Актуальные вопросы и тенденции развития биологии, химии, физики»:** материалы международной заочной научно-практической конференции. (06 июня 2012 г.) — Новосибирск: Изд. «Сибирская ассоциация консультантов», 2012. — 116 с.

ISBN 978-5-4379-0102-1

Сборник трудов международной заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы и тенденции развития биологии, химии, физики» отражает результаты научных исследований, проведенных представителями различных школ и направлений современных естественных наук.

Данное издание будет полезно аспирантам, студентам, исследователям и всем интересующимся актуальным состоянием и тенденциями развития естественных наук.

ББК 20

ISBN 978-5-4379-0102-1

## **Оглавление**

<b>Секция 1. Биология</b>	<b>6</b>
<b>1.1. Биохимия</b>	<b>6</b>
МОДИФИКАЦИЯ ГЕПАРИНОМ АКТИВНОСТИ АМИНОТРАНСФЕРАЗ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПЧЕЛИНОГО ЯДА И ЭТАНОЛА	6
Пурсанов Кузьма Анастасович Перепелюк Зоя Владимировна	
АДАПТАГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА SCHIZONERETA MULTIFIDA НА АКТИВНОСТЬ СЫВОРОТОЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ	15
Сердюков Данил Сергеевич Мухина Елена Савельевна	
<b>1.2. Зоология</b>	<b>19</b>
УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (MICROCHIROPTERA) В ПОЙМЕ РЕКИ ДЕСНЫ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ	19
Гриб Виктория Викторовна Горбачев Александр Александрович Зайцева Елизавета Николаевна Подвойский Василий Сергеевич Прокофьев Игорь Леонидович	
<b>1.3. Общая биология</b>	<b>25</b>
КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ	25
Хлопков Юрий Иванович Чернышев Сергей Леонидович Зея Мьо Мьинт Хлопков Антон Юрьевич Чжо Зин	
<b>1.4. Физиология</b>	<b>32</b>
МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЁГКИХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГЕПАРИНА И ЗООТОКСИНОВ	32
Лушникова Ольга Викторовна Малиновский Дмитрий Сергеевич	
ИЗУЧЕНИЕ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ НОВЫХ БИОФЛАВОНОИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ	38
Харченко Юрий Алексеевич	

---

<b>1.5. Экология и природопользование</b>	<b>44</b>
ИЗУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ АКВАТОРИИ ЮГО-ВОСТОЧНОГО КАСПИЯ Калбаева Алия Моминовна Цуркан Яна Сергеевна Карпенюк Татьяна Анатольевна Гончарова Алла Владимировна	44
ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ И БИОРЕМЕДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА Цуркан Яна Сергеевна Гончарова Алла Владимировна Карпенюк Татьяна Анатольевна	48
<b>Секция 2. Химия</b>	<b>53</b>
<b>2.1. Органическая химия</b>	<b>53</b>
НОВЫЙ СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ ИНДОЛЬНОГО РЯДА Барамысова Гульнара Турсиметовна Джиембаев Булат Жазкенович Тлеубаева Алтын Ахметвалиевна	53
КОНФОРМАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭПИМЕРОВ ПО C2 И C4 N-ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-МЕТИЛ-4-ФЕНИЛЭТИНИЛ-4-ГИДРОКСИ-ТРАНС- ДЕКАГИДРОХИНОЛИНОВ Турмуханова Миргуль Журагатовна Абилов Жарылкасын Абдурахитович Келжанова Назкен	61
<b>2.2. Физическая химия</b>	<b>68</b>
КИНЕТИКА ТЕРМОРАСПАДА КРЕАТИНА Васина Янина Александровна Зеляев Игорь Александрович	68
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ $\gamma$ -Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> Курмышева Александра Юрьевна Горичев Игорь Георгиевич Забенькина Екатерина Олеговна	73

РЕЗОНАНСНЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГИДРАТИРОВАННЫХ ИОНОВ H <sup>+</sup> И Cl <sup>-</sup> В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ Килимник Александр Борисович Слобина Елена Семеновна Ярмоленко Владислав Владимирович	78
<b>Секция 3. Физика</b>	<b>83</b>
<b>3.1. Акустика</b>	<b>83</b>
ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА МЕТОДОМ ВИНЕРА-ХОПФА Хлопков Юрий Иванович Жаров Владимир Алексеевич Чернышев Сергей Леонидович Зея Мьо Мьинт	83
<b>3.2. Молекулярная физика</b>	<b>98</b>
ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ Хлопков Юрий Иванович Зея Мьо Мьинт Хлопков Антон Юрьевич Чжо Зин Засыпалов Валерий Васильевич	98
<b>3.3. Теоретическая физика</b>	<b>104</b>
ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭВОЛЮЦИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА Хлопков Антон Юрьевич Зея Мьо Мьинт Хлопков Юрий Иванович Чжо Зин	104
<b>3.4. Физика полупроводников</b>	<b>111</b>
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР В ПРОЦЕССАХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАНИЯ Джалалов Темур Асфандиярович	111

# СЕКЦИЯ 1.

## БИОЛОГИЯ

### 1.1. БИОХИМИЯ

#### МОДИФИКАЦИЯ ГЕПАРИНОМ АКТИВНОСТИ АМИНОТРАНСФЕРАЗ ПРИ ДЕЙСТВИИ ПЧЕЛИНОГО ЯДА И ЭТАНОЛА

*Пурсанов Кузьма Анастасович*

*канд. мед. наук, доцент, НГМА, г. Н. Новгород*

*Перепелюк Зоя Владимировна*

*Аспирантка, ННГУ, г. Н. Новгород*

*E-mail: [labmouse@pochta.ru](mailto:labmouse@pochta.ru)*

Аминотрансферазы, трансминазы, — ферменты класса трансфераз, катализирующие обратимые реакции трансминирования, т. е. перенос аминокруппы и водорода от одной молекулы субстрата к другой без промежуточного образования аммиака. Коферменты аминотрансферазы — пиридоксальфосфат и пиридоксаминофосфат. Аминотрансферазы участвуют в азотистом обмене, особенно в обмене аминокислот. Определение аланиновой и аспарагиновой аминотрансфераз в сыворотке крови человека используют в диагностике заболеваний печени и сердца.

Наибольшее клинико-диагностическое значение имеет определение активности двух аминотрансфераз: аспартатаминотрансферазы (АСТ) и аланинаминотрансферазы (АЛТ). Аспартатаминотрансфераза широко распространена в органах и тканях человека. Наибольшее содержание АСТ обнаружено в сердечной мышце, затем последовательно в убывающем количестве в печени, скелетной мускулатуре, головном мозге, почках, семенниках. Активность АСТ в сердечной мышце почти в 10000 раз выше, чем в сыворотке. В эритроцитах АСТ содержится в 10 раз больше, чем в сыворотке. Поэтому при определении

аминотрансфераз в сыворотке крови последняя не должна иметь даже следов гемолиза.

Фермент, катализирующий обратимый перенос аминогруппы с аланина на  $\alpha$ -кетоглутаровую кислоту, получил название аланинаминотрансферазы. Наиболее высокая активность АЛТ обнаруживается в печени, поджелудочной железе, сердце и скелетной мускулатуре. В печени активность АЛТ в несколько тысяч раз выше, чем в сыворотке крови.

Повышение активности аминотрансфераз в сыворотке крови отмечено при целом ряде заболеваний и особенно при поражении органов и тканей, богатых данными ферментами (печень, миокард и др.). Наиболее резкие изменения в активности АСТ наблюдаются при поражении сердечной мышцы.

Повышение активности АСТ в сыворотке крови больных инфарктом миокарда наблюдается в 93—98 % случаев. Увеличение активности начинается обычно через 6—12 часов после возникновения инфаркта миокарда, достигает максимума через 24—48 часов, затем постепенно падает, возвращаясь к нормальному уровню чрез 4—5 дней. При инфаркте миокарда активность АСТ в сыворотке крови может увеличиваться в 2—20 раз.

Считают, что существует тесная корреляция между размерами очага некроза и активностью АСТ в сыворотке крови. Как показали исследования ряда авторов, некроз площадью 1,5x1,5 см приводит к значительному подъему АСТ в сыворотке крови.

При заболеваниях печени в первую очередь и наиболее значительно по сравнению с АСТ изменяется активность АЛТ. Установлено, что повреждение всего лишь одной печеночной долики достаточно для значительного увеличения активности сывороточной АЛТ.

Особенно резко повышается активность АЛТ в сыворотке крови при инфекционном гепатите. Максимум повышения активности фермента отмечается на 6—10 день заболевания и постепенно возвращается к норме к 15—20 дню. Активность АЛТ увеличивается уже в инкубационном периоде заболевания, что имеет большое диагностическое значение [2].

Выбор аланинаминотрансферазы (АлАТ) и аспартатаминотрансферазы (АсАТ) в качестве индикаторов влияния гепарина на токсические свойства был обусловлен тем, что эти два фермента являются информативным клиническим тестом при заболеваниях сердца и печени. Хорошо известно, что этанол и пчелиный яд обладают ярко выраженным кардиотропным и гепатотропным действием, а значит можно гипотетически полагать, что он будет влиять на активность данных ферментов. С другой стороны, печень

является одним из основных депо эндогенного гепарина, который, возможно также влияет на активность АлАТ и АсАТ.

Работа была выполнена на 92 лабораторных крысах-самцах, содержащихся на общем рационе вивария. Определение активности ферментов в периферической крови осуществлялось общепринятыми методами.

Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента для множественных сравнений [1].

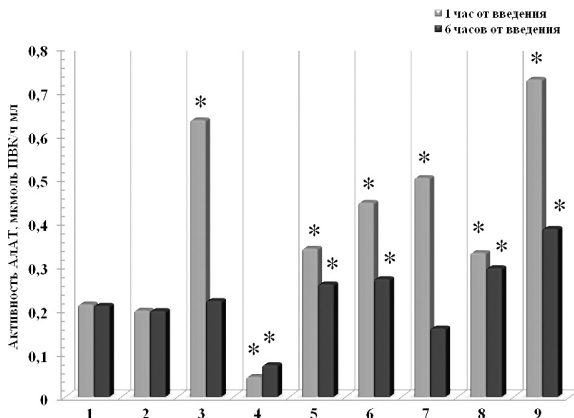
В нашей работе после введения пчелиного яда наблюдалось повышение уровня активности аминотрансфераз в периферической крови крыс. Активность аланинаминотрансферазы, определенная по прошествии 1 часа от введения пчелиного яда в дозе 2 мг/кг повысилась в 3 раза по сравнению с контролем. Через 6 часов после введения яда активность фермента снижалась до уровня, статистически не отличающегося от контроля (рис. 1).

Введение гепарина (50 МЕ/кг) способствовало понижению активности фермента. Достоверные различия от контрольных величин были выявлены и через 1 час, и через 6 часов после введения. Необходимо отметить, что к 6 часам от введения наблюдается тенденция к увеличению активности фермента (рис. 1). К этому времени происходит нейтрализация гепарина вследствие расщепления гепариназой и образования комплексов с серотонином и белками плазмы крови [3].

Смесь пчелиного яда (2 мг/кг) с гепарином (50 МЕ/кг) вызывала достоверное увеличение активности АлАТ до уровня  $0,340 \pm 0,045$  и  $0,258 \pm 0,052$  мкмоль ПВК/ч мл через 1 час и 6 часов от введения соответственно (рис. 1).

При введении следующим двум группам пчелиного яда (2 мг/кг) на фоне гепарина (50 и 500 МЕ соответственно) также наблюдалось достоверное увеличение активности АлАТ через 1 час и 6 часов от введения. Более высокая активность фермента проявилась через 1 час после применения пчелиного яда на фоне 500 МЕ/кг гепарина. В этой же группе наблюдалось более интенсивное падение активности трансферазы через 6 часов после введения (рис. 1).





**Рис. 1. Влияние пчелиного яда и гепарина на уровень активности аламинотрасферазы в периферической крови крыс**

- 1 — Контроль (интактные)  
 2 — Контроль (физиологический раствор)  
 3 — Пчелиный яд (2 мг/кг)  
 4 — Гепарин (50 МЕ/кг)  
 5 — Пчелиный яд (2 мг/кг)+гепарин (50 МЕ/кг)  
 6 — Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне гепарина (50 МЕ/кг)  
 7 — Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне гепарина (500 МЕ/кг)  
 8 — Протамин сульфат (10 мг/кг)  
 9 — Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне протамин сульфата (10 мг/кг)  
 \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ )

Нейтрализация эндогенного гепарина протамин сульфатом в количестве 10 мг/кг вызывала не слишком значительное, но статистически достоверное повышение активности ААТ, в то время как введение пчелиного яда (2 мг/кг) на фоне протамин сульфата вызывало увеличение уровня фермента более чем в 3,5 раза.

Активность аспартатаминотрансферазы, измеренная через 1 час после воздействия пчелиного яда (2 мг/кг) была в 1,6 раза выше контрольной. Через 6 часов от введения яда не наблюдалось статистически значимых отличий от контроля (рис. 2).

Введение гепарина (50 МЕ/кг) способствовало снижению активности фермента через 1 час с последующим повышением через 6 часов после введения.

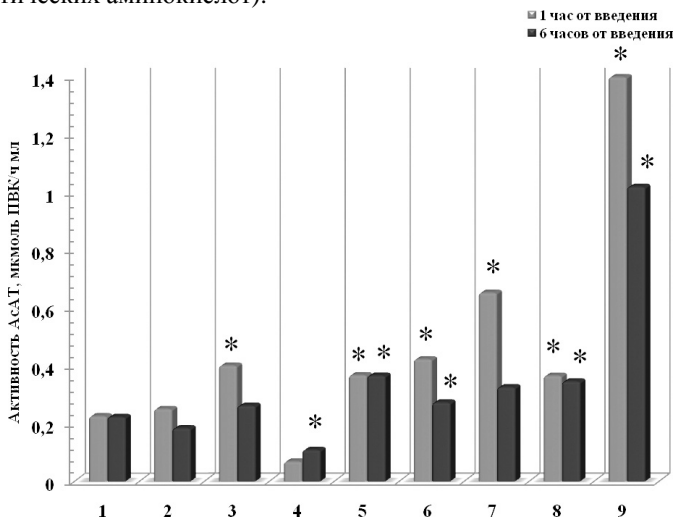
Введение смеси пчелиный яд (2 мг/кг) — гепарин (50 МЕ/кг) приводило к статистически значимому повышению уровня фермента,

причем через 6 часов после введения не отмечалось тенденции к нормализации активности.

При введении пчелиного яда (2 мг/кг) на фоне предварительной гепаринизации (500 МЕ/кг) также наблюдалось увеличение активности АсАТ, однако через 6 часов после введения яда не наблюдалось статистически значимых отличий от контроля.

Антагонист гепарина протамина сульфат вызывал достоверное, с течением времени мало снижающееся повышение уровня АсАТ. Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне протамина сульфата (10 мг/кг) вызывал резкое возрастание активности АсАТ в 5,5 раз с последующим снижением до  $1,018 \pm 0,073$  мкмоль ПВК/ч мл через 6 часов от введения (рис. 2).

Пчелиный яд при введении в организм млекопитающих вызывает тяжелые нарушения обмена веществ. Это связано с прямым его действием на ферментные системы, а также со способностью нарушать нервную и гуморальную регуляцию обмена и вызывать состояние стресса. Установлено, что любые стрессовые состояния, требующие срочной мобилизации компонентов белка для покрытия энергетических нужд организма, связаны с адаптивным, гормонально-стимулируемым биосинтезом определенных аминотрансфераз, участвующих в глюконеогенезе (аланин- и аспартат-аминотрансфераз, аминотрансфераз ароматических аминокислот).



**Рис. 2. Влияние пчелиного яда и гепарина на уровень активности аспаратаминовтрасферазы в периферической крови крыс**

- 1— Контроль (интактные)
  - 2— Контроль (физиологический раствор)
  - 3— Пчелиный яд (2 мг/кг)
  - 4— Гепарин (50 МЕ/кг)
  - 5— Пчелиный яд (2 мг/кг)+гепарин (50 МЕ/кг)
  - 6— Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне гепарина (50 МЕ/кг)
  - 7— Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне гепарина (500 МЕ/кг)
  - 8— Протамин сульфат (10 мг/кг)
  - 9— Пчелиный яд (2 мг/кг) на фоне протамин сульфата (10 мг/кг)
- \* — Различия между контрольными и экспериментальными группами статистически значимы ( $p \leq 0,05$ )

Повышение активности аминотрансфераз можно объяснить и воздействием компонентов апитоксина непосредственно на мембраны клеток. Известно, что мелиттин — мембранолизит, поэтому он изменяет проницаемость мембраны [7] и таким путем может влиять на локализацию и активность ферментов.

Сам гепарин снижает развитие общего адаптационного синдрома [8]. Предполагается, что гепарин влияет на конститутивный или индуктивный синтез трансаминаз в печени или других органах и тканях, а также образует биоконплекс гепарин + трансаминазы, обеспечивая восстановление нарушенных реакций переаминирования [5]. Кроме того, возможна непосредственная нейтрализация токсичных компонентов яда образованием неактивных комплексных соединений с гепарином [6]. Этим объясняется меньшая токсичность пчелиного яда в составе смеси по сравнению с введением на фоне предварительной гепаринизации.

В следующей серии экспериментов исследовалось изменение активности аминотрансфераз при действии этанола, гепарина и протамин асульфата. У интактных животных активность АлАТ и АсАТ равна  $0,156 \pm 0,064$  и  $0,103 \pm 0,025$  мкМ/мл соответственно. Введение физиологического раствора в объёме 1 мл многократно снижает активность АлАТ ( $0,061 \pm 0,030$ ) и более чем в два раза снижает активность АсАТ ( $0,051 \pm 0,013$ ) относительно интактных животных. В связи с тем, что исследуемые вещества мы разводили в физиологическом растворе, в качестве контроля для статистической обработки были взяты именно эти данные (рис. 3).

При введении гепарина в дозах от 1000 МЕ/кг до 5000 МЕ/кг активность АлАТ повышается и достигает при введении гепарина 5000 МЕ/кг  $0,405 \pm 0,048$  мкМ/мл. При оценке активности АсАТ установлено, что его активность возрастает в тех же пределах, за

исключением введения гепарина в дозе 5000 МЕ/кг (0,081±0,065 мкМ/мл) (рис. 4).

Этанол (12 %, 0,5 мл/200г) повышает активность АлАТ и АсАТ, однако 20 % этанол объёме 0,5 мл/200г снижает активность АлАТ до 0,185±0,022 мкМ/мл, АсАТ — до 0,022±0,017 мкМ/мл, сравнимых с контрольными величинами.



**Рис. 3. Влияние гепарина, этанола и протамин сульфата на активность аланинаминотрансферазы**

1. Интактная группа; 2. Контроль (физ.раствор);
3. Гепарин (500 МЕ/кг); 4. Гепарин (1000 МЕ/кг);
5. Гепарин (2500 МЕ/кг); 6. Гепарин (3000 МЕ/кг);
7. Гепарин (5000 МЕ/кг); 8. Этанол (12 %, 0,5 мл/200г);
9. Этанол (20 %, 0,5 мл/200г); 10. Гепарин(500 МЕ/кг)→
- Этанол(12 %); 11. Гепарин(1000 МЕ/кг) →Этанол(12%, 0,5 мл/200г);
12. Гепарин (2500 МЕ/кг) →Этанол(12%, 0,5 мл/200г)
13. Гепарин(2500 МЕ/кг) → Этанол(20%, 0,5 мл/200г)
14. Гепарин(2500 МЕ/кг) + Этанол(20%, 0,5 мл/200г)
15. Гепарин (5000 МЕ/кг) → Этанол(12%, 0,5 мл/200г)
16. Этанол (12 %, 0,5 мл/200г)→ Гепарин(500 МЕ/кг)
17. Этанол(12 %, 0,5 мл/200г) → Гепарин(2500 МЕ/кг)
18. Протамин сульфат(1 мг/кг) → Этанол (12 %,0,5 мл/200г)

\* Различия между контрольными и экспериментальными группами статически значимы ( $p < 0.05$ )

Совместное применение гепарина и этанола в различных вариантах введения не выявило каких-либо общих закономерностей и

тенденций влияния на активность АлАТ и АсАТ. Правда, следует отметить, что этанол(12 %, 0,5 мл/200г) на фоне предварительного введения гепарина (1000 МЕ/кг) увеличивает активность АлАТ до  $0,257 \pm 0,021$  мкМ/мл, а активность АсАТ — до  $0,558 \pm 0,205$  мкМ/мл. Аналогичное повышение активности АсАТ регистрировалось при введении гепарина (2500 МЕ/кг) и этанола (20 %, 0,5 мл/200г) в виде смеси (рис. 4).



**Рис. 4. Влияние гепарина, этанола и протамин сульфата на активность аспаратаминотрансферазы**

1. Интактная группа; 2. Контроль (физ.раствор);
  3. Гепарин (500 МЕ/кг); 4. Гепарин (1000 МЕ/кг);
  5. Гепарин (2500 МЕ/кг); 6. Гепарин (3000 МЕ/кг);
  7. Гепарин (5000 МЕ/кг); 8. Этанол (12 %, 0,5 мл/200 г);
  9. Этанол (20 %, 0,5 мл/200г); 10. Гепарин(500 МЕ/кг)→
  - Этанол(12 %); 11. Гепарин(1000 МЕ/кг) →Этанол(12%, 0,5 мл/200г);
  12. Гепарин (2500 МЕ/кг) →Этанол(12%, 0,5 мл/200г)
  13. Гепарин(2500 МЕ/кг) → Этанол(20%, 0,5 мл/200г)
  14. Гепарин(2500 МЕ/кг) + Этанол(20%, 0,5 мл/200г)
  15. Гепарин (5000 МЕ/кг) → Этанол(12%, 0,5 мл/200г)
  16. Этанол (12 %, 0,5 мл/200 г)→ Гепарин(500 МЕ/кг)
  17. Этанол(12 %, 0,5 мл/200 г) → Гепарин(2500 МЕ/кг)
  18. Протамин сульфат(1 мг/кг) → Этанол (12 %,0,5 мл/200 г)
- \* Различия между контрольными и экспериментальными группами статически значимы ( $p < 0.05$ )

Таким образом, 12 % этанол в объеме 0,5 мл/200 г достоверно повышает активность АлАТ и АсАТ. При использовании 20 % спирта в том же объеме активность АлАТ остается достоверно высокой, а активность АсАТ резко уменьшается и достоверно не отличается от контрольных величин.

Гепарин повышает активность АлАТ и АсАТ, однако следует сказать, что активность АсАТ при введении высокой дозы (5000 МЕ/кг) гепарина резко снижается. Гепарин, вероятно, воздействует на состояние дисферментемии применительно к АсАТ, что, возможно, связано с влиянием гепарина на конститутивный или индуктивный синтез АсАТ в печени или других органах и тканях, а также с образованием биокомплекса гепарин + трансаминазы [5].

Известно, что гепарин образует с этанолом нестойкие соединения, распадающиеся при небольшом изменении условий, особенно *in vivo*. Видимо поэтому активность трансаминаз при различных сочетаниях введения этанола с гепарином не даёт четкой картины протекторного действия гепарина в отношении этанола, какую мы наблюдаем при оценке влияния протеогликана на продолжительность этанолового сна [4].

### Список литературы:

1. Гланц Стентон. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. — М.: Практика, 1999. — 459 с.
2. Комаров Ф.И., Коровкин Б.Ф., Меньшиков В.В. Биохимические исследования в клинике. - Элиста: АПП «Джангар», 2001. — 216 с.
3. Кудряшов Б.А. Биологические проблемы регуляции жидкого состояния крови и ее свертывания. М.: Медицина, 1975. — 488 с.
4. Пурсанов К.А., Хомутов А.Е., Бутылин А.Г., Слободянюк В.С. Влияние гепарина, протамина сульфата, этанола и их сочетанного применения на показатели сна экспериментальных животных // Медицинский альманах, 2009. № 3(8). С. 136—137.
5. Федянин Ю.П., Патеюк В.Г. Влияние гепарина на некоторые ферменты переаминирования в сыворотке крови больных эпидемическим гепатитом // Гепарин. Физиология, биохимия, фармакология и клиническое применение. Тезисы III Всесоюзной конференции. М., 1973. — С. 312—314.
6. Хомутов А.Е., Орлов Б.Н. Физиологическая роль гепарина. Горький: Изд-во ГГУ, 1987. — 77 с.
7. Хомутов А.Е., Пурсанов К.А., Калашникова Л.М. Пчелы, пчелиный яд, апитоксинотерапия. — Н. Новгород: Изд-во НГМА, 2006. — 380 с.
8. Jaques L.V. Physiology of heparin// *Angeologie*. 1983. V. 35, № 5. - P. 145—154.

# АДАПТАГЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ ВОДНОГО ЭКСТРАКТА *SCHIZONEPETA MULTIFIDA* НА АКТИВНОСТЬ СЫВОРОТОЧНЫХ ФЕРМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ УЛЬТРАФИОЛЕТОВОГО ОБЛУЧЕНИЯ

*Сердюков Данил Сергеевич*

*студент, Хакасский государственный университета  
им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан*

*Мухина Елена Савельевна*

*канд. хим. наук, доцент,  
Хакасский государственный университета им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан  
E-mail: [aszx12311@rambler.ru](mailto:aszx12311@rambler.ru)*

На современном этапе развития человечества за счёт интенсификации добычи ресурсов и выбросов в атмосферу промышленных загрязнений наблюдается интенсивное истощение озона в стратосфере, что наиболее ярко проявилось за последние 25 лет [8]. Это привело к существенному повышению интенсивности ультрафиолетового (УФ) излучения, в особенности его коротковолнового спектра. УФ-лучи оказывают дестабилизирующее воздействие на живые клетки как за счёт прямого повреждения биомолекул, так и за счёт инициации «оксидативного стресса», что является причиной развития многих заболеваний [7, 8]. В связи с этим поиск способов коррекции биохимических изменений, индуцированных воздействием УФ-облучения, является актуальным и открывает возможности разработки эффективных средств для профилактики возникновения заболеваний и патологических состояний. Одной из наиболее перспективных лекарственных групп являются растительные адаптогены, действие которых направлено на поддержание гомеостаза организма и повышение сопротивляемости к стрессовым факторам [1].

Схизонепета многонадрезанная (лат. *Schizonepeta multifida*) — многолетнее травянистое растение, издавна применяется в традиционной тибетской и бурятской медицине [4], однако имеются немногочисленные литературные данные о его химическом составе. Главным образом изучен состав эфирного масла различных видов рода *Schizonepeta* [3, 10], имеются данные о наличии флавоноидов (апигенин, лютеолин и их гликозиды) [2]. Последние проявляют многофункциональное биологическое действие, в том числе противолучевой и радиозащитный эффект [15], гепатопротекторные свойства [5]. Компоненты водной вытяжки (флавоноиды, водорастворимые витами-

ны, микроэлементы) способны также тормозить свободнорадикальные процессы и перекисное окисление липидов в живых тканях [6]. Поэтому исследуемое растение может рассматриваться как потенциальный фотопротектор и адаптоген.

Цель работы — изучить изменения активности ферментов крови при введении водного экстракта *S. Multifida* на фоне воздействия УФ-облучения.

**Материал и методы.** Исследование проводилось на белых нелинейных мышах-самцах. Было отобрано три группы животных по 8 особей в каждой: 1-я — интактная, мыши содержались в стандартных условиях; 2-я — контрольная, животные подвергались УФ-облучению (время экспозиции 3 мин) ежедневно в течение 14 суток; 3-я — опытная, мыши облучались в той же дозе и получали водный экстракт *S. multifida*. Экстракт готовили из надземной части растения методом перколяции 70 %-ным этанолом, высушивали при температуре 25—30<sup>0</sup>С и растворяли в дистиллированной воде. Экстракт вводили перорально в суточной дозе 20 мг/кг. Контрольным животным в том же количестве вводилась дистиллированная вода. В качестве источника УФ-облучения использовался ртутно-кварцевый облучатель мощностью 125 Вт со спектральным диапазоном 220—400 нм (жёсткий ультрафиолет).

На 15-е сутки животных декапитировали с соблюдением правил гуманного отношения к животным. Сыворотка крови исследовалась на активность следующих ферментов: аланинаминотрансфераза (ALT; КФ 2.6.1.2) [14], холинэстераза (СHE; КФ 3.1.1.8) [17], щелочная фосфатаза (ALP; КФ 3.1.3.1) [16]. Ферменты определялись фотометрически на анализаторе «Microlab 300» с использованием наборов реактивов производства «Lachema» (Чехия).

Полученные данные суммированы в таблице (табл. 1) и статистически обработаны с использованием программного пакета Microsoft Office Excel. Достоверность различий оценивалась с помощью параметрического критерия Стьюдента, различия считали статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

**Результаты и их обсуждение.** Было установлено, что активность ALT при воздействии облучения снижается на 26,5 %. Это может быть вызвано изменением синтетической функции печени и нарушением белкового обмена [13]. В группе особей получавших при этом вытяжку наблюдается повышение ALT на 46,3 % по сравнению с контролем, в результате чего активность фермента становится даже несколько выше, чем у интактной группы (на 9,8 %). Выявленное повышение активности ALT незначительно, что позволяет говорить об отсутствии ярко выраженного цитолитического синдрома.



Таблица 1

**Изменения активности ферментов крови при введении водного экстракта *S. multifida* на фоне УФ-облучения**

Группа животных	Активность сывороточных ферментов, U/L		
	ALT	CHE	ALP
Интактные (n=8)	83,1±18,6	6224,5±1254,3	29,2±6,2
УФ-облучение — контроль (n=8)	61,1±13,5	7959,6±1758,6	43,8±9,1*
УФ-облучение + вытяжка (n=8)	89,4±23,9**	8257,9±1503,3	64,6±21,5**

*Примечание:* \* — достоверное отличие от интактных ( $p < 0,05$ );  
\*\* — достоверное отличие от контроля ( $p < 0,05$ ).

Активность CHE при УФ-облучении имеет повышение примерно на 28 %, что отражает изменение функционального состояния печени. Увеличение активности CHE как правило сопровождается снижением активности трансаминаз [9], что имеет место в настоящем эксперименте. Исходя из защитных функций CHE [11], повышенная её активность, может быть связана с обезвреживанием некоторых токсичных продуктов, образующихся при перекисном окислении биологических молекул (которое индуцируется УФ). Однако, группа особей, получавших фитоэкстракт, не имеет существенного изменения активности данного фермента по сравнению с контролем.

При облучении наблюдается достоверное повышение активности щелочной фосфатазы на 50 %, а при введении вытяжки отмечено увеличение активности фермента ещё почти на 50 % по сравнению с контрольной группой. Повышение в крови уровня ALP в данном случае обусловлено главным образом печёночным изоферментом и, по-видимому, связано с изменением проницаемости мембран гепатоцитов.

Имеются сведения, указывающие на возможное изменение активности печёночных ферментов за счёт усиленного перекисного окисления липидов [12]. В данном случае окисление липидов провоцируется УФ, но ингибируется биологически активными веществами, в частности флавоноидами — основными компонентами водного фитоэкстракта исследуемого растения.

### Список литературы:

1. Доровских В.А., Красавина Н.П., Симонова Н. В. и др. Адаптогены и холодовой стресс: вчера, сегодня, завтра. Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2006. 214 с.
2. Дудченко Л.Г., Козьяков А.С., Кривенко В.В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. К. : Наукова думка, 1989. 304 с.

3. Королюк Е.А., Ткачев А.Б. Эфирное масло из двух видов *Schizonepeta*, произрастающих в Горном Алтае // Химия растительного сырья. 2002. № 1. С. 53—56.
4. Маркова Л.П., Лавренко Е.М. Дикорастущие полезные растения флоры Монгольской народной республики. Л. : Наука, 1985. 236 с.
5. Оганесян Э.Т., Мальцев Ю.А., Творовский Д.Е. Исследование механизма реакции производных флавонола с гидроксильным радикалом полуэмпирическими методами // Журнал общей химии. 2001. Т. 71, вып. 6. С. 999—1003.
6. Пастушенков Л.В., Лесиовская Е.Е. Фармакотерапия с основами фитотерапии: учеб. для вузов. СПб. : СПХФИ, 1995. 486 с.
7. Подколзин А.А., Мегреладзе А.Г., Донцов В.И. и др. Система антиоксидантной защиты организма и старение // Профилактика старения. 2000. № 3. С. 18—36.
8. Потапенко А.Я. Действие света на человека и животных // Соросовский образовательный журнал. 1996. № 10. С. 13—21.
9. Практикум по биохимии / под ред. Л.М. Пустоваловой. Ростов-на-Дону : Феникс, 1999. 544 с.
10. Румак А.В., Хан В.А. Химический состав эфирных масел растений рода *Schizonepeta* // Химия природных соединений. 1998. Т. 2. С. 290—291.
11. Старостина В.К., Дегтева С.А. Холинэстераза: методы анализа и диагностическое значение: информационно-методическое пособие. Новосибирск : Вектор-Бест, 2008. 35 с.
12. Титов В.Н., Бочкова Н.А. Методические и диагностические аспекты исследования активности аминотрансфераз // Лабораторное дело. 1990. № 8. С. 4—12.
13. Цыганенко А.Я., Жуков В.И., Мясоедов В.В. и др. Клиническая биохимия: учебное пособие. М. : Триада-Х, 2002. 504 с.
14. Gella F.J., Olivella T., Cruz Pastor M. et al. A simple procedure for routine determination of aspartate aminotransferase and alanine aminotransferase with pyridoxal phosphate // Clin. Chim. Acta. 1985. Vol. 153. P. 241—247.
15. Petruschenko V.V. Adaptive Reactions of Plants: Physico-Chemical Aspect. Kiev : Higher School. Head Publishing House, 1981. 184 p.
16. Schmidt E. et al. Proposal of Standard Methods for the Determination of Enzyme Catalytic Concentrations in Serum and Plasma at 37 °C // Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 1992. Vol. 30. P. 247—256.
17. Schmidt E., Gerhardt W., Henkel E. et al. Proposal of Standard Methods for the Determination of Enzyme Catalytic Concentrations in Serum and Plasma at 37°C II. Cholinesterase (acetylcholine acylhydrolase, EC 3.1.1.8) // Eur. J. Clin. Chem. Clin. Biochem. 1992. Vol. 30. P. 163—170.

## 1.2. ЗООЛОГИЯ

### УЛЬТРАЗВУКОВОЙ АКУСТИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ ЛЕТУЧИХ МЫШЕЙ (*MICROCHIROPTERA*) В ПОЙМЕ РЕКИ ДЕСНЫ БРЯНСКОЙ ОБЛАСТИ

**Гриб Виктория Викторовна**  
студент, Брянский государственный университет  
им. акад. И. Г. Петровского, г. Брянск

**Горбачев Александр Александрович**  
аспирант, Брянский государственный университет  
им. акад. И. Г. Петровского, г. Брянск

**Зайцева Елизавета Николаевна**  
студент, Брянский государственный университет  
им. акад. И. Г. Петровского, г. Брянск

**Подвойский Василий Сергеевич**  
студент, Брянский государственный университет  
им. акад. И. Г. Петровского, г. Брянск

**Прокофьев Игорь Леонидович**  
канд. биол. наук, доцент, Брянский государственный университет  
им. акад. И. Г. Петровского, г. Брянск  
E-mail: [bioindication.lab@gmail.com](mailto:bioindication.lab@gmail.com)

Рукокрылые являются составной частью многих биогеоценозов, входят как одно из звеньев в различные пищевые цепи, а рациональное использование и охрана природных сообществ невозможны без полного знания их структуры и функционирования [5, с. 526—533; 12, с. 313]. Границы ареалов для многих видов отряда *Chiroptera* до сих пор не определены или определены приблизительно и требуют дальнейшей проработки. Эта проблема актуальная и для Брянской области, где проводились наши исследования.

Существует несколько методов изучения распространения летучих мышей по территории. Наиболее популярными являются: использование стационарных и мобильных ловушек, обнаружения убежищ и т. д. В последнее десятилетие все чаще используется метод, основанный на регистрации и записи ультразвуковых сигналов летучих

мышей [2, с. 1200; 3, с. 45; 4, с. 36; 9, с. 57; 13, с. 191; 14, с. 1289].

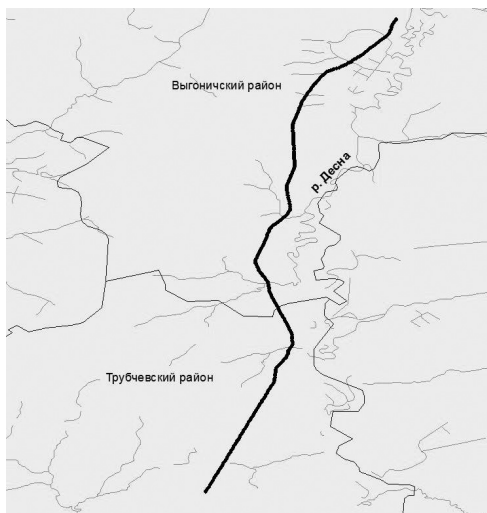
Разработан специальный ключ для определения видов по параметрам записанных звуковых сигналов. Практика ряда исследований в различных странах мира показала, что этот метод очень удобен в использовании и дает большой массив информации. К сожалению, как и все методы, он имеет и недостатки. Так, например, невозможно получить данные об анатомо-морфологических особенностях летучих мышей, определить их половую принадлежность. Но для природоохранных целей, описанный выше метод прекрасно подходит.

Целью данного исследования было изучение видового разнообразия и численности рукокрылых в пойме реки Десны Брянской области. Для достижения поставленной цели нами были выдвинуты следующие задачи:

- изучить видовое разнообразие фауны рукокрылых в пойме реки Десны Брянской области;
- рассчитать плотность мест встречи летучих мышей;
- получить сведения об относительной численности летучих мышей.

### **Методика исследований**

В 2009—2010 году нами был применен метод ультразвукового акустического мониторинга с использованием детекторов с растяжением по времени. Ранее он на территории Брянской области не применялся.



**Рисунок 1. Карта-схема района исследования**

Трансекта располагалась на правом берегу р. Десны (рис. 1). В соответствии с рекомендациями и методикой международной программы iBats каждая трансекта имеет длину около 40 км [7, с. 56]. Исследования проводились раз в месяц с мая по август. Всего было выполнено 7 повторов трансекты. Исследования начинались через 35—45 минут после захода солнца. Детектор, к которому присоединялось автоматическое аудио записывающее устройство ZOOM H2, крепился к боковому стеклу автомобиля. Для регистрации звуковых сигналов летучих мышей использовали ультразвуковой детектор с растяжением по времени — Tranquility Transect (TT). Скорость движения машины составляла в среднем около 24 км/час. Параллельно с записью звука проводилось фиксирование пространственных данных следования автомобиля с помощью GPS-навигатора Garmin.

Анализ звуковых файлов проводился с помощью специальных компьютерных хироптерологических программ BatSound и Sonobat. Полученные результаты заносились в бланки. Координаты положения летучих мышей определялись наложением звукового файла и данных GPS-навигатора.

Видовая принадлежность определялась по методике Института зоологии Лондона на основе характеристик звуковых сигналов европейских видов летучих мышей [6, с. 27; 8, с. 2652; 10, с. 12; 11, с. 92; 13, с. 200].

Особую роль в определении вида играют следующие параметры: форма звукового сигнала в программе BatSound, его продолжительность, временной интервал между двумя соседними сигналами,  $F_{\max}$  (Гц) частота максимальной энергии звука, пиковая частота. Летучие мыши рода Ночницы (*Myotis*) не определялись до вида, что связано с трудностью выявления различий в их ультразвуковых сигналах.

Плотность мест встреч летучих мышей рассчитывалась по формуле Г. Коли [1]:

$D = \text{число мест встреч} / \text{длина маршрута} \times \text{ширина маршрута}$

Ширину маршрута принимали равной 60 м в соответствии с радиусом действия ультразвукового детектора. Относительная численность оценивалась с помощью бальной шкалы:

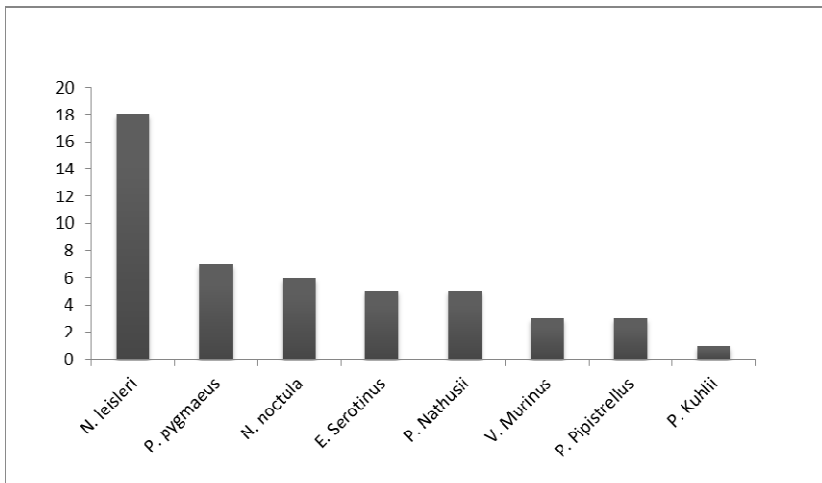
- одновременно летает одна особь — одиночные;
- 2—3 — немногочисленные;
- 4—5 и более — многочисленные.

#### **Результаты исследования и их обсуждение**

В ходе наших исследований были выявлены 8 видов летучих мышей: *Nyctalus noctula* (Schreber, 1774), *Nyctalus leisleri* (Kuhl, 1817), *Pipistrellus pipistrellus* (Schreber, 1774), *Pipistrellus pygmaeus* (Leach, 1825), *Pipistrellus nathusii* (Keyserling et Blasius, 1839), *Pipistrellus kuhlii*

(Kuhl, 1817) *Eptesicus serotinus* (Schreber, 1774), *Vespertilio murinus* (Linnaeus, 1758).

Как видно из рисунка 2 наиболее часто встречались 3 вида рукокрылых *N. leisleri*, *P. pygmaeus*, *N. noctula*. Реже всего регистрировались ультразвуковые сигналы *P. kuhlii*.



**Рисунок 2. Встречаемость летучих мышей в районе исследования в 2009—2010 гг.**

На основе полученных данных была составлена таблица 1. Из таблицы видно, что в 2010 году было зарегистрировано большее число ультразвуковых сигналов по сравнению с 2009 годом. При сравнении по месяцам можно отметить, что больше летучих мышей встречалось в августе месяце. Из таблицы видно, что в мае 2009 года встречались рукокрылые двух видов: *P. kuhlii*, *P. nathusii*. В июне один вид — *N. leisleri*. В июле четыре вида: *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. pygmaeus*, *P. pipistrellus*. В августе пять видов: *E. serotinus*, *V. murinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. pygmaeus*. В 2010 году в июне было отмечено пять видов: *E. serotinus*, *V. murinus*, *N. leisleri*, *N. noctula*, *P. pygmaeus*. В июле два вида: *N. leisleri*, *N. noctula*, а в августе — *E. serotinus*, *N. leisleri*.

Таблица 1

## Встречаемость летучих мышей по месяцам

Виды летучих мышей	2009г.				Всего за 2009г	2010г			Всего за 2010г
	Май	Июнь	Июль	Август		Июнь	Июль	Август	
<i>E. serotinus</i>	–	–	–	3	3	2	–	1	3
<i>V. murinus</i>	–	–	–	2	2	1	–	–	1
<i>N. leisleri</i>	–	1	1	3	5	2	2	9	13
<i>N. noctula</i>	–	–	1	1	2	3	1	–	4
<i>P. pygmaeus</i>	–	–	2	2	4	3	–	–	3
<i>P. pipistrellus</i>	–	–	3	–	3	–	–	–	–
<i>P. kuhlii</i>	1	–	–	–	1	–	–	–	–
<i>P. nathusii</i>	1	–	–	–	1	–	–	4	4
Неопределенные виды	9	–	13	17	37	26	6	42	74

Используя формулу Коли, нами была рассчитана плотность мест встреч летучих мышей. Из полученных результатов можно сделать вывод о том, что наибольшую плотность имеет *N. leisleri*. Данный вид является многочисленным. Средняя видовая плотность наблюдается у *E. serotinus*, *N. noctula*, *P. pygmaeus*, *P. nathusii*. Эти виды являются немногочисленными. Меньшая видовая плотность у *V. murinus*, *P. pipistrellus* и *P. kuhlii*. Эти виды — одиночные.

## Список литературы:

1. Коли, Г. Анализ популяций позвоночных. — М.: Мир, 1979. — 362 с.
2. Avila-Flores R., Fenton M.B. Use of spatial features by foraging insectivorous bats in a large urban landscape // Journal of Mammalogy, 86, 2005. — pp. 1193—1204.
3. Barataud M. Inventaire au detecteur d'ultrasons des chiroptères frequentant les zones d'altitude du nord du Parc National du Mercantour (Alpes, France) // Le Rhinolophe, 13, 1998. — pp. 43—52.
4. Ciechanowski, M. Bat fauna of the Hawa Lakeland Landscape Park (Northern Poland) // Myotis, 40, 2002. — pp. 33—45.
5. Flaquer C., Torre I., Arrizabalaga A. Comparison of sampling methods for inventory of bat communities, // Journal of Mammalogy, 88(2), 2007. — pp. 526—533.

6. Holderied, M. Akustische Flugbahnverfolgung von Fledermäusen: Artvergleich des Verhaltens beim Suchflug und Richtcharakteristik der Schallabstrahlung. PhD thesis, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg M. Holderied. — 2001.
7. Jones K.E., Russ J. A., Bashta A.—T., Bilhari Z., Catto C., Csósz I., Gorbachev A., Gyórfi P., Hughes A., Ivashkiv I., Koryagina N., Kurali A., Langton S., Maltby A., Margiean G., Pandourski I., Parsons S., Prokofev I., Szodoray-Paradi A., Szodoray-Paradi F., Tilova E., Walters C., Weatherill A. and Zavarzin O.. Indicator Bats Program: a system for the global acoustic monitoring of bats // Biodiversity monitoring and conservation: bridging the gaps between global commitment and local action. — London: Blackwell Press, 2011. — 356 p.
8. Parsons S., Jones G. Acoustic identification of twelve species of echolocating bat by discriminant function analysis and artificial neural networks // Journal of Experimental Biology. Vol. 203, 2000. — pp. 2641—2656.
9. Pauza D.H., Pauziene N. Bats of Lithuania: distribution, status and protection // Mammal Review, 28, 1998. — pp. 53—67.
10. Russ J.A., Sowler S. Guide to Identification using sound analysis. — London: Alana Ecology Ltd, 2009.
11. Russo D., Jones G. Identification of twenty-two bat species (Mammalia: *Chiroptera*) from Italy by analysis of time-expanded recordings of echolocation calls // Journal of Zoology, 258. — London, 2002. — pp. 91—103.
12. Simmons N.B., Wilson D.E., Reeder D.M. Order Chiroptera // Mammal Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference. Baltimore, MD: Johns Hopkins University Press, 2005. - pp. 312—529.
13. Vaughan N., Jones G., Harris S. Identification of British bat species by multivariate analysis of echolocation parameters // Bioacoustics, Vol. 7, 1997. — pp. 189—207.
14. Wickramasinghe L.P., Harris S., Jones G., Vaughan N. Abundance and species richness of nocturnal insects on organic and conventional farms: effects of agricultural intensification on bat foraging // Conservation Biology, 18, 2004. — pp. 1283—1292.



## 1.3. ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

### КОСМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ И БЕЗОПАСНОСТЬ ПОЛЕТОВ

**Хлопков Юрий Иванович**

*д-р физ.-мат. наук, профессор, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

**Чернышев Сергей Леонидович**

*д-р физ.-мат. наук, директор ЦАГИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

**Зяя Мьо Мьинт**

*канд. физ.-мат. наук, докторант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [zayuyarmyomyint@gmail.com](mailto:zayuyarmyomyint@gmail.com)*

**Хлопков Антон Юрьевич**

*аспирант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

**Чжо Зин**

*аспирант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [kyawzin.mipt@gmail.com](mailto:kyawzin.mipt@gmail.com)*

Освоение человеком космического пространства одно из выдающихся научно-технических достижений XX века. Это новая ступень развития человеческой цивилизации — прорыв в новое физическое измерение, новые перспективы научных исследований, в физике, климатологии, экономике, биологии, в решении социальных проблем. Испокон века человек познавал свою зависимость от космических явлений. Звездное небо, Млечный Путь, Солнце, Луна были для людей таким же неотделимым элементом окружающей их среды, как земля, вода, воздух, как другие обитатели нашей планеты, как все, что обеспечивало или ограничивало жизнь на Земле. Но открытый для пытливого созерцания космос таил в себе много необъяснимого, таинственного. Недостаток знаний о космосе компенсировался воображением и фантазией. Первые шаги

рационального познания Вселенной следует, вероятно, связывать с периодом систематических наблюдений движения небесных тел, начатых еще более 3-х тысяч лет назад. На основе этих наблюдений были установлены закономерности сезонных колебаний, крайне важные для земледелия и скотоводства, разработаны первые календари, составлены первые астрономические таблицы, пригодные для навигации. В формировании материалистического представления о мире весьма плодотворным периодом явилась середина первого тысячелетия до нашей эры, когда трудами греческих астрономов, философов и мыслителей (Гераклит, Пифагор, Демокрит, Аристарх, Аристотель) были открыты шарообразная форма Земли и вращение Земли, вокруг своей оси. Доминирующее место в античном мире заняла геоцентрическая система мироздания. В соответствии с ней все небесные тела вращались вокруг неподвижной Земли по круговым орбитам, или по сферам. Наиболее полно геоцентрическая система мира была разработана Птолемеем, построившим на основе так называемых эпициклов новые схемы движения планет, позволявшие вычислять их положение на небе в разные моменты времени. Лишь в 1543 г. с выходом в свет работы великого польского ученого Николая Коперника «Об обращении небесных сфер» утвердилось новая гелиоцентрическая система мира. Коперник и его выдающиеся последователи Бруно, Галилей, Кеплер, Ньютон показали, что Земля, подобно другим планетам, обращается вокруг Солнца; звезды — такие же светила, как Солнце; они окружены планетами, движущимися по эллиптическим орбитам в соответствии с непреложными физическими законами. Наиболее яркие открытия в области познания строения и эволюции Вселенной были сделаны в течение XX-го — начале XXI-го веков в связи с разработкой принципов современной физики (Эйнштейн, Планк, Боголюбов, Ферми, Капица, Бор, Ландау, Пригожин...). Это разработка специальной и общей теории относительности, квантовой механики, физики элементарных частиц, астрофизики, квантовой электроники, «стрелы времени» и др. Однако мечта человечества о покорении космоса так и оставалась вотчиной фантастов пока на рубеже XIX и XX веков не были заложены основы теоретической космонавтики. Основоположником нового научного направления стал великий русский ученый Константин Эдуардович Циолковский.

Важнейшей заслугой Циолковского явились впервые в истории постановка и научно-теоретический анализ биологических проблем, связанных с перспективами пилотируемых космических полетов. Интересно, что идеи Циолковского о механизмах воздействия невесомости на организм человека вполне удовлетворяют

современным представлениям. В частности, в качестве радикального средства защиты от предполагаемого влияния невесомости он предложил «искусственную тяжесть», которую можно создать с помощью вращательного движения. Вместе с тем, он указывал, что «криволинейное движение дурно влияет на организм, если полный оборот происходит быстро...» [3]. Рассматривается также возможность моделирования эффектов невесомости в лабораторных условиях посредством погружения в воду и пребывания в горизонтальном положении, а также обеспечение жизнедеятельности космических экипажей за счет регенерации атмосферы, пищи и воды с помощью растений, механического и химического круговорота веществ. Все это дает основания прийти к заключению, что трудами Циолковского, по существу, были заложены основные идеи пилотируемой космонавтики и способствовали становлению новой науки, космической биологии. Космическая биология — это одно из ответвлений биологической науки, рожденное потребностями научно-технического прогресса, развивающейся космонавтики и призванное обеспечить безопасное и эффективное проникновение человека в новую для него среду обитания [1].

Действительно, летящий в космическом пространстве пилотируемый корабль — это крохотный островок жизни в безжизненной среде. Его появление стало возможным благодаря успешному решению не только технических, но и медико-биологических проблем, связанных с жизнью и деятельностью человека в необычных условиях космического полета. Круг этих проблем весьма широк и разнообразен. Он включает много частных проблем: космической биологии, физиологии, гигиены, психологии и др. Частные проблемы входят в состав комплексных медицинских проблем, которые подчинены различному целевому назначению (проблемы медицинской экспертизы, отбора и подготовки экипажей, обеспечения жизнедеятельности, медицинского контроля, профилактики, лечения, реабилитации и др.). На стыке со смежными областями науки и техники рождаются проблемы биологического сопровождения разработок, эргономики, инженерной психологии, нормирования параметров среды обитания и условий деятельности, прогнозирования изменений со стороны организма и среды, управления и многие другие. И наконец, с позиций системного подхода следует выделить одну общую проблему, характерную для космонавтики в целом и для всех видов научно-практической деятельности, которые она объединяет: обеспечение безопасности и эффективности пилотируемых космических полетов. Чтобы успешно справиться с решением столь

обширного круга проблем, новое научное направление должно было опираться на прочный фундамент наук, которые лежали у его истоков.

Здесь необходимо упомянуть о пионерских работах на живых организмах другого русского ученого Станислава Федоровича Штейна. При ознакомлении с трудами Штейна [4] бросается в глаза широкая биологическая направленность его исследований. Последнее было обусловлено тем, что Штейн был глубоко убежден в необходимости выделения факторов воздействия земной гравитации как элемента внешней среды, формирующего особенности организмов. В большинстве современных работ проблема изучения длительных ускорений сосредоточена на частных вопросах и решается более узко, чем была решена в исследованиях Штейна. Кроме того, существенным отличием работ Штейна от его предшественников, да и многих современных исследователей, является то, что Штейн не ограничивал свои исследования только одним видом подопытных животных. В соответствии с эволюционными представлениями, учитывающими возможные видовые особенности и реакцию животных на различные факторы внешней среды, Штейн проводил исследования на животных, находящихся на различных ступенях эволюционного развития. Резюмируя вклад Штейна в становление космической биологии можно сказать следующее.

1. Первым исследованием по изучению влияния длительного непрерывного воздействия ускорений на живые организмы являются работы Штейна, проведенные им в 1907—1809 гг.

2. Штейн впервые выявил особенности реакций различных классов животных на длительное непрерывное ускорение: уменьшение веса и роста, адаптацию и реадaptацию организмов.

3. Штейн является одним из основоположников гравитационной биологии. Результаты его экспериментов и методик могут быть использованы для проведения современных исследований в области космической биологии.

Невозможно дать сколько-нибудь полный перечень научных дисциплин, которые внесли свой вклад в становление и развитие космической биологии и медицины. Следует лишь отметить, что питательной средой для ее развития явились дисциплины, лежащие в основе теории и практики естествознания и клинической медицины, экологии, физиологии экстремальных состояний, а также такие прикладные науки, как авиационная, спортивная, морская медицина. Теоретическим фундаментом космической биологии и медицины явились концепции взаимосвязи организма со средой, учение о гомеостазе, о закономерностях адаптации организма к экстремальным

воздействиям, о принципах моделирования, прогнозирования состояний, некоторые положения теории управления. Усилия ученых в России и Америке сделали возможным проведение экспериментальных исследований на животных при вертикальных запусках ракет до высот в несколько сотен километров. В ходе этих полетов продолжительность периодов невесомости еще не превышала 10 мин, но именно они положили начало экспериментальным исследованиям в космосе. Позднее сфера ситуаций, изучавшихся специалистами по космической биологии, охватила полеты различных биологических объектов (включая собак и обезьян) на космических кораблях; параболические полеты человека на самолетах; условия наземного лабораторного моделирования факторов космического полета, в том числе невесомости; и, наконец, орбитальные космические полеты человека последовательно возрастающей продолжительности. В результате этих исследований были сняты биологические ограничения на участие человека в космическом полете. Для того, чтобы безопасность полета обеспечивалась при очередном увеличении его продолжительности, научные заделы должны были опережать реально возникавшие практические запросы. Наука достигала этого доступными ей средствами: либо моделированием человека в реальных условиях космического полета, т. е. проведением полетных исследований на животных; либо моделированием на Земле влияния этих условий на организм человека. И тот и другой пути давали возможность получения опережающей информации, открывающей дорогу к достижению очередных рубежей в освоении космоса [2].

Весьма тернистым был путь, направленный на преодоление «барьера невесомости». Острые дискуссии возникали, в частности, в связи с данными о возникновении вестибулярных расстройств во время суточного полета (1961). Случаи с крайней степенью истощенности организма при «длительной стадии» 24-суточного полета космонавтов (1971), появлении ненормальных форм эритроцитов в крови в ходе многомесячного полета (1978), случаи досрочного прекращения космических полетов по медицинским показаниям (1976, 1985, 1987), возникновение в некоторых полетах клинических проблем (1981, 1982) использовались оппонентами для подтверждения существования непреодолимого «барьера невесомости». Заслугой космической биологии и медицины является то, что она поставила точку в споре о преодолении «барьера невесомости». Но этим не исчерпывались объективные трудности на пути ее развития.

Проникновение человека в космос по существу означает его выход за пределы биосферы, в среду несовместимую с жизнью. Лишь

искусственно созданная в обитаемых помещениях космического аппарата среда дает человеку шанс жить и работать в космическом полете. Но при попытке решить эту задачу необходимо ответить на целый ряд непростых вопросов. Какой, в частности, должна быть эта среда? С какой полнотой она должна обеспечивать все многообразие физических и интеллектуальных потребностей человека? Какие критерии должны быть положены в основу оптимизации взаимоотношений организма с искусственной средой обитания? Ведь к числу таких критериев, помимо физиолого-гигиенических, могут быть отнесены психологические, эргономические и даже философские и нравственные. Известно, что оптимизация характеристик систем типа «человек-машина» иногда связана с поиском компромисса за счет ущемления человека в некоторых его потребностях. Иначе, в иерархии приоритетов система может занимать более высокое место по сравнению с человеком. На какие же компромиссы можно в этой ситуации соглашаться, а какие недопустимы? Ответы на эти вопросы часто неоднозначны и в принципе предполагают правомерность существования различных моделей экологии человека в космосе. Задача космической биологии и состояла в том, чтобы из всей многовариантности теоретически возможных моделей выделить такие, на базе которых может основываться проектирование экосистем, отвечающих требованиям безопасности и эффективности. Правомерно выделить некоторые компоненты измененной среды, характеризующие экологию человека в космическом полете. Первый компонент охватывает совокупность необычных физических факторов, обусловленных как динамикой полета (перегрузки, невесомость), так и радиационной обстановкой. Следующий компонент представлен группой профессиональных и социально-психологических факторов.

Будучи продуктом длительного эволюционного развития, человек приспособлен к жизни и работе в наземных условиях. Его невозможно «переконструировать» применительно к условиям космического полета. Вместе с тем, ему присуща способность приспосабливаться к разнообразным изменениям внешней среды. За годы своего развития космическая биология внесла крупный вклад в успехи фундаментальных наук о жизни, в частности, в гравитационную биологию, которая исследует зависимость структуры, функции и поведения живых организмов от величины и направления гравитационных воздействий. Сопоставление реакций биологических объектов, различающихся размерами и средой обитания, на условия микро-, нормо- и гипергравитации, обогатило науку знаниями о границах и формах проявления их гравитационной зависимости.

Итак, космическая биология и медицина оказалась способной своевременно и даже с опережением решать проблемы развивающейся космонавтики. Ее специфика среди других медико-биологических наук определяется не только объектами ее профессиональных интересов. Это человек в космическом полете, космический летательный аппарат, представляющий собой искусственную среду обитания, использование методических приемов, обеспечивающих получение опережающей информации о воздействии факторов, часть из которых реально не воспроизводится в наземных условиях.

Широкий охват проблем, сочетание традиционных и новаторских подходов к их разрешению, тесная взаимосвязь научного поиска с решением прикладных задач, союз медиков, биологов и разработчиков космической техники явились важным условием успешного освоения человеком космического пространства. Эти причины вывели космическую биологию на уровень одного из главных соучастников достижений научно-технического прогресса, проявившихся в области пилотируемых космических полетов.

#### **Список литературы:**

1. Афанасьева Л.А., Хлопков Ю.И., Чернышев С.Л. Введение в специальность. Аэродинамические аспекты безопасности полета. М., МФТИ, — 2011, — 185 с.
2. Под ред. О.Газенко и М.Кальвина. Основы космической биологии и медицины. т. 1,2, М., 1975.
3. Циолковский К.Э. Исследование мировых пространств 1911—1912 гг. // Собр. соч. Т. 2. М., Изд. АН СССР, 1954.
4. Штейн С.Ф. Наблюдение над активным и пассивным вращением человека и животных. М., 1892.

## 1.4. ФИЗИОЛОГИЯ

### МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ИЗМЕНЕНИЯ В ЛЁГКИХ ПРИ ДЕЙСТВИИ ГЕПАРИНА И ЗООТОКСИНОВ

*Лушникова Ольга Викторовна*

*канд. биол. наук, доцент, НГМА, г. Н. Новгород*

*Малиновский Дмитрий Сергеевич*

*аспирант, ННГУ, г. Н. Новгород*

*E-mail: [kfg@bio.unn.ru](mailto:kfg@bio.unn.ru)*

Физиологические механизмы, ограничивающие и регулирующие холодовую и тепловую толерантность, представляют интерес в свете глобального потепления и в связи с ним изменения географического распространения эктотермных животных. Недавнее сравнительное исследование, проведенное на морских эктотермах, показало, что процессы и границы термической толерантности связаны с регулированием аэробной сферы и способности целого животного одновременно осуществлять температурную адаптацию на молекулярном и мембранном уровне [5].

В соответствии с законом толерантности Шелфорда уменьшение аэробных возможностей целого организма характеризуется включением термических ограничений. О падении аэробных возможностей организма свидетельствует уменьшение уровня кислорода в жидкостях тела или прогрессивное уменьшение возможности циркуляторного и вентиляционного механизмов. При высокой температуре возросшая потребность в кислороде вызывает недостаток в уровне кислорода в жидкостях тела. Открытие, что кислородное ограничение температурной толерантности связано с утратой аэробных возможностей, находится в одном ряду с концепцией Тэйлора и Вейбела и симморфозе, сущность которого в том, что избыточная способность любого компонента системы доставки кислорода подавляется [2, 5].

В процессе жизнедеятельности, особенно в экстремальных условиях в организме образуются значительные количества продуктов обмена, которые уже не используются клетками и должны быть элиминированы. Кроме того, организму необходимо постоянно освобождаться от токсичных и чужеродных веществ, от избытка воды, солей, мета- и катаболитов. Как известно к экскреторным органам относятся почки, печень, селезёнка и лёгкие, играющие особую роль в терморегуляции в условиях гипертермии [3, 4]

Процесс артериализации крови в легких обеспечивается системой легочного дыхания, аппаратом легочного кровообращения и



комплексом нейрогуморальной регуляции. Дренажная функция дыхательных путей гарантирует процессы газообмена между воздухом и кровью, стерильность респираторных отделов и т. п.

Отличительной особенностью морфологической организации легочного кровотока является его двухкомпонентный состав, включающий сосуды легочного (малого) кровообращения и бронхиальные. Первые участвуют главным образом в поддержании адекватного легочного газообмена, обеспечивая тем самым снабжение всех тканей кислородом и удаление из организма избытка углекислоты, а бронхиальные служат питанию тканей самих легких.

В работе использовался яд кобры среднеазиатской (*Naja oxiana* Eichw.), эфы (*Echis carinatus* Schneider), щитомордника восточного (*Agkistrodon blomhoffi* Voie), нативный яд пчелы (*Apis mellifera* L.) Исследования были проведены на 120 белых крысах массой 180—210 г. Все животные до опыта содержались на общем рационе вивария. Условия высокой внешней температуры (50°C) имитировались в термокамере, причём эндотелиальная температура достигала  $44.2 \pm 0.5^\circ\text{C}$

Светоскопическую микроскопию проводили в гистологических препаратах легкого, приготовленных после 72—96 часов фиксации в 10 % буферном растворе водного нейтрального формалина. Материал, залитый в парафиновые блоки, резали на санном микротоме МС-2. Срезы толщиной 7 мкм окрашивались гематоксилин-эозином, железным гематоксилином, ставилась РА-реакция как без, так и с предварительной обработкой амилазой. С каждого блока делали по 10 ступенчатых срезов каждой окраски. Обсчет объектов проводили с помощью системы «Интеграл-2МГ». Поле зрения на срезах выбирали по методу случайных чисел. Осмотр и микрофотографирование гистологических препаратов осуществляли на микроскопе МБИ-15.

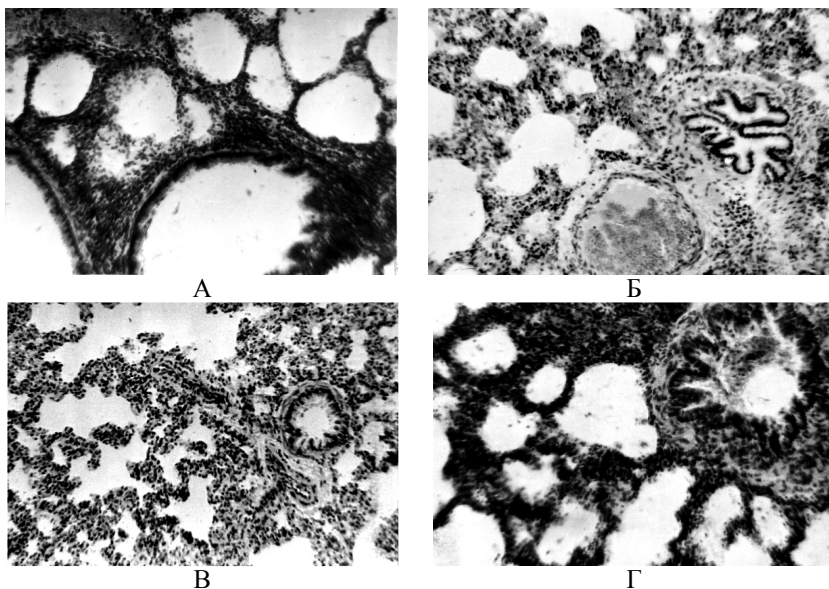
Статистическая обработка экспериментальных данных была выполнена с помощью программы «Биостат». Для сравнения нескольких групп использовали однофакторный дисперсионный анализ и критерий Стьюдента с поправкой Бонферрони для множественных сравнений [1].

На фоне кислородно-эфирного наркоза при нормальной температуре тела экспериментальных животных гистологическая картина легких близка к норме. Следует отметить лишь некоторое венозное полнокровие с умеренным утолщением межальвеолярных перегородок за счет интерстициального отека (рис. 1А). Определяется незначительный периваскулярный отек. Несколько более выраженные изменения этого плана дифференцируются в субплевральных зонах. Здесь же встречаются и эмфизематозно измененные фокусы (повидимому, компенсаторного характера).

Общая острая гипертермия без каких-либо защитных мероприятий приводит к заметным изменениям в легких. На первый план выступают нарушения кровообращения: венозное полнокровие в сосудах среднего и крупного калибра, отдельные диапедезные экстрavasаты, интерстициальный и периваскулярный отек, утолщение межальвеолярных перегородок

(рис. 1Б). Расстройства кровообращения на микроциркуляторном уровне появляются в стазах и плазматизации некоторых капилляров. На этом фоне со стороны бронхиального дерева гистологических изменений не определяется. В просвете отдельных альвеол обнаруживается трансудат.

Введение в организм животного яда пчелы (5 мг/кг, в/б) на фоне нормотермии приводит к ряду морфологических изменений. Так наряду с сохраненной гистологической организацией в легких преобладают явления нарушений кровообращения (венозное полнокровие, кровоизлияния, отек). Гораздо реже в межальвеолярных перегородках встречаются лимфогистиоцитарные инфильтраты, имеющие тенденцию к слиянию. Кроме этого, в просвете отдельных бронхов определяются скопления белковой жидкости с примесью слущенных эпителиальных клеток (рис. 1В)

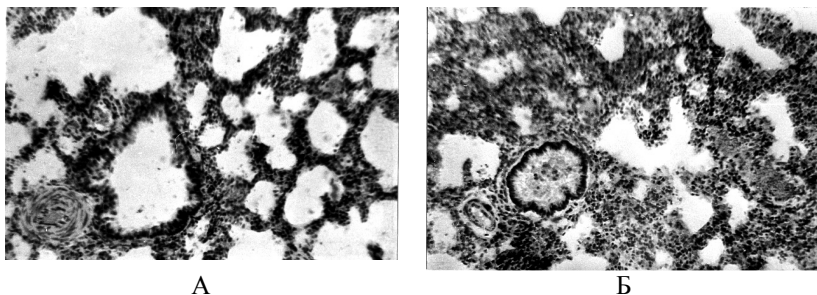


**Рис. 1. Микроскопическая картина лёгкого при нормотермии и гипертермии на фоне введения пчелиного яда и гепарина**  
**А. Микроскопическая картина при нормотермии («интактная» группа, высота эфирно-кислородного наркоза).**  
**Б. Гистологические изменения при гипертермии («интактная» группа, высота эфирно-кислородного наркоза).**  
**В. Микроскопическая картина при нормотермии на фоне введения пчелиного яда (5 мг/кг).**  
**Г. Гистологические изменения при гипертермии на фоне введения гепарина (500 МЕ/кг) и яда пчелы.**  
*Окр.: гематоксилин-эозин, ув.: об. 20<sup>х</sup>, ок. 10<sup>х</sup>*

Введение яда пчелы экспериментальным животным в состоянии гипертермии привело к нормализации гистологической структуры органа. Лишь в субплевральных зонах встречаются эмфизематозные расширенные участки (рис. 1В). Морфологические компоненты бронхиального дерева без патологических изменений, гематоархитектоники в норме.

Введение гепарина в дозе 500 МЕ/кг в условиях нормотермии не изменяло морфологической картины легких, а картина изменений гистологической структуры легких при введении гепарина, яда пчелы с последующей тепловой экспозицией аналогична изменениям, регистрируемым при гипертермии (рис. 1Г).

Экспериментальное применение яда кобры в условиях нормотермии показало, что в целом гистологическая организация нижних дыхательных путей и паренхимы легкого в пределах нормы. Однако, встречаются, несколько чаще в субплевральных зонах, фокусы с утолщенной межальвеолярной перегородкой, состоящие из лимфогистоцитарных инфильтратов с примесью эритроцитов (рис. 2А). В просвете бронхов и бронхиол непостоянно определяется слизь с отдельными слущившимися эпителиальными клетками. Повсеместно отмечается выраженное кровенаполнение по типу венозного полнокровия.



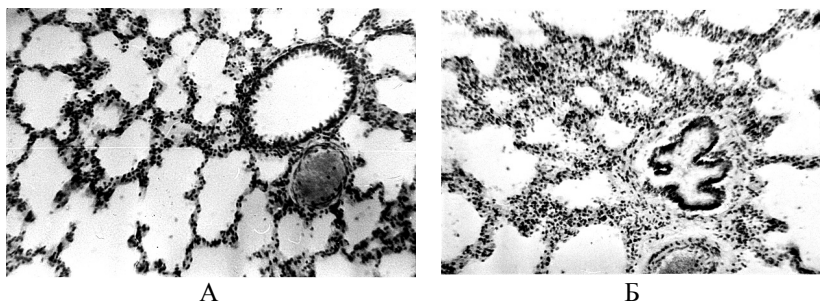
**Рис. 2. Микроскопическая картина лёгкого при нормотермии и гипертермии на фоне введения яда кобры**  
**А. Микроскопическая картина при нормотермии на фоне введения яда кобры**  
**Б. Гистологические изменения при гипертермии на фоне введения яда кобры**  
**Окр.: гематоксилин-эозин, ув.: об. 20<sup>х</sup>, ок. 10<sup>х</sup>**

Использование гипертермии на фоне яда кобры (1.0 мг/кг, в/б) не оказывает выраженного защитного эффекта. Отмечаются довольно выраженные нарушения кровообращения. Так, в резко утолщенных

межальвеолярных перегородках наблюдается полнокровие и наличие лимфогистоцитарных инфильтратов. Часть альвеол находится в спавшем состоянии (нарушения в системе сурфактант), в других определяется белковая жидкость (трансудат — отек легкого). Значительные аналогичные изменения развиваются в субплевральных зонах. Структуры бронхиального дерева изменены в меньшей мере. Лишь в просвете отдельных бронхиол определяется слизистая жидкость с примесью слущенных клеток эпителия (рис. 2Б).

Введение гепарина в дозе 500 МЕ/кг в условиях нормотермии не изменяло морфологической картины легких, а картина изменений гистологической структуры легких при введении гепарина и яда кобры с последующей тепловой экспозицией аналогична изменениям, регистрируемым при гипертермии.

Применение яда щитомордника (4 мг/кг, в/б) на фоне нормотермии оказывает минимальное повреждающее влияние, как на морфологические структуры бронхиального дерева легкого, так и на гистологическую организацию его паренхимы. В тоже время можно отметить лишь незначительно выраженное полнокровие в сосудах среднего калибра и наличие отдельных, мелких фокусов диапедезных кровоизлияний (рис. 3А).



**Рис. 3. Микроскопическая картина лёгкого при нормотермии и гипертермии на фоне введения яда щитомордника**

**А. Микроскопическая картина при нормотермии на фоне введения яда щитомордника.**

**Б. Гистологические изменения при гипертермии на фоне введения яда щитомордника.**

**Окр.: гематоксилин-эозин, ув.: об. 20<sup>х</sup>, ок. 10<sup>х</sup>**

Предварительное введение яда щитомордника несколько уменьшало повреждающее влияние гипертермии. Гистологические исследования показали, что плевра слегка утолщена за счет

межуточного отека, вызванного полнокровием прилежащих сосудов и лимфогистоцитарной инфильтрацией. Эти явления распространяются и на прилежащие межальвеолярные перегородки. Последние повсеместно утолщены, отечны, иногда полностью облитерируют просвет альвеол. Встречаются довольно крупные фокусы ателектазов. Бронхи и бронхиолы в состоянии спадения, в их просвете слизисто-геморрагическая жидкость с примесью слущенного эпителия (рис. 3Б). Определяется выраженное полнокровие как в бассейне сосудов среднего и крупного диаметров, так и в микроциркуляторном русле.

Введение гепарина в дозе 500 МЕ/кг в условиях нормотермии не изменяло морфологической картины лёгких, а картина изменений гистологической структуры легких при введении гепарина, яда щитомордника с последующей тепловой экспозицией аналогична изменениям, регистрируемым при введении яда щитомордника и гипертермии.

### **Список литературы:**

1. Гланц Стентон. Медико-биологическая статистика. Пер. с англ. — М.: Практика, 1999. — 459 с.
2. Султанов Ф.Ф., Ключкова Г.М., Мезидова Х.А. Влияние природно-климатических условий аридного региона на гормональный статус человека // Физиология человека, 2001. Т. 27, № 1. - С. 74—85.
3. Хомутов А.Е., Данилова О.О., Гаранин А.В. Изменение частоты дыхания при сочетанном действии острого перегревания и животных ядов // 4-я Всероссийская конференция с международным участием «Гипоксия: механизмы, адаптация, коррекция». Москва, 2005. — С. 116—117.
4. Ягин В.В., Данилова О.О., Хомутов А.Е. Действие пчелиного яда на частоту дыхательных движений в условиях острого перегревания // Инновационные технологии в пчеловодстве. Материалы научно-практической конференции. Рыбное, 2006. — С. 245—246.
5. Portner H.O. Climate change and the physiological basis of temperature dependent biogeography: systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals // *Covp. Biochem. Physiol. and Mol. Integr. Physiol.*, 2002. V. 132, N 4. — P. 739—761.

## ИЗУЧЕНИЕ ГЕПАТОПРОТЕКТОРНЫХ СВОЙСТВ НОВЫХ БИОФЛАВОНОИДНЫХ ПРЕПАРАТОВ

*Харченко Юрий Алексеевич*

*Аспирант ФГБУ ВПО БГСХА им. В.Я.Горина, г. Белгород*

*E-mail: [kharchenko70@rambler.ru](mailto:kharchenko70@rambler.ru)*

Поражения печени различной этиологии занимают значительное место в общей структуре заболеваний и являются достаточно широко распространенной патологией.

Проблема адекватной фармакологической коррекции заболеваний органов гепатобилиарной системы является одной из актуальных задач современной гепатологии. Для профилактики и лечения различных заболеваний печени все шире используются антиоксиданты. Они замедляют или полностью ингибируют процессы свободнорадикального окисления, действуют на стадии образования свободных радикалов, их связывания и разрушения, а также утилизации продуктов окисления, из которых образуются новые радикалы. Особое внимание уделяется антиоксидантам природного происхождения.

В настоящее время в клинической фармакологии в качестве специальных гепатопротекторных средств несомненный интерес представляют антиоксиданты флавоноидной структуры. Под термином флавоноиды (от латинского слова flavus — жёлтый, считается, что первые выделенные из растений флавоноиды имели желтую окраску, однако позднее установлено, что многие из них бесцветны) объединены различные соединения, генетически связанные друг с другом, но обладающие различным фармакологическим действием. Флавоноиды широко распространены в растительном мире. Флавоноидсодержащие растения и препараты применяются в медицине и ветеринарии благодаря широкому спектру фармакологической активности, малой токсичности, а также также возможностью длительного применения без риска возникновения побочных реакций.

Флавоноиды способны как непосредственно захватывать свободные радикалы, так и участвовать в восстановлении других антиоксидантов. Непосредственное антиоксидантное действие флавоноидов реализуется за счет наличия в их структуре слабых фенольных гидроксильных групп, легко отдающих свой атом водорода при взаимодействии со свободными радикалами. Сами они превращаются в малоактивные феноксильные радикалы [3, с. 40].

Общепринятая классификация флавоноидов предусматривает их деление на классы, исходя из степени окисленности центрального трёхуглеродного фрагмента (атомы C2, C3 и C4). Основными классами

флавоноидов являются: флаваны, катехины, лейкоантоцианидины, антоцианидины, флаваноны, флавонолы, флавоны, флавонолы.

Исследование флавоноидных соединений коры лиственницы было начато в 70-х годах XX века [4, с. 478; 5, с. 623—629; 6, с. 3—17]. В коре лиственницы широко распространены гликозиды и сахарные эфиры оксикоричных кислот.

Исследования химического состава полифенольного комплекса коры лиственницы показали, что он является сложной смесью фенольных соединений [2, с. 5—13]. С помощью хроматографических методов полифенольный комплекс коры лиственницы можно разделить на фракции: I — фенолокислоты и их эфиры; II — мономерные флавоноиды; III — спирофлавоноиды; IV — олигомерные и полимерные флавоноидные соединения. Содержание фракций составило: I — 7—10 %, II — 12—15 %; III — 35—40 % и IV — 40—45 % [1, с. 35—38].

Высокое содержание антиоксидантов в биофлавоноидном комплексе лиственницы позволяет предположить наличие у него защитных свойств в отношении мембран гепатоцитов при поступлении в организм гепатотропных ядов.

На модели экспериментального тетрахлорметанового токсического гепатита белых крыс нами совместно с учёными-химиками ЗАО «Петрохим» были изучены гепатопротекторные свойства побочного продукта, получаемого при производстве дигидроквертицина, названного биофлавоноидным комплексом лиственницы и проведено сравнение его действия с ларивитолом и гепатовексом.

В состав биофлавоноидного комплекса лиственницы входят олигомер дигидрокверцетина, терпеновые углеводороды, эфиры смоляных кислот, фитостерины, биофлавоноиды (дигидрокемпферол, кемпферол, кверцетин, изорамнетин, листвинидин, спириобифлавоноиды).

Ларивитол представляет собой сыпучую порошкообразную массу, содержит в своём составе биофлавоноидный комплекс лиственницы (20 мг/г), витамин А (500 МЕ/г), витамин Д<sub>3</sub> (250 МЕ/г), витамин Е (0,2 мг/г) и сорбент аэросил. Препарат также выпускает ЗАО «Петрохим» (Белгород).

Гепатовекс в своём составе содержит холин, метионин, сорбитол, витамин В<sub>12</sub> и лизин.

Изучение гепатопротекторных свойств биофлавоноидного комплекса лиственницы проводили на белых беспородных крысах-самцах массой 160—180 г. Крысы были разделены на 5 групп по 10 голов в каждой. Первая группа служила контролем (интактные крысы). Острый токсический гепатит у крыс второй, третьей, четвёртой и пятой опытных групп вызывали внутрибрюшинным введением четырёххлористого углерода (ССl<sub>4</sub>) на вазелиновом масле из расчёта 0,4 мл на 100 г массы тела в течение трех суток однократно. Третьей опытной группе сразу после окончания введения

четырёххлористого углерода в течение 14 суток применяли биофлавоноидный комплекс лиственницы из расчёта 1 г/кг массы тела. Четвёртой опытной группе в течение такого же периода времени применяли ларивитол из расчёта 0,5 г/кг массы тела. Пятой группе в этот же период выпаивали гепатовекс из расчёта 1 мл/л воды.

Для оценки эффективности действия препаратов проводили клинический осмотр животных, измерение массы и контроль биохимических показателей сыворотки крови (аланинаминотрансфераза, аспартатаминотрансфераза, креатинин, общий билирубин, щелочная фосфатаза, общий белок и т. д.). Биохимические исследования выполняли по стандартным методикам с использованием биохимического анализатора. Биохимические исследования сыворотки крови животных представлены в таблице 1.

**Таблица 1.**

**Биохимические показатели крови крыс**

Показатели	Контрольная группа	Опытные группы			
	Интактные	ССl <sub>4</sub>	Биофлавоноидный комплекс + ССl <sub>4</sub>	Ларивитол + ССl <sub>4</sub>	Гепатовекс + ССl <sub>4</sub>
АСТ, ед/л	338,2±5,94	365,1±6,10	329,1±6,96	362,8±7,70	361,5±7,63
± к контролю, %		+7,9	-2,7	+7,3	+6,9
АЛТ, ед/л	95,7±4,50	123,4±5,10	93,5±4,20	97,7±3,42	120,5±3,46
± к контролю, %		+28,9	-2,3	+2,1	+25,9
Альбумины, г/л	31,3±0,71	30,4±0,82	39,2±0,81	31,6±1,2	31,5±1,0
± к контролю, %		-2,9	+25,2	+0,9	+0,6
Общий белок, г/л	60,5±1,0	57,6±0,76	63,9±0,86	61,2±0,83	61,0±0,87
± к контролю, %		-4,8	+5,6	+1,2	+0,8
Мочевина, ммоль/л	5,7±0,62	6,9±0,59	6,3±0,74	4,9±0,80	6,1±0,32
± к контролю, %		+21,0	+10,5	-14,0	+7,0
Креатинин, мкмоль/л	0,4±0,31	0,34±0,29	0,36±0,36	0,3±0,33	0,31±0,4
± к контролю, %		-15,0	-10,0	-25,0	-22,5
Билирубин общий, мкмоль/л	2,6±0,3	4,2±0,4	3,4±0,2	3,5±0,3	3,6±0,2
± к контролю, %		+61,5	+30,7	+34,6	+38,5
Холестерин, ммоль/л	1,49±0,13	1,2±0,12	1,3±0,15	1,3±0,15	1,4±0,15
± к контролю, %		-19,5	-12,8	-12,8	-6,0
Щелочная фосфатаза, ед/л	430,2±5,27	451,8±5,29	412,7±5,63	427,6±5,74	447,1±6,20
± к контролю, %		+5,0	-4,1	-0,6	+3,9



Из представленных в таблице данных видно, что во второй группе под действием четырёххлористого углерода происходило существенное повышение таких показателей как аспартатаминотрансфераза и аланинаминотрансфераза (на 7,9 и 28,9 % по сравнению с контролем). Повышение активности трансаминаз в сыворотке крови является объективным показателем поражения паренхимы печени и повреждения плазматической мембраны. Цитолиз паренхимы печени сопровождается увеличением проницаемости клеточных мембран гепатоцитов и мембран клеточных органоидов. Эти ферменты являются «прямыми» маркерами поражения печёночных клеток, которые связаны с выходом внутриклеточных субстанций во внеклеточное пространство (кровь) из-за повышенной проницаемости мембран гепатоцитов или их гибели. Следует отметить, что при применении гепатопротекторных средств лишь в третьей опытной группе, где наряду с четырёххлористым углеродом использовали биофлавоноидный комплекс лиственницы, снижение показателей АСТ и АЛТ (на 2,7 и 2,3 % по сравнению с контролем) свидетельствует о высоком гепатопротекторном действии препарата.

Анализируя полученные результаты, следует отметить достоверное увеличение альбуминов и общего белка в сыворотке крови крыс третьей опытной группы, где наряду с четырёххлористым углеродом использовали биофлавоноидный комплекс лиственницы (на 25,2 и 5,6 % соответственно по сравнению с контролем). Увеличение уровня альбуминов следует оценить положительно, так как это указывает на качественное функционирование печени. Применение ларивитола и гепатовекса на фоне  $CCl_4$  также приводило к незначительному повышению концентрации альбумина (на 0,9 и 0,6 %) и общего белка (на 1,2 и 0,8 % соответственно) но, ни в одном из случаев разница с контролем не подтвердилась статистически.

Повышение уровня щелочной фосфатазы в группе отрицательного контроля ( $CCl_4$ ) и в пятой (гепатовекс) опытной группе (на 5,0 и 3,9 % соответственно) также свидетельствует о поражении печени, которое сопровождается некрозом гепатоцитов. Использование ларивитола практически не оказывало влияния на данный показатель, приводя лишь к незначительному его снижению (на 0,6 %). После применения биофлавоноидного комплекса, щелочная фосфатаза наоборот снизилась (на 4,1 % по сравнению с контролем), что также свидетельствует о высокой лечебно-профилактической эффективности препарата.

Применение биофлавоноидного комплекса лиственницы на фоне  $CCl_4$  практически вдвое снижало уровень общего билирубина (30,7 против 61,5 %) у подопытных животных. Следовательно, можно заключить, что гепатотропное действие биофлавоноидного комплекса

лиственницы обусловлено его мембраностабилизирующим эффектом на эритроцитарный пул обмена билирубина.

Действие ларивитола и гепатовекса было менее эффективным и после их применения содержание билирубина было выше показателей интактных животных на 34,6 и 38,5 % соответственно, однако эти изменения также свидетельствуют о мембраностабилизирующем действии препаратов.

На модели экспериментального токсического гепатита белых крыс нами были изучены гепатопротекторные свойства биофлавоноидного комплекса лиственницы и проведено его сравнение с ларивитолом и гепатовексом.

Поступление четырёххлористого углерода в организм крыс приводило к развитию цитолитического (повышение в сыворотке крови содержания аспаратаминотрансферазы и аланинаминотрансферазы), холестатического (повышение активности щелочной фосфатазы и концентрации билирубина), гепатодепрессивного (снижение общего белка и альбуминов) синдромов поражения печени.

Применение крысам биофлавоноидного комплекса лиственницы в дозе 1,0 г/кг массы тела на фоне экспериментального токсического гепатита оказывало выраженное гепатопротекторное действие, которое проявлялось уменьшением нарушений функционального состояния печени.

Использование ларивитола у подопытных животных четвёртой группы оказывало менее выраженное гепатопротекторное действие, но также приводило к нормализации уровня печёночных ферментов в сыворотке крови и нормализации функции печени.

Следует отметить, что применение гепатовекса оказало слабое положительное влияние на функцию печени подопытных крыс. Биохимические показатели крови животных, как и их масса в течение всего экспериментального периода незначительно отличалась от группы отрицательного контроля, где крысам вводили четырёххлористый углерод.

На основании полученных данных можно сделать вывод, что биофлавоноидный комплекс лиственницы является перспективным гепатопротектором и требует дальнейшего детального изучения.

### **Список литературы:**

1. Гордиенко И.И., Фёдорова Т.Е., Иванова С.З., Бабкин В.А. Влияние экстрагента на компонентный состав фенольного комплекса, извлекаемого из коры лиственницы Гмелина // Химия растительного сырья. 2008. № 2. С. 35—38.
2. Иванова С.З., Фёдорова Т.Е., Иванова Н.В., Фёдоров С.В., Остроухова Л.А., Малков Ю.А., Бабкин В.А. Флавоноидные соединения коры лиственницы сибирской и лиственницы Гмелина // Химия растительного сырья. 2002. № 4. — С. 5—13.

3. Накусов Т.Т. Влияние кверцетина и дигидрокверцетина на свободно-радикальные процессы в разных тканях крыс, подвергнутых гипоксической гипоксии: Дис. ... канд. биол. наук. Ростов-на-Дону, 2009.— 161 с.
4. Пашинина Л.Т., Чумбалов Т.К., Лейман З.А. Катехины коры *Larix sibirica* // Химия природных соединений. 1970. № 4. С. 478.
5. Пашинина Л.Т., Чумбалов Т.К., Лейман З.А. Лиственол — новый флавоноид коры *Larix sibirica* // Химия природных соединений. 1973. № 4, 5. С. 623—629.
6. Тюкавкина Н.А., Лаптева К.И., Медведева С.А. Фенольные экстрактивные вещества рода *Larix* // Химия древесины. 1973. № 13, С. 3—17.

## 1.5. ЭКОЛОГИЯ И ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЕ

### ИЗУЧЕНИЕ УГЛЕВОДОРОДОКИСЛЯЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ АКВАТОРИИ ЮГО- ВОСТОЧНОГО КАСПИЯ

**Калбаева Алия Моминовна**

*PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

**Цуркан Яна Сергеевна**

*PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

**Карпенюк Татьяна Анатольевна**

*профессор, д-р биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

**Гончарова Алла Владимировна**

*доцент, канд. биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

*Email: [alipok\\_akt\\_88@mail.ru](mailto:alipok_akt_88@mail.ru)*

Чрезвычайную остроту в последние годы приобрела проблема сохранения экологического здоровья Каспийского моря — уникального водоёма, чьи углеводородные ресурсы и биологические богатства не имеют аналогов в мире [3].

Каспий — старейший в мире нефтесодержащий бассейн, это наиболее удобная транспортная магистраль, водная часть древнего шелкового пути, кратчайшая связь между континентами Европы и Азии [1].

В то же время Каспий отличается высоким уровнем техногенной загрязнённости, особенно усилившимся в последние десятилетия по мере освоения морских месторождений нефти и газа [1]. Экологические проблемы Каспийского моря связаны не только с загрязнением вод в результате добычи и транспортировки нефти на континентальном шельфе, но и с поступлением загрязняющих веществ из Волги и других рек, впадающих в Каспийское море, жизнедеятельностью прибрежных городов, а также затоплением отдельных объектов в связи с повышением уровня Каспийского моря [6]. Главным загрязнителем моря, безусловно, является нефть. Нефтяные загрязнения подавляют развитие фитобентоса и фитопланктона Каспия, представленных синезелеными и диатомовыми водорослями, снижают выработку кислорода. Увеличение загрязнения отрицательно сказывается на тепло-, газо-,

влагообмене между водной поверхностью и атмосферой. Из-за распространения на значительных площадях нефтяной пленки скорость испарения снижается в несколько раз [3].

Развитие нефтедобычи, увеличение объемов перевозок, развитие работ по освоению шельфа сопровождается все более интенсивным использованием водных ресурсов, включая воду моря. При этом особую роль приобретает качество воды. Оно во многом определяется количеством веществ не свойственных воде в естественном состоянии, которые могут быть растворены в воде, находиться в ней в виде отдельных твердых, жидких или газообразных объектов сравнительно небольшого объема [1].

Практика показывает, что очистка вод от нефтепродуктов дается с большим трудом, требует больших капиталовложений. Среди всего спектра методов устранения последствий углеводородных загрязнений, биологические методы признаны наиболее безопасными для окружающей среды и экономически целесообразными. Особенно перспективным является метод биоремедиации, основанный на использовании потенциала микроорганизмов, способных утилизировать углеводороды в процессе своей жизнедеятельности. В настоящее время изучению этой проблемы посвящено большое число научных исследований, и интерес к этой тематике растет. Многие исследования связаны с изучением механизмов биотрансформации, биодеградации нефти и нефтепродуктов [5], разработкой препаратов, действие которых основано на использовании уникальных возможностей углеводородокисляющих микроорганизмов, входящих в их состав. использующие активизацию различными способами аборигенной микрофлоры. Актуальны работы по изучению вклада в процесс биодеградации углеводородных загрязнений аборигенных сообществ микроорганизмов, поскольку в мировой практике существуют технологии очистки природных объектов, использующие активизацию различными способами аборигенной микрофлоры [2, 4].

В преддверии освоения крупных месторождений нефти на шельфе Каспийского моря нами проводятся исследования, направленные на решение проблем разлива нефти в морской воде. Конечная цель — выяснение механизмов адаптации микроорганизмов и микроводорослей Казахстанской акватории Каспия к неблагоприятным условиям, оценка их биотехнологического потенциала с перспективой дальнейшего использования в восстановлении этой уникальной экосистемы.

Нами были отобраны пробы воды в прибрежной зоне Каспийского моря, прилегающей к месторождениям нефти в районе г. Актау. Проведена работа по анализу их микробиологической доминанты. Для выявления микроорганизмов основных таксономических групп посев

проб осуществляли на различные среды (МПА, среда Сабуро, синтетическая среда), используя метод предельных разведений. Общее микробное число в отобранных пробах варьировало в широких пределах: от  $131 \times 10^3$  до  $481 \times 10^3$  клеток/мл в пробах воды, отобранных в черте города Актау, от  $12,9 \times 10^3$  до  $34,5 \times 10^3$  — в пробах воды, отобранных в районе месторождения «Каражамбас» и застойного водоёма, в котором находится старая законсервированная скважина.

При посеве на универсальную и селективные среды из морской воды была выделена 71 культура. Угледородоокисляющую способность (рост на твердых и жидких синтетических средах с добавлением в качестве единственного источника углерода различных нефтепродуктов) продемонстрировали 19 культур. В эксперименте была оценена динамика их роста на различных источниках углерода, которую оценивали нефелометрически по изменению оптической плотности суспензии микроорганизмов (фотоколориметрирование при длине волны 590 нм) в процессе культивирования на жидкой синтетической среде Е-8, рН 6,5—7,0 (на качалке при 220 об/мин), с добавлением в качестве источника углерода различных углеводов (таблица).

Рост на среде с бензолом продемонстрировали только 2 из 19 культур, на среде с бензином — 9 культур, с дизельным топливом — 12 культур. На среде с нефтью росли все выделенные культуры. 6 культур (Д7, Д9, Д10, Д11, Д16, Д18) характеризовались способностью расти на средах с добавлением в качестве источника углерода 3 различных углеводов (бензин, дизельное топливо и нефть).

*Таблица 1*

**Показатели роста некоторых угледородоокисляющих культур на среде с различными источниками углерода**

Культура	0 сутки, %	2 сутки, %				4 сутки, %			
		Бензин	Бензол	Дизельное топливо	нефть	Бензин	Бензол	Дизельное топливо	нефть
Д1	100	64±5	116±2	122±2	198±3	98±8	121±5	139±2	371±8
Д2	100	118±9	58±1	127±2	129±9	63±0	45±0	77±6	131±5
Д4	100	86±0	45±3	81±6	93±9	68±6	54±0	141±8	104±9
Д6	100	72±2	138±5	368±3	277±2	66±4	132±2	384±1	288±6
Д7	100	57±2	55±6	300±8	403±8	119±5	66±4	241±8	632±4
Д9	100	135±8	90±2	275±7	312±1	229±1	54±2	294±0	388±6
Д10	100	118±9	50±4	274±5	121±4	600±7	89±7	400±8	426±6
Д11	100	338±3	215±5	361±9	296±7	200±3	92±3	179±2	119±7
Д15	100	95±2	81±3	64±1	89±4	120±6	73±3	94±4	111±9
Д16	100	72±2	42±1	100±4	96±3	254±8	83±2	156±9	164±9
Д18	100	268±9	116±7	260±6	337±8	242±7	71±3	234±6	342±7

Для определения родовой принадлежности выделенных изолятов угледородоокисляющих микроорганизмов провели изучение

морфолого-культуральных и физиолого-биохимических признаков (окраска по Грамму, спорообразование, подвижность, форма клеток, тесты на каталазную, оксидазную, амилазную, протеолитическую активности, кислотообразование и т. д.).

Проведенный анализ показал, что в отобранных пробах морской воды преобладают бактерии, которые относятся к родам *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Bacillus*, *Rhodococcus* и дрожжи, родовая принадлежность которых уточняется. Выделенные культуры нами взяты для дальнейшей работы.

### Список литературы:

1. Абдурахманов Г.М., Курапов А.А., Попова Н.В. Экологический мониторинг перспективных районов добычи углеводородного сырья Северного Каспия Астрахань: Изд-во АГТУ, 2006 — 248 с.
2. Кобзев Е.Н., Пстрикевич С.Б., Шкидченко А.Н. Исследование устойчивости ассоциации микроорганизмов-нефтедеструкторов в открытой системе // Прикл. биохим. и микробиол. 2001. — Т. 37. — № 4. — С. 413—418.
3. Костров Б.П., Магомедов Г.А., Магомедов А.К., Панарин А.П., Самудов Ш.М. Современное состояние загрязнения Среднего и Южного Каспия // Проблемы экологической безопасности Каспийского моря Махачкала, 1997 — С. 99—100.
4. Шкидченко А.Н., Аринбасаров М.У. Изучение нефтедеструктивной активности микрофлоры прибрежной зоны Каспийского моря // Прикл. биохим. и микробиол. 2001. — Т. 38. — № 5. — С. 509—512.
5. Ягафарова Г.Г. Экологическая биотехнология в нефтегазодобывающей и нефтеперерабатывающей промышленности. Учеб.пособие. — Уфа, 2001. — 213 с.
6. Das N., Chandran P., Microbial degradation of petroleum hydrocarbon contaminants // Environmental Biotechnology Division. — 2010, — Vol. 2011 (2011), — p. 1—13;

## ИЗУЧЕНИЕ РАЗНООБРАЗИЯ И БИОРЕМЕДИАЦИОННОЙ АКТИВНОСТИ МИКРООРГАНИЗМОВ АКТИВНОГО ИЛА

**Цуркан Яна Сергеевна**

*PhD-докторант, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

**Гончарова Алла Владимировна**

*доцент, канд. биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

**Карпенюк Татьяна Анатольевна**

*профессор, д-р биол. наук, КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

*E-mail: [yanatsurkan@mail.ru](mailto:yanatsurkan@mail.ru)*

В последние годы урбанизация регионов, интенсификация промышленного и сельскохозяйственного производства приводят к усиленному загрязнению гидросферы нефтепродуктами, неорганическими и органическими соединениями. Все эти поллютанты могут попадать в водоемы, находясь в составе сточных вод промышленных предприятий, а также со стоками сельскохозяйственных производств и в составе атмосферных осадков. Самым эффективным и сравнительно дешёвым способом очистки воды от тяжёлых металлов, нефтепродуктов и других поллютантов является биологический метод [6, 10, 11]. В настоящее время известно более тысячи микроорганизмов, способных перерабатывать углеводороды различных классов, аккумулировать тяжелые металлы. Наиболее продуктивные из них — дрожжи рода *Candida* [1]; бактерии родов *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Brevibacterium*, *Arthrobacter spp.* [5, 9] и грибы родов *Penicillium* и *Cunninghamella spp.*, *Verticillium spp.* [8]. Использование биохимических возможностей микроорганизмов, отбор наиболее устойчивых, активных культур и создание условий, которые способствуют более полному окислению или нейтрализации токсических органических и неорганических соединений, позволяют интенсифицировать процесс очистки сточных вод, загрязненных органическими, неорганическими соединениями, нефтью и нефтепродуктами. Нами проведены работы по анализу микробиологической составляющей активного ила очистных сооружений г. Алматы. Создана коллекция штаммов микроорганизмов, выделенных из активного ила. Идентифицированы массовые виды микроорганизмов данного биоценоза. Они представлены бактериями родов *Pseudomonas*, *Micrococcus*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Actinomyces* и



дрожжами родов *Candida*, *Kluyveromyces*, *Metschnikowia*, *Phaffia* [2]. Угледородоокисляющую способность (рост на среде с добавлением в качестве источника углерода дизельного топлива, нефти и других углеводородов в количестве 1 мл/100 мл среды) продемонстрировали штаммы бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT* [3].

В модельных экспериментах были оценены ростовые процессы и степень деструкции компонентов дизельного топлива штаммами бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT* (таблицы 1,2).

**Таблица 1**

**Динамика роста и степень деструкции дизельного топлива штаммом бактерий *Pseudomonas sp. 409TA***

Время культивирования (часы)	Количество клеток /мл	Количество потребленного нефтепродукта (%)
0	0,6-0,98×10 <sup>6</sup>	0
24	1,8-2×10 <sup>6</sup>	56—60
96	3,2-3,8×10 <sup>6</sup>	78—80

**Таблица 2**

**Динамика роста и степень деструкции дизельного топлива штаммом дрожжей *Candida sp. 410AT***

Время культивирования (часы)	Количество клеток/мл	Количество потребленного нефтепродукта (%)
0	146-180×10 <sup>2</sup>	0
24	8,7-9,2×10 <sup>4</sup>	75—80
96	34,9×10 <sup>5</sup>	90—95

Показано, что темпы увеличения количества клеток бактерий при их росте на среде с добавлением в качестве источника углерода и энергии дизельного топлива были невелики. В культуре бактерий за первые сутки роста число клеток увеличилось только в три раза, к четвертым суткам культивирования — в 5 раз. Степень деструкции углеводорода достигла 80 %. В культуре клеток дрожжей прирост численности клеток при росте на углеводородном субстрате был более интенсивным, что коррелирует с данными по количеству потребленного субстрата (90—95 %) и подтверждает данные о том, что деструктивный потенциал дрожжевых клеток превосходит таковой у бактерий [4].

Анализ ИК-спектров нефти после роста на ней как источнике углерода культур дрожжей и бактерий показал следующее: в ИК-спектре практически не прописывались полосы поглощения метиленовых и метильных групп в диапазоне 2926 и 2853 см<sup>-1</sup>, соответствующих

асимметричным и симметричным валентным колебаниям группы  $\text{CH}_2$ , однако возрастало количество и интенсивность полос, принадлежащих кислородсодержащим производным исходных углеводов. Появлялись пики, соответствующие поглощению ОН-групп карбониллов в димерах карбоновых кислот (2607), кетогрупп в составе карбоновых кислот и соединений типа лактонов (1749), депротонированных карбоксильных групп (1630), первичных, вторичных и третичных ОН-групп (1050, 1100), групп  $\text{O}=\text{C}-\text{O}-\text{P}$  сложных эфиров и  $\text{C}-\text{O}-\text{C}$  простых эфиров и гидроперекисей (1170). Набор полос поглощения на ИК-спектре свидетельствует о том, что, вероятно, происходит процесс окисления углеводов по монооксигеназному типу, когда метильная группа окисляется до первичного спирта, а затем происходит его окисление до альдегида и соответствующей жирной кислоты. Однако, полученные данные позволяют предположить, что окисление может идти путем гидропероксидации углеводов, который включает образование алкилгидроперекисей из свободных радикалов и их восстановление в первичные и вторичные спирты.

В работе также определялась токсичность  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  по отношению к штаммам бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT*. При установлении интервала токсичности  $\text{Cu}^{2+}$ , культуры бактерий и дрожжей демонстрировали высокие темпы роста при концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  в среде 1 мг/л. Подавление ростовых процессов у бактерий проявлялось через сутки при концентрации меди 5 мг/л, повышение концентрации этого металла в среде до 20 мг/мл усиливало токсический эффект. Для культуры дрожжей угнетение ростовых процессов происходило через 24 часа при концентрации  $\text{Cu}^{2+}$  в среде 20 мг/л. Добавление в среду культивирования  $\text{Zn}^{2+}$  в концентрациях до 300 мг/л не угнетало процессы роста бактериальной культуры. Подавление ростовых процессов происходило только на 4 сутки при концентрации цинка в среде 300 мг/л. Дрожжевая культура хорошо переносила присутствие высоких концентраций цинка в среде (до 300 мг/л), демонстрируя при этом темпы роста, превышающие контрольные значения [7].

В модельных экспериментах данные культуры продемонстрировали высокую сорбционную способность по отношению к ионам цинка и меди (таблица 3).

Таблица 3

Поглощение ионов металлов штаммами бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT* через сутки культивирования

Штамм	Исходная концентрация соли металла, г/л	Количество сорбированного металла, %
<i>Candida sp. 410AT</i>	Сульфат меди, $\text{CuSO}_4$	
	0,25	93,25±0,52
	7,5	99,08±0,1
	Хлорид цинка, $\text{ZnCl}_2$	
	0,01	93,6±0,9
<i>Pseudomonas sp. 409TA</i>	0,3	98,6±0,8
	Сульфат меди, $\text{CuSO}_4$	
	0,25	94,75±1,4
	7,5	99,28±0,3
	Хлорид цинка, $\text{ZnCl}_2$	
0,01	99,8±1,5	
0,3	97,13±1,1	

Так, при добавлении металла в диапазоне концентраций (для  $\text{Cu}^{2+}$  от 0,1 до 9 г/л, для  $\text{Zn}^{2+}$  от 0,01 до 0,3 г/л) штаммы бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT* извлекали более 93 % металла в течение первых суток культивирования.

Были подобраны условия для интенсификации процессов деградации компонентов нефти и дизельного топлива и сорбции тяжелых металлов штаммами бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT*. Показано, что повышение биоремедиационной активности культур данных микроорганизмов сопровождалось усилением утилизации фосфорорганических соединений. Этот факт может иметь большое значение при очистке сточных вод, загрязненных не только нефтепродуктами и тяжелыми металлами, но и большим количеством соединений фосфора, поскольку избыточное количество фосфора также вредно для экосистем и приводит к эвтрофикации водоемов.

Таким образом, из агрессивной среды очистных сооружений выделены перспективные штаммы бактерий *Pseudomonas sp. 409TA* и дрожжей *Candida sp. 410AT*, способные расти на дизельном топливе, нефти и других углеводородах. Выделенные штаммы хорошо размножались в присутствии в среде высоких концентраций  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$ , при этом дрожжи *Candida sp. 410AT* демонстрировали по сравнению с бактериями более высокий деструктивный потенциал и гораздо большую устойчивость к высоким концентрациям в среде тяжелых металлов. Данные штаммы можно в дальнейшем использовать для очистки

сточных вод, загрязненных тяжелыми металлами, нефтепродуктами и фосфорорганическими соединениями, а также создавать биопрепараты на их основе.

### Список литературы:

1. Барышникова Л.М., Грищенков В.Г. и др. Биодegradация нефтепродуктов штаммами-деструкторами и их ассоциациями в жидкой среде // Прикладная биохимия и микробиология. — 2001. — Т. 37, № 5. — С. 542—548.
2. Карпенюк Т.А., Гончарова А.В. и др. Идентификация организмов биоценоза активного ила очистных сооружений г. Алматы // Вестник КазНУ. Серия биологическая. — 2006. — № 4 (30), — С. 86—90.
3. Карпенюк Т.А., Гончарова А.В. и др. Оценка углеводородокисляющего потенциала микроорганизмов активного ила очистных сооружений г. Алматы // Материалы международной научно-практической конференции «Современные проблемы экологии и устойчивое развитие общества». Алматы, 2010, — С. 170—173.
4. Квасников Е.И., Ключникова Т.М. Микроорганизмы — деструкторы нефти в водных бассейнах // Наукова думка, Киев. —1981. — С. 131.
5. Кожанова Г.А., Гудзенко Т.В. и др. Создание стойких систем микробной биодegradации углеводородов нефти в водной среде с использованием бактерий-деструкторов // Вісник Одеського національного ун-та. Сер. Біологія. — 2001. — Т. 8. — С. 26—30.
6. Павленко Н.И., Бега З.Г., Изжеурова В.В., Гвоздяк П.И. Интенсификация биологической очистки сточных вод нефтеперерабатывающих заводов // Химия и технология воды. — 1989. — Т. 11, № 6. — С. 541—544.
7. Цуркан Я.С., Бражникова Е.В., Карпенюк Т.А., Гончарова А.В. Изучение резистентности и динамики извлечения из растворов ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  изолятами бактерий рода *Pseudomonas* и дрожжей рода *Candida*, выделенных из активного ила // Вестник КазНУ. Серия биологическая. № 3 (45). — 2010. — С. 220—222.
8. Davies J., Westlake D. Crude oil utilization by fungi Can // J. Microbiol. — 1979. — № 25. — P. 146—156.
9. Olga P, Petar K, Jelena M, Srdjan R. Screening method for detection of hydrocarbon-oxidizing bacteria in oil-contaminated water and soil specimens. // J Microbiol Methods. 2008, Aug;74(2—3):110—3.
10. Todd R. Sandrin, Raina M. Maier. Impact of Metals on the Biodegradation of Organic Pollutants // Environmental Health Perspectives. — 2003. — V. 111, N. 8. — P. 78—82.
11. Zukauskaitė A., Jakubauskaitė V. et. al. Impact of heavy metals on the oil products biodegradation process // Waste Manag Res December. — 2008. — Vol. 26. — N. 6. — P. 500—507.

## СЕКЦИЯ 2.

### ХИМИЯ

#### 2.1. ОРГАНИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

##### НОВЫЙ СТИМУЛЯТОР РОСТА РАСТЕНИЙ ИНДОЛЬНОГО РЯДА

*Барамысова Гульнара Турсиметовна*  
д-р хим. наук, профессор  
АО «ИХН им. А.Б. Бектурова», г. Алматы  
E-mail: [baramisova@mail.ru](mailto:baramisova@mail.ru)

*Джиембаев Булат Жазкенович*  
д-р хим. наук, профессор  
РГКП «Каз.ГЖенПУ», г. Алматы  
E-mail: [ics-bulat@mail.ru](mailto:ics-bulat@mail.ru)

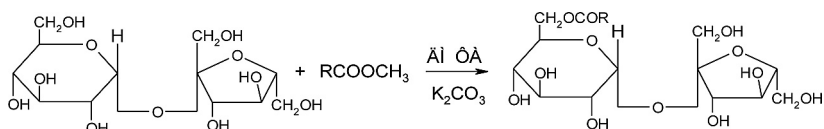
*Тлеубаева Алтын Ахметвалиевна*  
канд. с.-х. наук, ТОО «КазНИИКО», п. Карасай  
E-mail: [niikoh.nauka@rambler.ru](mailto:niikoh.nauka@rambler.ru)

В Казахстане сложились и успешно развиваются научные школы по различным направлениям современной науки. В области химических наук проводятся фундаментальные и прикладные исследования в области создания химических и медицинских препаратов, новых биологически активных веществ, изучаются их свойства и механизмы действия. Изучение химических модификаций природных и синтетических органических карбоновых кислот с полиспиртами и углеводами было начато в Институте химических наук академиком М.И. Горяевым и продолжено его учениками [1, с. 311]. Среди полученных ими веществ были выявлены соединения, обладающие высокой противоопухолевой, антимикробной, противовоспалительной, ростстимулирующей активностью и другими практически полезными свойствами [1, с. 332]. Однако широкие возможности использования этих соединений и синтеза их модифицированных производных далеко

не исчерпаны и могут быть полезны для новых поисков и ценных внедрений в производство. Проводятся исследования, которые вносят определенный вклад в создание базы данных по направленному поиску нового поколения фитогормонов [2, с. 166].

Известно, что к недостаткам природного гетероауксина относятся неустойчивость при хранении (быстро темнеет на свету), фитотоксичность и невысокая эффективность в качестве стимулятора роста и урожайности сельскохозяйственных культур.

Реакцией переэтерификации метилового эфира ИУК с сахарозой в присутствии щелочного катализатора ( $K_2CO_3$ ) получены новые 6-О-моно (МЭСИУК) и 6,6'-диэ- (ДЭСИУК-2), триэфиры (ТЭСИУК) 3-индолилуксусной кислоты с дисахаридом:



Сложные эфиры (СЭИУК) выделяли из реакционных смесей колоночной хроматографией на силикагеле, используя в качестве элюентов хлороформ и смеси растворителей хлороформ-метанол, взятых в соотношении 9-4:1. Моноэфир (МЭСИУК) хорошо растворим в воде, и диэфиры (ДЭСИУК-2) растворяются в органических растворителях (хлороформе, этилацетате). Состав и строение синтезированных соединений подтверждены данными элементного анализа, ИК, ПМР и ЯМР  $^{13}C$  спектроскопии.

Химическая модификация 3-индолилуксусной (ИУК) кислоты с сахарозой позволила увеличить растворимость в воде, стабильность при хранении и значительно уменьшить токсичность, а также обеспечить активный транспорт веществ за счет углеводного фрагмента, усилить и изменить физиологическую активность. В настоящее время накоплен значительный фактический материал, освещающий влияние синтезированных соединений на рост и развитие овощных культур. При испытаниях в лабораторных и полевых условиях на различных овощных культурах среди них были выявлены эффективные стимуляторы, которые имеют преимущества перед применяемыми препаратами — гетероауксином и калиевой соли гетероауксина [2, с. 176].

С целью расширения спектра действия фитогормонов изучено влияния сложных эфиров (МЭСИУК) и (ДЭСИУК-2) на всхожесть семян корнеплодов и их дальнейший рост и развитие.

Объектами исследований были семена сахарной свеклы (*Beta vulgaris var. saccharifera*), сорт Ялтушковская; семена моркови (*Daucus sativus*), сорт Алау, картофель (*Solanum tuberosum L.*), сорт «Теніз».

Семена свеклы, лука и моркови туговсхожие. Семена овощных культур с различными физиологическими показателями и способностью к прорастанию нередко дает всходы на протяжении длительного периода (30—40 дней), что приводит к разноросности растений. Применение стимуляторов роста при подготовке семян к посеву повышают энергию прорастания, полевую всхожесть и устойчивость к неблагоприятным факторам среды, препятствует распространению посевным материалом болезней и вредителей, при этом способствуют улучшению питания для появляющихся проростков, а также раннему созреванию и увеличению урожая.

С целью выявления биологической активности сложного эфира 3-индолилуксусной кислоты и сахарозы (МЭСИУК) в Казахском научно-исследовательском институте картофелеводства и овощеводства проведены исследования на технических и овощных культурах в течение двух лет.

В лабораторных условиях установлена оптимальная концентрация препарата МЭСИУК на энергию прорастания и всхожесть семян корнеплодов. Базой сравнения являлись семена, замоченные в воде (контроль), в качестве эталона брали семена, замоченные в растворе гетероауксина (ГАУ), (0,06 %). Учеты проросших семян проводили 2 срока: первый через 5 дней после обработки, определяли энергию прорастания, второй через 10 дней всхожесть семян. На картофеле учеты проводили через 10 и 15 дней.

Концентраций препаратов менялись от 1,0 до 0,0001 %. Контролем служили семена, замоченные в воде, эталоном — ГАУ, семена — в чашках Петри в термостате, клубни картофеля во влажной опилке. Повторность опыта шестикратная. Результаты лабораторных исследований показали, что препарат МЭСИУК активизировал энергию прорастания и всхожесть семян свеклы, лука и моркови в минимальных концентрациях.

В период вегетации проводили биометрические учеты: высота растений, число листьев, длина и диаметр корнеплодов, луковиц, масса ботвы, корнеплодов, луковиц и клубней картофеля. Биометрические особенности изучали путем замера 30 растений.

Учет урожая проводили путем взвешивания с каждой делянки по повторениям, в производственных условиях с площадей. Математическую обработку урожайных данных проводили дисперсионным методом по Доспехову [3, с. 263].

Таблица 1.

## Влияние регуляторов роста на всхожесть семян овощных культур, %

Вариант опыта	свекла	морковь	Картофель (количество пробудившихся почек)	лук
Контроль (без обр)	76,2	61,5	100,0	71,7
ГАУ 60 мг/л	77,8	72,1	112,0	82,0
КГАУ 60 мг/л	79,6	73,9	119,0	83,9
МЭСИУК 10 мг/л	82,2	81,3	148,3	85,1
МЭСИУК 1 мг/л	84,01	89,4	139,8	87,1
<i>Примечание: ГАУ-гетероауксин, КГАУ-калиевая соль гетероауксина</i>				

Как видно из данных, приведенных в таблице 1, предпосевная обработка семенного материала повышает всхожесть семян от 10,2 до 45 %. Наилучший процент всхожести семян оказался при обработке препаратом МЭСИУК в концентрации (1 мг/л). В результате исследования нами установлено, что введение в молекулярную структуру углеводного фрагменте значительно снижает дозу гетероауксина и его калиевой соли (60 мг/л), обеспечивая активный транспорт ИУК и усиливая биоактивность. При этом полевая всхожесть моркови повышается на 45,36 %, лука — 21,47 %, свеклы — 10,2 % по сравнению с контрольным вариантом. Далее отмечено, что в сравнении результатов с эталонным вариантом, ГАУ(60 мг/л), полевая всхожесть свеклы повышается в 2,3 раза (10 мг/л) и 3,8 раз (1 мг/л); моркови— в 2,04 раз (1 мг/л); лука—1,1 раз (1 мг/л).

Анализируя полученные результаты, можно сказать, что предпосевная обработка туговсхожих семян овощных культур в малых концентрациях (0,001 и 0,0001 %) МЭСИУК увеличивает их энергию прорастания, активизируя появления всходов на 2—4 дня раньше [5, с. 3].

Обычно у картофеля трогаются в рост только главные почки верхушечных глазков, а боковые почки и пуповинные глазки трогаются в рост медленнее или остаются спящими. Это снижает число, образующихся побегов, и отрицательно влияют на урожай картофеля. Результаты, полученные в лабораторных условиях, показали, что соединение МЭСИУК в оптимальных дозах вызывает интенсивный рост почек клубней картофеля. Из приведенных данных таблицы 1 можно видеть, что обработка клубней препарата раствором увеличивает прорастание почек на 48,3 % (10 мг/л), а при обработке в 0,0001 %-ной концентрации — на 39,8 %. Увеличение пробуждения почек клубней происходит за счет прорастания боковых и пуповинных частей клубней.



Введение в молекулярную структуру ИУК углеводного фрагмента приводит к усилению физиологических процессов у растений. Данные, представленные в таблице 2, позволяют судить о положительном воздействии изучаемых регуляторов роста растений на биометрические показатели овощных культур.

Одним из эффективных и простых приемов повышения урожайности является внекорневая обработка растений растворами стимуляторов. Установлено, что внекорневая обработка растений картофеля препаратом МЭСИУК положительно повлияла на нарастание массы клубней. Обработка растений картофеля активизирует поступление воды и минеральных веществ в растения и способствовало росту массы клубней, которая опережала контрольный вариант на 28,5 % или на 150,1 г.

Исследованиями установлено, что препарат МЭСИУК в малых концентрациях стимулировал рост и развитие растений, что в свою очередь приводит к повышению урожайности (таблица 3).

Таблица 2.

## Влияние регуляторов роста на биометрические показатели растений

Варианты опыта	На 30- день после всходов			На 40- день после всходов			На 50 день после всходов		
	Высота растений, см.	Масса, г.		Высота растений, см.	Масса, г.		Высота растений, см.	Масса, г.	
		Листьев	Корне-плода		Листьев	Корне-плода		Листьев	Корне-плода
<b>Свекла</b>									
Контроль (без обр)	6,1	28,0	9,0	13,0	65,0	19,5	21,0	81,3	30,0
КГАУ 60 мг/л	8,0	34,5	11,0	17,1	84,0	24,5	24,8	95,8	46,0
ГАУ 60 мг/л	7,0	31,0	10,0	15,5	75,6	24,0	23,5	92,5	41,0
МЭСИУК 10 мг/л	7,2	32,0	10,8	16,6	84,0	24,2	24,7	95,4	44,8
МЭСИУК 1 мг/л	7,8	33,0	11,0	17,0	88,0	24,8	25,0	96,2	45,7
<b>Морковь</b>									
	На 30- день после всходов			На 40- день после всходов			на 60-день после всходов		
	высота растений, см	количество листьев, шт.	Масса корнеплод, г	высота растений, см	количество листьев, шт.	Масса корнеплод, г	высота растений, см	количеств. листьев, шт.	Масса корнеплода, г
Контроль (без обр)	6,5	3,3	10,5	10,6	5,8	25,1	13,5	7,0	38,0
ГАУ 60 мг/л			13,0			33,5			44,0
КГАУ 60 мг/л	8,3	6,0	14,1	12,6	7,2	35,0	16,9	9,3	48,0
МЭСИУК 10 мг/л	8,0	5,3	13,6	12,5	7,0	37,7	17,1	9,0	47,2
МЭСИУК 1 мг/л	8,5	5,5	14,0	12,7	7,4	39,0	17,0	9,1	50,0

Таблица 3.

## Влияние регуляторов роста на урожайность растений

Вариант опыта	свекла			морковь			картофель			лук		
	уро жай, т/га	прибавка к контролю		уро жай, т/га	прибавка к контролю		Уро жай, т/га	прибавка к контролю		уро жай, т/га	прибавка к контролю	
		т/га	%		т/га	т/га		%	т/га		т/га	%
Контроль (без обр)	25,5			21,0			18,0			39,0		
ГАУ 60 мг/л	29,0	3,5	13,7	23,0	2,0	9,5	19,0	1,0	5,6	43,7	4,7	12,1
КГАУ 60 мг/л	30,1	4,5	17,6	24,2	3,2	15,2	20,5	2,5	13,9	44,0	5,0	12,8
МЭСИУК 10 мг/л	29,2	3,7	14,5	24,5	3,5	16,7	20,2	2,2	12,2	44,1	5,1	13,1
МЭСИУК 1 мг/л	29,7	4,2	16,6	25,5	4,5	21,4	21,0	3,0	16,7	44,6	5,6	14,4

Примечание: Р, % — 3,6 НСР<sub>0,05</sub> т/га 0,9 (свекла)

Р, % — 4,1 НСР<sub>0,5</sub> т/га — 1,0 (морковь)

Р, % — 4,0 НСР<sub>0,05</sub> т/га — 0,8 (картофель)

Р, % — 4,0; НСР<sub>0,05</sub> т/га — 1,2 (лук)

Данные приведенные в таблице 3 можно рассматривать как материал подтверждающий всех вышеприведенных результатов, т. к. урожайность — конечный результат всей жизнеспособности овощных культур. Изменения биометрических показателей под действием регулятора роста растений (МЭСИУК) способствуют повышению продукционных процессов сельскохозяйственных культур. Анализ урожайных данных позволяет отметить эффективность нового препарата. Проведенные исследования свидетельствуют, что введение в молекулярную структуру ИУК фрагмента дисахарида уменьшает токсичность гетероауксина. Препарат МЭСИУК при минимальных дозах (1 мг/л) обработки является эффективным фитогормоном. Предпосевная обработка туговсхожих семян овощных культур повышает полевую всхожесть моркови (на 45,36 %), лука (на 21,7 %), свеклы (на 10,2 %). За счет применения сложного эфира индолилуксусной кислоты с сахарозой наблюдается ускорение развития растений на начальных этапах вегетации, что способствует увеличению урожайности свеклы (до 4,2 т/га или 16,6 %); лука (до 5,1 т/га или 13,1 %); моркови (до 3,5 т/га или 16,7 %); картофеля (до 2,2 т/га или 12,2 %).

Отмечено, что в вариантах, где клубни обрабатывали препаратом МЭСИУК в 1 мг/л, увеличивалась устойчивость растений картофеля к

болезням фитофтороз и макроспориоз. Эффективность препарата, против фитофтороза (83,8 %) и макроспориоза (82,1 %), что также положительно сказывается на урожайность картофеля.

Для более полной оценки эффективности препарата необходимо продолжить исследования на посевах овощных культур в полевых условиях.

### **Список литература:**

1. Ергожин Е.Е., Джиембаев Б.Ж., Барамысова Г.Т. Научное наследие академика М.И. Горяева. — Алматы: «Эверо, 2004. — 540 с.
2. Барамысова Г.Т., Артамонов А.Ф., Джиембаев Б.Ж., Жуманова Г.С., Тлеубаева А.А. Разработка новых отечественных фитогормонов на основе природного и синтетического сырья Казахстана // Химический журнал Казахстана. — 2010. — № 4. — С. 166—174.
3. Джиембаев Б.Ж. Состояние и перспективы исследований в области поиска и создания новых биологически активных соединений для сельского хозяйства // Мат. Междунар. научно-практическая конф. «Современные проблемы защиты и карантина растений», посв. 90-летию со дня рождения Ж.Т. Джиембаева. Алматы, 2005. — С. 35—40.
4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработкой результатов исследований): учебник для студ. высших учеб. завед. 5-е изд., доп. и перераб. — М.: Агропромиздат. , 1985. — 351 с.
5. Заключение на выдачу инновационного патента РК от 03.04 2012 по заявке № 2011/1255.1 от 02.12.2011. Стимулятор индольного ряда для роста огурца и корнеплодов / Барамысова Г.Т., Артамонов А.Ф., Джиембаев Б.Ж., Тлеубаева А.А., Айтбаев Т.Е., Кария А.

## КОНФОРМАЦИОННЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭПИМЕРОВ ПО С2 И С4 N-ЗАМЕЩЕННЫХ ПРОИЗВОДНЫХ 2-МЕТИЛ-4-ФЕНИЛЭТИНИЛ-4-ГИДРОКСИ-ТРАНС- ДЕКАГИДРОХИНОЛИНОВ

*Турмуханова Миргуль Журагатовна*

*д-р хим .наук, доцент КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

*E-mail: [t\\_mirgul@mail.ru](mailto:t_mirgul@mail.ru)*

*Абилов Жарылкасын Абдурахитович*

*д-р хим .наук, профессор КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

*E-mail: [abilovs51@mail.ru](mailto:abilovs51@mail.ru)*

*Келжанова Назкен*

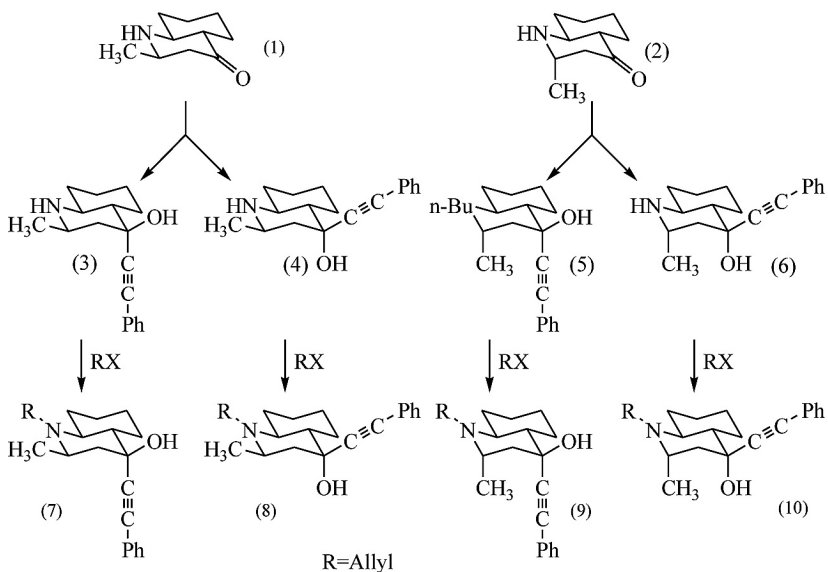
*PhD докторант КазНУ им. аль-Фараби, г. Алматы*

*E-mail: [nazken.81@mail.ru](mailto:nazken.81@mail.ru)*

В результате исследования зависимости обезболивающих свойств от природы алкильного заместителя в структуре бензоатов 2-метил-декагидрохинолин-4-олов установлено, что лучшими при терминальной анестезии являются бензоаты N-аллил-2е-метил-*цис*-4е-гидрокси-декагидрохинолина и N-аллил-2е-метил-*транс*-4е-гидрокси-декагидрохинолина. Положительным свойством указанных препаратов является также их более низкая, чем у новокаина токсичность [1, с. 3, 2].

С целью синтеза потенциально биологически активных веществ и изучения влияния гидроксигруппы, фенилэтинильного и аллильного радикала на конформационное и конфигурационное строение декагидрохинолина была проведена реакция алкенилирования индивидуальных изомеров 2е-метил-4-фенилэтинил-4-гидрокси-*транс*-декагидрохинолинов (3, 4) и 2а-метил-4-фенилэтинил-4-гидрокси-*транс*-декагидрохинолинов (5, 6), полученных конденсацией (1,2) с фенилацетиленом [3].

Все соединения получены с высокими выходами (таблица 1). Строение синтезированных соединений (7—10) доказаны на основании данных ИК-, ПМР-спектроскопии и масс-спектрометрии. ИК-спектры соединений (7—10) сняты в виде таблеток в KBr (таблица 1).



ПМР-спектры соединений (7—0) записаны в дейтерированном метаноле и хлороформе. Данные приведены в таблице 2.

Соединения (7—10) имеют соответствующее число сигналов протонов. Самыми низкопольными сигналами протонов синтезированных соединений являются мультиплеты пяти фенильных протонов с химическими сдвигами около 7,36 и 7,30 м. д.

Далее по спектрам при смещении в область все более высокого поля появляются сигналы протонов при  $C_{13}$  в виде дублетов дублетов триплетов с центрами около 6,00 и 5,96 м. д. для соединений (7—10) соответственно и расщеплением 17,1, 10,3 и 6,7 Гц.

Таблица 1

**Физико-химические и ИК-спектральные характеристики соединений (7—10)**

Соединение	Частоты колебаний групп, $\nu$ см <sup>-1</sup>						Физико-химические характеристики	
	ОН	СН (СН <sub>3</sub> )	С-О	С=C	С≡С	Ph-	Т.пл., °С	Выход, %
7	3410	2858-2988	1076	1639	2220	693, 756, 1445, 1597, 3078	105-107	88,9
8	3280	2800-2979	1078	1639	2229	692, 754, 1446, 1598, 3059	127-128	90,0
9	3410	2858-2988	1076	1639	2220	693, 756, 1445, 1597, 3078	90-92	98,9
10	3280	2800-2979	1078	1639	2229	692, 754, 1446, 1598, 3059	134-136	95,0

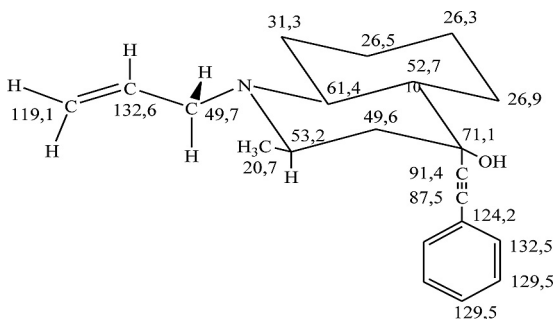
В этой же области с чуть меньшими химическими сдвигами (5,25 и 5,23 м. д.) в спектре соединения (7) находятся сигналы протонов при С<sub>14</sub> в виде дублетов дублетов с константами 17,1 и 0,8 Гц. Для соединения (8) сигналы этих же протонов находятся примерно в той же области (5,24 м. д. и 5,21 м. д.) и с примерно такими же константами спин-спинового взаимодействия (17,2 и 0,8 Гц).

Сигналы в области 3,55 и 3,44 м. д. (34) и 3,52 и 3,43 м. д. в виде дублетов дублетов с расщеплением в 16,3 и 6,7 Гц, а также 10,3 и 6,7 Гц были отнесены к протонам при С<sub>12</sub>. Дублет квартетов дублетов с центром около 3,00 м. д. и расщеплением 11,8, 6,2 и 2,5 Гц (34) и 3,00 м. д. с расщеплением 11,8, 6,2 и 2,3 Гц (2.212) является сигналом протонов при С<sub>2</sub>. Характер расщепления и форма сигнала указывают на аксиальную ориентацию протона, что, в свою очередь, подтверждает экваториальную ориентацию метильной группы при С<sub>2</sub>. Рядом с сигналами этого протона находится триплет дублетов с центром около 2,58 м. д. и расщеплением в 10,3 и 3,3 Гц (34) и 2,50 м. д. с расщеплением в 11,0 и 3,3 Гц (7), отнесенный к сигналу протона при С<sub>9</sub>, который находится в аксиальном положении. Сигнал протона при С<sub>10</sub> также имеет аксиальную ориентацию (триплет дублетов с центром 1,49 м.д. и расщеплением 11,7 и 2,2 Гц) для соединения 34 и (триплет дублетов с центром 1,39 м.д. и расщеплением 12,0 и 2,0 Гц), что в совокупности подтверждает *транс*-сочленение пиперидинового и циклогексанового колец.

Для соединений (7-10) были также записаны спектры корреляционной спектроскопии COSY, спектры HMBC и HSQC. В спектре COSY наблюдаются обычные, как и в спектре ПМР, геминальные и вицинальные спин-спиновые взаимодействия. Единственным исключением является взаимодействие протонов 12 и 14 через четыре связи. В спектре ПМР оно проявляется только у одной, чистой компоненты дублета 14<sub>trans</sub>. В сигналах протонов 12 CH<sub>2</sub>, хотя и имеются признаки слабого расщепления (несимметричные вершины пиков), но количественно они не могут быть оценены. Кроме того, нельзя исключать и слабого геминального взаимодействия протонов 13 и 14, однако спектр COSY не позволяет их идентифицировать. По спектру COSY определены химические сдвиги высокопольных протонов.

В спектре NOESY имеются все соответствующие структуре соединения (7) взаимодействия близко расположенных валентно-несвязанных атомов водорода.

В спектре NOESY также имеются все соответствующие структуре соединения (8) взаимодействия близко расположенных валентно-несвязанных атомов водорода (рисунок 1). В таблице 3 приведены взаимодействия атомов водорода аллильного заместителя при азоте с близко расположенными атомами водорода циклической системы.



**Рисунок 1. Пространственное строение и химические сдвиги <sup>13</sup>C (7)**

На основании данных, приведенных в таблицах (2,3) можно сделать вывод о том, что соединение находится предпочтительно в конформации «А» (рисунок 2), где заместитель при С<sub>12</sub> занимает положение в створе угла 2а-N-п-пара, при этом он несколько отклонен в сторону п-пары вследствие отталкивания метильной группой (эффективный объем п-пары значительно меньше объема СН<sub>3</sub>).



Таблица 2

**Химические сдвиги протонов и константы спин-спинового взаимодействия соединений (7, 8)**

Соединение	P, T, v	Химические сдвиги протонов, $\delta$ , м.д., мультиплетность, (КССВ, J, Гц)									
		2a	3e	3a	5e	5a	6e	6a	7e	7a	
7	MeOD-d4 300,13	3,00 д(11,8) к(6,2) д(2,5)	2,04 д(13,7) д(2,6)	1,81 д(13,7) д(11,8)	2,15 д(11) м	1,40 к(12) д(2,8)	1,78 $\pm 0,02$	1,23 к(11) м	1,78 $\pm 0,02$	1,28 к(11) м	
	MeOD-d4 300,13	2,25 д(12) м	1,12 к(12) д(3)	2,58 т(10,3) д(3,3)	1,49 т(11,7) д(2,2)	1,14 д(6,3)	а)3,55 д(16,3) д(6,7) б)3,44 д(16,3) д(6,7)	6,00 д(17,1) д(10,3) т(6,7)	Е:5,25 д(17,1) д(0,8) 2:5,23 д(10,3) д(0,8)	о-7,36 м м-, р- 7,30 м	
		<b>2a</b>	<b>3e</b>	<b>3a</b>	<b>5e</b>	<b>5a</b>	<b>6e</b>	<b>6a</b>	<b>7e</b>	<b>7a</b>	
8	MeOD-d4 500,13 300,0K	3,00 д(11,8) к(6,2) д(2,3)	2,04 д (12,4) д(2,3)	1,62 т (12,1)	2,17 д (11) м	1,36 к $\approx 12$ д ( $\approx 3$ )	1,75 д (11) м	1,24 1,24 м	1,80 д 10 м	1,27 1,27 м	
		<b>8e</b>	<b>8a</b>	<b>9a</b>	<b>10a</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Ph</b>	
		2,25 д 12,3 м	1,15 к (12) д 2,6	2,50 т (11) д (3,3)	1,38 $\approx 1,39$ т ( $\approx 12$ ) д ( $\approx 2$ )	1,18 д (6,2)	а)3,52 д (16,2) д (6,7) б)3,43 д(16,2) д(6,7)	5,96 д (17,1) д (10,3) т (6,7)	He:5,24 д (17,2) д (0,8) Hz:5,21 д (10,2)	о-7,39 м м-, р- 7,32 м	
		<b>2a</b>	<b>3e</b>	<b>3a</b>	<b>5e</b>	<b>5a</b>	<b>6e</b>	<b>6a</b>	<b>7e</b>	<b>7a</b>	
		COSY	3,00	2,04	1,62	2,17	1,35	1,75	1,24	1,80	1,27
		NOESY	3,00	2,04	1,62	2,17	1,35	1,75	1,23	1,81	1,26
		<b>8e</b>	<b>8a</b>	<b>9a</b>	<b>10a</b>	<b>11</b>	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>Ph</b>	
	COSY	2,25	1,15	2,50	1,38	1,18		5,96			
	NOESY	2,26	1,15	2,50	1,38	1,18		5,96			
P — растворитель; T — температура; K; v — рабочая частота прибора											

Такое вращение по оси C<sub>12</sub>-N приводит к тому, что атом водорода 12Ha приближается к 8He, а атом 12б к 11CH<sub>3</sub>, что проявляется в сильном взаимодействии этих пар атомов. Наличие взаимодействия атома водорода 13He с 2Ha, 9Ha и 8He позволяет предполагать вращение заместителя при азоте по оси C<sub>12</sub>-N, однако

предпочтительной конформацией все же остается конформация «А» по сравнению с конформацией «В»

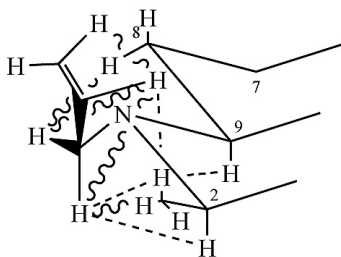
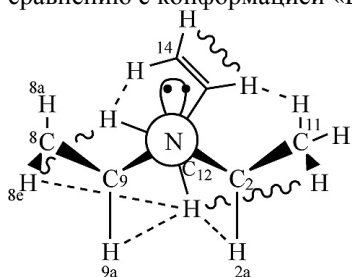


Рисунок 2. Конформация А соединения (7)

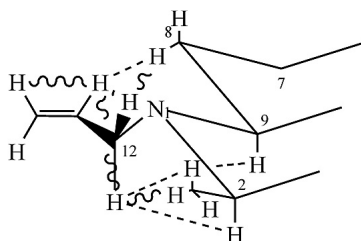
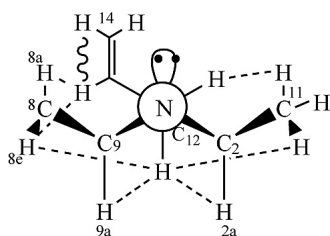


Рисунок 3. Конформация В соединения (7)

Таблица 3

**Взаимодействия атомов водорода аллильного заместителя при азоте с близко расположенными атомами водорода циклической системы соединений (7 и 8).**

	12	11	8e	9a	2a	13	14
12 «а» и «б»	—	Очень сильно, в основном «а»	Очень сильно, в основном «б»	Слабо оба	Слабо оба	Сильно оба	Слабо оба
2	Сильно оба	Слабо	Слабо	Средне	Средне	—	Очень сильно
3	Средне оба	Слабо	Слабо	Слабо	Слабо	Очень сильно	—

Индивидуальность, состав и строение N-аллил-2ε-метил-4-фенилэтинил-4-окси-*транс*-декагидрохинолинов (7—10) установлено также на основании данных хромато-масс-спектрометрии. В масс-спектрах соединений (7—10) присутствуют пики молекулярных ионов с  $m/z$  309 (приложения Т.44-Т.47). Распад молекулярных ионов может

осуществляться в нескольких направлениях. В первую очередь может происходить выброс метильного радикала с образованием осколочного иона с  $m/z$  294. Конкурирующим направлением распада молекулярного иона является отщепление гидроксильного радикала с образованием осколочного иона с  $m/z$  292. В масс-спектре всех соединений (7—10) присутствует довольно интенсивный пик осколочного иона с  $m/z$  266. Образование этого устойчивого фрагментного иона обусловлено выбросом из молекулярного иона пропильного радикала. Подобный распад весьма характерен для производных декагидрохинолина.

Таким образом, нами впервые синтезированы индивидуальные эпимеры по  $C_2$  и  $C_4$  N-аллильные производные 2-метил-4-фенилэтинил-4-гидрокси-*транс*-декагидро-хинолина и на основании данных спектроскопии ЯМР  $^1H$ ,  $^{13}C$ , двумерной спектроскопии COSY, NOESY, HSQC, HMBC, HMQC выявлены их конформационные особенности.

### Список литературы:

1. Самарина Г.Н. Химическое и стереохимическое строение производных пиперидина и декагидрохинолина и их фармакологическая активность: автореф. ... докт. мед. наук. — Алма-Ата, 1972. — 32 с.
2. Литвиненко Г.С., Хлуднева К.И., Яловенко Е.Г., Пралиев К.Д. и др. Местноанестезирующая активность и токсичность 10 новых производных декагидрохинолина и октагидропиперидина //Вопросы фармации. Мин. здравоохранения КазССР. - 1988. - С. 83.
3. Исакова Т.К. Синтез, стереохимия, конформационный анализ и биологические свойства новых насыщенных азотистых гетероциклов: автореф. ... докт. хим. наук. — Алматы, 2009. — 38 с.

## 2.2. ФИЗИЧЕСКАЯ ХИМИЯ

### КИНЕТИКА ТЕРМОРАСПАДА КРЕАТИНА

*Васина Янина Александровна*

*старший преподаватель кафедры химии,*

*ННГАСУ, г. Нижний Новгород*

*E-mail: [vasina1@rambler.ru](mailto:vasina1@rambler.ru)*

*Зеляев Игорь Александрович*

*канд. хим. наук, профессор кафедры химии,*

*ННГАСУ, г. Нижний Новгород*

Креатин — 2-(метилгуанидино)-этановая кислота — азотсодержащая карбоновая кислота в организме синтезируется в почках, печени, поджелудочной железе из аминокислот аргинина, глицина, метионина [1]. Креатин содержится в мышцах всех позвоночных (около 0,5 % от массы мышцы) в виде неустойчивой креатинфосфорной кислоты — 60 % и 40 % — свободный креатин. Также присутствует в нервной ткани, крови, печени, почках. Основная функция креатина обеспечение и поддержания энергетического обмена в организме. Креатин принимает участие в ресинтезе АТФ. Функция АТФ (аденозинтрифосфорная кислота) заключается в обеспечении энергией мышечной деятельности. В среднем человек расходует около 2 г креатина в день. Потеря восполняется с пищей, а также путем выработки вещества в организме. Креатин содержится в мясе, рыбе. Суточное потребление от 2 до 6 граммов (максимальная доза при мышечном истощении) [4].

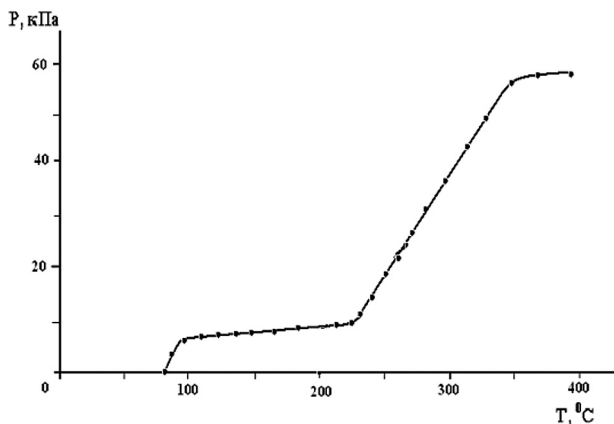
Эта кислота поступает в организм при расщеплении (гидролизе) животных и растительных белков, а белковая пища, как правило, подвергается термической обработке, поэтому важно знать, как длительность такой обработки влияет на расщеплении креатина, какие продукты разложения образуются при этом и насколько они вредны для живого организма.

Цель исследования: определение кинетических параметров термического разложения креатина и изучение состава продуктов, образующихся в ходе термораспада исходного соединения. Подобные данные в литературе практически отсутствуют [2, 3].

Для исследований использовали кристаллический креатин моногидрат марки-ч. Согласно справочным данным [5], кристаллы плавятся с разложением для безводного креатина при  $292^{\circ}\text{C}$ , для моногидрата при  $303^{\circ}\text{C}$ .

Скорость термического разложения изучали в статических условиях. Схема лабораторной установки, техника проведения эксперимента, и способ выполнения анализа продуктов распада кислоты, описана в работе [2].

Скорость брутто-процесса определяли по изменению давления летучих продуктов, образующихся в ходе термического разложения кислоты в стеклянном реакторе постоянного объема. Если проводить нагревание образцов в замкнутом вакуумированном объеме со скоростью  $3^{\circ}\text{C}/\text{мин}$ , то газовыделение, указывающее на термическое разложение вещества, начинается при  $200^{\circ}\text{C}$ . Характер изменения давления летучих компонентов, образующихся при нагревании кислоты при повышении температуры, представлен на рис. 1.

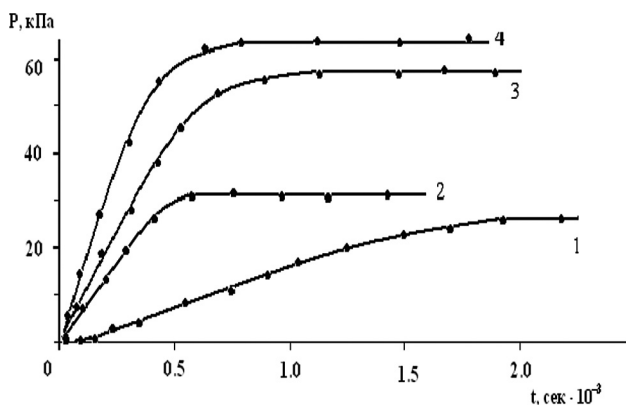


**Рис. 1. Зависимость давления газообразных продуктов разложения креатина от температуры.**

Для креатина интенсивный прирост давления летучих компонентов температуры наблюдается в интервале  $240\text{—}250^{\circ}\text{C}$ . Температурный участок от  $90^{\circ}\text{C}$  до  $170^{\circ}\text{C}$  указывает на выделение кристаллизационной воды, так как использовался креатин моногидрат. Перед кинетическим исследованием кристаллизационная вода удалялась путем нагревания и вакуумирования образца при температуре  $140^{\circ}\text{C}$ . Необратимое увеличение давления указывает на термическое разложение реакционной массы. При температурах выше

области интенсивного термического разложения вещества линейная зависимость увеличения давления с ростом температуры, свидетельствует о прекращении разложения. В последнем случае увеличение давления происходит за счет нагревания газообразных продуктов разложения в соответствии с уравнением состояния идеального газа.

Характер изменения  $p$  от  $T$  позволил определить интервалы температур, удобные для количественного измерения скорости разложения кислоты по изменению давления  $p$  летучих компонентов от времени  $t$  реакции при постоянной температуре. Скорость разложения креатина изучали в интервале температур при 230–320<sup>0</sup>С.



**Рис. 2.** Зависимость давления газообразных продуктов разложения креатина от времени: 1 — 234<sup>0</sup>С, 2 — 257<sup>0</sup>С, 3 — 285<sup>0</sup>С, 4 — 316<sup>0</sup>С.

На рис. 2 приведены кинетические кривые разложения вещества, снятые в координатах давление ( $p$ ) — время реакции ( $t$ ). Термическое разложение креатина подчиняется уравнению реакции первого порядка до глубины превращения 30—50 %. Эффективные константы скорости реакции первого порядка вычисляли по следующему уравнению:

$$k = \frac{1}{t} \cdot \ln \frac{p_{\infty} - p_0}{p_{\infty} - p_t},$$

Здесь  $k$  — константа скорости реакции,  $p_0$  — давление газов над реакционной массой, соответствующее началу химического превращения ( $t=0$ );  $p_{\infty}$  — предельное давление газов, достигнутое после завершения брутто-процесса;  $p_t$  — давление газов в момент времени  $t \neq 0$ .

Температурная зависимость констант скорости реакции подчиняется уравнению Аррениуса  $k=k_0 \cdot e^{-E/RT}$ . Кинетические и активационные параметры разложения веществ приведены в табл. 1.

*Таблица 1*

**Кинетические и активационные параметры разложения кислот**

Кислота	$T, ^\circ\text{C}$	$k \cdot 10^5, \text{c}^{-1}$	$E, \text{кДж/моль}$	$\lg k_0$
Креатин	234	92±19	43±16	5.9±1.5
	257	278±19.2		
	285	382±19.3		
	316	406±31		

Термическое разложение креатина включает совокупность параллельно и последовательно протекающих реакций. Фактически с самого начала разложения кристаллов формируется многофазная система, в которой источником летучих продуктов выступает не только креатин, но и неустойчивые при температуре опыта промежуточные соединения. В области низких температур наблюдается индукционный период в ходе разложения. Это связано с тем, что в начальный момент времени при низких температурах разложение протекает на поверхности твердого образца, образуются реакционные центры, происходит слияние реакционных центров на поверхности твердого вещества. Постепенно образуются газообразные вещества. Так как в основном протекают реакции в газовой фазе, можно говорить о гетерогенном радикальном характере разложения кислоты.

Состав летучих продуктов, определенный в результате масс-спектрометрического анализа, приведен в табл. 2.

*Таблица 2*

**Результаты масс-спектрометрического анализа газообразных продуктов термического разложения креатина при 300<sup>0</sup>С**

Продукт	$\text{NH}_3$	$\text{CO}_2$	$\text{CO} + \text{N}_2$	$\text{H}_2\text{O}$	$\text{CH}_3\text{CN}$
Выход, мол%	69	14	14	2.4	0.6

При распаде креатина основными газообразными продуктами являются аммиак и углекислый газ. Найденный летучий жидкий продукт метилгидроурацил при распаде креатина свидетельствует о процессах циклизации. Это возможно, так как температурный интервал разложения креатина способствует распаду по связи C–C, C=N.

Нами установлено, что креатин, как макроэргическое вещество, распадается в области высоких температур. Разложение креатина в течение 20–40 мин при температурах выше 200<sup>0</sup>С сопровождается образованием газообразных и жидких продуктов, нежелательных при термической обработке белковой пищи. Формально скорость брутто-процесса при небольших глубинах разложения исходных соединений (30–50 %) описывается кинетическим уравнением реакции первого порядка. Рассчитаны эффективные константы скорости реакции распада кислоты и значение кажущейся энергии активации.

### **Список литературы:**

1. Тюкавкина Н.А., Бауков Ю.А. Биоорганическая химия. М.: Дрофа, 2006. 542 с.
2. Яблоков В.А., Васина Я.А., Зеляев И.А., Митрофанова С.В. // Журнал общей химии. 2009. Т. 79. Вып.6. С. 969.
3. Яблоков В.А., Смельцова И.Л., Зеляев И.А., Митрофанова С.В. // Журнал общей химии. 2009. Т.79. Вып. 8. С. 1344 .
4. Schlattner U, Tokarska-Schlattner M, Wallimann T. //Biochim Biophys Acta. 2006. № 1762(2). P. 164.
5. <http://www.sciencelab.com>



## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ АДСОРБЦИИ ИОНОВ НА ПОВЕРХНОСТИ $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$

**Курмышева Александра Юрьевна**

аспирант, кафедра «Химия», Московский Государственный  
Университет Машиностроения «МАМИ», г. Москва  
E-mail: [ankrepta@gmail.com](mailto:ankrepta@gmail.com)

**Горичев Игорь Георгиевич**

д-р хим. наук, профессор МПГУ, г. Москва

**Забенькина Екатерина Олеговна**

канд. хим. наук доцент, кафедра «Химия», Московский  
Государственный Университет Машиностроения «МАМИ», г. Москва  
E-mail: [zabenkinno@list.ru](mailto:zabenkinno@list.ru)

*Работа выполнена при финансовой поддержке государственной программы «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России на 2009—2013 годы» (контракты № 14.740.11.1095, 16.740.11.0679) и аналитической ведомственной целевой программы (шифр заявки № 3.5258.2011).*

Адсорбция катионов металлов на поверхности оксидов очень важное явление в таких областях науки как нефтехимия, геохимия, коллоидная и каталитическая химия. Для описания процесса адсорбции широко используются изотермы, которые выражают зависимость количества адсорбированного вещества от pH раствора электролита. Анализ таких изотерм позволяет провести моделирование процесса адсорбции.

Адсорбция катионов всегда сопровождается адсорбцией гидроксогрупп, которые создают отрицательный заряд поверхности в зависимости от pH среды. В качестве адсорбента широкое применение нашел оксид алюминия,  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . В водных растворах оксид алюминия в кислой среде проявляет положительный заряд, а в щелочной — отрицательный, что позволяет поверхности оксида адсорбировать избирательно анионы (в кислых средах) и катионы (в щелочных средах) [3].

Целью работы является исследование закономерностей адсорбции катионов металлов первого переходного периода на  $\gamma$ - $\text{Al}_2\text{O}_3$  от pH.

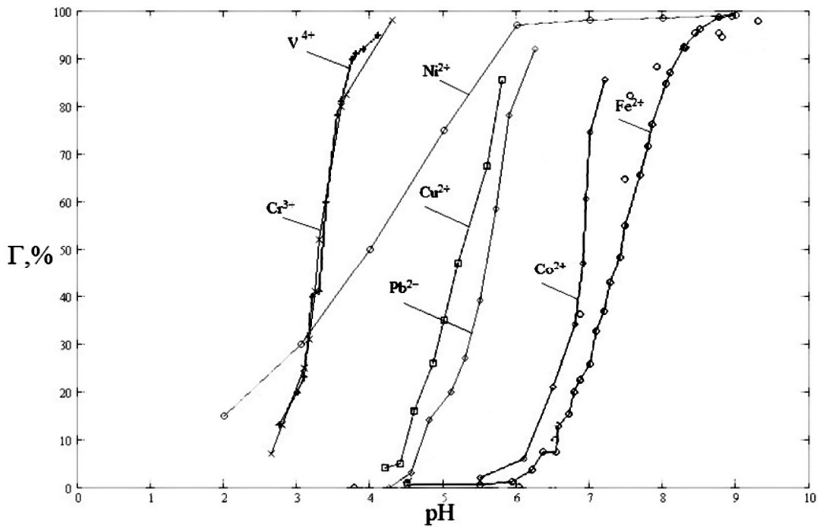
### 1. Экспериментальная часть.

Проведено исследование влияния pH на адсорбцию катионов:  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{V}^{4+}$ ,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Co}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cu}^{2+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Pb}^{2+}$ , на  $\gamma\text{-Al}_2\text{O}_3$  (поверхность оксида, измеренная методом БЭТ составляет  $100 \text{ м}^2/\text{г}$ ). Величина адсорбции определялась по разности начальной ( $C_{\text{исх}}$ ) и конечной ( $C_{\text{кон}}$ ) концентрации катионов при взаимодействии их с оксидом алюминия в растворе электролита. Относительная адсорбция ( $\Gamma$ , %) в процентах вычислялась как

$$\Gamma = \frac{C_{\text{исх}} - C_{\text{кон}}}{C_{\text{исх}}} * 100 \quad (1)$$

Концентрация катионов металлов определялась спектрофотометрическими методиками, описанными Марченко З. и Бальцежак М. [1]. Время проведения эксперимента составляло от 1 до 20 ч. Система продувалась инертным газом (азотом).

### 2. Результаты и обсуждение.

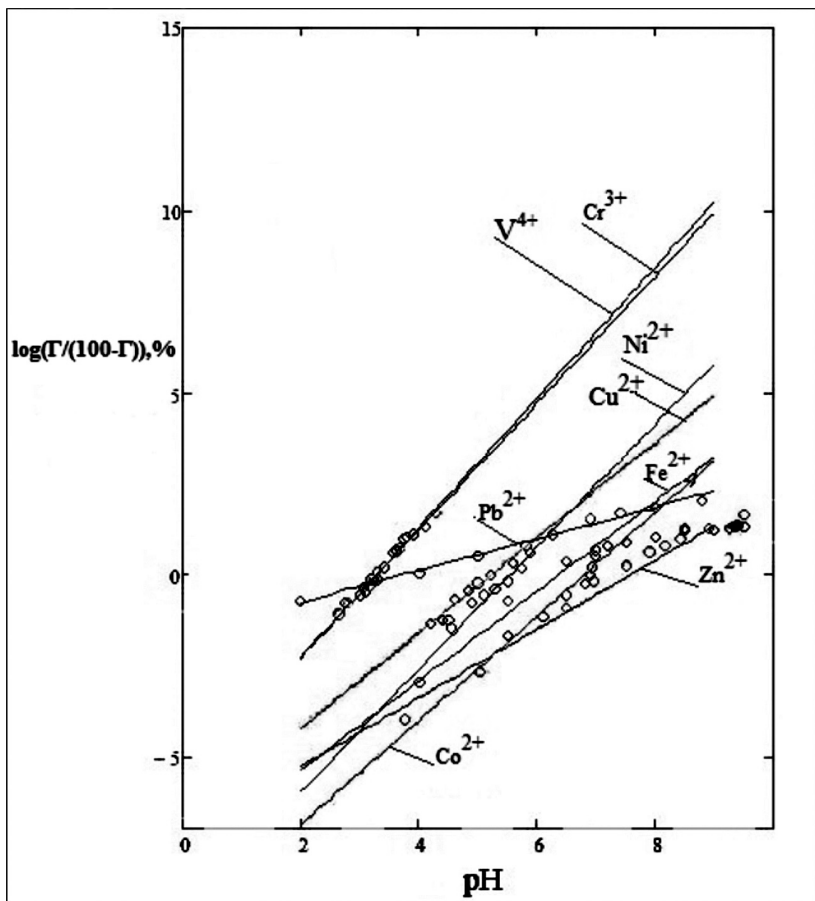


**Рис.1** Зависимость величины адсорбции  $\Gamma$ , % катионов металлов на оксиде алюминия от pH раствора.

Из анализа данных рис. 1 следует, что с увеличением pH раствора количество адсорбированных катионов возрастает. Это, главным образом, свидетельствует о том, что катионы адсорбируются на

отрицательно заряженной поверхности оксида алюминия, т. К. рН точки нулевого заряда соответствует значению 8.2—8.6 [3].

Для определения констант адсорбционного равновесия экспериментальные данные перестраивались в координатах  $\log(\Gamma/100-\Gamma) - \text{pH}$  раствора.



*Рис.2* Зависимость логарифма величины адсорбции,  $\Gamma$  от рН раствора. Точки — экспериментальные данные, линии — графическое изображение уравнения (2).

Величины констант адсорбционного равновесия вычислены по уравнению:

$$\log\left(\frac{\Gamma}{100-\Gamma}\right) = \log(K) + n * pH \quad , \quad (2)$$

где:  $K$  — константа адсорбционного равновесия;

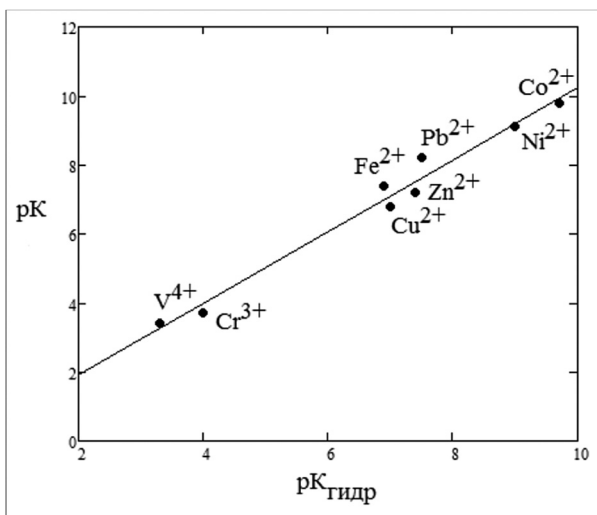
$n$  — тангенс угла наклона логарифмической прямой к оси абсцисс.

Константа адсорбционного равновесия изменяется в порядке увеличения значения адсорбции катионов на оксиде.

*Таблица 1.*

**Логарифм константы адсорбционного равновесия,  $pK$  и константы первой ступени гидролиза,  $pK_{гидр}$  для рассматриваемых катионов металлов.**

Катион	Zn(II)	Fe(II)	Co(II)	Pb(II)	Cu(II)	Ni(II)	V(IV)	Cr(III)
$pK$	7.2	7.4	9.8	8.2	6.8	9.1	3.4	3.7
$pK_{гидр}$	7.4	6.9	9.7	7.5	7.0	9.0	3.3	4.0



**Рис.3 Корреляция между константами адсорбционного равновесия и константами первой ступени гидролиза для рассматриваемых катионов металлов.**

Из анализа данных таблицы 1 и рис. 3 прослеживается корреляция между величинами констант адсорбционного равновесия и величинами констант первой степени гидролиза.

### 3. Выводы

1. Показано, что величина константы адсорбционного равновесия коррелирует с  $K_{\text{гидр.}}$  первой степени гидролиза, согласно полученным и литературным данным [2];

2. Анализ экспериментальных данных показывает, что чем выше константа гидролиза и соответствующая ей константа адсорбционного равновесия, тем катион легче подвергается гидролизу и способствует образованию гидратированных форм, проявляющих высокую адсорбционную способность на отрицательно заряженной поверхности оксида, что убедительно доказывает протекание предшествующего перед началом адсорбции процесса гидролиза.

### Список литературы:

1. Марченко З., Бальцежак М. Методы спектрофотометрии в УФ и видимой областях в неорганическом анализе. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007. — 711 с.
2. Назаренко В.А., Антонович В.П., Невская Е.М. Гидролиз ионов металлов в разбавленных растворах. М.: Атомиздат, 1979. - 192 с.
3. Sposito G. The Environmental Chemistry of Aluminum. Dept. Environ. Sci., University of California, Lewis, 1996. - 63 p.

# РЕЗОНАНСНЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ГИДРАТИРОВАННЫХ ИОНОВ $H^+$ И $Cl^-$ В ДВОЙНОМ ЭЛЕКТРИЧЕСКОМ СЛОЕ

**Килимник Александр Борисович**

*д-р хим. наук, профессор ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов*

*E-mail: [RA3RO@yandex.ru](mailto:RA3RO@yandex.ru)*

**Слобина Елена Семеновна**

*аспирант, ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов*

*E-mail: [elka256@mail.ru](mailto:elka256@mail.ru)*

**Ярмоленко Владислав Владимирович**

*мл. науч. сотр. ФГБОУ ВПО «ТГТУ», г. Тамбов*

*E-mail: [chemistry@nnn.tstu.ru](mailto:chemistry@nnn.tstu.ru)*

*Работа проведена в рамках реализации ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009—2013 годы (ГК № П-1146 и ГК № 14.740.11.0376).*

В результате исследований мы установили, что резонансная частота взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов  $H^+$  и  $Cl^-$  увеличивается, а индуктивность уменьшается с ростом концентрации и температуры. Показано, что соответствующая резонансной частоте взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов емкость, практически не зависит от температуры. Приведены уравнения зависимостей индуктивности и резонансной частоты взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов  $H^+$  и  $Cl^-$  от температуры и концентрации.

Ранее нами было исследовано влияние конструкции кондуктометрической ячейки, площади поверхности электродов, температуры и концентрации растворов хлорида и сульфата натрия, хлорида калия, ацетата кобальта и оксалата калия на величины реактивных составляющих импеданса и резонансных частот взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов 1,1-валентных и 1,2-электролитов [1—7]. Сведений о резонансных частотах взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов растворов органических солей в двойном электрическом слое при наложении переменного электрического напряжения в отсутствие стадии разряда-ионизации и о реактивных составляющих импеданса кондуктометрической ячейки в отечественной и зарубежной литературе нет.

Измерения реактивной составляющих импеданса на различных частотах синусоидального переменного напряжения осуществляли с помощью моста Р-568 при 298, 303, 308 и 313 К в термостатированной ячейке по методике, описанной в работе [4]. В экспериментах использовали соляную кислоту марки «х. ч.». Растворы соляной кислоты с концентрацией 0,1...1,0 *m* готовили на бидистиллированной воде. Результаты экспериментов обрабатывали с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Полученные данные приведены в табл. 1. Наблюдается увеличение резонансных частот колебаний гидратированных ионов и уменьшение индуктивной составляющей импеданса с ростом температуры и концентрации растворов. Емкость практически не зависит от температуры, и незначительно колеблется в интервале концентраций от 0,1 до 1,0 *m*.

**Таблица 1**

**Реактивные составляющие импеданса и средние резонансные частоты колебаний гидратированных ионов при различных концентрациях и температурах**

<i>m</i> , моль/кг	<i>T</i> , К	<i>L</i> , Гн	<i>C</i> <sub>0</sub> , мкФ	<i>f</i> <sub>р.э.</sub> , кГц
1	2	3	4	5
0,1	293	0,02084	0,2299	2,299
	298	0,01849	0,2072	2,571
	303	0,01597	0,2145	2,719
	308	0,01460	0,2162	2,832
0,2	293	0,00538	0,2548	4,297
	298	0,00462	0,2133	5,069
	303	0,00419	0,2213	5,227
	308	0,00379	0,2206	5,503
0,4	293	0,00150	0,2424	8,354
	298	0,00123	0,2318	9,432
	303	0,00104	0,2222	10,476
	308	0,00093	0,2151	11,286
0,6	293	0,00047	0,2480	14,762
	298	0,00038	0,2156	16,849
	303	0,00032	0,2092	19,322
	308	0,00031	0,2187	19,359
0,8	293	0,00028	0,2498	18,987
	298	0,00024	0,2248	21,281
	303	0,00019	0,2318	24,308
	308	0,00016	0,2392	25,557
1,0	293	0,00021	0,2786	21,047
	298	0,00017	0,2462	24,502
	303	0,00015	0,2485	25,899
	308	0,00014	0,2341	28,662

Средняя резонансная частота колебаний гидратированных ионов соляной кислоты увеличивается с ростом концентрации, а индуктивность уменьшается по степенному закону. Также наблюдается увеличение значений резонансной частоты с ростом температуры. Такое поведение индуктивности и средней резонансной частоты колебаний гидратированных ионов можно объяснить уменьшением вязкости раствора электролита и молекулярной массы гидратированных ионов соляной кислоты.

Уравнения зависимостей индуктивности и резонансной частоты от концентрации при различных температурах и величины достоверности аппроксимации  $r^2$  приведены в табл. 2.

**Таблица 2**

**Уравнения зависимостей индуктивности и средней резонансной частоты колебаний гидратированных ионов в двойном электрическом слое от концентрации раствора соляной кислоты**

$T, K$	$L=f(m), Гн$	$f_{r, \pm}=f(m), кГц$	$r^2_L$	$r^2_{f_{r, \pm}}$
293	$L=0,00019 m^{-2,05264}$	$f_{r, \pm}=22,488 m^{1,0036}$	0,99685	0,9941
298	$L=0,00016 m^{-2,08361}$	$f_{r, \pm}=25,749 m^{1,0064}$	0,99582	0,9953
303	$L=0,00013 m^{-2,10801}$	$f_{r, \pm}=28,78 m^{1,0335}$	0,99455	0,9909
308	$L=0,00012 m^{-2,11304}$	$f_{r, \pm}=30,645 m^{1,0437}$	0,98530	0,9962

Средние резонансные частоты взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов и индуктивности линейно зависят от температуры (табл. 3).

**Таблица 3**

**Уравнения связи резонансной частоты и индуктивности с температурой**

$m, моль/кг$	$f_{r, \pm}=f(T), кГц$	$r^2$	$L=f(T), мГн$	$r^2$
0,1	$0,0349 T - 7,8949$	0,9579	$145,07 - 0,4246 T$	0,9856
0,2	$0,0801 T - 19,103$	0,9781	$37,395 - 0,1093 T$	0,99
0,4	$0,1968 T - 49,259$	0,9959	$12,627 - 0,0381 T$	0,9688
0,6	$0,2884 T - 69,564$	0,9651	$3,3508 - 0,0099 T$	0,9203
0,8	$0,4547 T - 114,12$	0,9777	$2,6768 - 0,0082 T$	0,978
1,0	$0,4848 T - 120,67$	0,9765	$1,5112 - 0,0045 T$	0,9679

Общий вид этих уравнений можно представить следующим образом:

$$f_{r, \pm}=aT-d \text{ и } L=p-bT.$$



Угловые коэффициенты зависимости резонансной частоты для растворов соляной кислоты с увеличением концентрации растут, а индуктивности — уменьшаются. Это явление можно объяснить уменьшением массы гидратированных ионов и ростом их подвижности при увеличении температуры.

Уменьшение индуктивности и увеличение средней резонансной частоты колебаний гидратированных ионов связано со снижением массы колеблющихся гидратированных ионов при увеличении концентрации раствора.

В таблице 4 приведены угловые коэффициенты полученных зависимостей для различных концентраций.

**Таблица 4**

**Угловые коэффициенты  $a$  и  $-b$  зависимости резонансной частоты и индуктивности от температуры для растворов соляной кислоты с различной концентрацией**

$m$ , моль/кг	$a$ , кГц/К	$-b$ , мГц/К
0,1	0,0349	0,4246
0,2	0,0801	0,1093
0,4	0,1968	0,0381
0,6	0,2884	0,0099
0,8	0,4547	0,0082
1,0	0,4848	0,0045

Полученные данные хорошо ( $r^2=0,989$ ) аппроксимируются уравнением:

$$m=0,0674(-b)^{-0,5019} \quad (1)$$

Связь концентрации растворов соляной кислоты и углового коэффициента температурной зависимости резонансной частоты (при  $r^2=0,9988$ ) имеет вид:

$$m=1,9901a+0,0282$$

Значения индуктивности и резонансной частоты контролируемого раствора определяются двухчастотным методом (частоты выбираются вблизи резонансной частоты) при двух температурах (например, 293 и 303 К).

Уравнения 1 и 2 вводятся в банк уравнений информационно-измерительной системы для установления концентрации растворов электролитов [7].

### Список литературы:

1. Килимник, А.Б. Влияние концентрации хлорида калия на реактивные составляющие импеданса кондуктометрической ячейки / А.Б. Килимник, В.В. Ярмоленко // Вестник ТГТУ — 2008. — Т. 14, № 1. С. 111—117.
2. Килимник, А.Б. Влияние температуры на резонансную частоту взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов  $\text{Na}^+$  и  $\text{SO}_4^{2-}$  / А.Б. Килимник, Е.С. Слобина // Вестник ТГТУ — 2010. Т. 16, № 2, С. 343—347.
3. Килимник, А.Б. Колебательные процессы в двойном электрическом слое при наложении переменного тока / А.Б. Килимник // Вестник Тамб. Унта. Сер. Естеств. и техн. науки — 2006. — Т. 11, вып. 4. С. 586—587.
4. Килимник, А.Б. Методы определения и расчета реактивных составляющих импеданса и средних резонансных частот колебаний гидратированных ионов: монография / А.Б. Килимник, В.В. Ярмоленко // Тамбов, изд-во ТГТУ — 2008. — 116 с.
5. Слобина, Е.С. Влияние концентрации и температуры на реактивные составляющие импеданса и резонансную частоту взаимосвязанных колебаний гидратированных ионов  $\text{Co}^{2+}$  и  $\text{CH}_3\text{COO}^-$  / А.Б. Килимник, Е.С. Слобина // Вестник ТГТУ — 2012. — Т. 18, № 1, С. 142—148.
6. Ярмоленко, В.В. Влияние температуры на реактивные составляющие импеданса кондуктометрической ячейки / В.В. Ярмоленко // Вестник ТГТУ — 2007. — Т. 13, № 4А. С. 908—912.
7. Ярмоленко, В.В. Информационно-измерительная система для определения концентрации раствора электролита по резонансной частоте колебаний гидратированных ионов / В.В. Ярмоленко, А.Б. Килимник, Е.С. Слобина // Вестник ТГТУ — 2011. — Т. 17, № 2, С. 351—359.

## СЕКЦИЯ 3.

### ФИЗИКА

#### 3.1. АКУСТИКА

#### ТОЧНЫЕ РЕШЕНИЯ РАСПРОСТРАНЕНИЯ ЗВУКА МЕТОДОМ ВИНЕРА-ХОПФА

***Хлопков Юрий Иванович***

*д-р физ.-мат. наук, профессор МФТИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

***Жаров Владимир Алексеевич***

*канд. физ.-мат. наук, доцент МФТИ, г. Жуковский  
Email: [v\\_zharov@mail.ru](mailto:v_zharov@mail.ru)*

***Чернышев Сергей Леонидович***

*д-р физ.-мат. наук, директор ЦАГИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

***Зяя Мьо Мьинт***

*канд. физ.-мат. наук, докторант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [zayyarmyomyint@gmail.com](mailto:zayyarmyomyint@gmail.com)*

#### 1. Введение

В связи с развитием гражданской авиации, ужесточением требований ИКАО по шуму, созданием авиадвигателя V-го поколения задача снижение шума силовой установкой становится одной из наиболее актуальных проблем современной аэрофизики. Для того чтобы уменьшить излучаемый авиационным двигателем шум до приемлемого уровня, должны быть, по крайней мере, разработаны специальные методы подавления шума струи, основным источником которого являются сложные вихревые элементы течения. Для разработки подобных методов необходимо глубокое понимание процессов, происходящих в неоднородных и нестационарных

струйных течениях. Одним из важнейших инструментов исследований в этом направлении является численное моделирование. Ниже перечисляются наиболее значимые проблемы, возникающие из специфики задач аэроакустики.

а) Аэроакустические задачи являются по определению задачами нестационарными. При этом в отличие от задач традиционной аэродинамики, для которых нестационарность или отсутствует вовсе или является низкочастотной, в аэроакустических задачах нестационарность имеет место в широком частотном диапазоне. В частности при численном разрешении задач излучения и распространения звука необходимо иметь дело с волнами высоких частот, что создает серьезные препятствия для точных расчетов.

б) Акустические волны, генерируемые нестационарным потоком, имеют очень малую амплитуду по сравнению с величинами, характеризующими основной поток. Наиболее часто встречающаяся ситуация — скорость в звуковой волне на пять—шесть порядков меньше скорости основного течения. Поэтому для корректных расчетов шума, излучаемого турбулентными течениями, необходимо применять численные алгоритмы с чрезвычайно низким численным шумом.

в) В большинстве аэроакустических задач интерес представляют звуковые волны, излучаемые в дальнее поле. Эта особенность выдвигает требование поиска однородно справедливых решений во всей расчетной области (от места расположения источника звука до места расположения точки наблюдения). Поэтому для корректного описания задач распространения звука численные схемы должны обладать минимальными численными дисперсией и диссипацией. Кроме этого, звуковые волны должны распространяться с правильной скоростью звука в любом направлении независимо от ориентации расчетной сетки.

г) В задачах традиционной аэродинамики возмущения в потоке обычно сильно затухают вдали от области, в которой они создаются. Напротив, акустические волны затухают довольно медленно, и поэтому достигают границ расчетной области, имея конечные амплитуды. Тем самым, в задачах аэроакустики остро стоит проблема граничных условий на границе расчетной области. Такие граничные условия призваны не допустить отражения акустических волн, приходящих на границу расчетной области, обратно внутрь расчетной области. Решение данной проблемы является крайне важной составляющей любого численного метода в аэроакустике, так как иначе численный расчет дает существенно неверные результаты. В самом деле, нестационарные течения, излучающие звук обычно

являются неустойчивыми. Приход в область излучения артефактных возмущений, отраженных от границ расчетной области, вызывает накачку неустойчивостей, приводящую при длительном расчете к автоколебательным режимам, которые могли быть изначально не присущи исследуемому явлению.

д) Аэроакустические задачи являются задачами со многими весьма различными пространственно-временными масштабами. При этом пространственные масштабы длин, определяющие турбулентное течение в области акустического источника, существенно отличаются от длин волн, которые они генерируют в дальнее поле. Поэтому, во-первых, любой численный метод, применяемый для решения задачи генерации звука турбулентными потоками, должен обладать способностью разрешать существенно различные масштабы длин в разных областях расчетной области. Во-вторых, только малая часть пульсационной составляющей потока в ближнем поле оказывается переизлучаемой в дальнее поле. Как известно, для эффективного излучения звука пространственно-временные масштабы источника должны соответствовать излучающей сфере в Фурье-пространстве волновых чисел. Обычно Фурье-образы наиболее энергонесущих пульсаций в области источника лежат далеко от излучающей сферы и не излучают звук, т. е. звук может излучаться ничтожной в энергетическом смысле частью турбулентного потока, попадающей, однако, на излучающую сферу. Кроме того, динамика турбулентного потока является существенно нелинейной, и тем самым, характеризующаяся нелинейным взаимодействием сразу всех пространственно-временных масштабов. Поэтому для корректного описания излучающих масштабов необходимо корректно разрешать в области источника сразу все пространственно-временные масштабы.

Перечисленный, далеко не полный, список проблем аэроакустики подчеркивает чрезвычайную важность наличия некоего эталона, на котором бы тестировались разрабатываемые численные методики. Наиболее надежным эталоном может быть точное решение о распространении звука в постановке близкой к рассматриваемой проблеме. Ниже представлены точные решения задачи об излучении звука из плоского канала методом Винера-Хопфа.

## **2. Точные решения задачи распространения звука от плоского канала**

### **2.1 Постановка задачи**

Линеаризованные относительно однородного состояния газа с  $(p_0, \rho_0, \Theta_0, \mathbf{v}_0)$  уравнения Эйлера, где  $p_0, \rho_0, \Theta_0, \mathbf{v}_0 = 0$ , соответственно

давление, плотность, температура и скорость,  $\Delta p, \Delta \rho, \Delta \Theta, \mathbf{v}$  – приращения этих величин, с учетом уравнения энергии и уравнения состояния ( $p = \rho R \Theta$ ) приводятся к уравнениям относительно плотности и скорости:

$$\frac{\partial \Delta \rho}{\partial T} + \rho_0 \nabla \cdot \mathbf{v} = 0, \quad \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial T} + a^2 \nabla \Delta \rho = 0, \quad \nabla = \left( \frac{\partial}{\partial X}, \frac{\partial}{\partial Y} \right)$$

где:  $a^2 = \gamma R \Theta_0$  - квадрат скорости звука в невозмущенном газе.

Введем безразмерные величины

$$p = \frac{\Delta p}{p_0}, \quad \rho = \frac{\Delta \rho}{\rho_0}, \quad \Theta = \frac{\Delta \Theta}{\Theta_0}, \quad \mathbf{v} = \frac{\mathbf{v}}{a}$$

и безразмерные независимые переменные

$$x = X / l, \quad y = Y / l, \quad t = T / \tau, \quad l / \tau = a$$

Тогда линеаризованные уравнения можно записать

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \nabla \cdot \mathbf{v} = 0, \quad \frac{\partial \mathbf{v}}{\partial t} + \nabla \rho = 0, \quad \nabla = \left( \frac{\partial}{\partial x}, \frac{\partial}{\partial y} \right)$$

Из этих уравнений подстановкой одно в другое можно получить волновое уравнение, например, относительно  $\rho$  :

$$\frac{\partial^2 \rho}{\partial t^2} - \nabla^2 \rho = 0$$

Линейную задачу удобно решать в комплексном виде. Для этого сделаем замену  $\rho \rightarrow \varphi(x, y) e^{-i\omega t}$

Действительная часть от  $\varphi(x, y) e^{-i\omega t}$  ( $\text{Re}[\varphi(x, y) e^{-i\omega t}]$ ) дает пространственное распределение плотности, а функция  $\varphi(x, y)$  удовлетворяет уравнению Гельмгольца

$$\varphi_{xx} + \varphi_{yy} + \omega^2 \varphi = 0,$$

Поскольку в, конечном счете, речь будет идти о численном методе сквозного счета, то необходимо указать соответствие между результатами, получаемыми в этих методах, и решением линейной задачи в случае малых амплитуд возмущений. Легко показать, что это соответствие устанавливается соотношением

$$\varphi(x, y) e^{-i\omega t} = \rho(t, x, y) - \frac{i}{\omega} \nabla \mathbf{v}(t, x, y)$$

где:  $\rho(t, x, y)$ ,  $\mathbf{v}(t, x, y)$  — соответственно действительные плотность и вектор скорости газа.

## 2.2 Результаты решения

Рассмотрим следующую задачу для уравнения Гельмогольца

$$\varphi_{xx} + \varphi_{yy} + k^2 \varphi = 0, \quad k = \omega$$

с граничными условиями на полуплоскостях при  $y = \pm b$  (см.

Рис.1)

$$\frac{\partial \varphi}{\partial y} = 0$$

и нулевыми граничными условиями при  $x, y \rightarrow \infty$  вне канала.

При этом стенки канала простираются вдоль оси  $x$  от  $-\infty$  до 0.

Внутри канала входящая волна имеет вид

$$\varphi_i = \exp(iKx) \cos \frac{N\pi}{2b} (y-b), \quad K = [k^2 - \left(\frac{N\pi}{2b}\right)^2], \quad k > \frac{N\pi}{2b}$$

Для чётного  $N$  решение задачи можно записать в виде [2]

$$\varphi = \frac{ib}{2\pi} (K+k)L_-(-K) \int_{-\infty+i\tau}^{\infty+i\tau} \frac{(\alpha+k)L_+(\alpha) \operatorname{ch}\left((\alpha^2-k^2)^{1/2} y\right)}{(\alpha^2-k^2)^{1/2} \operatorname{sh}\left((\alpha^2-k^2)^{1/2} y\right)} e^{-i\alpha x} d\alpha$$

при  $-b \leq y \leq b$

$$\varphi = -\frac{ib}{2\pi} (K+k)L_-(-K) \int_{-\infty+i\tau}^{\infty+i\tau} \frac{(\alpha+k)L_+(\alpha) e^{-i\alpha x + (\alpha^2-k^2)^{1/2} (b-|y|)}}{(\alpha^2-k^2)^{1/2}} d\alpha$$

при  $|y| \geq b$ .

где

$$L_{\pm}(\alpha) = \exp(\mp \chi(\alpha) - T_{\pm}(\alpha)) \prod_{n=1}^{\infty} \left[ (1 - k^2 b_n^2)^{1/2} \mp i\alpha b_n \right] e^{\pm i\alpha b_n}$$

$$b_n = \frac{b}{n\pi}, \quad \chi(\alpha) = -\frac{ib\alpha}{\pi} \left[ 1 - C + \ln \frac{2\pi}{bk} \right] + \frac{\alpha b}{2}, \quad T_+(\alpha) = \frac{b\gamma}{\pi} \arccos \frac{\alpha}{k}, \quad T_-(\alpha) = T_+(-\alpha),$$

$\gamma = \sqrt{\alpha^2 - k^2}$ ,  $C$  — константа Эйлера.

Ветви аргумента комплексного числа были определены в соответствии с определениями монографии [2].

При  $N=0$ ,  $x < 0$ ,  $-1 < y < 1$  получаем решение в виде

$$\varphi = e^{ikx} - [L_+(k)]^2 e^{-ikx} + h(x, y) = e^{ikx} - R e^{-ikx} + h(x, y), |R| = e^{-k}$$

где:  $h(x, y)$  — совокупность гармоник, отраженных от края и затухающих вглубь канала. Выражение для  $h(x, y)$  при  $k = 1$  имеет вид (с учетом 20 гармоник)

$$h(x, y) = a \sum_{n=1}^{20} b_n e^{\lambda_n x} \cos(n\pi y)$$

Таблица 1.

Значения коэффициентов гармоник  $h(x, y)$

n	$\lambda_n$	$-b_n$	n	$\lambda_n$	$b_n$
1	2.978188	0.011025—0.134641 i	2	6.203097	0.001825—0.045553 i
3	9.371576	0.000654—0.024597 i	4	12.526519	0.000317—0.015926 i
5	15.6761	0.000181—0.011375 i	6	18.823011	0.000115—0.008643 i
7	21.968400	0.000078—0.006851 I	8	25.112839	0.000056—0.005601 i
9	28.256644	0.000041—0.004689 i	10	31.400007	0.000032—0.003999 i
11	34.543048	0.000025—0.003462 I	12	37.685846	0.000020—0.003035 i
13	40.82846	0.000016—0.002688 i	14	43.970927	0.000014—0.00240 i
15	47.113278	0.000011—0.002162 I	16	50.255534	—0.001786 i
17	53.397712	—0.001786 I	18	56.539825	—0.001637 i
19	59.681883	—0.001506 i	20	62.823895	—0.001392 i
$a = -0.917658 - 0.793380 i$					

Здесь  $\lambda_n$  — действительные корни уравнения  $L_-(i\lambda) = 0$ .

Коэффициент отражения определяется выражением

$$R = -|R| e^{2ikl}, \quad |R| = e^{-bk},$$

$$l = \frac{b}{\pi} \left[ 1 - C + \ln \frac{2\pi}{bk} \right] - \frac{1}{bk} \sum_{n=1}^{\infty} \left[ \arcsin \frac{bk}{n\pi} - \frac{bk}{n\pi} \right]$$

где  $C$  — постоянная Эйлера, и в рассмотренном случае равен ( $b$  полагается равной 1)

$$R = -0.3679 e^{-i1.715841}$$

В дальней зоне ( $x \gg 1, y \gg 1$ ) решение имеет вид

$$\varphi = (2k\pi)^{-1/2} e^{-i\pi/4} 2kbL_+(k)L_+(-k\cos\vartheta) \frac{e^{ikr}}{\sqrt{r}} = g(k, \vartheta) \frac{e^{ikr}}{\sqrt{r}}, \quad -\pi < \vartheta < \pi$$



Величина  $g(k, \vartheta)$  определяет диаграмму направленности излучателя. Согласно общей теории [1] поток энергии в дальней зоне определяется выражением

$$S \sim \langle v_r p \rangle_t \bar{n} \sim \langle v_r \rho \rangle_t \bar{n} \sim (\hat{v}^* \hat{\rho} + \hat{v} \hat{\rho}^*) \bar{n}$$

где:  $\langle v_r p \rangle_t$  — среднее по времени от произведения радиальной компоненты пульсаций скорости на пульсации давления,

$\bar{n}$  — единичный вектор в направлении излучения. Воспользуемся комплексным решением для определения радиальной компоненты скорости:

$$v_r = -\frac{i}{\omega} \frac{\partial \hat{\rho}}{\partial r}$$

Дифференцируя выражение для плотности в дальней зоне по  $r$  и оставляя только члены пропорциональные  $1/\sqrt{r}$ , получим

$$v_r = -\frac{i}{\omega} \frac{\partial \hat{\rho}}{\partial r} \cong \frac{k}{\omega} g(k, \vartheta) \frac{e^{ikr}}{\sqrt{r}}$$

В результате, умножая на  $r$ , получаем диаграмму направленности

$$rS \sim \left| g(k, \vartheta) \right|^2 \bar{n}$$

На рис. 2 приведена зависимость числа незатухающих типов волн в канале с  $b = 1$  в зависимости от волнового числа падающей волны  $k$ .

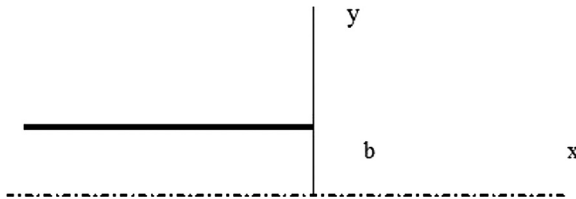
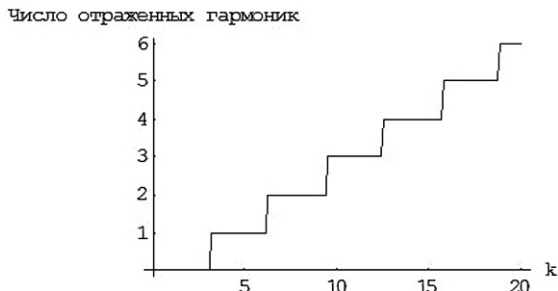
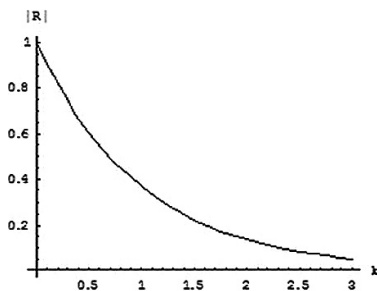


Рис. 1. Схема канала

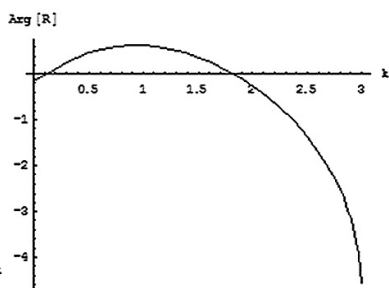


**Рис. 2. Число незатухающих гармоник**

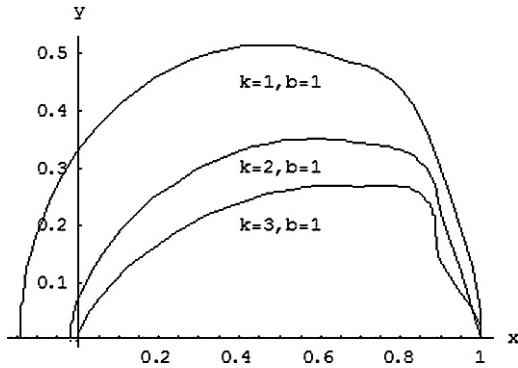
На рис. (3—7) приведены результаты расчетов для модуля коэффициента отражения, его фазы, диаграммы направленности для  $k \in (0, 3)$ , а также поле флуктуаций давления внутри канала для  $k = 1$ . Диапазон  $k \in (0, 3)$  выбран из условия того, что внутри канала все гармоники, возникающие из-за отражения падающей волны от края канала, затухают внутри канала и, таким образом, на некотором расстоянии от края канала имеются только одна падающая и одна отраженная волна.



**Рис. 3. Модуль коэффициента отражения**

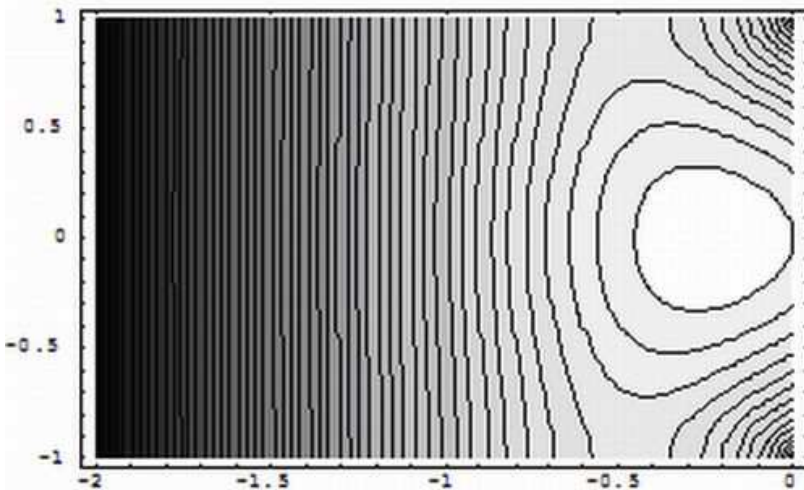


**Рис. 4. Фаза коэффициента отражения**



**Рис. 5. Диаграмма направленности акустического поля для трех значений**

На рис. (8–11) представлено распределение давления (плотности) в окрестности края канала ( $x = 0$ ) и вне его в полосе  $-1 < y < 1$ . Решение составлено из двух кусков при  $0 > x > -2$  и  $x > 2$ . Точность решений в этих областях несколько различается. Этим объясняется некоторая нестыковка на линии  $\{x = 0, -1 < y < 1\}$ . Избранный способ интегрирования не позволил получить поле в точках  $x = \pm 1$ . Поэтому области изображения акустических полей несколько различны.



**Рис. 6. Акустическое поле вблизи края канала**

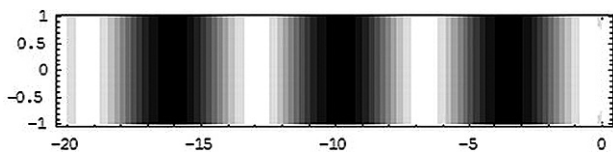


Рис. 7. Акустическое поле в канале

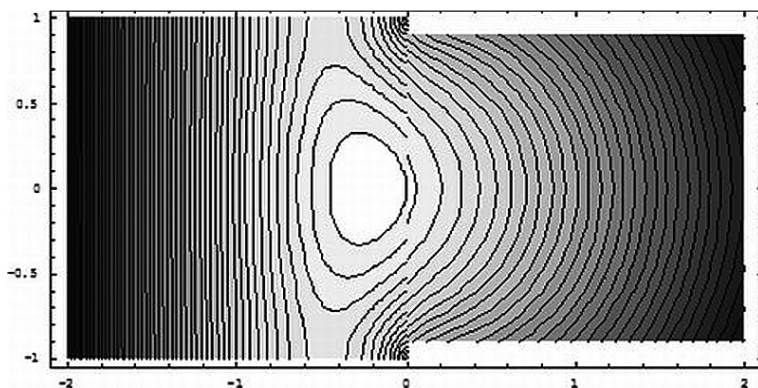


Рис. 8. Акустическое поле давления в окрестности края канала.



Рис. 9. Распределение давления (плотности) на оси канала.

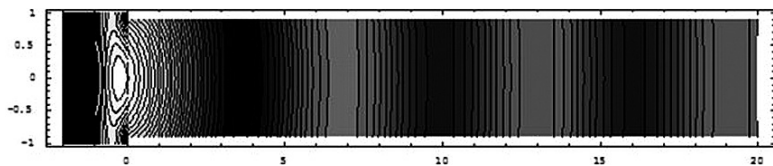
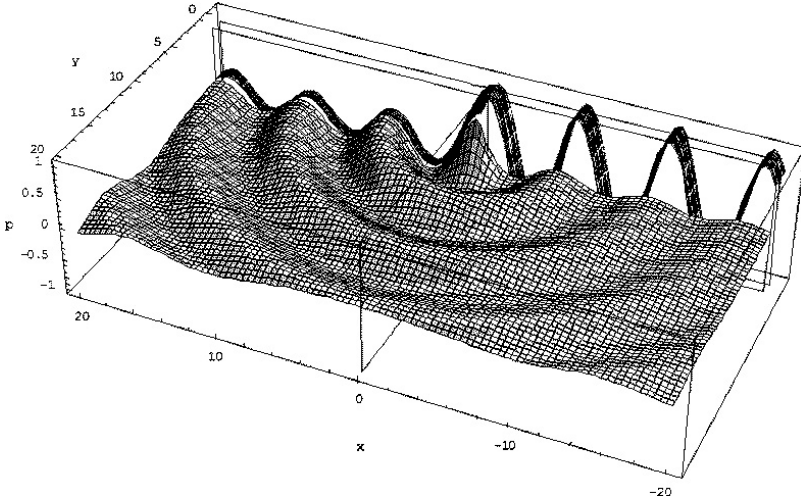


Рис. 10. Распределение давления (плотности) вне канала в полосе  $-1 < y < 1$  при  $20 > x > -2$



**Рис. 11. Распределение давления (плотности) во всей области**

### 2.3 Волноводные моды плоской струи (Рис. 12)

В этом случае уравнения распространения волн имеют вид

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{ex}} k_x) V[+, 1] - \frac{\lambda_{\text{ex}}}{\rho_0} (\alpha \text{Exp}[-\lambda_{\text{in}}] + \beta \text{Exp}[\lambda_{\text{in}}]) = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{ex}} k_x) h[1] - V[+, 1] = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{in}} k_x) V[-, 1] - \frac{\lambda_{\text{in}}}{\rho_0} (-\alpha \text{Exp}[-\lambda_{\text{in}}] + \beta \text{Exp}[\lambda_{\text{in}}]) = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{in}} k_x) h[1] - V[-, 1] = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{ex}} k_x) V[-, -1] + \frac{\lambda_{\text{ex}}}{\rho_0} (\alpha \text{Exp}[\lambda_{\text{in}}] + \beta \text{Exp}[-\lambda_{\text{in}}]) = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{ex}} k_x) h[-1] - V[-, -1] = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{in}} k_x) V[+, -1] + \frac{\lambda_{\text{in}}}{\rho_0} (-\alpha \text{Exp}[\lambda_{\text{in}}] + \beta \text{Exp}[-\lambda_{\text{in}}]) = 0$$

$$(\mathbf{i}\omega - \mathbf{i}U_{\text{in}} k_x) h[-1] - V[+, -1] = 0$$

Детерминант этих уравнений

$$\begin{aligned}
\det(m) \sim & (-1 + e^2 \lambda_{in})(1 + e^2 \lambda_{in})(k_x^6 (a_{in}^2 U_{ex}^2 U_{in}^4 + a_{ex}^2 (-U_{ex}^4 U_{in}^2 + \\
& + a_{in}^2 (U_{ex}^4 - U_{in}^4))) + (2k_x^5 (-a_{in}^2 U_{ex} U_{in}^3 (2U_{ex} + U_{in}) + \\
& + a_{ex}^2 (U_{ex}^3 U_{in} (U_{ex} + 2U_{in}) - 2a_{in}^2 (U_{ex}^3 - U_{in}^3)))) \omega + \\
& + k_x^4 (a_{in}^2 U_{in}^2 (6U_{ex}^2 + 8U_{ex} U_{in} + U_{in}^2) + \\
& + a_{ex}^2 (6a_{in}^2 (U_{ex}^2 - U_{in}^2) - U_{ex}^2 (U_{ex}^2 + 8U_{ex} U_{in} + 6U_{in}^2))) \omega^2 + \\
& + 4k_x^3 (a_{in}^2 U_{in} (U_{ex}^2 + 3U_{ex} U_{in} + U_{in}^2) + a_{ex}^2 (a_{in}^2 (U_{ex} - \\
& - U_{in}) - U_{ex} (U_{ex}^2 + 3U_{ex} U_{in} + U_{in}^2))) \omega^3 + \\
& + k_x^2 (-a_{ex}^2 (6U_{ex}^2 + 8U_{ex} U_{in} + U_{in}^2) + a_{in}^2 (U_{ex}^2 + 8U_{ex} U_{in} + 6U_{in}^2)) \omega^4 + \\
& + 2k_x (a_{ex}^2 (2U_{ex} + U_{in}) - a_{in}^2 (U_{ex} + 2U_{in})) \omega^5 + (-a_{ex}^2 + a_{in}^2) \omega^6)
\end{aligned}$$

где

$$\lambda_{ex} = \sqrt{k^2 - \frac{(kU_{ex} - \omega)^2}{a_{ex}^2}} \quad \lambda_{in} = \sqrt{k^2 - \frac{(kU_{in} - \omega)^2}{a_{in}^2}}$$

$$k = k_x$$

Равенство нулю этого детерминанта определяет дискретные волноводные моды струи. Из этого условия имеем две серии стандартных волноводных мод

$$-1 + e^2 \lambda_{in} = 0, \quad 1 + e^2 \lambda_{in} = 0$$

Особый интерес представляет дискретные моды определяемые полиномом шестой степени. Среди этих мод содержатся моды соответствующие неустойчивости сдвиговых слоев, а также моды не затухающие на бесконечности.

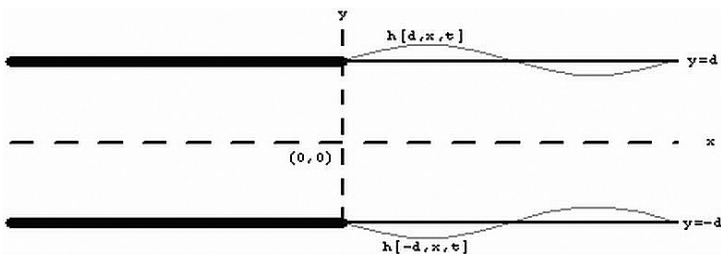
$$a_{in} = a_{ex} + 0.1, a_{ex} = 1, U_{in} = 0.1, U_{ex} = 0, k_x = 1$$

$$\{\{\omega = -1.5651501011326816 - 0.830293764475152 \mathbf{i}\},$$

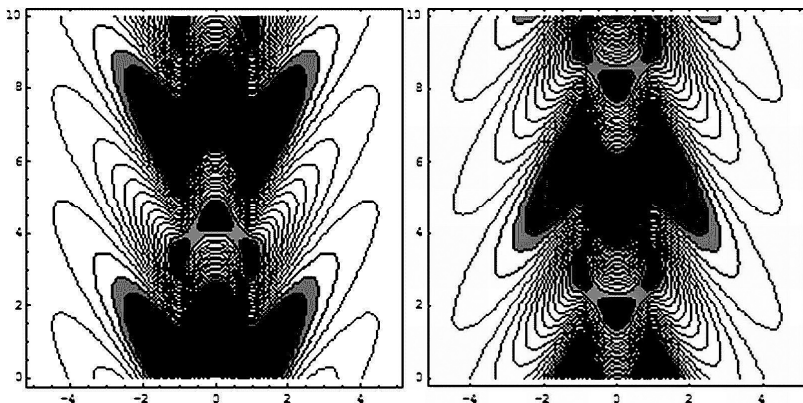
$$\{\omega = -1.5651501011326816 + 0.830293764475152 \mathbf{i}\},$$

$$\{\omega = 0.6499944391771746 - 0.14700855923340048 \mathbf{i}\},$$

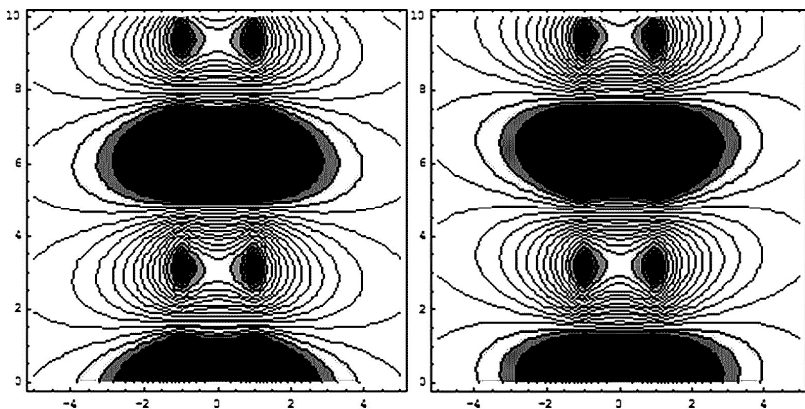
$$\begin{aligned}
& \{\omega = 0.6499944391771746 + 0.14700855923340048 \mathbf{i}\}, \\
& \{\omega = 0.6500739779709962\}, \{\omega = 1.9230944887971626\}. \\
& \{\{\lambda_{\text{in}} = 0.9150779501873507 - 1.24865282327833 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{ex}} = 0.986834771515449 - 1.316871280733722 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{in}} = 0.9150779501873507 + 1.24865282327833 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{ex}} = 0.986834771515449 + 1.316871280733722 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{in}} = 0.8795665856178169 + 0.07597082229028634 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{ex}} = 0.7835750465824681 + 0.12194715289864944 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{in}} = 0.8795665856178169 - 0.07597082229028634 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{ex}} = 0.7835750465824681 - 0.12194715289864944 \mathbf{i}\}, \\
& \{\lambda_{\text{in}} = 0.865986571937561, \lambda_{\text{ex}} \rightarrow 0.759870925332036\}, \\
& \{\lambda_{\text{in}} = 0 + 1.3216798461695376 \mathbf{i}, \lambda_{\text{ex}} = 0 + 1.6426479881100575 \mathbf{i}\}.
\end{aligned}$$



*Рис. 12. Схема истечения плоской струи*



*Рис. 13. Линии уровня звукового давления. Моды № 1,2*



*Рис. 14. Линии уровня звукового давления. Моды № 3,4*

На рис. 13, 14 представлено геометрическое изображение мод (линии уровня звукового давления). Моды № 1,2,3,4 соответственно.

Все результаты получены с помощью пакета Mathematica 5.0 [3, 4]

### **Заключение**

В работе представлен перечень важнейших проблем определения шума в струйных течениях. Решение этих проблем требуют специальных численных методик и больших вычислительных ресурсов. При этом не гарантируется, что все акустические явления



попадут в круг решаемых проблем. В этой связи многократно возрастает значение эталонного решения, на котором можно тестировать разрабатываемые сложные численные методики. Кроме того, наряду с этими сложными методиками всегда полезно иметь под рукой простой способ качественной и количественной оценки возможных явлений дающих наибольший вклад в решаемую проблему. Метод выделения особенностей представляется авторам наиболее приемлемым для определения шума струйных течений. По этим причинам получено точное решение линейной задачи об излучении звука из плоского канала методом Винера-Хопфа (подобные решения можно получить и для круглой трубы).

### **Список литературы:**

1. Ландау Л.Д., Лифшиц Е.М. Теоретическая физика // Гидродинамика. — М.: Наука. — 1986. — Т. 6. — 736 с.
2. Нобл Б. Метод Винера-Хопфа. — М.: Иностранная литература. — 1962. — 279 с.
3. Хлопков Ю.И., Жаров В.А., Горелов С.Л. Руководство по компьютерной аналитике. — М.: МФТИ. — 2000. — 117 с.
4. Mathematica 5.0. Users Guide, Wolfram Research. — 2003.

## 3.2. МОЛЕКУЛЯРНАЯ ФИЗИКА

### ИССЛЕДОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ГИПЕРЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

**Хлопков Юрий Иванович**

*д-р физ.-мат. наук, профессор МФТИ, г. Жуковский*

*Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

**Зяя Мью Мьинт**

*канд. физ.-мат. наук, докторант, МФТИ, г. Жуковский*

*Email: [zyuyarmyomyint@gmail.com](mailto:zyuyarmyomyint@gmail.com)*

**Хлопков Антон Юрьевич**

*спирант, МФТИ, г. Жуковский*

*Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)*

**Чжо Зин**

*аспирант, МФТИ, г. Жуковский*

*Email: [kyawzin.mipt@gmail.com](mailto:kyawzin.mipt@gmail.com)*

**Засыпалов Валерий Васильевич**

*канд. техн. наук, доцент МФТИ, г. Жуковский*

*Email: [zasypalov@falt.ru](mailto:zasypalov@falt.ru)*

Технический прогресс в космической технике и гиперзвуковой авиации привел к интенсивному развитию теоретических и экспериментальных исследований в области аэродинамики гиперзвуковых течений. Компьютерное моделирование позволяет при помощи инженерных методов быстро и надежно проводить анализ аэродинамических характеристик летательных аппаратов. При этом важное значение имеет исследование двух предельных областей газовой динамики. Одна из них - изучение динамики сплошной среды, а другая — свободномолекулярная газовая динамика и примыкающая к ней среда, где течение газа является разреженным [8]. Направление исследования гиперзвукового обтекания тел разреженным газом можно определить так: в первом случае в рамках обычной теории газовой динамики учитывают явления скольжения на поверхности обтекаемого тела, которое пропорционально разреженности среды, а второе, исходя из известной теории свободномолекулярного потока, пытаются учесть

влияние межмолекулярных столкновений на аэродинамические характеристики [4].

Трудность экспериментального исследования аэродинамики гиперзвуковых летательных аппаратов (ГЛА) обуславливается воспроизведением натуральных условий полета в аэродинамических трубах. Моделирование высокоскоростных течений предполагает соблюдение критериев подобия, в первую очередь по числам Маха, Рейнольдса и отношению температур набегающего потока и температуры поверхности, а также обеспечением низкой степени турбулентности и однородности потока в рабочей части установки. При моделировании натуральных условий основного критерия подобия Рейнольдса необходимо выдерживать целый ряд других критериев подобия. Одновременное решение этих проблем в рамках одной экспериментальной установки представляется невозможным. Законы поведения аэродинамических характеристик в переходной области весьма сложны и не могут быть получены простой интерполяцией данных для сплошной среды и свободномолекулярных течений [4]. Исследование течений газа в переходной области между течениями сплошной среды и свободномолекулярным представляет собой достаточно сложную задачу. Сложность обусловлена тем, что описание этих течений выходит за рамки обычной газовой динамики и требует учета молекулярной структуры газа для чего необходимо решать уравнение Больцмана. Решение уравнения Больцмана при малых числах Кнудсена, особенно для сложных тел — задача чрезвычайно трудоемкая. В этой связи естественным является появление и развитие инженерных методов, обоснованных совокупным материалом экспериментальных, теоретических, численных результатов, дающих возможность предсказания аэродинамических характеристик (АДХ) сложных тел в переходном режиме. Метод основан на так называемой гипотезе локальности, предполагающей, что поток импульса на элемент поверхности определяется местным углом его наклона к набегающему потоку. Обработка экспериментальных данных показывает, что точность теории локального взаимодействия вполне приемлема для инженерных расчетов аэродинамических характеристик широкого класса тел на этапе предварительного проектирования [1].

Целью настоящей работы является создание в применении инженерной программы определения основных аэродинамических характеристик сложной формы тел. Программа удобна для учета влияния числа  $Re$  в различных модификациях моделей локальности, предусматривает простой метод задания формы тела. Проведены

аэродинамические расчеты воздушно-космического аппарата (ВКА) типов «Клипер (Clipper), модель ЦАГИ» и ГЛА «Сокол (Falcon НТВ-2)» в разреженной атмосфере с помощью метода, основанного на гипотезе локальности при различных числах  $Re$ .

Трудности решения аэродинамических задач обтекания пространственных тел потоком разреженного газа вызвали развитие инженерных полуэмпирических методов, использующих накопленные теоретические, экспериментальные и расчетные данные. При моделировании натуральных условий необходимо учитывать влияние основных критериев подобия. В условиях гиперзвуковой стабилизации более рационально использовать в качестве критерия разреженности не число Кнудсена, а число Рейнольдса.

В данной работе используются выражения для элементарных сил давления и трения в форме работы [3].

$$p = p_0 \sin^2 \theta + p_1 \sin \theta ,$$

$$\tau = \tau_0 \sin \theta \cos \theta .$$

Здесь коэффициенты  $p_0$ ,  $p_1$ ,  $\tau_0$  (коэффициенты режима течения) зависят от числа Рейнольдса  $Re_0 = \rho_\infty V_\infty L / \mu_0$ , в котором коэффициент вязкости  $\mu_0$  вычисляется при температуре торможения  $T_0$ . Кроме числа Рейнольдса наиболее важным параметром является температурный фактор  $t_w = T_w / T_0$ , где  $T_0$ ,  $T_w$  — температура торможения и температура поверхности.

Зависимость коэффициентов режима в гиперзвуковом случае должна обеспечивать переход к свободномолекулярным значениям при  $Re_0 \rightarrow 0$  и значением теории Ньютона, методов тонких касательных клиньев или конусов при  $Re_0 \rightarrow \infty$ . На основе анализа расчетных и экспериментальных данных предложены эмпирические формулы

$$p_0 = p_\infty + [p_\infty (2 - \alpha_n) - p_\infty] p_1 / z ,$$

$$p_1 = z \exp[-(0.125 + 0.078 t_w) Re_{0эфф}] ,$$

$$\tau_0 = 3.7 \sqrt{2} [R + 6.88 \exp(0.0072 R - 0.000016 R^2)]^{-1/2} .$$

Здесь

$$z = \left( \frac{\pi(\chi - 1)}{\chi} t_w \right)^{1/2} , \quad R = Re_0 \left( \frac{3}{4} t_w + \frac{1}{4} \right)^{-0.67} ,$$

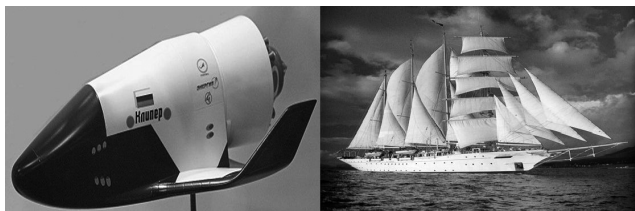
$$Re_{0эфф} = 10^{-m} Re_0 , \quad m = 1.8(1 - h)^3 .$$

где:  $h$  — относительный поперечный размер аппарата, равный отношению его высоты к длине.

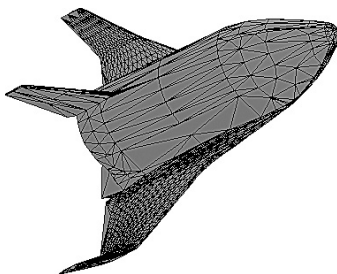
Предложенная методика хорошо зарекомендовала себя для расчета гиперзвукового обтекания выпуклых не очень тонких пространственных тел. Расчет полностью отражает качественное поведение  $C_x$  в зависимости от разреженности среды во всем диапазоне углов атаки и дает количественное соответствие с точностью около 5 % [6, 7].

Локальный метод расчета аэродинамических характеристик тел в гиперзвуковом потоке разреженного газа в переходном режиме дает хороший результат по  $C_x$  для широкого класса тел. При малых углах атаки ( $\alpha < 5^\circ$ ) точность результата ухудшается, в этом случае необходимо привлекать более полные модели, учитывающие наличие пограничного слоя [6, 7].

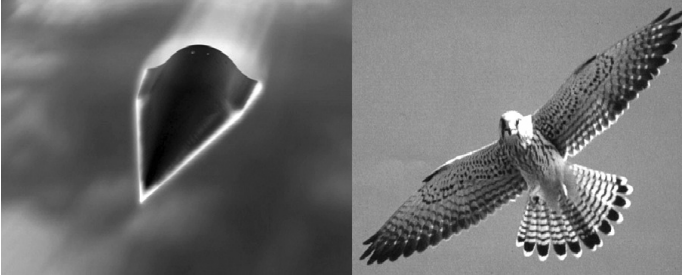
Представлены результаты расчета коэффициентов силы сопротивления для гиперзвуковых летательных аппаратов вариантов «ВКА Клипер ЦАГИ (Clipper)» [2, 5]» (Рис. 1, 2) и «Сокол (Falcon НТВ-2)» (Рис. 3, 4). Расчеты проводились с использованием локального метода в диапазоне углов атаки  $\alpha$  от  $0^\circ$  до  $90^\circ$  с шагом  $5^\circ$ . Параметры задачи были следующие: отношение теплоемкостей  $\gamma = 1.4$ ; температурный фактор  $t_w = T_w/T_0 = 0.1$ ; число Рейнольдса  $Re_0 = 0, 10, 10^2, 10^4$ .



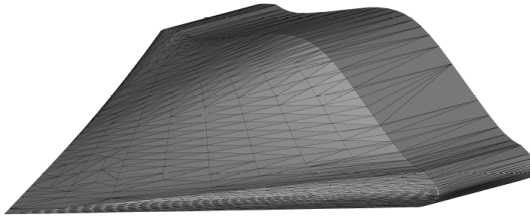
*Рис. 1. Космический аппарат «Клипер» и быстроходный чайный корабль «Clipper»*



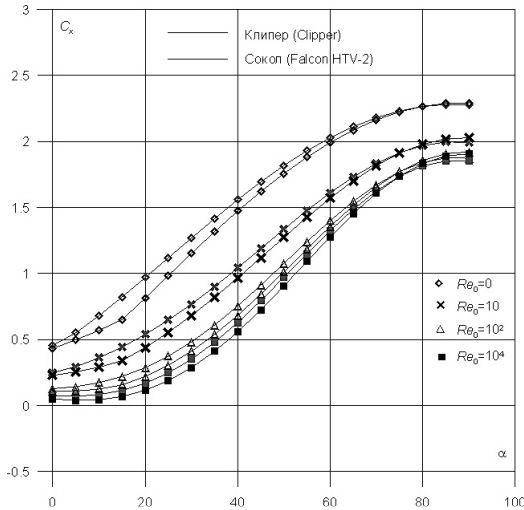
*Рис. 2. Геометрическое представление варианта «ВКА Клипер, модель ЦАГИ»*



**Рис. 3. Гиперзвуковой летательный аппарат «(Falcon HTV-2)» и Сокол (Falcon)**



**Рис. 4. Геометрическое представление варианта «Falcon HTV-2»**



**Рис. 5. Зависимость  $C_x(\alpha)$  для «Клипер» и «Falcon HTV-2» ( $t_w = 0.1$ )**

Для примера на рис. 5 представлено сравнение результатов расчета аэродинамических характеристик гиперзвуковых летательных аппаратов «Клипер» и «Falcon НТВ-2» в переходном режиме при различных значениях числа Рейнольдса  $Re_0$ , т. е. на различных высотах полета. Из этих результатов видно, что коэффициенты силы сопротивления Falcon НТВ-2 меньше, чем у Клипера. Но для конечного заключения в пользу того или иного проекта необходимо провести комплексное многопараметрическое исследование.

### Список литературы:

1. Алексеева Е.В., Баранцев Р.Г. Локальный метод аэродинамического расчета в разреженном газе. — Изд. ЛГУ, 1976.
2. Ваганов А.В., Дроздов С.М., Косых А.П., Нерсесов Г.Г., Чельшева И.Ф., Юмашев В.Л. Численное моделирование аэродинамики крылатого возвращаемого космического аппарата // Ученые записки ЦАГИ. 2009. Т. XL, № 2, С. 3—15.
3. Галкин В.С., Ерофеев А.И., Толстых А.И. Приближенный метод расчета аэродинамических характеристик тел в гиперзвуковом разреженном газе // Труды ЦАГИ. 1977. Вып. 1833.
4. Гусев В.Н., Коган М.Н., Перепухов В.А. О подобии и изменении аэродинамических характеристик в переходной области при гиперзвуковых скоростях потока // Ученые записки ЦАГИ, Том 1, № 1, 1970. С. 24—33.
5. Зей Мьо Мьинт, Хлопков А.Ю. Аэродинамические характеристики летательного аппарата сложной формы с учётом потенциала взаимодействия молекулярного потока с поверхностью // Ученые записки ЦАГИ. 2010, Т. XLI, № 5, С. 33—45.
6. Хлопков Ю.И. Статистическое моделирование в вычислительной аэродинамике. М., МФТИ, 2006, 160 с. (монография)
7. Belotserkovskii O.M., Khlopkov Y.I. Monte Carlo Methods in Mechanics of Fluid and Gas. World Scientific Publishing Co. N-Y, London, Singapore, Beijing, Hong Kong 2010, 268 p. (monograph)
8. Kogan M.N. Kinetic theory in aerothermodynamics. Progress in Aerospace Sciences. 1992. Т. 29. № 4. С. 271.

### 3.3. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ФИЗИКА

#### ФИЗИЧЕСКИЕ ЗАКОНЫ И ИХ ВЛИЯНИЕ НА ЭВОЛЮЦИЮ ЧЕЛОВЕЧЕСТВА

*Хлопков Антон Юрьевич*  
аспирант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)

*Зяя Мьо Мьинт*  
канд. физ.-мат. наук, докторант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [zayuyarmyomyint@gmail.com](mailto:zayuyarmyomyint@gmail.com)

*Хлопков Юрий Иванович*  
д-р физ.-мат. наук, профессор, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [khlopkov@falt.ru](mailto:khlopkov@falt.ru)

*Чжо Зин*  
аспирант, МФТИ, г. Жуковский  
Email: [kyawzjin.mipt@gmail.com](mailto:kyawzjin.mipt@gmail.com)

#### **Классическая физика**

*Уравнения Максвелла имели для человечества  
большее значение, чем французская революция.  
Вернер Гейзенберг*

Физический закон — эмпирически установленная и выраженная в строгой словесной или математической формулировке устойчивая связь между повторяющимися явлениями, процессами и состояниями тел и других материальных объектов в окружающем мире. Согласно ньютоновской механике все физические явления происходят в трёхмерном пространстве, описываемом геометрией Евклида, находящемся вечно в состоянии абсолютного покоя. Все изменения в этом мире описывались в терминах абсолютного времени, не имеющего связи ни с материальным миром, ни с пространством и разделяющим события прошлого, настоящего и будущего с постоянной скоростью одна секунда в секунду. В этом пространстве двигаются маленькие, твёрдые, неразрушимые частицы, из которых состоит вся материя нашего мира и которые фигурируют в уравнениях



движения в качестве «точек массы». Силы, действующие между телами, определяются исключительно их массой и расстоянием между ними. Ньютон полагал [1], что материя вечна и изначально пассивна, а пространство, время, частицы и силы созданы Богом. Может быть это и так, но современная физика у этих категорий установила принципиально другие свойства.

Механистический взгляд на природу и устройство нашего мира, согласно которому любая система и вся Вселенная в целом подчиняются одним и тем же динамическим законам и функционируют с точностью хорошо отлаженного часового механизма, и которым в настоящее время пользуются большинство людей и, к сожалению, не только в быту, часто приводит к фатальным погрешностям в создании физических, биологических, экономических и других моделей социального устройства. Квинтэссенцией подобного взгляда на природу является идея Лапласа [2]: *«Интеллект, располагающий точными и подробными сведениями о местонахождении всех вещей, из которых состоит мир, и действию всех природных сил способен подвергнуть анализу огромное количество данных. Этот божественный УМ мог бы запечатлеть в одной и той формуле движение самых больших тел во Вселенной и мельчайших атомов. Для него не оставалось бы неясностей, и будущее, как и прошлое, показалось бы ему настоящим».*

Расцвет классической физики приходится на XVIII—XIX века. Сам Ньютон при помощи своей теории объяснил и движение тел на Земле и устройство Солнечной системы. Вдохновлённые блестящими успехами ньютоновской механики астрономы и физики использовали её для описания движения жидкостей и газов, колебаний упругих тел и вновь добились успеха. Даже теория теплоты, которая первоначально основывалась на таинственном теплороде, получила механистическое объяснение, по которому теплота представляет собой энергию, порождённую хаотическим движением молекул вещества.

Фундаментальной основой строгого детерминизма классической механики было декартовское разграничение между миром и человеком, лишённое упоминания о личности наблюдателя и дающее, якобы, объективное описание мира. Это было принципиальное отличие от основ не только современной физики, но и от религиозных подходов, на которых основывался сам Ньютон. Заложенное внутри классической физики противоречие породило и мощную волну свирепого атеизма, начатую французскими просветителями, и стало началом конца безграничного господства самой классической физики. Первый звонок прозвучал при попытках описать явления

электричества и магнетизма, которые не допускали механистического толкования, свидетельствуя о существовании сил неизвестной до этого природы. Важный шаг в расширении механики Ньютона был сделан Майклом Фарадеем и Джеймс Клерком Максвеллом. Вместо того, чтобы утверждать, что два заряда взаимодействуют наподобие гравитационных масс, как это следовало из закона Кулона, они сочли более приемлемым утверждать, что каждый заряд создаёт вокруг себя возбуждение, которое они назвали полем. Вершиной этой теории, получившей название электродинамики, было осознание того, что свет является волной электромагнитного поля высокой частоты.

Несмотря на эти открытия в основе классической физики лежала все-таки концепция Ньютона:

- абсолютность, т. е. незыблемость и независимость пространства и времени,
- концепция структуры мира, состоящего из твёрдых неделимых частиц,
- объективность, т. е. независимость от наблюдателя исследуемых процессов,
- строгая причинная обусловленность всех физических процессов.

### Современная физика

*Когда видишь уравнение  $E = mc^2$ ,  
становится стыдно за свою болтливость.*

*Студенческий фольклор*

Начало прошлого века кардинально изменило положение дел в физике. У истоков современной физики — великое свершение одного человека — Альберта Эйнштейна [3]. Две его статьи, опубликованные в 1905 году, содержали две радикально новые мысли. Первая из них, подорвав сразу два незыблемых ньютоновских принципа — абсолютность пространства и времени и объективность получаемых результатов наблюдений стала основой специальной теории относительности. Вторая, повергнув принцип неделимости элементарных частиц и причинную обусловленность физических процессов, стала основой квантовой механики. Квантовая теория окончательно сформировалась через двадцать лет благодаря блестящей плеяде физиков, но теорию относительности практически полностью разработал сам Эйнштейн и его труды увековечили достижения человеческого разума, став своеобразными пирамидами человеческой цивилизации.

Согласно теории относительности, неверно, что пространство имеет три измерения, а время существует независимо от него. Одно тесно связано с другим и вместе они образуют пространственно-

временной континуум, в котором нет единого течения времени и разные наблюдатели, двигаясь с различными скоростями относительно наблюдаемых явлений, наблюдали бы разную их последовательность. Таким образом, все измерения во времени и пространстве теряют абсолютный характер, становятся относительными, а время и пространство — лишь элементы языка, используемого наблюдателем, для описания исследуемых явлений. В 1915 году Эйнштейн выдвинул общую теорию относительности, которая в отличие от специальной учитывала гравитацию, которая в свою очередь способна искривлять и время и пространство. Категории пространства-времени становятся настолько основополагающими, что их изменение влечет за собой изменение общего подхода к описанию явлений природы. Одно из них — осознание того, что масса есть одна из форм энергии, выраженное великим уравнением  $E = mc^2$ .

Второе — это то, что теория относительности делает пространственно-временной язык описания земных процессов абсолютным и обосновывает формальный приём Максвелла — выражения всех физических величин в размерностях пространства — L и времени — T.

В начале XX века было сделано ряд открытий, необъяснимых с точки зрения классической физики. Первое свидетельство о том, что атомы обладают внутренней структурой, появилось с открытием рентгеновских лучей, которое тут же нашло практическое применение в медицине. Вскоре стали известны и другие виды излучения так называемых радиоактивных элементов, которые кроме практического значения, имели ещё и чисто научное. В результате бомбардировок атомов потоками альфа-частиц Резерфорд получил сенсационный результат. Вместо ньютоновских цельных частиц перед учёными предстали невероятно маленькие электроны, вращающиеся вокруг ядра на достаточно большом расстоянии, прикованные к ядрам электрическими силами. Эта планетарная модель неожиданно объяснила гениальное открытие Менделеева — его таблицу химических элементов и, в принципе, всю химию с её различными химическими реакциями. Но в то же время поставило целый ряд принципиально новых вопросов, без разрешения которых было невозможно дальнейшее исследование атомных процессов.

Частицы, из которых состоит атом, не являются элементарными т.е. твёрдыми и не делимыми. Атом в основном состоит из пустоты — ядра, в котором сосредоточена практически вся масса, и вращающимися вокруг ядра на огромных расстояниях на несколько порядков превышающих размер ядра электронов. Если в центр купола

самого большого Храма в России — Исаакиевского Собора поместить песчинку и она будет олицетворять ядро атома, то пылинки, вращающиеся вокруг него по образующей купола, будут олицетворять электроны. И в тоже время атом обладает удивительной стабильностью и физической твёрдостью. Например, в воздухе атомы миллионы раз в секунду сталкиваются друг с другом, и, тем не менее, после каждого столкновения приобретают прежнюю форму. Ни одна механическая система, включая планетарную, не выдержала бы таких нагрузок.

Квантовая теория показала, что эти поразительные свойства атомов обусловлены волновой природой электронов. Твёрдость обусловлена двойственной природой материи — когда частица находится в ограниченном объёме пространства, она начинает усиленно двигаться, и чем значительнее ограничение, тем выше её энергия и скорость. Электрические силы стремятся как можно сильнее приблизить электрон к ядру и чем сильнее притяжение, тем выше скорость — до нескольких сот километров в секунду. Вследствие этого атом воспринимается как непроницаемая сфера, наподобие того, как вращающийся вентилятор воспринимается как сплошной диск. Однако атом нельзя уподобить маленькой планетарной системе, поскольку электроны не частицы, а вероятностные волны, распределённые по орбитам в соответствии с квантовыми числами, обозначающими местонахождение, энергию, форму, вращение и скорость электронов. Взаимодействие электрической силы притяжения с электронными волнами порождает огромное количество разнообразных структур и явлений в мире. Оно отвечает за все химические реакции и за образование всех молекулярных соединений, из которых состоят все твёрдые, жидкие и газообразные тела, включая живые организмы. Однако эта форма материи, обладающая многообразием очертаний, структур и сложной молекулярной архитектурой, может существовать лишь при условии не очень высокой температуры, порядка 300 градусов Кельвина. При увеличении температуры на всего на два порядка возбуждаются внутренние степени свободы (колебательные, вращательные) и разрушаются все молекулярные структуры, что и имеет место внутри большинства звёзд, т. е. для большей части материи Вселенной. Для нашей планеты особенно важными являются ядерные процессы, происходящие в центре Солнца, питающие энергией околоземное пространство и обеспечивающие жизнь на Земле.

Очевидно, что в связи с субсветовыми скоростями элементарных частиц, квантовая теория не является единственным способом описания ядерных процессов, и должна быть дополнена теорией относительности. Существует несколько «квантово-релятивистских»

моделей, но создание общей теории частиц остаётся основной из пока нерешённых задач физики. Теория относительности показала, что масса не имеет отношения ни к какой субстанции, являясь одной из форм энергии. Другими словами частица должна восприниматься как динамический процесс, вовлекающий энергию, которая и проявляет себя в виде массы. Начало новому взгляду на частицы положил Дирак, сформулировавший релятивистское уравнение для электронов. Теория Дирака не только успешно описывала сложные подробности строения атома, но и обнаружила фундаментальную симметричность материи и антиматерии, предсказав существование позитрона. Из принципа симметричности следует, что для каждой частицы существует античастица, равная ей по массе и противоположным зарядом. Пары частиц и античастиц возникают при наличии достаточного количества энергии и превращаются в лучистую энергию при аннигиляции.

Это был важнейший этап в познании природы. До этого в физике считалось, что материя состоит из неразделимых элементарных частиц либо из сложных объектов, которые можно разделить на более мелкие. Вопрос был только в том, возможно ли бесконечное деление материи на всё более мелкие части, или существуют в конечном итоге мельчайшие неделимые элементы. Открытие Дирака обозначило новый подход к проблеме делимости вещества.

При столкновении двух частиц с высокой энергией они обычно разбиваются на части, размеры которых, однако не меньше размеров и масс исходных частиц. Эти частицы такого же типа, возникающие из энергии движения, задействованной в процессе столкновения. Большинство частиц, возникающих при столкновениях, очень недолговечны и существуют менее одной миллионной доли секунды, после чего они распадаются на протоны, нейтроны и электроны. В этой связи частицы следует рассматривать не как самостоятельные сущности, а как неотделимые части целого и Вселенная представляет собой подвижную сеть нераздельно связанных динамических процессов, включающих в себя и наблюдателя.

Этот фундаментальный принцип красиво демонстрирует мысленный эксперимент Эйнштейна. Спин электрона может принимать два значения — по или против часовой стрелки или, как говорят физики, «вверх» и «вниз», но направление оси вращения неизвестно. Тем не менее, стоит выбрать некую ось и произвести измерения, как обнаружится, что электрон вращается именно вокруг этой оси в том или ином направлении. Другими словами, электрон приобретает определённую ось вращения в момент измерения. Рассмотрим систему из двух электронов со суммарным спином,

равным нулю и неизвестными направлениями осей вращения. Предположим, что некие процессы, не влияющие на спин электронов, вызывают их удаление друг от друга на достаточно большое расстояние, например один из них перемещается на Луну. Измеряя спин одного из электронов, предположим мы получили значение «вверх». Но поскольку суммарный спин электронов равен нулю, спин лунного электрона должен быть «нижним». Каким образом лунный электрон мгновенно узнаёт, какую ось выбрал экспериментатор? Ответ один — система из двух электронов представляет собой неделимое целое, несмотря на большое расстояние, их разделяющее и систему нельзя рассматривать в терминах составных частей. Опираясь на этот эксперимент, Джон Белл доказал теорему, проливающую свет на фундаментальную взаимосвязь и нераздельную слитность Вселенной.

Таким образом влияние принципов современной физики на эволюцию человеческого общества можно сформулировать следующим образом.

- Пространственно-временной континуум является абсолютным языком описания всех процессов (физических, химических, биологических, экономических, социальных), происходящих на Земле.

- Материя, энергия, силы, взаимодействия — есть формы движения, т. е. свойства пространства-времени.

- Материальное единство мира заключается в том, что Вселенная — это динамическое неделимое целое, включающее и наблюдателя.

### **Список литературы:**

1. Вавилов С.И. Исаак Ньютон. — 2-е доп. изд. — М.-Л.: Изд. АН СССР, 1945. — 688 с. — Переиздание: — М.: Наука, 1989, с дополнением: Гинзбург В.Л. Несколько замечаний к биографии Исаака Ньютона.
2. Лаплас П.С. Изложение системы мира. — Л.: Наука, 1982. — 376 с.
3. Смирнов А.Р. Альберт Эйнштейн: поиск единства в природе и обществе. — 2005.

### 3.4. ФИЗИКА ПОЛУПРОВОДНИКОВ

#### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ НАНОСТРУКТУР В ПРОЦЕССАХ ФОТОПРЕОБРАЗОВАНИЯ

*Джалалов Темур Асфандиярович*

*преподаватель кафедры физики, Ташкентский университет  
информационных технологий, г. Ташкент*

*E-mail: [tdjalalov@gmail.com](mailto:tdjalalov@gmail.com)*

##### **Введение.**

Кремневые фотоэлементы, обладая целым рядом технологических и экономических преимуществ перед другими материалами, имеют вместе с тем определенный недостаток, связанный с природой самого кремния (ширина запрещенной зоны у него при 300 К равна 1,12 эВ). Дело в том, что оптимальный диапазон преобразования солнечной энергии для кремневых фотоэлементов приходится на инфракрасный спектр (1—1,5 эВ), с малой интенсивностью в солнечном потоке, а поглощение более интенсивных коротких электромагнитных волн - вызывает лишь рост энтропии системы.

Механизм устранения этого недостатка целесообразно искать в достижениях современной нанотехнологии, которые могут придать фотопреобразователям принципиально новые качества, значительно повышающие их эффективность.

Как показано в [3], одним из перспективных направлений повышения (до 50 %) эффективности фотоэлектрических систем является использование в процессах фотопреобразования уникальных свойств эффекта мультиэкситонной генерации (МЭГ — генерация множества экситонов при поглощении одного фотона, до семи экситонов на фотон). Он впервые был предсказан в 2002 г. [5] и в дальнейшем всесторонне исследован в работах [6, 4, 9, 8, 7] на различных материалах с полупроводниковыми квантовыми точками (в частности, на селенидах и сульфидах тяжелых металлов). Механизм данного процесса на сегодняшний день не вполне раскрыт. Статистический подход к объяснению мультиэкситонной генерации был предложен в работе [2]. Необходимо подчеркнуть, что данный эффект практически не наблюдается в массивных образцах.

Квантовая точка (нанокристалл), в которой проявляется эффект мультиэкситонной генерации, представляет собой нульмерный объект. Это не нанокластер, а наноразмерная кристаллическая, дисперсионная и квазиобъемная структура вещества. Особенности квантовой точки:

- размеры варьируются в пределах от 5 до 50 нм;
- число атомов (или молекул) доходит до нескольких тысяч;
- сохраняются практически все специфические особенности свойств нанобъектов;
- отсутствует характерная для нанокластера зависимость свойств от количества атомов;
- физико-химические свойства зависят от размера частиц (зерен, кристаллитов).

Взаимодействие молекул квантовой точки с энергичными фотонами солнечного излучения (поглощаются фотоны в основном из видимого диапазона, а значит и более высокой интенсивности) приводит к оптическому возбуждению «первичного» электрона. Последующая релаксация энергии оптического возбуждения молекул квантовой ямы осуществляется посредством ударной Оже рекомбинации с одновременной мультиэкситонной генерацией (нескольких электронно-дырочных пар или экситонов).

Причинами того, что данный эффект не наблюдается в массивных образцах, по мнению автора, являются два свойства проявляющиеся в рассматриваемых квантовых точках:

- первое — энергетическая структура квантовой точки, в отличие от зонной структуры массивного образца того же состава, является дискретной. Причиной этого является довольно ограниченное количество атомов составляющих нанокристалл. При объединении атомов происходит некоторое смещение энергетических состояний от первоначального атомарного спектра, но в силу ограниченности количества атомов не происходит перекрывания уровней и формирования зон. Энергетический спектр нанокристалла скорее является совокупностью дискретных «энергетических полос»;
- второе — энергетическая «глубина» экситонных состояний в нанокристаллах сопоставима с тепловой энергией ( $kT$ ) даже при комнатной температуре [1], тогда как в массивных образцах, энергия экситонов несравненно меньше энергии теплового возмущения, в результате чего в них при комнатной температуре экситонов практически не наблюдается.



## Механизм фотопреобразования на основе эффекта мультякситонной генерации.

*Конструкция фотоэлемента.* Освещаемая сторона фотоэлемента (II- слой на рис. 1.) представляет собой тонкий слой покрытия (до 10 нм) из сильно вырожденного дырочного, широкозонного (с шириной запрещенной зоны не менее 3 эВ) полупроводника, который для электрона проводимости образует достаточно высокий потенциальный барьер. На него наносятся (I — слой на рис. 1.) в шахматном порядке (рис. 2.) равновеликие квантовые ячейки (КЯ), например, из селенида свинца — PbSe или сульфида свинца — PbS, с соответствующим набором  $E_i$  — дискретных энергетических уровней ( $E_0, E_1, E_2, E_3$  и т. д.). Область между квантовыми ячейками покрывается веществом, образующим с ними омический контакт.

Сильно вырожденный дырочный, широкозонный полупроводник совместно со слаболегированным кремнием n типа представляют собою гетеропереходную пару, область пространственного заряда (ОПЗ) которой на рис. 1. отмечена цифрами III и IV (кремний играет также роль подложки).

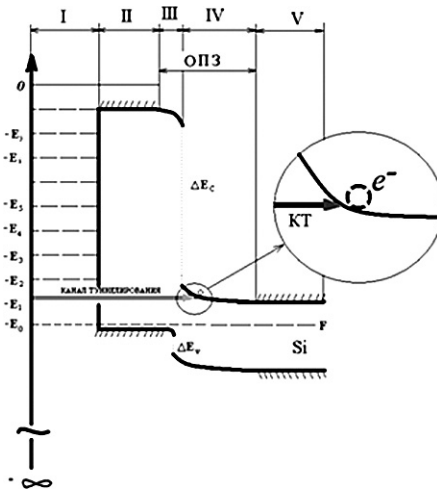


Рис.1. Конструкция фотоэлемента

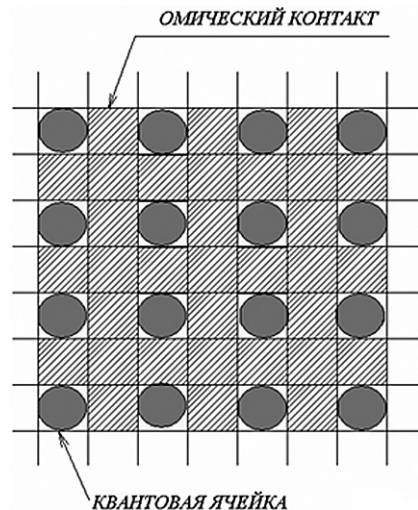


Рис.2. «Шахматный порядок»

Конструкция рассматриваемого фотоэлемента включает в себя квантовые точки и гетеропереход из сильно вырожденного широкозонного полупроводника p типа и слаболегированного кремния

n типа. Материалы фотоэлемента подбираются таким образом, что энергетическая зонная структура в равновесии определяется единым  $F$ -уровнем Ферми, практически совпадающим с уровнем  $E_o$  квантовой точки, то есть с уровнем дырок электронно-дырочной пары экситона в квантовой яме (рис. 1.).

Такое сочетание элементов конструкции является, возможно, наиболее оптимальным для эффективного преобразования видимого спектра солнечной энергии на основе мультиэкситонной генерации.

**Механизм фотопреобразования.** В результате мультиэкситонной генерации возникают электронно-дырочные пары, при этом дырки занимают состояние  $E_o$ , практически совпадающее с уровнем ферми всей системы, а электроны этой пары занимают уровень  $E_1$  расположенный выше на величину «ширины запрещенной зоны» квантовой ямы. Уровень  $E_1$ , (как видно из рис. 1.) пространственно отделен потенциальным барьером от зоны проводимости кремния. До процесса поглощения света уровень  $E_1$  не был заселен. Рожденному в процессе мультиэкситонной генерации электрону с этого уровня открывается канал туннелирования в зону проводимости кремния.

Переход электрона в зону проводимости приведет к пространственному разделению электронно-дырочной пары и возникновению на контактах фотоэлемента разности потенциалов  $U_k$ , величину которой можно оценить из соотношения:

$$U_k = \Delta E_{gl} - \Delta E_c - \mu_p - \mu_n,$$

где:  $\Delta E_{gl}$  — ширина запрещенной зоны широкозонного полупроводника,

$\Delta E_c$  — разрыв зоны проводимости, определяемый разностью работ выхода полупроводников  $n$  и  $p$  типов, а  $\mu_p$  и  $\mu_n$  — соответственно, их энергии Ферми в исходном состоянии.

Расчет вероятности туннелирования, а также токовых характеристик фотоэлемента будет представлен в отдельной работе.

Подводя итог данной работы можно отметить, что в ней показана принципиальная возможность повышения эффективности солнечных фотоэлементов на основе эффекта мультиэкситонной генерации, раскрыты специфические особенности эффекта, позволяющие использовать их в процессах фотопреобразования, а также дана полуфеноменологическая модель конструкции фотоэлемента, активная область которой включает в себя квантовые нульмерные структуры, позволяющие использовать мультиэкситонную генерацию в преобразовании солнечной энергии. Показано, что КПД

предложенного фотоэлемента обеспечивается высокими значениями квантового выхода, и поглощением энергичных фотонов видимого спектра излучения в процессе фотопреобразования.

### **Список литературы:**

1. Драгунов В.П., Неизвестный И.Г., Гридчин В.А. Основы наноэлектроники. М.: Логос. 2006. С. 163.
2. Оксенгендлер Б.Л., Тураева Н.Н., Рашидова С.Ш. Статистическая теория множественного рождения экситонов в солнечных элементах на основе квантовых точек. Гелиотехника. 2009. № 3. С. 36—42.
3. Basic research needs for Solar Energy Utilization. Report of the Basic Energy Sciences Workshop on Solar Energy Utilization. April 2005, 18021, Second Printing, October 2005, U.S. Dep. of Energy (DOE).
4. Elington et.al. Nano Lett. 2005.V. 5. P. 865.
5. Nozik A. J.Physica E. 2002. V. 14. P. 115.
6. Schaller R. and Klimov V.I. Phys.Rev.Lett. 2004.V. 92. P. 186601.
7. Schaller R.D., Petruska M.A. and Klimov V.I. Appl.Phys.Lett. 2005.V. 87. P. 253102.
8. Schaller R.D., Pietryga J.M. and Klimov V.I. Nano Lett. 2007.V.7. P. 3469-3476.
9. Schaller R., Sycora M., Pietryga J.M. and Klimov V.I. Phys.Rev.Lett. 2006. V. 96. P. 097402—1—4.

## **АКТУАЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ И ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ БИОЛОГИИ, ХИМИИ, ФИЗИКИ**

Материалы международной заочной научно-практической  
конференции

06 июня 2012 г.

В авторской редакции

Подписано в печать 13.05.12. Формат бумаги 60x84/16.  
Бумага офсет №1. Гарнитура Times. Печать цифровая.  
Усл. печ. л. 7,25. Тираж 550 экз.

Издательство «Сибирская ассоциация консультантов»  
630075, г. Новосибирск, Залесского 5/1, оф. 605  
E-mail: mail@sibac.info

Отпечатано в полном соответствии с качеством предоставленного  
оригинал-макета в типографии «Allprint»  
630004, г. Новосибирск, ул. Вокзальная магистраль, 3