

ВЕСТНИК

ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИ-
ВЕРСИТЕТА

Серия «Естественные, общественные науки»

Вып. 2, 2008

Биология. Химия. Физика. Математика

Научный журнал

Издается с 2000 года

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации
по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций
Свидетельство о регистрации ПИ № 77-16954 от 5 декабря 2003 г.

РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ:

В. Н. Егоров, д-р экон. наук
(председатель)
Д. И. Польшвинный, д-р ист. наук
(зам. председателя)
В. И. Назаров, д-р психол. наук
(зам. председателя)
Л. В. Михеева (ответственный секретарь)

К. М. Авербух, д-р филол. наук (Москва)
Ю. М. Воронов, д-р полит. наук
Н. В. Усольцева, д-р хим. наук
К. Префке, профессор (Германия)
Ю. М. Резник, д-р филос. наук (Москва)
О. А. Хасбулатова, д-р ист. наук

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

В. А. Исаев, д-р биол. наук
В. А. Годлевский, д-р техн. наук
М. В. Клюев, д-р хим. наук
Д. И. Молдавский, д-р физ.-мат. наук

Над выпуском работали:

директор издательства *Л. В. Михеева*
редактор *О. А. Кручинина*
технический редактор *И. С. Сибирева*
компьютерная верстка *Г. Б. Клецкина*
обложка *Р. Е. Круглов*

© ГОУ ВПО «Ивановский
государственный университет», 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Биология

Исаев В. А. Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений и Красная книга Ивановской области — «экологический профиль» региона 3

Барина М. О., Зарипов В. Н. Изменения регионарного кровотока на различных этапах учебного семестра у студентов с разной степенью психоэмоционального напряжения 14

Химия

Крылов Е. Н. Стерические эффекты алкильных заместителей в электрофильных реакциях алкилбензолов или с участием алкилсодержащих реагентов 22

Крылов Е. Н. Диагностика механизма реакции ароматического десульфирования на основе теории Баннета и Баннета — Олсена 27

Рамазанов Д. Н., Клюев М. В. Окисление циклогексана пероксидом водорода в присутствии комплексов меди (II) 33

Физика

Сметанин Е. В., Иванова Н. Б. К расчету крупномасштабной сети декомпозиционным и диакоптическим методами в рамках категориально-тензорной модели сетей 40

Сметанин Е. В. Категорно-тензорная модель сетей с движущимися элементами **44** **Логинов Е. К.** Проблемы квантования неассоциативных калибровочных теорий **50**

Математика

Азаров Д. Н., Иванова Е. А. Аппроксимационные свойства свободных произведений конечно порожденных нильпотентных групп с циклическим объединением **56**

Белов А. С. Исследование положительности всех частных сумм тригонометрического ряда в окрестности нуля **63**

Колесников С. В. О классах функций типа Бэра на компактах со связным дополнением **81**

Логинова Е. Д., Молдавский Д. И. Об отделимости циклических подгрупп коммутированного *HNN*-расширения групп **86**

Лузина М. Е., Пухов С. В. О методе Ньютона — Чебышёва высших порядков для решения операторных уравнений и систем уравнений **95**

Молдавский Д. И. О пересечении подгрупп конечного индекса в некоторых обобщенных свободных произведениях групп **114**

Хашин С. И. Оптимальный ортонормальный базис в компьютерной графике **122**

Новые издания **128**

Юбилеи **130**

Сведения об авторах **139**

**ВЕСТНИК
ИВАНОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА**

**Серия «Естественные, общественные науки»
Выпуск 2
Биология. Химия. Физика. Математика**

Подписано в печать 10.10.2008 г.
Формат $70 \times 108^{1/16}$. Бумага писчая. Печать плоская.
Усл. печ. л. 12,25. Уч.-изд. л. 12,0. Тираж 300 экз.

Издательство «Ивановский государственный университет»
✉ 153025 Иваново, ул. Ермака, 39 ☎ (4932) 93-43-41
E-mail: publisher@ivanovo.ac.ru

КРАСНЫЙ СПИСОК ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ РЕДКИХ И НАХОДЯЩИХСЯ ПОД УГРОЗОЙ ИСЧЕЗНОВЕНИЯ ЖИВОТНЫХ И РАСТЕНИЙ И КРАСНАЯ КНИГА ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ — «ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОФИЛЬ» РЕГИОНА

Обсуждаются Красный список и Красная книга Ивановской области, включающие редкие и исчезающие виды федерального и регионального уровней.

Red List and the Red Book of Ivanovo province, including rare and disappearing species federal and regional levels are discussed.

Ключевые слова: биоразнообразиие, Красный список, Красная книга, биоиндикация.

Оценки биоразнообразия животных, грибов и растений по Ивановской области по материалам научных исследований за 80—100 последних лет были сделаны в 90-е гг. XX в. и начале нынешнего века. При этом была обоснована необходимость сохранения видов и сообществ для устойчивого развития области, ее сети и системы особо охраняемых природных территорий, экологического каркаса, а также для формирования культуры природолюбия населения региона [6, 8, 10—12, 30—32, 36—41].

Особую актуальность в связи с нарастающими повсеместно антропогенными воздействиями в последние годы приобрела задача сохранения природы и прежде всего тех видов животных, грибов и растений, которые включены в Красные книги животных и растений России и обитают на территории области. В результате проделанной в этом направлении работы были обобщены данные в общей сложности о 48 видах, обитающих на территории области и подлежащих охране на федеральном уровне [17, 19, 20, 30—32, 34, 37, 39, 41].

Дальнейшие исследования показали необходимость уточнения списка краснокнижных видов федерального уровня, а также формирования списка особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений (далее: Красный список) и разработки материалов Красной книги Ивановской области. Были составлены дополнительные списки отдельных групп животных и растений (некоторых видов сосудистых растений, грибов, моллюсков, насекомых, позвоночных животных), которые могли быть рекомендованы для дальнейшего обсуждения и включения в региональную Красную книгу, сформирована концепция Красной книги Ивановской области [7], а с 2006 г. началась реализация проекта ее создания [9, 10].

Эта работа состояла из следующих этапов:

- 1) утверждение положения о Красной книге Ивановской области;
- 2) создание рабочей группы и комиссии по Красной книге;

3) утверждение списка видов для внесения в Красную книгу Ивановской области (поэтапно: 2006—2007 гг. — «Животные», подготовка проекта 2007—2008 гг. — «Грибы и растения»);

4) создание макета Красной книги;

5) издание Красной книги — по томам.

В Ивановской области был утвержден перечень животных, подлежащих охране и издан первый том Красной книги, куда включены 192 вида животных [22]. Кроме того, подготовлен проект списка из 142 вида растений и 8 видов грибов, предлагаемых под охрану [5, 36].

Внесенные в первый том Красной книги позвоночные животные на территории области оказались исследованы в большей степени и включали 6 крупных таксонов, перечень беспозвоночных был представлен лишь 2 таксонами. В Красный список и Красную книгу вошло одинаковое число видов (при стопроцентном их совпадении). В них оказались 95 видов беспозвоночных (2 вида моллюсков и 93 вида насекомых) и 97 видов позвоночных (2 вида круглоротых, 12 видов костных рыб, 2 вида земноводных, 2 вида пресмыкающихся, 72 вида птиц, 7 видов млекопитающих). Таким образом, вполне вероятно, что по мере дальнейших исследований Красный список беспозвоночных области может пополниться и другими таксонами, т. к. для сравнения можно указать, что в эту категорию, по данным на 2003 г. по разным регионам России, в региональные Красные списки были внесены 1382 таксона на уровне вида, в том числе инфузорий — 4 вида, губок — 1 вид, червей — 19 видов, мшанок — 1 вид, плеченогих — 1 вид, моллюсков — 112 видов, ракообразных — 27 видов, паукообразных — 19 видов, многоножек — 5 видов, насекомых — 1193 вида [28].

Красный список федеральных редких и находящихся под угрозой исчезновения животных, грибов и растений, предлагаемых для Ивановской области в настоящее время, представлен в табл. 1 и 2. Для животных он дан в соответствии с Приложением к Постановлению Правительства Ивановской области от 10.05.2007 г. № 111-п «Об утверждении перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Ивановской области», и дополнен в табл. 1 именами авторов, описавших данные виды.

В соответствии с Положением о Красной книге Ивановской области описания статусов, вносимых в нее видов, соответствуют 6 федеральным, т. е. принятым для Красной книги РФ: 0 — вероятно исчезнувшие, 1 — находящиеся под угрозой исчезновения, 2 — сокращающиеся в численности, 3 — редкие, 4 — неопределенные по статусу, 5 — восстанавливаемые и восстанавливающиеся. В Красной книге РФ для каждого из занесенных видов дано усредненное значение статуса для конкретного вида в целом, собранное по материалам исследований из разных областей, в то время как в Красных книгах регионов при анализе конкретных популяций этих видов присваиваемые им статусы могут быть иными (см. табл. 3).

В отличие от специалистов, занимающихся инвентаризацией Красных списков по отдельным группам таксонов (напр.: [28]), нас интересовала экологическая составляющая такого сравнительного анализа, которая, например, была обстоятельно изучена с целью биоиндикации при сравнении списков фауны и экологии двукрылых в ходе многолетних исследований территории нашей области [29]. Выбор двукрылых для оценки состояния окружающей

среды в этой работе был обусловлен тем, что они легко доступны для визуальных наблюдений и характеризуются широким видовым разнообразием. Различные группы двукрылых имеют неодинаковую степень связи с человеком, обитают как в дикой природе, так и в населенных пунктах разного ранга — от небольших деревень до крупных городов. Стенотопность или эвритопность видов, входящих в фаунистические комплексы анализируемых двукрылых насекомых, позволяет оценить состояния благополучия или, наоборот, антропогенного загрязнения местности.

Таблица 1

**Перечень объектов животного мира (36 видов), занесенных в Красную книгу
Ивановской области [22] и в Красную книгу России [24]**

Русское и латинское название
1. Жужелица Менетрие <i>Carabus menetriesi</i> Fald.
2. Восковик-отшельник <i>Gymnodus coriarius</i> (De Geer) (= <i>Osmoderma eremita</i> (Scop.) auct.; part = <i>O. barnabita</i> Motsch.)
3. Шмель изменчивый <i>Bombus proteus</i> Gerst.
4. Обыкновенный аполлон <i>Parnassius apollo</i> L.
5. Мнемозина <i>Parnassius mnemosyne</i> L.
6. Каспийская минога <i>Caspiomyzon wagneri</i> Kessl.
7. Стерлядь <i>Acipenser ruthenus</i> L.
8. Белуга <i>Huso huso</i> L.
9. Кумжа <i>Salmo trutta</i> L.
10. Европейский хариус <i>Thymallus thymallus</i> L.
11. Белорыбица, нельма <i>Stenodus leucichthys</i> Guld.
12. Быстрянка <i>Alburnoides bipunctatus</i> Bl.
13. Обыкновенный подкаменщик <i>Cottus gobio</i> L.
14. Чернозобая гагара <i>Gavia arctica</i> (L.)
15. Черный аист <i>Ciconia nigra</i> (L.)
16. Пискулька <i>Anser erythropus</i> (L.)
17. Белоглазая чернеть <i>Aythya nyroca</i> (Guld.)
18. Скопа <i>Pandion haliaetus</i> (L.)
19. Степной лунь <i>Circus macrourus</i> (Gmel.)
20. Змееяд <i>Circaetus gallicus</i> (Gmel.)
21. Большой подорлик <i>Aquila clanga</i> Pall.
22. Малый подорлик <i>Aquila pomarina</i> C. L. Brehm
23. Беркут <i>Aquila chrysaetos</i> (L.)
24. Орлан-белохвост <i>Haliaeetus albicilla</i> (L.)
25. Сапсан <i>Falco peregrinus</i> Tunst.
26. Белая куропатка <i>Lagopus lagopus</i> (L.)
27. Кулик-сорока <i>Haematopus ostralegus</i> L.
28. Большой кроншнеп <i>Numenius arquata</i> (L.)
29. Черноголовый хохотун <i>Larus ichthyaetus</i> Pall.
30. Малая крачка <i>Sterna albifrons</i> Pall.
31. Филин <i>Bubo bubo</i> (L.)
32. Средний дятел <i>Dendrocopos medius</i> (L.)
33. Серый сорокопут <i>Lanius excubitor</i> L.
34. Белая лазоревка <i>Parus cyanus</i> Pall.
35. Выхухоль русская <i>Desmana moschata</i> L.
36. Вечерница гигантская <i>Nyctalus lasiopterus</i> (Schreb.)

Таблица 2

Перечень грибов (№ 1—5) и сосудистых растений (№ 6—13), занесенных в Красную книгу России [Приказ МПР России от 25 октября 2005 г. № 289 «Об утверждении перечней (списков) объектов растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и исключенных из Красной книги Российской Федерации» (по состоянию на 1 июня 2005 г.)] и предлагаемых для занесения в Красную книгу Ивановской области [5, 36]

Русское и латинское название
1. Трюфель летний, русский черный трюфель <i>Tuber aestivum</i> Vitt.
2. Трутовик лакированный <i>Ganoderma lucidum</i> (W. Curt.: Fr.) P. Karst.
3. Грифола курчавая, гриб-баран <i>Grifola frondosa</i> (Dicks.: Fr.) Gray
4. Трутовик разветвленный <i>Polyporus umbellatus</i> (Pers.) Fr. [<i>Dendropolyporus umbellatus</i> (Pers.: Fr.) Julich; <i>Grifola umbellata</i> (Pers.: Fr.) Pilat]
5. Спарассис курчавый, грибная капуста <i>Sparassis crispa</i> (Wulfen: Fr.) Fr.
6. Полушник озерный <i>Isoetes lacustris</i> L.
7. Полушник колючеспоровый <i>Isoetes setacea</i> Durieu
8. Башмачок настоящий <i>Cyripedium calceolus</i> L.
9. Калипсо клубневая <i>Calypso bulbosa</i> (L.) Oakes
10. Лосняк Лёзеля <i>Liparis loeselii</i> (L.) Rich.
11. Неоттианта клубучковая <i>Neottianthe cucullata</i> (L.) Rich.
12. Офрис насекомоносная <i>Ophrys insectifera</i> L.
13. Пальчатокоренник Руссова <i>Dactylorhiza russowii</i> (Klinge) Aver.

Подходы к изменениям других отдельных индикаторных групп животных в сообществах под влиянием антропогенных воздействий на территории Ивановской области разрабатывались сотрудниками коллектива кафедры зоологии еще в 90-е гг. XX в. [18].

В настоящей работе мы попытались наметить подходы к комплексной оценке таких процессов в разных регионах, используя в качестве модели для сравнения списки и статусы краснокнижных видов и данные по экологии этих видов, представленные в Красных книгах. Основанием для такого подхода является то, что ряд видов из разных таксонов Красных списков и Красных книг регионов наиболее подробно изучены на значительной части своих ареалов и обладают подходящими характеристиками для выбора их в качестве индикаторов состояния нагрузки на окружающую среду (возможности визуального наблюдения на стационарах или при перемещениях, оценки численности, образ жизни, положение в определенных экосистемах, единые критерии занесения в Красную книгу, степени охраны и т. д.). Следует отметить, что к настоящему времени изданы Красные книги около 70 из 100 регионов России, часть из них уже переиздана или обновлена, что дает возможность проводить подобные сравнения в сходных или близких по различным показателям среды регионах.

В соседних с нами областях, например Ярославской, Красная книга издана [27] и содержит 359 видов (172 вида животных, 173 — растений, 14 — грибов), во Владимирской и Костромской областях имеются перечни видов, подлежащих охране, и ведется подготовка к изданию региональных Красных книг.

Таблица 3

**Статус краснокнижных видов животных федерального уровня
в Красной книге РФ [24] и Красных книгах Московской [23], Рязанской [25]
и Ивановской областей [22]**

Вид	Статус			
	КК РФ	КК Моск. обл.	КК Ряз. обл.	КК Иван. обл.
Жужелица Менетрие	2	1	—	3
Восковик-отшельник	2	1	2	3
Шмель изменчивый	2	—	2	3
Обыкновенный аполлон	2	0	1	2
Мнемозина	2	2	2	2
Каспийская минога	2	—	0	0
Стерлядь	1	5	5	2
Белуга	1	—	—	0
Кумжа	4	—	—	4
Европейский хариус	2	1	—	1
Белорыбица, нельма	1	—	0	0
Быстрянка	2	4	4	2
Обыкновенный подкаменщик	2	2	0	4
Чернозобая гагара	2	0	0	1
Черный аист	3	0	1	1
Пискулька	2	3	—	1
Белоглазая чернеть	2	—	—	1
Скопа	3	1	1	1
Степной лунь	2	4	4	1
Змееяд	2	0	1	1
Большой подорлик	2	1	2	1
Малый подорлик	3	1	—	1
Беркут	3	0	0	1
Орлан-белохвост	3	1	1	1
Сапсан	2	0	0	1
Белая куропатка	2	1	1	1
Кулик-сорока	3	1	3	3
Большой кроншнеп	2	1	2	3
Черноголовый хохотун	5	—	—	3
Малая крачка	2	1	2	1
Филин	2	1	1	1
Средний дятел	2	4	—	1
Серый сорокопут	3	1	3	3
Белая лазоревка	4	3	—	1
Выхухоль	2	1	3	3
Гигантская вечерница	3	4	3	4

Наиболее изученным ближайшим к нам регионом является Московская область. Список объектов, занесенных в Красную книгу Московской области,

включает всего 689 видов. Среди них 395 видов животных и 294 вида грибов, лишайников и растений. Книга содержит различное число видов отдельных таксонов: млекопитающие (9), птицы (62), пресмыкающиеся (5), земноводные (3), круглоротые (1), рыбы (10), кольчатые черви (1), моллюски (8), членистоногие (296, в том числе 281 таксон насекомых), сосудистые растения (207), мохообразные (37), водоросли (3), лишайники (24) и грибы (23) [23, с. 5].

Опубликованы Красные книги и других прилегающих к Московской области регионов, например Тверской и Рязанской областей [25, 26].

В связи с этим с целью комплексной оценки состава фауны и ее состояния нами проведен сравнительный анализ популяционных и видовых критериев (статусов) краснокнижных видов животных и растений нашей области и списков из Красных книг России и некоторых регионов (табл. 3—5).

Результаты такого анализа по ряду видов животных, найденных в регионах и занесенных в Красную книгу РФ, указывают на ситуацию, несколько более благоприятную для Ивановской области по сравнению с Московской, и, вероятно, в целом на меньшую степень антропогенной нагрузки, которая приходится на краснокнижные виды федерального уровня и занимаемые ими территории в нашем регионе (см. табл. 3).

Распределение по таксонам в Красных книгах регионов оказалось чрезвычайно неравномерным. Так, в Красной книге Ярославской области беспозвоночные были представлены только насекомыми (75 видов), из которых в Красный список вошли отряды сетчатокрылых (2 вида), чешуекрылых (46 видов), жуков (26 видов), перепончатокрылых (1 вид), при этом среди перепончатокрылых не было ни одного вида шмелей.

В Красной книге Московской области беспозвоночные были представлены кольчатыми червями, моллюсками и членистоногими. В составе членистоногих Красного списка оказались представители классов ракообразных, паукообразных, двупарноногих многоножек и насекомых. Перечень отрядов насекомых, вошедших в Красную книгу Московской области, включал стрекоз, прямокрылых, равнокрылых, полужесткокрылых, жуков, перепончатокрылых, чешуекрылых и двукрылых. При этом, например, среди обширного списка перепончатокрылых в списке было 18 видов шмелей.

Оценки списков и статуса шмелей, вошедших в Красные книги Московской и Ивановской областей, показывают высокую степень их общности (из 11 видов Красной книги Ивановской области 10 есть и в Красной книге Московской области) (см. табл. 4).

По материалам исследований, выполненных в 90-е гг. XX в. в этих регионах в сопоставимые сроки, у четырех из 10 общих видов статус в Красном списке совпадает (шмель неясный, ионийский, моховой, Зихеля), из остальных шести видов у четырех в Ивановской области статус более высок и лишь у пятноспинного шмеля он выше в Московской области либо, как у солнечного шмеля, не совпадает с аналогичным видом в нашей области. Следует также отметить, что из тех видов, которые попали в Красную книгу Московской области и отсутствуют в Красном списке Ивановской области, например шмель сильварум, по исследованиям 1994—1998 гг., отнесен на территории нашего региона к повсеместно редким или обычным, численность его за более чем 70-летний период с 1925 г. сохранилась примерно на том же уров-

не [4, 13, 21, 23, 33], и поэтому он не включен в Красный список [22]. *Bombus proteus*, не отмеченный в Красной книге Московской области, в Ивановской области был найден позднее, в 1999 г. [38].

Таблица 4

**Видовой состав и статус шмелей,
вошедших в Красные книги Московской [23] и Ивановской областей [22]**

Виды шмелей	Статус	
	КК Иван. обл.	КК Моск. обл.
Шмель неясный <i>Bombus confusus</i>	3	3
Шмель пятноспинный <i>Bombus maculidorsis</i>	2	3
Шмель ионийский <i>Bombus jonellus</i>	3	3
Шмель моховой <i>Bombus muscorum</i>	3	3
Шмель Шренка <i>Bombus schrencki</i>	5	3
Шмель Зихеля <i>Bombus sichelii</i>	2	2
Шмель прибайкальский <i>Bombus subbaicalensis</i>	3	2
Шмель изменчивый <i>Bombus proteus</i>	3	—
Шмель солнечный <i>Bombus solstitialis</i>	3	4
Шмель печальный <i>Bombus tristis</i>	3	2—3
Шмель плодовый <i>Bombus pomorum</i>	3	2
Шмель сильварум <i>Bombus sylvarum</i>	—	3
Шмель консобринус <i>Bombus consobrinus</i>	—	3
Шмель степной <i>Bombus fragrans</i>	—	0
Шмель скромный <i>Bombus modestus</i>	—	2—3
Шмель патагиатус <i>Bombus patagiatus</i>	—	3
Шмель щебневый <i>Bombus ruderatus</i>	—	1
Шмель пластинчатозубый, или черепитчатый	—	1
Шмель спорадикус <i>Bombus sporadicus</i>	—	1

Другой стороной проблемы биоиндикации по видовому составу является использование не только беспозвоночных, но и позвоночных животных для оценки ценных природных территорий и степени антропогенной трансформации экосистем области.

Для водных экосистем такими маркерами могут быть мигрирующие виды рыб. В федеральном списке краснокнижных видов нашей области к ним относятся каспийская минога, белуга и белорыбица, среди региональных краснокнижных видов — севрюга и русский осетр. Отсутствие их в последние десятилетия на территории Ивановской области (статус 0 в Красной книге Ивановской области) связывается со строительством Волжского каскада водохранилищ [22].

Для наземных экосистем в условиях Восточного Верхневолжья и, в частности, Ивановской области в качестве таких маркеров особо охраняемых и ценных природных территорий предложено использовать ряд видов птиц, 8 из которых входят в число краснокнижных видов животных федерального уровня в Красной книге Ивановской области (черный аист, скопа, змеяяд, беркут, большой подорлик, малый подорлик, орлан-белохвост, филин) [1, 2, 22]. Адекватность использования данных видов птиц в качестве биоиндикаторов

подтверждена и тем, что на исследованных стационарах отмечены гнездящиеся редкие для области виды птиц, а также целый ряд редких видов животных из других таксономических групп [3]. Что же касается обеспеченности особо охраняемыми природными территориями видов птиц, обитающих (гнездящихся и вероятно гнездящихся) на территории области и внесенных в Красную книгу РФ, то она признается крайне неудовлетворительной, а для этих видов требуются специальные меры охраны [2].

Состояние изученности растений федерального краснокнижного списка, предлагаемых в Ивановской области для включения в Красную книгу региона в 2008 г., и сравнение их статусов как с предыдущими списками и данными по области, так и с материалами по Московской, Ярославской и Тверской областям, в целом подтверждает уже отмеченные нами тенденции о несколько более благоприятной оценке их категорий по сравнению, например, с Московской и Ярославской областями, хотя этот вопрос и нуждается еще в дополнительном исследовании (табл. 5).

Таблица 5

Статус краснокнижных видов сосудистых растений федерального уровня в списках, предлагавшихся в Красную книгу Ивановской области в 2002 г. [39] и 2007 г. [5], и их статус в Красных книгах Московской [23], Ярославской [27] и Тверской областей [26]

Вид	Статус				
	Иван. обл., 2002 г.	Иван. обл., 2007 г.	КК Моск. обл., 1998 г.	КК Яросл. обл., 2004 г.	КК Твер. обл., 2002, 2006 гг.
Полушник озерный	2	2	1	1	3—2
Полушник колючеспоровый (щетинистый)	2	2	1	1	3—2
Башмачок настоящий	2	2	2—3	2	3
Калипсо клубневая	0	0	—	—	0
Лосняк Лезеля	2	2	1	1	1
Неоттианта клубучковая	3	3	3	0	3
Офрис насекомоносная	1	3	0	1	3—2
Пальчатокоренник Руссова	—	3	—	—	—

Анализ всего предлагаемого «Списка растений и грибов для включения в Красную книгу Ивановской области» [36] указывает на выпадение из-под охраны ряда таксонов, которые включаются в разном числе в Красные книги других регионов. Например, в нем не представлены мохообразные, водоросли и лишайники.

Различия в перечнях и статусах животных, растений и грибов, включаемых в Красные списки и Красные книги в разных областях, таким образом, в значительной мере отражают как нагрузки на эти виды в регионах, так и состояние их охраны. В ряде случаев их нельзя объяснить только лишь ландшафтно-географическими особенностями фауны и флоры или отсутствием потребности в охране целых крупных таксонов.

Очевидно, что подобные ситуации, как и в ряде других регионов, исключая столичный, связаны с немногочисленностью кадров специалистов, отсутствием исследований по целому ряду групп, недостаточной координацией работы разных административных, научных, вузовских и общественных структур, недооценкой в целом проблемы формирования «экологического профиля» как области в целом, так и развития в образовании и на практике областей знаний, входящих в комплекс наук о природе.

Библиографический список

1. *Баринов С. Н.* Биоиндикаторный подход к выделению ООПТ и определению их границ // Проблемы формирования особо охраняемых природных территорий: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Эколого-экономические аспекты развития региональных систем ООПТ», Ярославль, 25—26 окт. 2001 г. Ярославль. 2001. С. 123—127.
2. *Баринов С. Н.* Обеспеченность птиц, включенных в Красную книгу Российской Федерации, системой ООПТ на территории Ивановской области // Изучение и охрана хищных птиц Северной Евразии: Материалы V Междунар. конф. по хищным птицам Северной Евразии, Иваново. 4—7 февр. 2008 г. Иваново. 2008. С. 43—44.
3. *Баринов С. Н.* Редкие виды птиц как биоиндикаторы ценных природных территорий // НИД в классическом университете: ИвГУ — 2006: Сб. ст. по итогам науч. конф., Иваново, 1—3 февр. 2006 г. Иваново, 2006. Ч. 1: Естественные и технические науки. С. 120—125.
4. *Березин М. В., Бейко В. Б., Березина Н. В.* Анализ структурных изменений населения шмелей (*Bombus*, *Apidae*) Московской области за последние 40 лет // Зоол. журн. 1996. Т. 75. Вып. 2. С. 212—221.
5. *Голубева М. А., Борисова Е. А., Шилов М. П.* Материалы к Красной книге Ивановской области (сосудистые растения) // Краевед. зап. Иваново. 2007. Вып. 10. С. 316—321.
6. *Исаев В. А.* Биоразнообразие животных, история его изучения и состояние в Ивановской области // Юбил. сб. науч. ст. ИвГУ. Иваново, 1998. Ч. 2. С. 75—80.
7. *Исаев В. А.* Концепция Красной книги Ивановской области: охрана видов и охрана сообществ // Природа и человек: Материалы IV науч.-практ. конф. «Природа и человек. Антропогенное воздействие на окружающую среду», Иваново, 23—24 нояб. 2005 г. Иваново, 2005. С. 50—52.
8. *Исаев В. А.* О Красной книге (животные) Ивановской области // Вестн. ИвГУ. 2006. Вып. 3. С. 3—7.
9. *Исаев В. А.* Природолюбие — одно из приоритетных направлений рационального природопользования // Экологические проблемы уникальных природных и антропогенных ландшафтов: Материалы Всерос. науч.-практ. конф., Ярославль, 23—24 нояб. 2006 г. Ярославль, 2006. С. 345—350.
10. *Исаев В. А.* Реализация проекта региональной Красной книги (животные) и сохранение биоразнообразия в Ивановской области // Региональное устойчивое развитие: комплексные биосферно-ноосферные исследования, проектирование и реализация: Материалы науч.-практ. конф., Иваново, 22—24 нояб. 2006 г. Иваново, 2007. С. 113—115.
11. *Исаев В. А., Мельников В. Н.* Выделение особо охраняемых природных территорий как мера охраны редких видов животных Ивановской области // Биоло-

- гические проблемы устойчивого развития: Междунар. науч. конф., Воронеж, 11—13 сент. 1996 г. Воронеж, 1996. Ч. 2. С. 63—65.
12. *Исаев В. А., Мельников В. Н.* Создание сети особо охраняемых природных территорий — одно из приоритетных направлений охраны окружающей среды // *Экология человека и природы.* Иваново, 1997. С. 72.
 13. *Исаев В. А., Мунтян Е. О.* Анализ структурных изменений фауны шмелей (*Bombus*, *Apidae*) Ивановской области за последние 70 лет // *Вопросы экологии Волжско-Окского междуречья.* Ковров, 1999. С. 35—39.
 14. *Исаев В. А., Шилов М. П.* Оценка состояния биоразнообразия и стратегические направления и перспективы его сохранения и развития в Ивановской области // *Научно-исследовательская деятельность в классическом университете: ИвГУ—2003.* Иваново, 2003. С. 79—80.
 15. *Исаев В. А., Баринов С. Н., Мельников В. Н.* Структура охраняемых природных территорий и биоразнообразие птиц Ивановской области // *Экология человека и природа: III науч.-техн. конф.* Иваново, 2000. С. 86—87.
 16. *Исаев В. А., Мельников В. Н., Баринов С. Н.* Формирование системы ООПТ Ивановской области // *Проблемы формирования особо охраняемых природных территорий: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. «Эколого-экономические аспекты развития региональных систем ООПТ».* Ярославль, 25—26 окт. 2001 г. Ярославль, 2001. С. 36—40.
 17. *Исаев В. А., Мельников В. Н., Тихомиров А. М.* Исследование системы охраняемых природных территорий: (На примере Южского района Ивановской области) // *Вестн. ИвГУ.* 2001. Вып. 3. С. 23—29.
 18. *Исаев В. А., Хелевина С. А., Тихомиров А. М. и др.* Оценка изменений индикаторных групп животных в сообществах под влиянием антропогенных воздействий // *Экология и охрана окружающей среды: Тез. докл. 3-й Междунар. и 6-й Всерос. науч.-практ. конф., Владимир, 26—28 сент. 1996 г. Владимир, 1996.* С. 169—170.
 19. *Исаев В. А., Мельников В. Н., Егоров С. В., Гусева А. Ю., Сальникова Ю. Г.* О состоянии фауны государственного боброво-выхухолевого заказника «Клязьминский» // *Экология человека и природы.* Иваново. 1997. С. 73.
 20. *Исаев В. А., Мельников В. Н., Егоров С. В., Гусева А. Ю., Сальникова Ю. Г.* Особо охраняемые природные территории (ООПТ) Ивановской области // *Краевед. зап. Иваново, 1998.* Вып. 3. С. 218—230.
 21. *Казанский А. Н.* Шмелиное население Иваново-Вознесенской губернии, его видовой состав, порайонное распределение и хозяйственное значение // *Тр. Иваново-Вознесен. губ. науч. о-ва краеведов.* Иваново-Вознесенск, 1925. Т. 3. С. 248—296.
 22. *Красная книга Ивановской области* / Под ред. В. А. Исаева. Иваново, 2007. Т. 1: Животные. 254 с.
 23. *Красная книга Московской области* / Под ред. В. А. Зубакина и В. Н. Тихомирова. М., 1998. 560 с.
 24. *Красная книга РФ (Животные).* М., 2001. 861 с.
 25. *Красная книга Рязанской области: Редкие и находящиеся под угрозой исчезновения животные* / Под ред. В. П. Иванчева. Рязань, 2001. 312 с.
 26. *Красная книга Тверской области* / Под ред. А. С. Сорокина. Тверь, 2002. 256 с.
 27. *Красная книга Ярославской области.* Ярославль, 2004. 384 с.
 28. *Красный список особо охраняемых редких и находящихся под угрозой исчезновения животных и растений: Ч. 2. Беспозвоночные животные* / Отв. ред. В. Е. Присяжнюк. М., 2004 (2008). 512 с.
 29. *Лобанов А. М., Иванецук П. П., Исаев В. А.* Комплексный анализ видового состава двукрылых в качестве оценки состояния окружающей среды в населенных пунктах. Иваново, 1993. 19 с.

30. Мельников В. Н. Животные Красной книги России, обитающие в Ивановской области. Иваново, 2004. 40 с.
31. Мельников В. Н., Тихомиров А. М. Животные Красной книги России в Ивановской области / Экология человека и природа: III науч.-техн. конф. Иваново, 2000. С. 46—48.
32. Мельников В. Н., Лазарева О. Г., Баринов С. Н. Позвоночные животные, предлагаемые к внесению в Красную книгу Ивановской области // Региональные проблемы экологии: Материалы межвуз. науч. конф. «Экологический мониторинг: проблемы и перспективы», Иваново, 27 июня 2002 г. Иваново, 2002. С. 68—72.
33. Мунтян Е. О. Фауна шмелей и основные паразитарные заболевания их в Центральном районе нечерноземной зоны Российской Федерации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Иваново, 1999. С. 1—18.
34. Оценка состояния краснокнижных видов растений и животных Ивановской области: Отчет по НИР / Рук. В. А. Исаев. Иваново, 2002. 180 с.
35. Постановление администрации Тверской области от 17.03.2006 г. № 44-па об утверждении перечня (списка) объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Тверской области (по состоянию на 15 августа 2006 года).
36. Список растений и грибов для включения в Красную книгу Ивановской области / Департамент землепользования и природных ресурсов Ивановской области. Иваново, 2007 (рукопись).
37. Тихомиров А. М. Насекомые, рекомендуемые в Красную книгу // Региональные проблемы экологии: Материалы межвуз. науч. конф. «Экологический мониторинг: проблемы и перспективы», Иваново, 27 июня 2002 г. Иваново, 2002. С. 64—68.
38. Тихомиров А. М., Серова О. Ю., Купцова В. В. Эколого-фаунистический анализ шмелей охраняемых природных территорий Ивановской области / Экология человека и природа: III науч.-техн. конф. Иваново, 2000. С. 20—22.
39. Шилов М. П. Список сосудистых растений, рекомендуемых для охраны в Ивановской области // Региональные проблемы экологии: Материалы межвуз. науч. конф. Иваново, 2002. С. 72—77.
40. Шилов М. П., Исаев В. А. Экологический каркас особо охраняемых природных территорий Ивановской области // Образовательный и научный потенциал Ивановского государственного университета: вклад в развитие региона. Иваново, 2003. С. 176—181.
41. Шилов М. П., Минеева Л. Ю., Шилова Т. Н. Растения Красной книги в Ивановской области // Экология человека и природа: III науч.-техн. конф. Иваново, 2000. С. 58—61.

УДК 612.821

*М. О. Барина, В. Н. Зарипов***ИЗМЕНЕНИЯ РЕГИОНАРНОГО КРОВОТОКА
НА РАЗЛИЧНЫХ ЭТАПАХ УЧЕБНОГО СЕМЕСТРА
У СТУДЕНТОВ С РАЗНОЙ СТЕПЕНЬЮ
ПСИХОЭМОЦИОНАЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ**

Приводятся данные об изменениях регионарного кровотока в проксимальных отделах верхних конечностей у студенток на различных этапах учебного семестра. Анализируется зависимость этих изменений от степени исходного психоэмоционального напряжения организма.

The data of changes in the regional blood flow of proximal parts of upper extremities during different stages of educational semester are discussed. The dependence of these changes on magnitude of initial psychoemotional tension is analyzed.

Ключевые слова: регионарный кровоток, психоэмоциональное напряжение, учебный процесс.

В настоящее время актуальной становится проблема изучения изменений, происходящих в организме человека при напряженной умственной работе. Это связано со многими причинами: автоматизацией труда, увеличением объема информации, гипокинезией. Любая деятельность вызывает мобилизацию физиологических и психических функций человека, которая может соответствовать или не соответствовать ситуации. Однако в ряде случаев активация физиологических функций, обеспечивающих эмоциональное возбуждение человека, оказывается неадекватной выполняемой социально значимой деятельности. Это порождает конфликтные ситуации и способствует развитию психоэмоциональных стрессов [14]. Лица молодого возраста, в частности, обширная группа студенческой молодежи, наиболее подвержены умственному утомлению и эмоциональному стрессу. Высокие нагрузки, обусловленные спецификой учебной и бытовой деятельности студентов, вызывают хроническое перенапряжение психической сферы, системы кровообращения и других жизненно важных систем, что может приводить к переутомлению и появлению различных функциональных расстройств [1]. Многочисленными исследованиями установлено, что длительно существующие психоэмоциональные и умственные нагрузки изменяют функциональное состояние различных органов и систем организма, в частности, умственная работа вызывает изменения сердечной деятельности, тонуса сосудов и гемодинамики [11].

Как известно, экзаменационная сессия вызывает серьезное психоэмоциональное напряжение у студентов. В многочисленных работах, посвященных изучению влияния экзаменационной сессии на состояние студентов, в качестве основного стрессогенного фактора являлась непосредственно сдача экзаменов [12]. Приспособительные реакции студентов зависят от их лично-

стных особенностей, в частности от преобладающего психоэмоционального напряжения. Практический опыт и опрос студентов показывают, что большинство из них испытывает ярко выраженное эмоциональное напряжение накануне и в период сдачи экзамена, которое оставляет свой след и сохраняется еще определенное время после экзаменов [14].

Целью настоящего исследования явилось изучение изменений регионарного кровотока в проксимальных отделах верхних конечностей в течение учебного семестра у студенток с различным психоэмоциональным напряжением.

Материал и методы исследования

В исследовании приняли участие 50 студенток биолого-химического факультета Ивановского государственного университета в возрасте 18—20 лет.

В начале всего исследования было проведено психологическое тестирование студенток с определением степени психоэмоционального напряжения на основании теста САН (самочувствие, активность, настроение). В зависимости от степени исходного психоэмоционального напряжения были выделены группы с благоприятным, умеренным и неблагоприятным психоэмоциональным напряжением.

Реографические исследования проводились в течение весеннего учебного семестра в 3 этапа: за месяц до зачетной недели, во время самой зачетной недели и перед сдачей экзамена.

Регистрация реовазограммы проводилась методом 6-канальной реовазографии (РВГ) для сегмента «плечо — предплечье» с использованием прибора «Реоспектр-3» фирмы «Нейрософт» (Россия). До регистрации реовазограммы испытуемый, находящийся в горизонтальном положении, пребывал 10—15 мин в состоянии покоя.

Для анализа реовазографической кривой использовались следующие показатели:

- показатель времени восходящей части волны (Альфа, с);
- время быстрого и медленного кровенаполнения (Альфа 1 и Альфа 2);
- диастолический индекс (ДИА, %);
- дикротический индекс (ДИК, %);
- реографический индекс (РИ);
- средняя скорость медленного наполнения ($V_{\text{ср.}}$, Ом/с);
- максимальная скорость быстрого наполнения ($V_{\text{макс.}}$, Ом/с);
- индекс Симонсона (ИВО Сим, %).

Результаты исследования обрабатывались статистически по стандартным методикам. Сравнение данных проводилось с использованием t-критерия Стьюдента. Всего были обработаны результаты 4800 опытных измерений.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе проведенного исследования были выявлены следующие изменения индексов РВГ, характеризующих кровотоки в проксимальных сегментах верхних конечностей (табл. 1, 2).

Таблица 1

Изменение значений показателей реовазограммы левого плеча на разных этапах учебного семестра

Параметры РВГ	Группы											
	общая группа			благоприятное ПЭН			умеренное ПЭН			неблагоприятное ПЭН		
	левое плечо			левое плечо			левое плечо			левое плечо		
	семестр	зачет	экзамен	семестр	зачет	экзамен	семестр	зачет	экзамен	семестр	зачет	экзамен
РИ, усл. ед.	0,55±0,05	0,60±0,09	0,65±0,05	0,57±0,12	0,57±0,09	0,71±0,06	0,547±0,07	0,61±0,19	0,53±0,08	0,51±0,18	0,64±0,15	0,62±0,13
Альфа 1, с	0,06±0,003	0,07±0,004	0,07±0,003	0,06±0,005	0,08±0,007	0,07±0,003	0,07±0,04	0,06±0,004	0,08±0,01	0,06±0,007	0,07±0,01	0,07±0,006
Альфа 2, с	0,05±0,003	0,06±0,003	0,05±0,00	0,05±0,004	0,06±0,007	0,05±0,001	0,06±0,004	0,06±0,006	0,05±0,003	0,05±0,01	0,05±0,003	0,05±0,001
Альфа, с	0,12±0,004	0,13±0,006	0,13±0,003	0,12±0,008	0,14±0,01	0,13±0,003	0,12±0,006	0,12±0,009	0,13±0,01	0,11±0,02	0,13±0,006	0,13±0,006
ДИА, %	84,69±8,22	72,06±7,64	54,93±3,47	83,00±16,53	77,00±16,89	54,43±3,8	81,40±14,5	65,40±12,9	53,60±4,13	91,00±17,00	79,30±11,05	63,00±7,30
ДИК, %	80,4±10,38	72,10±8,52	50,07±3,85	80,80±19,12	88,50±6,99	<i>50,14±3,22</i>	81,80±13,78	51,5±4,33	47,40±7,3	94,00±9,00	70,30±12,70	57,60±9,89
ИВО Сим, %	69,00±7,91	66,90±9,19	43,52±3,52	68,60±15,99	72,80±18,51	42,21±3,91	69,30±12,43	62,00±18,24	42,40±5,64	72,00±25,00	69,00±9,45	52,30±8,85
Vср., Ом/с	0,42±0,04	0,49±0,08	0,50±0,04	0,44±0,09	0,40±0,07	0,56±0,05	0,42±0,04	0,49±0,17	0,42±0,04	0,38±0,11	0,49±0,12	0,46±0,09
Vмакс., Ом/с	0,74±0,06	0,81±0,13	0,88±0,07	0,78±0,15	0,71±0,10	0,78±0,15	0,72±0,07	0,87±0,28	0,71±0,07	0,68±0,21	0,86±0,18	0,83±0,17

Примечание. Жирным шрифтом обозначена достоверность различий показателей между семестром и зачетом, семестром и экзаменом ($p < 0,05$); курсивом — достоверность различий между зачетом и экзаменом ($p < 0,05$).

Таблица 2

Изменение значений показателей реовазограммы правого плеча на разных этапах учебного семестра

Параметры РВГ	Группы											
	общая группа			благоприятное ПЭН			умеренное ПЭН			неблагоприятное ПЭН		
	правое плечо			правое плечо			правое плечо			правое плечо		
	семестр	зачет	экзамен	семестр	зачет	экзамен	семестр	зачет.	экзамен	семестр	зачет	экзамен
РИ, усл. ед.	0,58±0,08	0,63±0,06	0,61±0,06	0,70±0,21	0,59±0,11	0,59±0,06	0,52±0,08	0,63±0,11	0,59±0,12	0,54±0,15	0,75±0,13	0,65±0,17
Альфа 1, с	0,07±0,004	0,08±0,003	0,07±0,004	0,07±0,007	0,08±0,004	0,07±0,006	0,07±0,007	0,07±0,005	0,06±0,01	0,06±0,006	0,09±0,00	0,06±0,008
Альфа 2, с	0,06±0,005	0,06±0,003	0,07±0,006	0,06±0,009	0,06±0,003	0,06±0,007	0,06±0,009	0,05±0,006	0,06±0,01	0,06±0,006	0,06±0,009	0,07±0,01
Альфа, с	0,13±0,007	0,14±0,005	0,13±0,006	0,13±0,01	0,14±0,007	0,13±0,007	0,13±0,01	0,13±0,009	0,14±0,02	0,12±0,01	0,15±0,006	0,13±0,01
ДИА, %	79,93±8,13	72,36±5,57	69,33±6,68	100,20±16,7	63,00±20,29	62,23±6,47	71,30±7,90	66,70±4,68	63,20±7,39	76,50±10,50	78,30±6,84	67,50±17,32
ДИК, %	66,6±7,30	60,90±5,85	54,93±5,66	82,40±14,65	76,30±17,59	49,29±5,37	61,80±7,99	57,20±5,74	56,00±7,73	58,50±20,50	51,70±6,47	65,30±18,42
ИВО им, %	68,00±10,11	64,50±5,71	54,08±6,89	89,80±18,02	72,80±18,98	45,67±3,39	44,80±9,47	57,20±4,66	<i>37,50±6,48</i>	71,50±7,50	71,30±4,84	79,10±19,16
Vср., Ом/с	0,41±0,05	0,46±0,05	0,43±0,04	0,45±0,14	0,44±0,10	0,43±0,04	0,36±0,05	0,46±0,07	0,38±0,06	0,41±0,09	0,52±0,11	0,45±0,12
Vмакс., м/с	0,74±0,09	0,80±0,08	0,80±0,07	0,84±0,26	0,76±0,16	0,80±0,07	0,67±0,08	0,80±0,12	0,74±0,10	0,73±0,17	0,89±0,18	0,82±0,20

Примечание. Жирным шрифтом обозначена достоверность различий показателей между семестром и зачетом, семестром и экзаменом ($p < 0,05$); курсивом — достоверность различий между зачетом и экзаменом ($p < 0,05$).

При анализе реовазограмм правого и левого плеч не было выявлено существенных изменений реографического индекса ни на одном из этапов учебного семестра, что свидетельствует о стабильной интенсивности кровотока в данном сегменте верхней конечности. Более того, на величину реографического индекса не влияла степень исходного психоэмоционального напряжения студенток. Однако следует отметить некоторую тенденцию к увеличению этого индекса, а следовательно, и усилению интенсивности кровотока у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением, которое проявлялось у них во время экзамена. Это может свидетельствовать о некотором усилении вегетативных функций, связанных с этим учебным периодом.

При анализе полученных реовазограмм наибольшие изменения были выявлены для дикротического индекса. Отмечалась устойчивая тенденция к уменьшению дикротического индекса в общей группе студенток на зачетной неделе по сравнению с учебным семестром. При этом у студенток с умеренным психоэмоциональным напряжением на левом плече ДИК на зачетной неделе достоверно уменьшался по сравнению с семестром с $81,80 \pm 13,78$ до $51,50 \pm 4,33$ % ($P < 0,01$). Такое изменение свидетельствует о снижении периферического сопротивления и тонуса мелких артерий и артериол в данном сегменте верхней конечности [2]. Кроме того, в общей группе и в группе с благоприятным психоэмоциональным напряжением перед экзаменом происходило достоверное уменьшение данного индекса в левом плече по сравнению с зачетной неделей (в общей группе — с $72,10 \pm 8,52$ до $50,07 \pm 3,85$ % ($P < 0,01$); в группе с благоприятным психоэмоциональным напряжением — с $88,50 \pm 6,99$ до $50,14 \pm 3,22$ % ($P < 0,001$)). Все это указывает на еще большее снижение периферического сопротивления и тонуса мелких артерий непосредственно перед самой сдачей экзамена. Таким образом, изменения дикротического индекса более выражены в период ожидания экзамена, чем в период зачетной недели, что, возможно, связано с большей стрессогенностью данного учебного периода. Еще более выражены данные изменения ДИК по сравнению с семестром на левом плече: этот индекс в общей группе достоверно уменьшался перед экзаменом с $80,40 \pm 10,38$ до $50,07 \pm 3,85$ % ($P < 0,01$); в группе с умеренным психоэмоциональным напряжением — с $81,80 \pm 13,78$ до $47,40 \pm 7,30$ % ($P < 0,05$); в группе с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением — с $94,00 \pm 9,00$ до $57,60 \pm 9,89$ % ($P < 0,05$). При этом существенных изменений данного показателя на правом плече не выявлено, хотя и наблюдается тенденция к его снижению в экзаменационный период практически у всех исследуемых групп. Кроме того, на значение дикротического индекса практически не влияла степень исходного психоэмоционального напряжения во время учебного семестра, в то время как во время зачетной недели этот показатель у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением несколько превышал общий уровень, а у студенток с умеренным психоэмоциональным напряжением был достоверно ниже по сравнению с группой студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением. Во время экзамена более низкий уровень ДИК был практически равным во всех исследуемых группах. Аналогичные изменения, хотя и менее выраженные, были отмечены и для правого плеча, что свидетельствует об определенных реципрокных взаимодействиях в регуляции кровотока между контралатеральными конечностями.

Возможное стрессогенное действие зачетной недели и экзамена сказывалось и на изменениях диастолического индекса (ДИА). Этот индекс эластичности, отражающий соотношение притока и оттока крови, достоверно снижался на зачетной неделе по сравнению с семестром у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением. На правом плече это уменьшение было от $100,20 \pm 16,70$ до $63,00 \pm 20,29$ % ($P < 0,05$), что свидетельствует об увеличении тонуса посткапиллярных сосудов, прежде всего вен и венул, и, соответственно, об улучшении венозного оттока под влиянием зачетной недели [10]. Достоверные изменения диастолического индекса перед экзаменом можно отметить в общей группе на левом плече (по сравнению с зачетной неделей ДИА уменьшился от $72,06 \pm 7,64$ до $54,93 \pm 3,47$ % ($P < 0,05$), по сравнению с семестром — от $84,69 \pm 8,22$ до $54,93 \pm 3,47$ % ($P < 0,01$)). В литературе существуют различные данные о реакции венозных сосудов на умственную нагрузку. М. Я. Виленский [3] обнаружил у студентов во время напряженной учебной деятельности ухудшение венозного кровообращения в конечностях. Ю. В. Щербатых [13] изучала особенности изменения регионарного кровотока у студентов в зависимости от уровня знаний. Для неподготовленных студентов характерна меньшая тревожность, и у них не выражены изменения регионарного кровообращения в венах.

Проанализировав реографический показатель времени быстрого кровенаполнения (Альфа 1) можно отметить следующее. На левом плече зачетная неделя практически не влияла на изменение этого показателя у студенток всех исследуемых групп. На правом плече во время зачетной недели значения этого показателя были повышены в общей группе и в группе с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением. В общей группе значения этого показателя увеличивались с $0,07 \pm 0,004$ до $0,08 \pm 0,003$ с ($P < 0,05$), а в группе с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением — с $0,06 \pm 0,006$ до $0,09 \pm 0,00$ с ($P < 0,001$). Непосредственно перед сдачей экзамена изменения времени быстрого кровенаполнения были отмечены на левом плече в общей группе (Альфа1 увеличивалось с $0,06 \pm 0,003$ с до $0,07 \pm 0,003$ с ($P < 0,05$)). Таким образом, можно отметить, что зачетная неделя и экзаменационный период приводят к изменениям данного показателя, что свидетельствует о некотором увеличении тонуса крупных магистральных артерий в данном сегменте верхней конечности. По данным Б. М. Федорова [9], наиболее адаптивный вариант изменений кровообращения в верхних конечностях при решении арифметических задач в условиях дефицита времени характеризуется повышением тонуса сосудов, возрастанием артериального давления за счет повышения тонуса сосудов.

Аналогично времени быстрого кровенаполнения время медленного кровенаполнения (Альфа 2) увеличивается на левом плече у студенток общей группы на зачетной неделе с $0,05 \pm 0,003$ на $0,06 \pm 0,003$ с ($P < 0,05$) по сравнению с семестром. Полученный параметр позволяет судить о состоянии мелких и средних артерий. Выявленное его увеличение свидетельствует о повышении тонуса средних и мелких артерий на левом плече. Просматривается тенденция к уменьшению Альфа 2 на левом плече перед экзаменом по сравнению с зачетной неделей у студенток практически всех групп, но в общей группе на левом плече он достоверно уменьшался на левом плече с $0,06 \pm 0,003$ на $0,05 \pm 0,001$ с ($P < 0,01$). Это также указывает на понижение

тонуса артерий мелкого и среднего калибра в данном сегменте конечности. Можно предположить, что изменения, происходящие в организме на зачетной неделе, оказывают более выраженное действие на тонус сосудов среднего и мелкого калибра, чем в период ожидания экзамена.

Наше предположение подтверждается исследованием Е. А. Юматова и др. [14], которые указывали, что максимальные изменения кровотока студентов и школьников происходят не во время экзамена и до него, а начинаются с того момента, когда студент осознает, что в ближайшее время ему неизбежно придется сдавать экзамен, т. е. в период зачетной недели.

Кроме того, на правом плече у студенток с неблагоприятным психоэмоциональным напряжением показатель соотношения времени быстрого и медленного кровенаполнения (Альфа) на зачетной неделе достоверно увеличился с $0,12 \pm 0,01$ до $0,15 \pm 0,006$ с ($P < 0,05$) по сравнению с учебным семестром. Такое увеличение показателя также указывает на относительное повышение тонуса и эластичности артерий в данном сегменте верхней конечности [7]. При этом значение показателя остается в нормативных пределах. На левом плече изменений этого показателя выявить не удалось. Однако и на правом и на левом плече прослеживается тенденция к увеличению данного индекса на зачетной неделе и перед экзаменом по сравнению с семестром.

Индекс Симонсона (ИВО Сим) у студенток общей группы достоверно уменьшался на левом плече перед экзаменом по отношению к семестру с $69,00 \pm 7,91$ до $43,52 \pm 3,52$ % ($p < 0,01$) и по отношению к зачетной неделе с $66,90 \pm 9,19$ до $43,52 \pm 3,52$ % ($p < 0,05$), что свидетельствует об увеличении тонуса вен и венул левого плеча. Эти результаты указывают на облегчение венозного оттока в данном сегменте верхней конечности у студенток общей группы.

Полученные в ходе проведенного исследования результаты показывают, что периферический кровоток изменялся в артериях и венах левого и правого плеч, хотя изменения наиболее выражены были на левой стороне тела. По данным А. В. Потапова, Ю. Б. Васильева [8], при психоэмоциональном напряжении кровоток изменяется в значительной степени в левой половине тела, т. к. центр эмоций расположен в правом полушарии головного мозга.

Учебный процесс часто сопровождается стрессовыми ситуациями (зачеты, экзамены) [6]. Сдача экзамена по сравнению с зачетной неделей является более сильным стрессогенным фактором, влияющим на периферический кровоток в проксимальных отделах обеих верхних конечностей. По данным Н. П. Волковой [4], изменения в сердечно-сосудистой системе в ситуации ожидания экзамена проявились в увеличении частоты сердечных сокращений, в повышении артериального давления и тонуса сосудов.

Кроме того, студентки с благоприятным психоэмоциональным напряжением более подвержены стрессогенному влиянию зачетной недели и экзамена, поскольку у них изменения гемодинамики выражены как в артериальном, так и в венозном русле. Это подтверждают исследования В. В. Матюхина и Е. В. Подобы [5], которые указывали, что некоторые виды труда можно рекомендовать только людям с определенной степенью психоэмоционального напряжения. Высокая степень психоэмоционального напряжения часто обеспечивает повышение продуктивности умственной деятельности, но в то же время постепенно приводит к поражениям сердечно-сосудистой системы.

Заключение

На протяжении всего учебного семестра были выявлены изменения регионарного кровотока как на правом, так и на левом плече. Эти сдвиги были наиболее выражены в артериях и венах левого плеча, что свидетельствует об определенных реципрокных взаимодействиях в регуляции кровотока между контралатеральными конечностями. Сдача экзамена по сравнению с зачетной неделей является более сильным стрессогенным фактором, влияющим на регионарный кровоток в проксимальных отделах обеих верхних конечностей.

Показатели регионарного кровотока зависят от степени исходного психоэмоционального напряжения. Наибольшие изменения гемодинамических показателей наблюдаются у студенток с благоприятным психоэмоциональным напряжением.

Выявленные изменения показателей регионарного кровообращения следует учитывать при проведении профилактических обследований студентов в течение учебного года.

Библиографический список

1. Агаджанян Н. А., Руженкова Н. В., Старшинов Ю. П. и др. Особенности адаптации сердечно-сосудистой системы юношеского организма // Физиология человека. 1997. Т. 23. № 1. С. 93—98.
2. Биск Б. И. Реовазография. Иваново, 1998. 85 с.
3. Виленский М. Я., Ильинич В. И. Физическая культура работников умственного труда. М.: Знание, 2005. 96 с.
4. Волкова Н. П. Состояние симпатoadреналовой и сердечно-сосудистой систем у студентов в период подготовки и сдачи экзаменов // Физиологическая характеристика умственного и творческого труда. М.: Здоровье, 1998. С. 32—33.
5. Матюхин В. В., Подоба Е. В. Работоспособность и показатели сердечно-сосудистой системы // Физиология человека. 2001. Т. 7. № 1. С. 91—97.
6. Навакатикян А. О., Крыжановская В. В., Кальниш В. В. Физиология и гигиена умственного труда. Киев: Здоровье, 1997. 152 с.
7. Полищук В. И., Терехова Л. Г. Техника и методика реографии и реоплетизмографии. М.: Медицина, 2000. 175 с.
8. Потапов А. В., Васильев Ю. Б. Эмоциональное напряжение в условиях профессионально-психологического обследования // Физиология человека. 1998. Т. 24. № 4. С. 130—132.
9. Федоров Б. М. Стресс, кардиологические аспекты // Там же. 1997. Т. 23. № 2. С. 89—99.
10. Флейшман А. Н. Медленные колебания гемодинамики. Новосибирск, 1999. 264 с.
11. Хлопин Г. О. Соматовегетативные показатели у студентов во время экзаменов // Физиология человека. 1992. Т. 26. № 3. С. 111—118.
12. Шангин А. Б., Шостак В. И. Особенности сопряжения дыхания и кровообращения у лиц молодого возраста при психоэмоциональном напряжении, вызванном экзаменационной ситуацией // Там же. 1992. Т. 18. № 16. С. 117—120.
13. Щербатых Ю. В. Саморегуляция вегетативного гомеостаза при эмоциональном стрессе // Там же. 2000. Т. 26. № 5. С. 151—172.
14. Юматов Е. А., Кузьменко В. А., Бадиков В. И., Глазачев О. С., Иванова Л. И. Экзаменационный эмоциональный стресс у студентов // Там же. 2001. Т. 27. № 2. С. 104—111.

УДК 547.532:541.128:547.525.5

Е. Н. Крылов

СТЕРИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ АЛКИЛЬНЫХ ЗАМЕСТИТЕЛЕЙ В ЭЛЕКТРОФИЛЬНЫХ РЕАКЦИЯХ АЛКИЛБЕНЗОЛОВ ИЛИ С УЧАСТИЕМ АЛКИЛСОДЕРЖАЩИХ РЕАГЕНТОВ

Проведен анализ соотношения между субстратной и позиционной селективностью реакций электрофильного замещения в алкилбензолах (C₁—C₄) и свойствами этих заместителей. Как ориентация электрофила, так и относительная реакционная способность субстратов линейно коррелированы на стерические эффекты алкильных заместителей. Наблюдаемые эффекты Натана — Бейкера обусловлены сольватационными явлениями.

The analysis of the correlation between substrat and positional selectivity of electrophilic substitution reaction in alkylbenzenes C₁—C₄ and effects of radicals are organized. Both orientation of electrophile and relative reaction ability of substrates are correlated on steric effects of alkyl groups in the substrates. The observed Natan — Baker's effects are stipulates for the solvation effects.

Ключевые слова: алкилбензолы, электрофильное замещение, эффекты заместителей.

Реакции электрофильного замещения в алкилбензолах (XPh, где X — алкил C_nH_{2n+1}) сопровождаются образованием изомерных продуктов, соотношение между которыми (позиционная селективность) и относительная реакционная способность (субстратная селективность) определяются как видом заместителя [17], так и условиями реакции [3]. Кроме того, важную роль играет [25] нуклеофильная стабилизация переходного состояния, структурно подобного σ-комплексу в соответствии с постулатом Хэммонда [18], затруднения которой при увеличении размера заместителя дестабилизируют переходное состояние и увеличивают энергетический барьер реакции. Поэтому при сульфировании [12, 14], нитровании [13] и бромировании [11] алкилбензолов ориентация электрофила определяется не электронными, а стерическими эффектами заместителей, преобладающими вследствие сольватационного контроля реакции в соответствии с теорией возмущений [5]. Признаком этого является линейность корреляций субстратной и позиционной селективностей реакций на стерические параметры алкилов E_s⁰. При этом ряд активности алкилбензолов меняется с обычного (MePh < EtPh < i-PrPh) на противоположный, что соответствует субстратному эффекту Натана — Бейкера [20].

Для других реакций электрофильного замещения в алкилбензолах (или протекающих с участием алкилсодержащих реагентов) аналогичные зависимости известны только на чисто качественном уровне. Поскольку эти реакции протекают через лимитирующую стадию образования σ-комплексов, то для них должна наблюдаться аналогичная картина и на количественном

уровне, т. к. эффект Натана — Бейкера имел место при сольватации арено-ниевых ионов [19].

И действительно, реакция (1) аминирования XPh в дихлорэтаноле и дихлорбензоле [21] с помощью NCl₃, протекающая как электрофильная, подчиняется тем же закономерностям, что и описанные ранее [11—14] реакции сульфирования, нитрования и бромирования.



Изомерный состав продуктов в данной работе определен не был, однако пара-/орто-субстратная селективность реакции указывает на определяющую роль стерических факторов при замещении, поскольку величины относительной активности (K) располагаются в ряд K(H) = 0.05, K(Me) = 1, K(Et) = 0.8, K(i-Pr) = 0.6. Эта зависимость (см. табл. 1, N 1) соответствует падению активности алкилбензолов при увеличении размера алкильного заместителя и субстратному эффекту Натана — Бейкера.

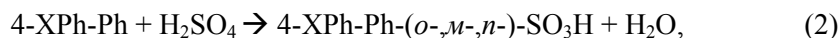
Таблица 1

Корреляции субстратной (lgK_{отн.}) и позиционной (lg2Π/O) селективности, факторов парциальных скоростей (lgF) реакций электрофильного замещения в алкилзамещенных субстратах и стерических эффектов X (E_s⁰) в виде Y = a*Z + b

N	Y	Z	a	±s(a)	B	±s(b)	R	Sad
1	lgK(X)	E _s ⁰	0.60	0.01	0.004	0.006	0.999	0.01
2	lgF _p	E _s ⁰	0.04	0.006	1.87	0.01	0.972	0.01
3	ln(1-/2)	E _s ⁰	2.69	0.23	-1.34	0.27	0.989	0.37
4a	lgK _{отн.}	E _s ⁰	1.50	0.32	1.44	0.17	0.957	0.19
4b	lgF _o	E _s ⁰	2.80	0.24	1.72	0.13	0.993	0.14
4c	lgF _p	E _s ⁰	1.13	0.27	2.53	0.15	0.949	0.16
4d	ln(F _p /F _o)	LnK _{отн.}	-1.01	0.24	2.33	0.23	-0.950	0.22
5	S	E _s ⁰	3.25	0.34	4.00	0.40	0.985	0.55
6a	lnK	E _s ⁰	0.69	0.17	-0.75	0.20	0.896	0.28
6b	lnK	E _s ⁰	0.67	0.15	-0.88	0.18	0.913	0.25
6c	lnK	E _s ⁰	0.70	0.04	1.31	0.04	0.995	0.06
7	ln(2Π/O)	E _s ⁰	-0.88	0.11	-0.49	0.13	-0.977	0.18
8a	ln(2Π/O)	E _s ⁰	-0.37	0.06	0.96	0.08	-0.959	0.10
8b	ln(2Π/O)	E _s ⁰	-0.39	0.03	0.95	0.03	-0.993	0.04
9	ln(2Π/O)	E _s ⁰	-0.65	0.08	0.49	0.10	0.984	0.13

Примечание: s(a), s(b) — абсолютные ошибки в коэффициентах корреляционных уравнений; коэффициенты корреляции R удовлетворяют проверке на статистическую значимость по критерию Стьюдента.

В реакции сульфирования алкилдицифенилов и дифенила H₂SO₄ (2) в PhNO₂ при 25 °C [8] наблюдается падение парциальных факторов скоростей пара- (4'-) замещения (F_p) относительно алкильной группы (см. табл. 2).



$$\lg F_p = (0.28 \pm 0.21) - (2.90 \pm 0.37) \cdot \sigma_0, R = 0,94. \quad (3)$$

Корреляция (3), обнаруженная в [8], между $\lg F_p$ и σ_0 -константами заместителей аналогична корреляции $\lg F_p$ на E_s^0 (см. табл. 1, N 2) и не противоречит уменьшению активности 4-положения в алкилдифенилах при увеличении X (при одновременном увеличении донорных свойств заместителей), так что сольватационный эффект среды проявляется в позиционном эффекте Натана — Бейкера через геометрию (эффективный объем) заместителя.

Таблица 2

Парциальные факторы замещения в 4'-положение (F_p)
и относительные их величины F_p(отн.)
при сульфировании 4-алкилдифенилов (4-XPh-Ph) серной кислотой [8]

X	4-Me	4-Et	4-i-Pr	4-t-Bu	H
F _p	3600	3500	3400	3270	550
F _p (отн.)	6.55	6.36	6.18	5.95	1.0

Чувствительность реакции к изменению размера алкила невелика, т. к. небольшая величина заряда на ипсо-атоме углерода, несущем заместитель (делокализация заряда с этого атома затруднена стерическим эффектом алкилов), вследствие затрудненной передачи электронных эффектов через дифенильную систему [7]. Сопоставление зарядов на ипсо-атомах в *para*-σ-комплексах, образованных протонированием толуола и 4-метилдифенила подтверждает это, поскольку в σ-комплексе толуола, полученном протонированием по 4-положению, на атоме углерода, несущем метильную группу, заряд составляет 0.977e (в *ortho*-σ-комплексе 1.266e), а в протонированном по положению 4'-метилдифениле — 0.623e (квантовохимический расчет V3LYP/6-311+G** в схеме CHELPG). Расчет методом AM1 демонстрирует еще большее различие в указанных зарядах: 0.218e, 0.142e и 0.067e соответственно. Делокализация такого заряда на растворитель требует меньшей нуклеофильной поддержки со стороны среды в соответствии с концепцией Шуберта.

При алкилировании нафталина (NfH) галогеналканами по Фриделю — Крафтсу в CS₂ (4) образуется равновесная смесь 1- и 2-алкилнафталинов [23] (указан X и соотношение изомеров 2-/1- : Me 75.5/24.5, Et 90.5/9.5, i-Pr 98.5/1.5, t-Bu 99.8/0.2). Состав ее определяется стерическим эффектом X из-за малых различий в их электронных эффектах (см. табл. 1, N 3) аналогично равновесному 2П/О-соотношению в алкилбензолсульфоокислотах [9].



При алкилировании XPh (X = Me, Et, i-Pr) 3-иод,1-пропенном в среде H₂SO₄ [15] стерические эффекты X проявляют себя как в субстратной, так и позиционной селективности реакции, чему способствует большой размер реагента. Полученные по данным цитированной выше работы корреляции

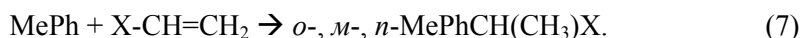
относительной константы скорости ($K_{\text{отн.}}$, относительно бензола: Me 4.78, Et 1.89, i-Pr 1.31) и парциальных факторов скорости *орто*- (F_o : Me 6.11, Et 1.59, i-Pr 0.56) и *пара*-замещения (F_p : Me 13.83, Et 6.69, i-Pr 5.23) (см. табл. 1, N 4а, б, с соответственно) подтверждают это, поскольку не только *орто*-, но и *пара*-замещение затрудняется пропорционально стерическому эффекту X. Более того, субстратная и позиционная селективность в этом процессе изменяются антибатно, как при нитровании, сульфировании и бромировании [11—14], что соответствует сольватационному контролю [10] реакции (см. табл. 1, N 4d и уравнение (5)).

$$\ln K_{\text{отн.}} = -(0.89 \pm 0.21) \cdot \ln(2\Pi/O) + (2.16 \pm 0.33), R = 0.950, \text{Sad} = 0.21, n = 3. \quad (5)$$

При формилировании [1] N-алкилпирролов по Вильсмейеру — Хааку (6) соотношение количеств образующихся 2- и 3-альдегидов (S) уменьшается при увеличении алкила в ряду Me ($S = 100$), Et (11.5), i-Pr (1.9), t-Bu (0.071) и коррелирует линейно на параметр E_s^0 для алкила (см. табл. 1, N 5), что свидетельствует о преобладающей роли стерических эффектов при ориентации (здесь Rуг — радикал пирролил).



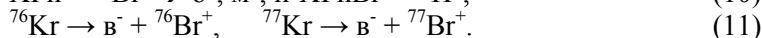
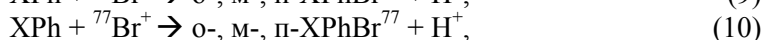
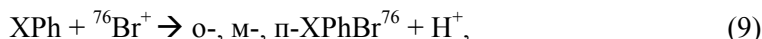
При алкилировании MePh алкенами (7) [2] в каталитическом процессе на контакте с $\text{BF}_3 \cdot \text{H}_3\text{PO}_4$ при температуре 20—60° С по мере увеличения эффективного объема алкена коэффициент корреляции между относительной константой скорости и параметром E_s^0 для алкила в субстрате становится более высоким (см. табл. 1, пропилен, N 6а; 1-бутен, N 6б; изобутилен, N 6с).



При гидроксילировании алкилбензолов (8) с $\text{X} = \text{C}_1\text{—C}_4$ 30 % H_2O_2 в $\text{HF} \cdot \text{BF}_3$ при -78° С [24] ориентация определяется стерическим эффектом заместителей с линейной корреляцией $\ln(2\Pi/O)$ и стерических констант алкилов E_s^0 (см. табл. 1, N 7).



В реакциях (9, 10) атомов $^{76}\text{Br}^+$ и $^{77}\text{Br}^+$ [22], образованных бета-распадом соответственно ^{76}Kr и ^{77}Kr , с алкилбензолами в жидкой фазе (в среде углеводорода) при 25° С образуются изомерные бромалкилбензолы:



Отношение количеств изомеров хорошо описывается корреляционным уравнением, аналогичным вышеприведенным, а стерические эффекты X определяют как позиционную, так и субстратную селективность, поскольку выход продуктов бромирования уменьшается в ряду от MePh к t-BuPh, а

между $\ln(2P/O)$ и E_s^0 заместителей имеет место линейная корреляция (см. табл. 1, N 8a для реакции с $^{76}\text{Br}^+$, 8b для $^{77}\text{Br}^+$).

Ориентация нитрогруппы при КИОДАЙ-нитровании алкилбензолов ($X = \text{Me}, \text{Et}, \text{t-Bu}$) [16] с помощью NO_2 и O_3 , которые образуют электрофил NO_3 , удовлетворительно описывается линейным корреляционным уравнением (см. табл. 1, N 9).

Стерические эффекты алкильных заместителей проявляются не только при *орто*-, но и при *пара*-замещении, поскольку парциальные факторы скоростей последнего уменьшаются в ряду $\text{Me} > \text{Et} > \text{n-Bu} > \text{i-Pr}$ при нитровании в MeCN (17.9, 14.3, 6.7, 4.1, 75 °C), 85 %-й AcOH (16.7, 12.5, 8.4, 6.8, 75 °C), Ac_2O (28.6, 23.8, 17.7, 15.3, 25 °C) [13] и бромировании в Ac_2O (49.9, 40.3, 37.0, 30.3, 75 °C), 70 %-й AcOH (402.1, 302.8, 277.8, 175.1, 50 °C), 85 %-й AcOH (378.3, 151.8, 133.9, 61.4, 75 °C) [11].

Это согласуется с квантовохимическим расчетом (MOPAC ver. 6.0, AM1, RMS-градиент 0.01 ккал/моль*Е) модельных пара- σ -комплексов алкилбензолов с протоном, сольватированных молекулой воды по атому углерода, несущему заместитель. В ряду $X = \text{H}, \text{Me}, \text{Et}, \text{n-Pr}, \text{i-Pr}, \text{t-Bu}$ энергия стабилизации этих комплексов растворителем (различие в энергии между сольватированным комплексом и комплексом с удаленной молекулой воды) уменьшается, хотя и не вполне систематично (-8.77, -6.40, -7.26, -6.03, -6.37, -5.07 ккал/моль).

Наблюдаемые явления свидетельствуют о том, что стерический контроль селективности реакций ароматического замещения в алкилбензолах представляет собой достаточно общее явление, вызванное преобладанием сольватационных эффектов над электронными. В этой связи становится понятным, почему алкилбензолы обычно образуют особые реакционные серии, при детальном анализе выпадающие из широких наборов заместителей [6]. Кроме того, представляется вероятным, что понятие гиперконъюгации, обычно используемое для объяснения реакционной способности алкилбензолов и других систем, имеющих алкильные заместители, не является необходимым, представляя собой физико-математический артефакт. Описание эффектов Натана — Бейкера в реакционной способности таких субстратов возможно на основе представлений о стерических эффектах алкилов и сольватационных свойствах среды. От использования гиперконъюгации как явления в корреляционном анализе предлагалось отказаться и ранее [4].

Библиографический список

1. Беленький Л. И. // ХГС. 1980. № 12. С. 1587—1605.
2. Вороненков А. В., Алиев А. А., Кутраков А. В., Вороненков В. В. // ЖОрХ. 1999. Т. 35. Вып. 2. С. 324—326.
3. Днепровский А. С., Темникова Т. А. Теоретические основы органической химии. Л.: Химия, 1991. 560 с.
4. Дьюар М. Сверхсопряжение. М.: Мир, 1965. С. 205.
5. Дьюар М., Догерти Р. Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии. М.: Мир, 1977. 696 с.
6. Дюмаев К. М., Королев Б. А. // Успехи химии. 1980. Т. 49. Вып. 11. С. 2065—2085.
7. Зарайский А.П. // ЖОХ. 1987. Т. 57. № 10. С. 2390—2391.

Диагностика механизма реакции ароматического десульфирования на основе теории Баннета и Баннета — Олсена

8. Качурин О. И., Величко Л. И. // Укр. хим. журн. 1977. Т. 43. № 1. С. 62—67.
9. Крылов Е. Н. // ЖОХ. 1978. Т. 47. Вып. 11. С. 2475—2478.
10. Крылов Е. Н. Образование и реакционная способность органических производных сульфонильной серы и родственные реакции: Дис. ... д-ра хим. наук. Иваново, 2003. 383 с.
11. Крылов Е. Н., Парамонова О. К. // ЖОрХ. 1988. Т. 24. Вып. 1. С. 168—174.
12. Крылов Е. Н., Хохлова С. Г. // 1982. Т. 52. Вып. 2. С. 390—393.
13. Крылов Е. Н., Хромова И. Н. // ЖОрХ. 1985. Т. 21. Вып. 11. С. 2382—2390.
14. Крылов Е. Н., Хутова Т. А. // ЖОХ. 1977. Т. 47. Вып. 8. С. 1601—1605.
15. Магеррамов М. Н. // ЖОрХ. 1982. Т. 18. Вып. 1. С. 133—135.
16. Нокояма Н., Мори Е., Судзуки Х. // ЖОрХ. 1998. Т. 34. Вып. 11. С. 1591—1601.
17. Реутов О. А., Куриц А. Л., Бутин К. П. Органическая химия: В 3 т. М.: Изд-во МГУ, 1999. Т. 2. Гл. 13. С. 397—495.
18. Сайкс П. Механизмы реакций в органической химии. М.: Мир. 1991. С. 145—182.
19. Arnett E. M., Abboud J. L. M. // J. Am. Chem. Soc. 1975. Vol. 97. № 13. P. 3865—3867.
20. Baker J. W., Nathan W. S. // J. Chem. Soc. 1935. P. 1844—1847.
21. Kovachic P., Levisky J. A., Goralsky C. T. // J. Am. Chem. Soc. 1966. Vol. 88. № 1. P. 100—103.
22. Moerlein S. M., Welsh M. J., Wolf A. P. // J. Am. Chem. Soc. 1983. Vol. 105. № 16. P. 5418—5428.
23. Olah G. A., Olah J. A. // J. Am. Chem. Soc. 1976. Vol. 98. № 7. P. 1839—1842.
24. Olah G. A., Fung A. P., Keumi T. // J. Org. Chem. 1983. Vol. 46. № 21. P. 4305—4306.
25. Schubert W. M., Gurka D. F. // J. Am. Chem. Soc. 1969. Vol. 91. № 9. P. 1335—1351.

УДК 541.12.038.2:547.541.1:542.938.2

Е. Н. Крылов

ДИАГНОСТИКА МЕХАНИЗМА РЕАКЦИИ АРОМАТИЧЕСКОГО ДЕСУЛЬФИРОВАНИЯ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ БАННЕТА И БАННЕТА-ОЛСЕНА

Проведена диагностика механизма реакции десульфирования мезитилсульфокислоты в серной кислоте при 25 °С в диапазоне концентраций 8—90 мас. % по соотношениям Баннета и Баннета — Олсена. На основе экспериментальных данных подтверждено нуклеофильное содействие молекул воды при реализации переходного состояния этой реакции, соответствующее принципу микроскопической обратимости и наличию кинетического изотопного эффекта, и показано, что число молекул воды в переходном состоянии изменяется от 3 до 1 при увеличении концентрации десульфорирующей серной кислоты. Обнаруженные зависимости указывают на реализацию механизма ASEi.

The diagnostic of the mechanism of the desulfonation reaction of the mesitilenesulphonic acid in sulphuric acid within the range of concentration 8—90 mas. % under 25 °С on base of the correlations Bannet and Bannet — Olsen is carry out. Nucleophilic assistance of the molecules of water is confirmed on the ex-

periments at realization of the transition state to this reactions, corresponding to principle of microscopic reversibility and presence of kinetic isotopic effect. It is shown that number of the molecules of water in transition state of reaction changes from 3 to 1 by increasing of the concentrations of desulphonating sulphuric acid . The discovered dependencies point to realization of the mechanism ASEi.

Ключевые слова: мезитиленсульфокислота, десульфирование, нуклеофильное содействие среды.

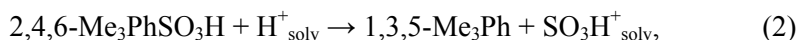
Реакция ароматического десульфирования (1) относится к числу реакций, механизм которых строго не установлен, а участие среды в реализации переходного состояния не вполне определено.



Предполагается возможной реализация механизмов A1 [18], AS_E2 [13] и AS_Ei [1, 5]. Для последнего доказательством участия одной молекулы воды в структуре переходного состояния служит единичный наклон линейной зависимости логарифма эффективной константы скорости десульфирования ($\lg K_{d, \text{eff}}$) от $\lg a(\text{H}_2\text{O})$ [1], где $a(\text{H}_2\text{O})$ — активность воды, и от $\lg a(\text{H}_2\text{O}) * a(\text{HX})$, где HX — десульфорирующая кислота, а также от $\lg(\text{H}_3\text{O}^+)$ [6]. Последняя зависимость, однако, интерпретирована некорректно, поскольку она соответствует участию в переходном состоянии гидроксоний-катиона и молекулы воды [2].

Известно [9], что реакция (1) нечувствительна к виду носителя протона, поэтому $\lg K_{d, \text{eff}}$ определяется только его активностью, что затрудняет диагностику участия среды. Протон в разбавленных водных растворах минеральных кислот дважды гидратирован в ионе H_5O_2^+ [10], который по мере увеличения концентрации кислоты уступает место тройным кластерам $\text{HOH} \dots \text{H}^+ \dots \text{X}$. При изменении концентрации кислоты в широких пределах концентрация свободной воды также меняется, что обуславливает возможность участия переменного количества ее молекул в переходном состоянии реакции (1).

Нуклеофильное участие молекул воды в переходном состоянии реакции десульфирования можно установить анализом ее кинетики на основе соотношения Баннета [16]. Для слабоосновных субстратов (мезитиленсульфокислота — слабое основание по ключевому атому углерода, несущему сульфогруппу, по которому происходит протонирование при десульфировании) эффективная константа скорости ($K_{d, \text{eff}}$) реакции (2) выражается соотношением (3):



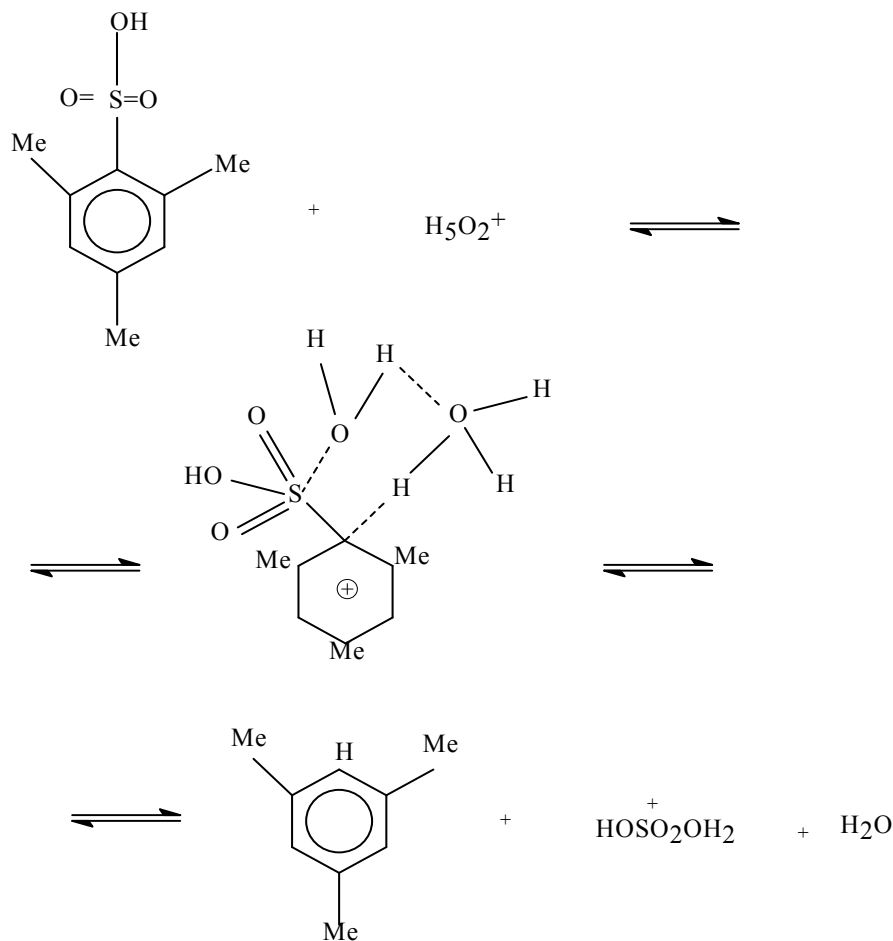
$$K_{d, \text{eff}} = (K_{r, \text{ист}} / K_{\text{SH}^+}) * h_0 * a(\text{H}_2\text{O}) * f_{\text{BH}^+} * f_{\text{S}} / f_{\text{B}} * f^{\#}, \quad (3)$$

где $K_{r, \text{ист}}$ — истинная константа скорости, не зависящая по определению от кислотности среды, K_{SH^+} — кислотность протонированной формы субстрата, h_0 — кислотность среды по Гаммету, f — коэффициенты активности BH^+ , сульфокислоты, основания и переходного состояния соответственно. Вывод уравнения (3) основан на теории Баннета [16]. При работе с одним субстра-

Диагностика механизма реакции ароматического десульфирования на основе теории Баннета и Баннета — Олсена

том $\lg K_{d, \text{eff}} + \text{Ho} = W \cdot a(\text{H}_2\text{O}) + B$, где W — число молекул воды в переходном состоянии, B — свободный член корреляции.

Зависимость $(\lg K_{d, \text{eff}} + \text{Ho})$ vs $\lg a(\text{H}_2\text{O})$ нелинейна (см. табл.), причем величина W меняется в интервале 0.49—2.77. Этот параметр интерпретируется в представлениях [16, 17] как гидратационный параметр переходного состояния, что определяет нуклеофильное участие воды при его реализации. Переменное значение W указывает на реакцию с механизмом, в структуре которого изменяется количество молекул воды в переходном состоянии. Коэффициент B изменяется примерно на порядок за счет изменения коэффициентов активности субстрата и переходного состояния. Участие воды согласуется с наличием кинетического изотопного эффекта при десульфировании мезитиленсульфокислоты в дейтеросерной кислоте при 25 °С ($K_{\text{H}}/K_{\text{D}} = 2.8 \pm 0.6$ [9]), поскольку перенос протона происходит в стадии, лимитирующей скорость, и соответствует принципу микроскопической обратимости, т. к. переходное состояние реализуемо как при сульфировании с участием молекулы протонированной серной кислоты, так и при отщеплении сульфогруппы (см. рис.). Здесь представлен вариант течения реакции для случая $W = 2$.



Нуклеофильное содействие среды
в реакции десульфирования мезитиленсульфокислоты

Литературные значения W для других кислотокатализируемых реакций гидролиза изменяются в диапазоне 1.2—3.3 [16, 17], однако для каждой реакции эта величина сохраняется постоянной в рабочем диапазоне изменения концентрации каталитической кислоты, что свидетельствует о сохранении единой структуры переходного состояния и участии в нем от 1 до 3 молекул воды в зависимости от вида реакции. Для реакции ароматического десульфирования это не так (см. табл.).

Десульфирование МСК в H_2SO_4 : нуклеофильное содействие воды.
 $\lg K_{d, \text{eff.}} + H_0 = W * \lg a(H_2O) + B$ (4)

N	C	$-\lg K_{d, \text{eff}}$	$-H_0$	$-(\lg K_{d, \text{eff}} + H_0)$	$-a(H_2O)$	m	W, B, Sad, R, n (номера точек)
1	9.94	8.48	0.35	8.83	0.019	49.4	2.77±0.33; -8.83±0.04; 0.04; 0.973; 5 (1—5)
2	20.15	7.96	1.06	9.02	0.056	21.6	
3	29.67	7.48	1.71	9.19	0.121	12.9	
4	30.12	7.46	1.73	9.19	0.125	12.6	
5	35.08	7.22	2.06	9.28	0.179	10.3	
6	39.86	6.96	2.41	9.37	0.246	8.2	1.13±0.05; -9.08±0.02; 0.02; 0.993; 6 (4—9)
7	40.36	6.93	2.45	9.38	0.254	8.0	
8	45.01	6.63	2.86	9.49	0.339	6.7	
9	49.92	6.32	3.29	9.61	0.435	5.5	
10	55.12	5.94	3.80	9.74	0.606	4.5	
11	59.54	5.56	4.31	9.87	0.770	3.7	0.49±0.03; -9.51±0.06; 0.09; 0.984; 9 (9—17)
12	64.91	5.03	5.04	10.07	1.025	2.9	
13	69.70	4.48	5.76	10.24	1.318	2.4	
14	75.16	3.82	6.67	10.49	1.754	1.8	
15	79.38	3.32	7.36	10.68	2.237	1.4	
16	84.85	2.66	8.28	10.94	2.854	1.0	
17	89.41	2.17	8.92	11.09	3.526	0.6	

Примечания. Sad — оценка дисперсии адекватности; параметр m — число молей H_2O на моль H_2SO_4 , C — ее концентрация, мас. %.

Наблюдаются три интервала экспериментальных данных (N 1—5, 4—9 и 9—17), в которых угловой коэффициент систематически уменьшается от 2.77 (≈ 3 молекулы воды в переходном состоянии), до 1.13 (одна молекула) и 0.49 (часть реакционных потоков не требует участия воды в переходном состоянии). Второй участок соответствует участию в переходном состоянии ионной пары $H_3O^+ \dots HSO_4^-$. Известно, что бисульфат-анион как нуклеофил слабее воды примерно в 1000 раз, однако при концентрации серной кислоты около 80 мас. % его концентрация как раз примерно в 1000 раз больше, чем концентрация воды. Этот факт объясняет отсутствие изменения углового коэффициента зависимости $\lg K_{d, \text{eff}} vs H_0$ [1, 9] в этой области концентраций десульфорирующей серной кислоты и нечувствительность константы скорости реакции десульфирования к виду носителя протона [9].

**Диагностика механизма реакции ароматического
десульфирования на основе теории Баннета и Баннета — Олсена**

Последний участок соответствует переходной зоне, где механизм может измениться до А1 в связи с увеличением степени протонирования, на что указывает резкое изменение эффективной энергии активации процесса десульфирования. По данным [7], для м-толуолсульфокислоты она изменяется от 140 до 116 кДж/моль, т. е. на 26 кДж/моль. В этой же области происходит пересольватация протона, поэтому ион H_5O_2^+ постепенно вытесняется ионом $\text{HOH}\dots\text{H}^+\dots\text{HSO}_4^-$ [11].

Нелинейность зависимости между $\lg K_{d, \text{eff}} + \text{H}_0$ и $\lg a(\text{H}_2\text{O})$ может быть описана в рамках полиномиальной модели, причем при степени полинома, равной двум, величина S_{ad} равна 0.09 для всего диапазона изменения концентрации серной кислоты ($n = 17$), а при степени 3 эта величина уменьшается до 0.07 при одновременном (естественном) улучшении коэффициента корреляции в соответствии с (5) и (6):

$$\lg K_{d, \text{eff}} + \text{H}_0 = (-9.04 \pm 0.04) + (1.14 \pm 0.07) * \lg a(\text{H}_2\text{O}) + (0.16 \pm 0.02) * (\lg a(\text{H}_2\text{O}))^2$$

$$R = 0.985, S_{ad} = 0.09, n = 17; \quad (5)$$

$$\lg K_{d, \text{eff}} + \text{H}_0 = (-8.97 \pm 0.03) + (1.53 \pm 0.12) * \lg a(\text{H}_2\text{O}) + (0.48 \pm 0.09) * (\lg a(\text{H}_2\text{O}))^2 +$$

$$(0.06 \pm 0.02) * (\lg a(\text{H}_2\text{O}))^3, R = 0.992, S_{ad} = 0.07, n = 17. \quad (6)$$

Свободные члены этих корреляций совпадают с точностью до ошибки эксперимента, однако коэффициенты при $\lg a(\text{H}_2\text{O})$ и квадрате этой величины отличаются значимо.

Зависимость (7) в координатах уравнения Баннета — Олсена ($\lg K_{d, \text{eff}} + \text{H}_0$) vs ($\text{H}_0 + \lg C_{\text{H}^+}$) с угловым коэффициентом $\Phi = 0.29$ для мезитиленсульфокислоты также линейна:

$$(\lg K_{d, \text{eff}} + \text{H}_0) = (0.29 \pm 0.01) * (\text{H}_0 + \lg C_{\text{H}^+}) - (8.89 \pm 0.02),$$

$$S_{ad} = 0.04, R = 0.998, n = 17. \quad (7)$$

Величина сольватационного коэффициента Φ соответствует представлениям об участии молекул воды в переходном состоянии реакции ароматического десульфирования и удовлетворительно (с учетом величины параметра $m^\#$, равного 0.86 ± 0.09) согласуется с величиной m^* , наблюдаемой при использовании функции избыточной кислотности X в корреляции $\lg K_{d, \text{eff}} - \lg C_{\text{H}^+} = m^\# m^* X$ [9], и соотношениям $m^* \approx 1 - \Phi$, $m^\# m^* = 1$ [18] (здесь $m^\#$ определяется видом протонируемого в реакции атома и для ароматического атома C равно 1.2—1.6, в среднем 1.4). Для других кислотнокатализируемых реакций гидролиза значения Φ составляют от 0.22 до 0.56 [16, 17] и остаются постоянными для каждой реакции, что наблюдается и для реакции ароматического десульфирования. Величина свободного члена в приведенной выше корреляции соответствует ожидаемому значению $rK_{\text{ВН}^+}$ мезитиленсульфокислоты по ключевому атому углерода (≈ -9) согласно представлениям [15] и величинам σ -констант Гаммета для группы CH_3 .

Квантовохимический расчет циклической структуры (см. рис.) с участием молекулы воды, ориентированной атомом кислорода на атом сульфонильной серы, а атомом водорода на атом кислорода, гидроксоний-катиона

показывает, что она на 22 ккал/моль более устойчива, чем аналогичная структура с удаленной молекулой воды, и на 9.2 ккал/моль более устойчива по сравнению с открытой структурой, не имеющей нуклеофильной поддержки со стороны молекулы воды (не ориентированной на атом сульфонильной серы). Поскольку в цикле перекрывается 10 р-электронов, такая циклическая структура подобна псевдо- π -комплексу Хадсона [13] и псевдоароматична по Эвансу [3], что делает ее энергетически выгодной. Аналогичные структуры переходных состояний предполагаются возможными для другой реакции нуклеофильного замещения на атоме сульфонильной серы — гидролиза арилсульфонилгалогенидов [4]. В последней работе обнаружен ранее считавшийся невозможным [12] бифункциональный катализ этого процесса, что согласуется с предлагаемой структурой переходного состояния при десульфировании. Подобные структуры для реакции газофазного гидролиза метилгалогенидов обнаружил Морокума при газофазном гидролизе метилхлорида в условиях ионного циклотронного резонанса [21].

Экспериментальная часть

Десульфирование мезитилсульфоуксусной кислоты в серной кислоте проводили в воздушном термостате при 25 °С (± 0.1 °С). Концентрация сульфокислоты составляла 1 мас. % для сохранения постоянными параметрами десульфировочной среды (растворителя-реагента). Эффективная константа скорости $K_{d, \text{eff}}$ определена по линейным начальным участкам кинетических кривых (по начальным скоростям): $K_{d, \text{eff}} = W_0/C_0$ (W_0 — начальная скорость, C_0 — начальная концентрация сульфокислоты). Контроль прохождения реакции проводили по продукту реакции (мезитилену), количество которого определяли методом ГЖХ с внутренним стандартом (этилбензол).

Прибор ЛХМ-80, модель 6, пламенно-ионизационный детектор. Газ-носитель — водород, 30 мл/мин, питание и формирование пламени детектора производили микрокомпрессором МК-Л2 через систему газоснабжения СГС-2. Колонка 1000*3 мм, неподвижная жидкая фаза полинитрилсилоксан ХЕ-60, 5 мас. % на носителе хезасорб N-AW-HMDS. Температура термостата колонок 80 °С, температура испарителя и детектора 150 °С.

Этилбензол перегнан при атмосферном давлении с отбором фракции в литературном интервале температур кипения 136—137 °С.

Расчет структуры на рисунке проведен методом AM1 при RMS-градиенте 0.001 ккал/Å*моль (программа PC GAMESS 6.0 [19]).

Библиографический список

1. Багровская Н. А. Исследование закономерностей реакции гидролиза сульфокислот ароматического ряда: Дис. ... канд. хим. наук. Иваново, 1984. 143 с.
2. Винник М. И. // Кинетика и катализ. 1980. Т. 21. № 1. С. 136—158.
3. Дьюар М., Догерти Р. Теория возмущений молекулярных орбиталей в органической химии. М.: Мир, 1977. 695 с.
4. Иванов С. Н. Эффекты среды в реакциях сольволиза функциональных производных ароматических сульфокислот: Автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Иваново, 2004. 36 с.
5. Козлов В. А., Багровская Н. А. // ЖОрХ. 1989. Т. 25. Вып. 6. С. 1280—1288.

**ОКИСЛЕНИЕ ЦИКЛОГЕКСАНА ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА
В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ (II)**

6. Козлов В. А., Багровская Н. А. // Изв. вузов. Химия и хим. технология. 1986. Т. 29. Вып. 9. С. 44—47.
7. Козлов В. А., Багровская Н. А. // ЖОрХ. 1986. Т. 22. Вып. 2. С. 365—368.
8. Козлов В. А., Попкова И. А. // Там же. 1982. Т. 18. Вып. 4. С. 881—886.
9. Крылов Е. Н. Образование и реакционная способность органических производных сульфониальной серы и родственные реакции: Дис. ... д-ра хим. наук. Иваново, 2003. 383 с.
10. Либрович Н. Б. // Хим. физика. 1994. Т. 13. Вып. 7. С. 58—59.
11. Либрович Н. Б., Майоров В. Д. // Изв. АН СССР. Сер. хим. 1977. № 3. С. 684—687.
12. Литвиненко Л. М., Савелова В. А., Соломойченко Т. Н., Заславский В. Г. Кинетика и механизм реакций нуклеофильного замещения у тетракоординированного атома серы в ряду производных ароматических сульфокислот // Структура, реакционная способность органических соединений и механизмы реакций. Киев: Наук. думка, 1980. С. 3—68.
13. Реакционная способность и пути реакций / Ред. Г. Клопман. М.: Мир, 1977. С. 89.
14. Смирнов А. И., Винник М. И. // ЖФХ. 1979. Т. 53. Вып. 5. С. 1247—1252.
15. Arnett E. M., Scorrano G. // Adv. Phys. Org. Chem. 1976. Vol. 13. P. 4—153.
16. Bunnett J. F. // J. Am. Chem. Soc. 1961. Vol. 83. № 24. P. 4968—4973, 4973—4977.
17. Cox R. A. // Adv. Phys. Org. Chem. 2000. Vol. 35. P. 1—66.
18. Cox R. A., Yates R. // Can. J. Chem. 1983. Vol. 61. № 10. P. 2225—2243.
19. Granovsky A. A. <http://classic.chem.msu.su/gran/games/index.html>
20. Long F. F., Paul M. A. // Chem. Rev. 1957. Vol. 10. P. 985—1010.
21. Morokuma K. // J. Am. Chem. Soc. 1982. Vol. 104. № 13. P. 3732—3735.

УДК 542.943.7

Д. Н. Рамазанов, М. В. Ключев

**ОКИСЛЕНИЕ ЦИКЛОГЕКСАНА ПЕРОКСИДОМ ВОДОРОДА
В ПРИСУТСТВИИ КОМПЛЕКСОВ МЕДИ (II)**

Изучено окисление циклогексана пероксидом водорода в присутствии комплексов меди (II) в мягких условиях (323 К, 1 атм., органические растворители). Показано, что наибольшей активностью обладает комплекс меди (II) с диметилглиоксимом. В его присутствии циклогексан окисляется до смеси циклогексанола, циклогексанона и адипиновой кислоты, состав которой зависит от условий окисления.

Cyclohexane oxidation under the action of hydrogen peroxide in the presence of copper (II) complexes in the mild conditions (323 K, 1 atm., organic solvents) has been studied. It is shown that complex of copper with dimethylglyoxime has the largest activity. In its presence cyclohexane undergoes oxidation to the mixture of cyclohexanol, cyclohexanone and adipic acid, the mixture content being in the dependence on the oxidation conditions.

Ключевые слова: циклогексан, окисление, комплексы меди (II), пероксид водорода, адипиновая кислота.

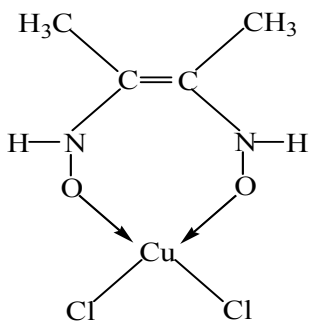
© Рамазанов Д. Н., Ключев М. В., 2008

Работа выполнена в рамках программы «Развитие научного потенциала высшей школы», проект РНП 2.2.1.1.7181.

Окисление алканов и циклоалканов пероксидом водорода, приводящее к получению кислородсодержащих продуктов (спиртов, кислот и кетонов) является относительно экологически чистым процессом. В живой природе органические соединения легко окисляются кислородом воздуха в присутствии ферментов (монооксигеназ), в состав которых входят железо и медь. С другой стороны, в природе за разложение пероксида водорода «отвечает» каталаза, модели которой — порфирины и фталоцианины, давно изучаются в качестве катализаторов указанной реакции [1, 2]. В этой связи представляет интерес изучение окисления модельного субстрата — циклогексана (ЦГ) пероксидом водорода в присутствии комплексов меди (II) с хелатными лигандами, которые с некоторыми допущениями можно считать простейшими моделями как монооксигеназ, так и каталаз.

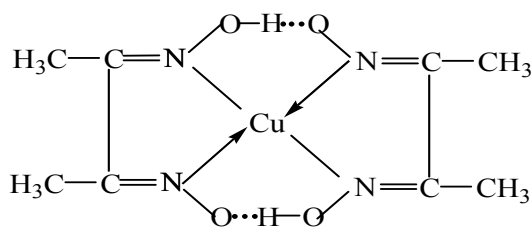
Окислительная функционализация ЦГ представляет огромный интерес, т. к. позволяет получать ценные кислородсодержащие соединения — циклогексанон (ЦГН) и циклогексанол (ЦГЛ), которые служат основой синтеза капролактама и адипиновой кислоты (АДП) — полупродуктов для производства полиамидных материалов. Для производства волокна типа нейлон (нейлон-66) процесс ведут так, чтобы основным продуктом была АДП. Для производства волокна типа капрон (нейлон-6) основным целевым продуктом должен быть ЦГН. Так, по данным [9], в США 71 % ЦГ идет на производство нейлона (через АДП), 19 % на производство капролактама и только 10 % на другие цели.

В настоящей работе были изучены следующие комплексы меди (II): диметилглиоксимат Cu (II) (А), бис-(диметилглиоксимат) Cu (II) (Б), μ -этилендиаминтетраацетато бис-(этилендиаминато) Cu (II) (В) и хлорированный фталоцианин Cu (II) (Г). Эти соединения представляют собой хелатные комплексы разной устойчивости.



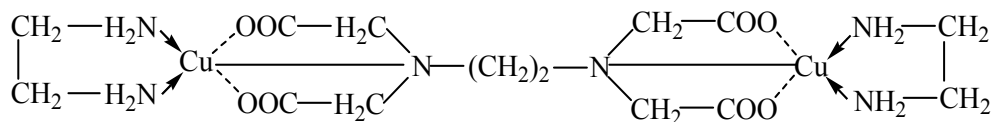
(А)

Диметилглиоксимат Cu (II)



(Б)

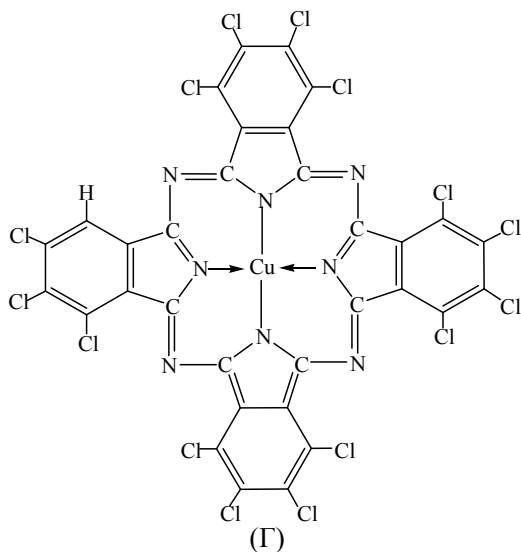
Бис-(диметилглиоксимат) Cu (II)



(В)

 μ -этилендиаминтетраацетато бис-(этилендиаминато) Cu (II)

**Окисление циклогексана пероксидом водорода
в присутствии комплексов меди (II)**



хлорированный фталоцианин Cu (II)

Выбор растворителя (смесь ацетонитрил — вода = 3:1) обусловлен, во-первых, тем, что в нем все изученные комплексы в указанных ниже концентрациях растворимы. Во-вторых, смеси ацетонитрила с водой в разных концентрациях часто используются при проведении окисления и гидроксирования (см., напр., [3, 7]). В табл. 1 и на рис. 1 представлены результаты изучения реакций разложения пероксида водорода и окисления ЦГ в присутствии указанных комплексов. Для сравнения в табл. 1 внесены результаты, полученные при использовании в качестве катализаторов некоторых солей меди (II).

Таблица 1

**Разложение H₂O₂ и окисление ЦГ пероксидом водорода
в присутствии некоторых соединений меди (II)**

№ п/п	Катализатор	Активность, TN, мин ⁻¹	Продукты окисления, %		
			ЦГЛ	ЦГН	АК
1	CuCl ₂ · 2H ₂ O	14,6	—	—	—
2	CuCl ₂ · 2H ₂ O*	3,0	5,3	2,7	7,1
3	CuSO ₄ · 5H ₂ O*	0,0	0	0	0
4	CuДМГ	66,7**	—	—	—
5	CuДМГ*	22,0	3,0	1,8	25,1
6	(Cuen) ₂ Edta	45,0	—	—	—
7	(Cuen) ₂ Edta*	17,5	3,0	1,9	7,2
8	CuPcCl ₁₅	1,1	—	—	—
9	CuPcCl ₁₅ *	1,3	2,3	1,8	Нет данных
10	Cu(ДМГ) ₂	6,5	—	—	—
11	Cu(ДМГ) ₂ *	3,5	1,8	1,2	5,8

Примечания. Условия эксперимента (С моль/л): № 1—7, 10, 11 (время реакции 30 мин; 323 К; растворитель: CH₃CN — 15,449, H₂O — 5,715; C₆H₁₂ — 0,509; H₂O₂ — 1,536; кат. — 1,53 мг Cu²⁺); № 8, 9 (время реакции 30 мин; 323 К; растворитель: CH₃CN — 15,637, H₂O — 5,382; C₆H₁₂ — 0,514; H₂O₂ — 1,352; кат. — 6,15 мг Cu²⁺); * — присутствие C₆H₁₂; ** — время реакции 10 мин.

В изученных условиях наибольшей активностью, выраженной в числе оборотов реакции, обладал комплекс А (табл. 1, № 4). Скорость разложения пероксида водорода растет в ряду $\Gamma < \text{Б} < \text{В} < \text{А}$, по-видимому, совпадающем с увеличением доступности металлоцентра комплекса молекулам пероксида и уменьшением устойчивости хелатного узла. Самый устойчивый — комплекс Γ имеет очень слабые каталитические свойства. Вместе с тем $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ вообще не катализирует разложение H_2O_2 в изученных условиях, а в присутствии $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ скорость реакции превосходит комплексы Б и Г, но существенно ниже, чем в случае А и В (табл. 1., ср. № 1, 4, 6, 8 и 10).

Введение ЦГ приводит к снижению скорости разложения H_2O_2 для всех использованных катализаторов, за исключением соединения Г (см. рис. 1 и табл. 1, ср. № 1 и 2, 4 и 5, 6 и 7, 8 и 9, 10 и 11). Это можно объяснить конкуренцией между молекулами пероксида водорода, ЦГ, а также промежуточных продуктов его окисления (ЦГЛ, ЦГН) за место в координационной сфере металла.

Окисление ЦГ пероксидом водорода в изученных условиях во всех случаях приводит к образованию смеси продуктов, состоящей из ЦГЛ, ЦГН и АДП, состав которой зависит от природы катализатора.

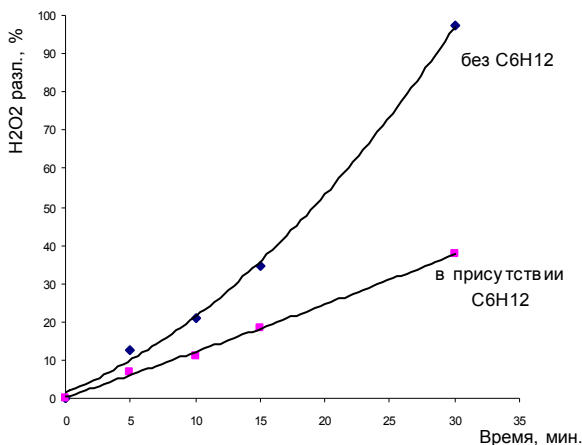


Рис. 1. Разложение пероксида водорода в присутствии *m*-этилендиаминтетраацетата бис- (этилендиаминато) Cu (II): условия эксперимента (С моль/л): C_6H_{12} — 0,509; CH_3CN — 15,449; H_2O — 5,715; H_2O_2 — 1,536; кат. — 1,53 мг Cu^{2+} ; $T = 323 \text{ K}$ 5,715; H_2O_2 — 1,536; кат. — 1,53 мг Cu^{2+} ; $T = 323 \text{ K}$

можно предположить, что в нашем случае процесс протекает не по радикальному, а по молекулярному механизму.

Окисление ЦГЛ пероксидом водорода в присутствии комплекса А приводит к образованию смеси ЦГН и АДП, тогда как окисление ЦГН в сопоставимых условиях дает только АДП. Эти эксперименты позволяют предположить, что в нашем случае окисление ЦГ протекает по следующей схеме (рис. 2).

В сопоставимых условиях за 30 мин реакции образование АДП зафиксировано в случае комплексов А, Б, В и соли $\text{CuCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$.

Наибольший интерес из изученных соединений, представляет комплекс А, в присутствии которого выход АДП достигает 25 % (см. табл. 1, № 5).

В работе [7] показано, что при окислении ЦГ пероксидом водорода в присутствии хромовых катализаторов образуется циклогексил гидропероксид и реакция окисления протекает по радикальному маршруту. В изученных условиях не зафиксировано образование циклогексил гидропероксида. Таким образом, мож-

Окисление циклогексана пероксидом водорода
в присутствии комплексов меди (II)

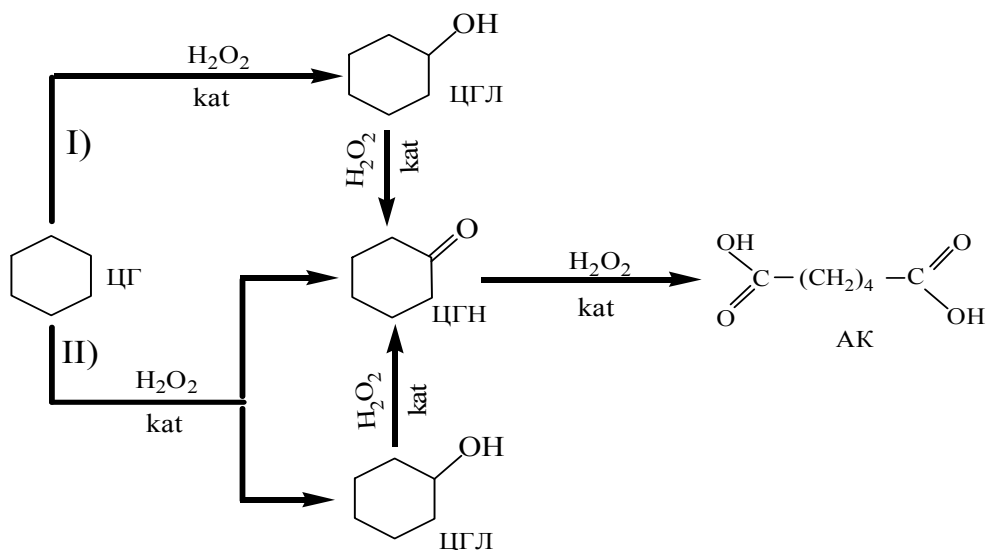


Рис. 2. Предполагаемые пути окисления ЦГ пероксидом водорода до АДП в присутствии комплекса А

Химические превращения, протекающие в процессе окисления ЦГ, очень многообразны. Кроме указанных выше продуктов возможно образование, например, монокарбоновых кислот и сложных эфиров. Дальнейшие эксперименты позволят уточнить предложенную схему процесса окисления ЦГ в присутствии комплекса А.

В настоящее время в промышленности реализовано окисление ЦГ кислородом воздуха в присутствии растворимых катализаторов (нафтената или стеарата Со) при 160—180 °С, давления 9—13 атм., с конверсией субстрата 4—15 % за один проход. Селективность по полезным продуктам 80—85 % [7].

Таблица 2

Сравнение основных показателей процесса жидкофазного окисления ЦГ при 140 и 170 °С в присутствии нафтената кобальта [9] с результатами, полученными для комплекса А

Характеристика процесса	Время реакции, мин	Суммарный выход ЦГЛ и ЦГН, %	Выход АДП, %
1. T = 135—140 °С, степень конверсии циклогексана 10—11 %; 20—30 атм.;	150—180	50—60	20—25
2. T = 135—140 °С, степень конверсии циклогексана 5—6 %; 20—30 атм.;	100—120	65—70	10—15
3. T = 170 °С, степень конверсии циклогексана 5—6 %; 20—30 атм.;	15—20	75—80	2—4
4. T = 50 °С, степень конверсии циклогексана 30 %; 1 атм.	30	16	84

Экспериментальная часть

Комплексы меди (II), синтезировали по известным методикам : диметилглиоксимат Cu (II) (А) [4], бис-(диметилглиоксимат) Cu (II) (Б) [4], μ -этилендиаминтетраацетато бис-(этилендиаминато) Cu (II) (В) [8] и хлорированный фталоцианин Cu (II) (Г) [5].

Окисление ЦГ проводили в термостатированном стеклянном реакторе с магнитной мешалкой. В реактор вносили катализатор, ацетонитрил и ЦГ, термостатировали при заданной температуре при интенсивном перемешивании. После чего добавляли водный раствор пероксида водорода и с этого момента проводили отсчет времени реакции. Через 30 мин отбирали 1 мл реакционной смеси на анализ ЦГН и ЦГЛ.

К отобраным пробам добавляли навеску нафталина в качестве внутреннего стандарта. Анализ осуществляли методом ГЖХ на хроматографе модели 3700 (Россия). Колонка из нержавеющей стали (3 мм x 3,0 м), неподвижная фаза — 5 % силикона ХЕ-60 на носителе Chezasorb AW (0,20—0,36 мм). Газ-носитель — азот (1,8 л/ч). Ионизационно-пламенный детектор. Начальная температура 90 °С, скорость подъема температуры 65 град./мин, конечная температура 170 °С. Анализ на АДП проводили на жидкостном хроматографе «Милихром».

Определение количества пероксида водорода в реакционной смеси проводили следующим образом. В конических колбах заранее готовили рабочие растворы, смешав 10 мл (4 Н) серной кислоты, 10 мл (1 Н) йодида калия, 3 капли молибдата аммония (1 Н). Готовые растворы доводили водой до объема, удобного для титрования. В эти колбы отбирали по 1 мл реакционной смеси, закрывали пробками со шлифом и оставляли на 10 мин в темное место. Раствор заметно темнел. Через 10 мин начинали титрование тиосульфатом натрия (0,1 Н) до бледно-желтого окрашивания, затем добавляли крахмал (1 %), раствор приобретал темно-синюю окраску. После продолжали титрование тиосульфатом натрия (0,1 Н) до полного обесцвечивания и отмечали объем тиосульфата пошедший на титрование. Концентрацию пероксида водорода в растворах рассчитывали на основании результатов иодометрического титрования согласно [6].

Авторы благодарят М. Ю. Ерыкалова за проведенные анализы реакционных смесей на АК.

Библиографический список

1. Березин Б. Д. Координационные соединения порфиринов и фталоцианина. М.: Наука, 1978. 280 с.
2. Клюев М. В., Рамазанов Д. Н., Михеева Н. Н. // Вестн. ИвГУ. 2007. Вып. 3. С. 11—23.
3. Максимов А. Л., Иванова Е. А., Караханов Э. А. // Нефтехимия. 2004. Т. 44. № 6. С. 432—435.
4. Михельсон П. Б., Евтушенко Н. П. // Журн. неорган. химии. 1970. Т. 15. № 6. С. 1539—1543.

**Окисление циклогексана пероксидом водорода
в присутствии комплексов меди (II)**

5. *Николенко Л. Н.* Лабораторный практикум по промежуточным продуктам и красителям. М.: Высш. шк., 1965. С. 271—272.
6. *Новорадовская Т. С. и др.* Лабораторный практикум по курсу «Химическая технология текстильных материалов» / Под ред. Г. Е. Кричевского. М., 1995. 81 с.
7. *Омаров Д. Т.* Низкопроцентные полимерсодержащие хромовые катализаторы жидкофазного окисления циклогексана: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Алматы, 2008. 22 с.
8. *Фридман А. Я.* Химия полядерных смешаннолигандных соединений металлов с комплексонами — производными этилендиамина в водном растворе: Дис. ... д-ра хим. наук. М.: 1986. 366 с.
9. *Фурман М. С. и др.* Производство циклогексанона и адипиновой кислоты окислением циклогексана. М.: Химия, 1967. 240 с.



К РАСЧЕТУ КРУПНОМАСШТАБНОЙ СЕТИ ДЕКОМПОЗИЦИОННЫМ И ДИАКОПТИЧЕСКИМ МЕТОДАМИ В РАМКАХ КАТЕГОРНО-ТЕНЗОРНОЙ МОДЕЛИ СЕТЕЙ. ПОИСК НАИБОЛЕЕ ЭФФЕКТИВНОГО РАЗБИЕНИЯ СЕТИ НА ПОДСЕТИ

В категорно-тензорной модели сетей обсуждается проблема наиболее эффективного деления крупномасштабных сетей на подсети при расчете последних методами декомпозиции и диакоптики.

The problem of effective piece-wise solutions of large networks is discussed.

Ключевые слова: декомпозиция, диакоптика, эффективность, алгоритм.

Ранее авторами в работах [2—4] были предложены два метода расчета крупномасштабных сетей «по частям», значительно сокращающие объем вычислений по сравнению с традиционными методами расчета таких сетей «в лоб». При разработке этих методов была использована идея Г. Крона о разрезании крупномасштабной сети на подсети [1]. В первом методе (методе декомпозиции) разбиение сети на подсети носит чисто математический характер, во втором же методе (диакоптическом) сеть физически разрезается на подсети с последующим эквивалентированием этих подсетей более простыми схемами. В настоящей работе будет сделана попытка ответить на вопрос, на подсети какой размерности следует разбивать крупномасштабную сеть, чтобы добиться наибольшего сокращения объема расчета. Очевидно, что в самом общем виде эта задача не может быть решена в силу того, что объем вычислений является функцией очень многих переменных, выбор которых зависит от топологии исследуемой сети. По этой причине мы наложим на исследуемые сети следующие ограничения: 1) крупномасштабная сеть строится из подсетей с одинаковой топологией, 2) крупномасштабная сеть разбивается на подсети с одинаковой размерностью.

Метод декомпозиции

Анализ алгоритма расчета крупномасштабной сети «по частям» методом декомпозиции приводит к следующему выражению для объема вычислений:

$$\begin{aligned} W(n, b_i, c_i, b_s, c_s) = & 4b_i^3 + 4b_s^3 + 5c_i^2 + 2c_i^3 + 2c_s^3 + 6b_i^2 + 6b_s^2 - b_i c_s + 3b_i b_s + 7b_i c_i - \\ & - 2nb_s c_s + 2nb_s b_i c_s + 2nb_i c_s + 2nb_s c_s c_i - 4b_s + 7c_s^2 - 3b_i - 2c_i + 8b_s c_s + 6c_i^2 b_i + 6c_s^2 b_s + \\ & + c_i b_s - c_i c_s + 14b_i^2 c_i + 8b_s^2 c_s + 6b_i^2 c_s + 2b_i b_s^2 + 2b_i^2 b_s + 4nb_i^2 c_s + 2b_i b_s c_s + 6b_i c_i c_s + \\ & + 2c_i^2 c_s - 2nc_s^2 + 2nc_s^2 c_i + 2nc_s^2 b_i - 3nc_s + 2c_i b_i b_s + 2nc_s c_i, \end{aligned} \quad (1)$$

где n — количество подсетей, b_i — число независимых узловых пар в подсетях, c_i — число независимых контуров в подсетях, b_s — число независимых узловых пар в сети обмена, c_s — число независимых контуров в сети обмена.

Исследуем эту функцию для сетей, имеющих определенную топологию.

А. Сеть первого типа

В случае сетей первого типа связь между подсетями является минимальной (рис. 1).



Рис. 1. Сеть первого типа

Для таких сетей имеют место соотношения: $b_s = c_s$, $b_s = n - 1$,

$b_i = \frac{2(N+2)}{3n} - 1$, $c_i = \frac{N+2}{3n} - 1$. С учетом этих соотношений перепишем формулу (1) в виде

$$W(N, n) = 8n^3 + [4(N+2) - 22]n^2 - \frac{26(N+2) - 87}{3}n + \frac{16(N+2)^2 - 150(N+2) - 162}{9} + \frac{34(N+2)^2 + 411(N+2)}{9n} - \frac{203(N+2)^2}{9n^2} + \frac{102(N+2)^3}{27n^3}.$$

Приведем результаты вычислений для сетей, допускающих деление на равные подсети.

Таблица 1

Результаты вычислений для сетей первого типа

Число элементов в сети N	Число элементов в подсетях	Число подсетей	Сокращение объема вычислений (в разы)	Объем вычислений, %
106	16	6	86	1,2
538	43	12	505	0,2
2698	106	25	2994	0,033
13 498	268	50	17 195	0,0058

В табл. 1 приведены данные для сетей с разным числом элементов. Второй и третий столбцы содержат информацию о наиболее эффективном делении крупномасштабной сети на подсети. В четвертом и пятом столбцах отражена эффективность метода декомпозиции (сравниваются объемы вычислений при расчете сети «по частям» и расчете сети «в целом»).

В. Сеть второго типа

В случае сетей второго типа связь между подсетями является более сильной (рис. 2).

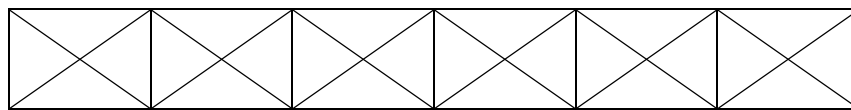


Рис. 2. Сеть второго типа

Для таких сетей имеют место соотношения: $b_s = n - 1$, $c_s = 3(n - 1)$, $b_i = \frac{2(N + 4)}{5n} - 1$, $c_i = \frac{3(N + 4)}{5n} - 3$. Приведем формулу для объема вычислений в случае сетей такого типа:

$$W(N, n) = 16n^3 + [24(N + 4) - 104]n^2 - \frac{242(N + 4) - 1875}{5}n + \frac{48(N + 4)^2 - 134(N + 4) - 6500}{25} + \frac{206(N + 4)^2 + 4145(N + 4) - 959(N + 4)^2}{25n} - \frac{959(N + 4)^2}{25n^2} + \frac{362(N + 4)^3}{125n^3}. \quad (2)$$

Таблица, аналогичная табл. 1, в данном случае имеет вид.

Таблица 2

Результаты вычислений для сетей второго типа

Число элементов в сети N	Число элементов в подсетях	Число подсетей	Сокращение объема вычислений (в разы)	Объем вычислений, %
176	26	6	64	1,2
896	71	12	368	0,27
4496	221	20	2251	0,044
22 496	621	36	13 513	0,0074

С. Сеть третьего типа

Сети третьего типа характеризуются сильной связью между подсетями (рис. 3).

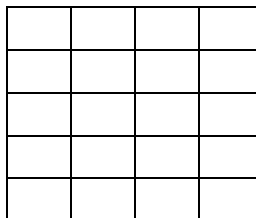


Рис. 3. Сеть третьего типа

Для этих сетей справедливы соотношения: $b_s = n - 1$, $b_i = m(m + 2)$, $c_i = m^2$, $c_s = 2\sqrt{n}(\sqrt{n} - 1)(m + 1) - n + 1$, где m^2 — число ячеек в подсетях. Формула для объема вычислений имеет вид

$$\begin{aligned}
 W(n, m) = & 9 - m^2 - 7m + 27n - 144m^2 n^{\frac{3}{2}} - 16\sqrt{n} + 54m^4 + 26m^6 + 35m^3 + 72mn + 172n^2 m + \\
 & + 46n^2 + 228n^2 m^2 + 36nm^2 + 36nm^3 + 58nm^4 + 16n^3 + 46m^5 + 60n^3 m^2 + 44mn^3 - 132mn^{\frac{5}{2}} - \\
 & - 60m^3 n^{\frac{3}{2}} - 142mn^{\frac{3}{2}} + 48n^3 m^3 - 120m^3 n^{\frac{5}{2}} - 180m^2 n^{\frac{5}{2}} + 16n^3 m^4 - 32m^4 n^{\frac{5}{2}} - 8m^5 n^{\frac{3}{2}} - \\
 & - 24m^4 n^{\frac{3}{2}} + 8n^2 m^5 - 10\sqrt{nm} + 36n^2 m^4 + 124n^2 m^3 - 40\sqrt{nm}^3 + 2\sqrt{nm}^2 - 42n^{\frac{3}{2}} - 40n^{\frac{5}{2}} - \\
 & - 64\sqrt{nm}^4 + 28nm^5 - 28\sqrt{nm}^5.
 \end{aligned} \tag{3}$$

Таблица 3

Результаты вычислений для сетей третьего типа

Число элементов в сети N	Число элементов в подсетях	Число подсетей	Сокращение объема вычислений (в разы)	Объем вычислений, %
112	24	4	30	3,4
480	112	4	45	2,2
1984	112	16	140	0,7
8064	480	16	397	0,3
32 512	1984	16	925	0,1

Анализ трех таблиц, приведенных выше, позволяет сделать следующие выводы:

1) при расчете сети «по частям» методом декомпозиции всегда сокращается объем вычислений по сравнению с объемом вычислений при расчете сети «в целом»;

2) существует разбиение сети на подсети, при котором сокращение объема вычислений является максимальным;

3) относительное число элементов в подсетях (для сетей первого и второго типа) экспоненциально уменьшается от 0,16 до 0,02 с ростом числа элементов во всей сети, при этом эффективность метода декомпозиции экспоненциально растет; в случае же сетей третьего типа относительное число элементов в подсетях приближенно равно 0,22, уменьшаясь до 0,06 с ростом числа элементов в сети.

Метод диакоптики

Анализ алгоритма расчета крупномасштабных сетей диакоптическим методом приводит к аналогичным результатам. Иллюстрируем это утверждение следующей таблицей.

Таблица 4

Результаты вычислений для сетей всех трех типов с максимальным числом элементов

Тип сети	Число элементов в сети	Число элементов в подсетях	Число подсетей	Сокращение объема вычислений (в разы)	Объем вычислений, %
I	13498	106	125	6974	0,014
II	22496	176	125	2739	0,037
III	32512	465	64	1081	0,093

Отметим, что при простых сетях обмена (сети первого и второго типа) метод декомпозиции является более эффективным, чем диакоптический метод. Для сетей же третьего типа эффективность методов практически равна.

Авторы выражают благодарность Р. С. Быкову за помощь в проведении ряда вычислений.

Библиографический список

1. Крон Г. Исследование сложных систем по частям — диакоптика. М.: Наука, 1972. 544 с.
2. Сметанин Е. В. Категорно-тензорный подход к моделированию систем. Иваново: Иван. гос. ун-т, 1995. 263 с.
3. Сметанин Е. В., Иванова Н. Б. Математическое обоснование и обобщение диакоптики Крона: Разбиение крупномасштабной сети на подсети с одним общим узлом // Вестн. Иван. гос. ун-та. Биология. Химия. Физика. Математика. 2002. Вып. 3. С. 66—69.
4. Сметанин Е. В., Иванова Н. Б. Математическое обоснование и обобщение диакоптики Крона: Разбиение крупномасштабной сети на подсети без общего узла // Там же. С. 66—69.

УДК 519.711.3

Е. В. Сметанин

КАТЕГОРНО-ТЕНЗОРНАЯ МОДЕЛЬ СЕТЕЙ С ДВИЖУЩИМИСЯ ЭЛЕМЕНТАМИ

Предлагается математическое обоснование теории вращающихся электрических машин Г. Крона.

Mathematical basis of Non-Riemannian dynamics of rotating electrical machinery is proposed.

Ключевые слова: пространство Римана — Картана, неголономное преобразование, электрические машины.

В работах Г. Крона [1, 9—11] была предложена тензорная теория электрических машин. Развернувшаяся после этих работ многолетняя дискуссия (см., напр. [5, 7]) по вопросу применимости тензорной методологии к анализу электрических цепей выявила существенные противоречия в основах модели Крона. Позднее для анализа стационарных сетей была предложена категорно-тензорная модель сетей, в которой подход Крона к исследованию сложных систем получил строгое математическое обоснование [4]. Исследования влияния взаимодействия материальных полей со спином с гравита-

При формировании матрицы L сделано предположение, что первые p обмоток являются обмотками статора.

Получим управляющее уравнение машины методом Лагранжа. Чтобы это сделать, введем следующую систему координат: 1) с каждой обмоткой статора свяжем неподвижную в пространстве координатную ось; 2) с каждой обмоткой ротора свяжем свою координатную ось, вращающуюся вместе с обмоткой. В случае когда координатные оси жестко связаны с движущимися проводниками, соответствующие координаты могут рассматриваться как истинные координаты Лагранжа. Функция Лагранжа изучаемой системы состоит из кинетической энергии $T = \frac{1}{2} L_{mk} i^m i^k$, представляющей собой сумму магнитной и механической энергий, и потенциальной энергии, которая в нашем случае равна нулю. Пусть $F = \frac{1}{2} R_{mk} i^m i^k$ — функция диссипации. Уравнение движения Лагранжа для системы, обладающей кинетической энергией и диссипацией, имеет вид

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}^k} \right) - \frac{\partial T}{\partial q^k} + \frac{\partial F}{\partial \dot{q}^k} = e_k.$$

Подставляя в это уравнение T и F и учитывая зависимость коэффициентов матрицы L от обобщенных координат, находим управляющее уравнение машины в описанной выше системе координат

$$L_{mk} \frac{di^m}{dt} + \{k, ml\} i^m i^l + R_{mk} i^m = e_k, \quad (1)$$

где $\{k, ml\}$ — символы Кристоффеля первого рода, определенные относительно метрики L_{mk} . Следовательно, когда оси координат жестко связаны с вращающимися обмотками ротора, поведение машины можно описать движением точки в n -мерном римановом пространстве с метрикой $L_{mk}(\theta)$. Подчеркнем, что это пространство не имеет никакого отношения к пространству-времени.

Если мы хотим перейти к машине с другими характеристиками, то это наиболее легко сделать в том случае, когда индуктивности обмоток являются постоянными величинами. Следовательно, подобные преобразования следует применять к машине, управляющее уравнение которой записано в системе координат с неподвижными роторными осями. Получим это уравнение с помощью координатного преобразования уравнения (1). Для наглядности рассмотрим машину с двумя роторными и двумя статорными обмотками, находящимися под прямым углом друг к другу (рис. 1).

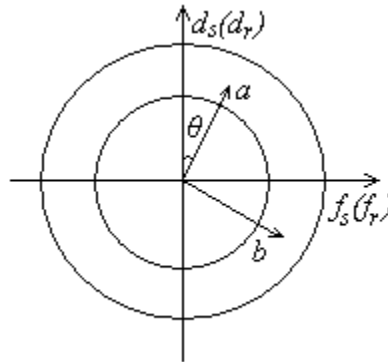


Рис. 1. Машина с двумя статорными (d_s, f_s) и двумя роторными (a, b) осями

Пусть координатные оси a и b , жестко связанные с вращающимся ротором, меняются на неподвижные в пространстве оси (d_r, f_r) . Матрица преобразования между дифференциалами координат $\{q^a, q^b, q^{d_s}, q^{f_s}, q^s\}$ и $\{q^{d_r}, q^{f_r}, q^{d_s}, q^{f_s}, q^s\}$ имеет вид

$$C = \begin{bmatrix} \cos q^s & \sin q^s & 0 & 0 & 0 \\ -\sin q^s & \cos q^s & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

Заметим, что $q^s = \theta$. Проверим условие интегрируемости данного преобразования координат. С одной стороны, $\frac{\partial C_{d_r}^a}{\partial q^s} = \frac{\partial \cos q^s}{\partial q^s} = -\sin q^s$, с другой же стороны — $\frac{\partial C_s^a}{\partial q^{d_r}} = 0$. Следовательно, рассматриваемые преобразования координат являются неголономными. Уравнение (1) в новой неголономной системе координат приобретает вид

$$\frac{d^2 q^\alpha}{dt^2} + \Gamma^\alpha_{\beta\gamma} \frac{dq^\beta}{dt} \frac{dq^\gamma}{dt} + R^\alpha_\beta \frac{dq^\beta}{dt} = e^\alpha,$$

где $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma} = \left\{ \begin{smallmatrix} \alpha \\ \beta\gamma \end{smallmatrix} \right\} - \Omega^\alpha_{\beta\gamma} - 2\Omega_{(\beta\gamma)}^\alpha$, $\left\{ \begin{smallmatrix} \alpha \\ \beta\gamma \end{smallmatrix} \right\}$ — символы Кристоффеля, определенные с помощью метрики $L_{\alpha\beta} = C_\alpha^n C_\beta^m L_{nm}$, $\Omega^\alpha_{\beta\gamma} = -C_\beta^i C_\gamma^j \partial_{[i} C_{j]}^\alpha$ — объект неголономности. Заметим, что введены новые обозначения для индексов:

$m = a, b, d_s, f_s, s$ и $\alpha = d_r, f_r, d_s, f_s, s$. Приведенные выше коэффициенты $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}$ могут быть также получены преобразованием символов Кристоффеля $\left\{ \begin{smallmatrix} i \\ jk \end{smallmatrix} \right\}$ к неголономной системе координат. Интерпретируя объект неголономности $\Omega^\alpha_{\beta\gamma}$, взятый со знаком минус, как тензор кручения можно рассматривать коэффициенты $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma}$ в качестве связности пространства Римана — Картана $\Gamma^\alpha_{\beta\gamma} = \left\{ \begin{smallmatrix} \alpha \\ \beta\gamma \end{smallmatrix} \right\} + Q^\alpha_{\beta\gamma} + 2Q_{(\beta\gamma)}^\alpha$. Таким образом, поведение электрической машины в системе координат с неподвижными осями представляется движением точки в пространстве, характеризующемся не только кривизной, но и кручением.

Итак, каждому неголономному преобразованию координат можно поставить в соответствие переход от риманова пространства $(g_{mn}, \left\{ \begin{smallmatrix} k \\ mn \end{smallmatrix} \right\})$ к пространству Римана — Картана $(g_{\alpha\beta}, \Gamma^\alpha_{\beta\gamma})$. Можно доказать эквивалентность преобразований $(g_{mn}, \left\{ \begin{smallmatrix} k \\ mn \end{smallmatrix} \right\}) \rightarrow (g_{\alpha'\beta'}, \Gamma^{\alpha'}_{\beta'\gamma'})$ и $(g_{mn}, \left\{ \begin{smallmatrix} k \\ mn \end{smallmatrix} \right\}) \rightarrow (g_{\alpha\beta}, \Gamma^\alpha_{\beta\gamma}) \rightarrow (g_{\alpha'\beta'}, \Gamma^{\alpha'}_{\beta'\gamma'})$, что отражает рис. 2.

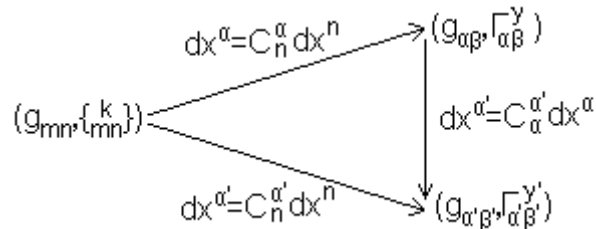


Рис. 2. Неголономные преобразования координат и соответствующие им пространства Римана — Картана

Поскольку величины $Q^\alpha_{\beta\gamma} = \Gamma^\alpha_{[\beta\gamma]}$ не имеют тензорного закона преобразования при неголономных преобразованиях координат, представляется естественным каждому неголономному преобразованию координат поставить в соответствие свое пространство Римана — Картана с метрикой $g_{\alpha\beta}$ и связностью $\Gamma^\gamma_{\alpha\beta}$. В этом случае тензором кручения будет объект неголономности $(-\Omega^\gamma_{\alpha\beta})$. Такое соответствие, очевидно, определяет ковариантный функтор из категории неголономных преобразований координат $\{dx^\alpha = C^\alpha_n dx^n\}$ в категорию пространств Римана — Картана $\{(g_{\alpha\beta}, \Gamma^\gamma_{\alpha\beta})\}$. Морфизмами последней будут преобразования между пространствами, заданные соотношениями $g_{\alpha'\beta'} = C^\alpha_{\alpha'} C^\beta_{\beta'} g_{\alpha\beta}$ и $\Gamma^{\gamma'}_{\alpha'\beta'} = C^\alpha_{\alpha'} C^\beta_{\beta'} C^\gamma_{\gamma'} \Gamma^\gamma_{\alpha\beta} + C^\gamma_{\alpha'} \partial_{\beta'} C^\alpha_{\alpha'}$.

Библиографический список

1. *Крон Г.* Применение тензорного анализа в электротехнике. М.; Л.: Госэнергоиздат, 1955. 276 с.
2. *Пономарев В. Н., Сметанин Е. В.* Новый вариант нелинейной электродинамики // Вестн. МГУ. Сер. 3, Физика, астрономия. 1978. № 5. С. 29—37; № 6. С. 3—8.
3. *Сметанин Е. В.* Уравнения Максвелла и Прока в пространствах с кручением // Изв. вузов. Физика. 1982. № 1. С. 28—32.
4. *Сметанин Е. В.* Категорно-тензорный подход к моделированию систем. Иваново: Иван. гос. ун-т, 1995. 263 с.
5. *Gibbs W. J.* Electrical machine analysis using tensors. London: Pitman, 1967. 86 p.
6. *Hell F. W., Heyde P., Kerlick G. D. von der.* General relativity with spin and torsion: Foundations and prospects // Reviews of Modern Physics. 1976. Vol. 48, № 3. P. 393—416.
7. *Hoffman B.* Kron's Non-Riemannian electrodynamics // Ibid. 1949. Vol. 21, № 3. P. 535—540.
8. *Krechet V. G., Ponomaryov V. N.* Nonlinearity and torsion // Acta Physical Polonica. 1976. Vol. B7, № 8. P. 553—556.
9. *Kron G.* Generalized theory of electric machinery // Trans. of American Inst. of Electrical Engineering. 1930. Vol. 49, № 4. P. 666—683.
10. *Kron G.* Non-Riemannian dynamics of rotating electrical machinery // J. of Mathematics and Physics. 1934. Vol. 13, № 2. P. 103—194.
11. *Kron G.* Quasi-holonomic dynamical systems // Physics. 1936. Vol. 7, № 4. P. 143—152.

НОВЫЕ ИЗДАНИЯ

На математическом факультете произошло весьма значимое событие: издательством нашего университета выпущена книга «Линейная алгебра: теоремы и алгоритмы», написанная профессором кафедры алгебры и математической логики Николаем Ивановичем Яцкиным. Она явилась продолжением книги «Алгебра: теоремы и алгоритмы» того же автора, изданной в университете в 2006 году. Обе книги рекомендованы Учебно-методическим советом по математике и механике Учебно-методического объединения по классическому университетскому образованию РФ в качестве учебного пособия для студентов, обучающихся по направлению «Математика. Компьютерные науки», и их содержание полностью соответствует программам алгебраических дисциплин, изучаемых этими студентами на первом курсе. Разумеется, по этим дисциплинам имеются учебники и учебные пособия, написанные в разное время различными авторами и издаваемые и переиздаваемые издательствами разного уровня. Книги Н. И. Яцкина имеют по сравнению с ними ряд существенных отличий.

Одной из основных отличительных особенностей обеих книг является алгоритмичность, пронизывающая изложение всего материала. Всюду, где это возможно, автор старается не просто дать конструктивное доказательство, но явным образом выделить пошаговую процедуру построения того или иного объекта.

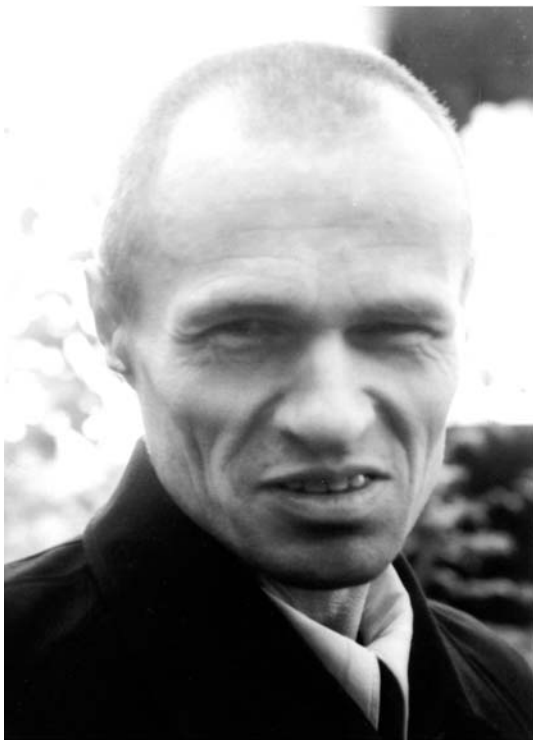
Следует заметить, что формулировки математических алгоритмов обычно весьма лаконичны. При этом почти всегда за кажущейся простотой скрывается множество непредвиденных частных случаев, легко устранимых из соображений здравого смысла при вычислениях вручную, но приводящих к совершенно неожиданным результатам, когда за дело берется компьютер, на разумность которого рассчитывать не приходится. В результате программирование оказывается гораздо менее очевидным делом, чем принято думать, и требует знаний и опыта, отсутствующих, как правило, у студентов-младшекурсников. В книгах Н. И. Яцкина указанные частные случаи рассматриваются во всех подробностях, что, с одной стороны, способствует получению тех самых знаний и опыта, а с другой — позволяет использовать готовые блоки для решения более сложных и интересных проблем, не «зависая» до конца семестра на первой же задаче.

Однако анализ выполняемых действий, пусть даже и очень подробный, — еще не работоспособная программа, поэтому значительная часть приводимых в книгах алгоритмов реализована при помощи Maple — одной из наиболее мощных современных компьютерных систем, способной оперировать и числами, и символьными выражениями. Таким образом, у студентов появляется возможность действовать сразу в трех направлениях: запускать готовые процедуры для решения типовых задач, комбинировать их тем или иным способом, получая более сложные исполняемые модули, и, наконец, путем модификации изменять и расширять сферу использования как исходного алгоритма, так и его программной реализации. Все это не только знакомит учащихся с вычислительными основами линейной алгебры, широчайшим образом применяющейся в прикладных областях, но и создает мостик между абстрактной математикой и информационными технологиями, так необходимый студентам направления «Математика. Компьютерные науки».

С этим связана еще одна особенность книг Н. И. Яцкина, направленная на осознание студентами необходимости изучения математики и развития математического мышления. Постоянно подчеркивается, что алгоритмы для решения задач возникают в результате развития математических теорий и требуют строгого математического обоснования, т. е. доказательства того, что предлагаемая процедура действительно выдает требуемый результат. К сожалению, современная школьная программа по математике не дает учащимся достаточного опыта математических рассуждений (и понимания необходимости таковых). В результате подавляющее большинство начинающих (и, вообще говоря, неплохих) студентов даже и не пытаются приступить к решению задачи, условие которой начинается словом «доказать». В книгах Н. И. Яцкина все доказательства написаны доходчиво и очень подробно, много подробнее, чем в других учебниках, поэтому эти книги могут существенно помочь студентам (при желании и надлежащих усилиях) избавиться от этого комплекса неполноценности. Причем это делает их весьма полезными и для студентов, обучающихся по специальности и направлению «Математика».

Преподаватели математического факультета благодарят Николая Ивановича Яцкина за выполненную им огромную работу (общий объем книг составляет 1110 страниц, компьютерный набор которых выполнен автором), поздравляют с окончанием этой работы и желают ему дальнейших творческих успехов.

Профессор Д. И. Молдаванский, доцент Е. В. Соколов



Виктор Сергеевич Сорокин

К 100-летию
со дня рождения

К портрету Человека, Учителя и Мастера

Весной 1958 года я вернулся в Иваново после окончания Московского университета и, проработав полгода на математическом факультете Ивановского педагогического института, поступил в аспирантуру к Виктору Сергеевичу Сорокину, который был только что избран заведующим здешней кафедрой теоретической физики и приехал сюда из Перми.

Впоследствии мне стало известно, что Виктор Сергеевич окончил в начале 30-х годов знаменитый тогда Ленинградский политехнический институт, из которого вышла почти вся советская физика, был там замечен, следствием чего явилась для него возможность после института работать с крупнейшими физиками, будущими лауреатами Нобелевских премий и академиками Ландау и Семеновым, а перед самой войной — в Ленинградском университете с академиком Фоком. Редкая честь — быть приглашенным на работу одним из этих гигантов, редчайшая — быть сотрудником любого из них. Этот убедительный по яркости послужной список свидетельствует не только о признании дарований Виктора Сергеевича. В той же мере он подтверждает чувство уважения этих ученых к поразительной духовной независимости, прямоте характера и уникальному чувству собственного достоинства Виктора Сергеевича Сорокина.

Потом была война, тяжелое ранение, многомесячные госпитали и медленное выздоровление, работа в Ивановском педагогическом институте, затем в Пермском университете и возвращение в Иваново в 1958 году.

Нас было четверо — последних аспирантов В. С. (так мы его звали между собой). Все медалисты, книгочеи — мы стали планетами, вращающимися вокруг Светила по Закону Всемирного Притяжения к крупным личностям. И каждый из нас был освещен его светом.

В эти последние годы его работы в Ивановском пединституте Виктор Сергеевич сосредоточил свое внимание на проблемах, связанных с устойчивостью равновесий и движений и поведением решений вблизи точек бифуркаций. Сейчас эти вопросы составляют содержание теории катастроф, теории динамических систем и синергетики, но в ту пору исследования этих проблем были разрозненны, единичны, и лишь немногие ученые предвидели их будущую роль и предчувствовали их всеобщность. В. С. Сорокин был из числа этих немногих провидцев. Мы, его аспиранты, получили в качестве диссертационных тем задачи, связанные с этой проблематикой. И сейчас, спустя столько лет, она сохранила свою актуальность.

Мы занимались нашими задачами, «докладывались» на еженедельном научном кафедральном семинаре, проводили учебные занятия со студентами. Жизнь наша была насыщена, и Учителем нашим был Мастер. Широта научных интересов В. С. (он имел научные результаты во многих областях физики: химической физике, астрофизике, теории относительности, теории сплошных сред) и наследованная им культура, соединенные с цельным, независимым, прямым характером и высочайшей культурой труда, были тем фундаментом, на котором стоял огромный научный и человеческий авторитет В. С. Сорокина.

Удивительны были его лекционные курсы. И не тем даже, что он дважды одинаково не читал их; не тем, что он вел сразу много различных курсов. Поразительны они были своей архитектурой: каждый из них строился естественно и красиво. Очерчивание (рефреном) перспективы и ретроспективы прочно сцепляло курс, позволяя слушателям видеть весь предмет сразу. Потрясающая манера! Я мог судить об этом как человек, только что окончивший МГУ и слушавший таких мастеров, как Ландау и Арцимович. В этих курсах В. С. даже и отдаленно не было заметно каких-либо следов подготовки к лекциям: все было на одном дыхании, все было вдохновение! «Рецепт» Учителя был прост: следует готовиться не к отдельным лекциям, а ко всему читаемому курсу; как симфонию (по Моцарту), надо уметь слышать весь курс сразу, в одно мгновение. Этот рецепт, охраняя нас от затверженности, давал место импровизации, которая делала лекцию свежей и доставляла радость самому лектору. И видели бы вы лица студентов на этих лекциях!

Поразителен он был как ученый. С четкими мировоззренческими установками, основу которых составлял диалектический метод. Отвращением к досужим разговорам. С неиссякаемым уважением к науке. С живым интересом к результатам частных исследований, докладываемым на научных семинарах, и с академически беспощадной манерой ощипывать докладчика до гусиной кожи. С внутренним чувством непостижимости и постигаемости мира. По натуре своей он не был артистом (при всем своем изумительном лекторском даре, завораживающем аудиторию), он не был деятелем в привычном понимании. Всю жизнь им двигало одно: ничем не ограниченное любопытство ума.

По достижении 60 лет он вышел в отставку. Ушел в согласии с собой, и его нельзя было остановить. Ушел из института, но оставался в напряженном

мире мысли: размышления были смыслом и способом его существования. Некоторые результаты этих размышлений — «Взаимодействие квантовых систем и вероятности» и «Два меморандума о русской революции и кризисе XX века» — были опубликованы в 1996 году в издательстве Ивановского университета уже после его смерти в 1994 году. Может показаться странным выбор физиком-теоретиком второй из этих тем в качестве объекта исследования. Но таков был В. С. Сорокин: для него наука не была собранием разрозненных частей, а представляла целостной, объединяющей явления разной природы через универсальные исследовательские подходы.

Когда мы трое из четырех его последних аспирантов, три доктора наук, профессора разных университетов собирались у него в последнее время, ничто не казалось нам изменившимся за минувшие тридцать лет: мы — те же мальчишки, он — тот же Учитель. Как и прежде, он поражал нас ясностью и энергией мысли, как и прежде, он был полон интереса к Жизни в ее сильнейших проявлениях и снисходительного любопытства к нашим «научным проблемам». Таков он был, ум деятельный, неленивый, Учитель, Мастер, Человек.

Незаурядность судьбы и личности этого человека рождала легенды.

Не искал он ни степеней, ни званий (но воспитывал докторов наук); не терпел нравочений (но ученики его выросли в любви и уважении друг к другу и тленным и нетленным красотам жизни), не терпел «высоких» слов (но возле него невозможен был низкий поступок).

Склонимся почтительно перед этой жизнью и сохраним ее в своей памяти.

Л. Маурин,
профессор, доктор физико-математических наук,
аспирант и ученик В. С. Сорокина



Александр Геннадиевич Курош

К 100-летию со дня рождения



На снимке слева направо: Б. Нейман, А. Г. Курош, Б. И. Плоткин, А. И. Мальцев, П. Нейман, П. Халмош. Международный конгресс математиков, Москва, 1966 г.
Фото профессора С. В. Смирнова

19 января 2008 года исполнилось 100 лет со дня рождения выдающегося отечественного математика, профессора Московского государственного университета Александра Геннадиевича Куроша. Этому событию была посвящена состоявшаяся в Московском университете в конце мая — начале июня этого года Международная алгебраическая конференция.

Александр Геннадиевич Курош работал в Московском университете с 1930 года без каких-либо перерывов вплоть до своей кончины 18 мая 1971 года. Он был ближайшим сотрудником, помощником и преемником Отто Юльевича Шмидта (1891—1956). Подавляющему большинству людей О. Ю. Шмидт известен как астроном, геофизик и полярный исследователь, и лишь немногие знают, что он был математиком, специалистом в области алгебры. Научные результаты его работ внесли крупный вклад в развитие теории групп. Его перу принадлежит вышедшая в 1916 году монография

«Абстрактная теория групп», в которой основы теории групп впервые излагались без предположения о конечности групп, а также указывались направления дальнейших исследований в этом, тогда еще сравнительно молодом разделе математики. В 1929 году О. Ю. Шмидт возглавил созданную им в Московском университете кафедру высшей алгебры, а с 1930 года начал работу руководимый им алгебраический семинар, функционирующий и в настоящее время. Каждый математик, работающий в области алгебры, знает, что, оказавшись в любой понедельник (вне каникулярного времени) в Москве, он может, придя в главное здание МГУ и поднявшись в аудиторию 13-02, принять участие в очередном заседании семинара. С 1937 по 1971 год заведующим кафедрой высшей алгебры и руководителем алгебраического семинара являлся Александр Геннадиевич Курош, и все это время семинар был своеобразной Меккой для алгебраистов.

Александр Геннадиевич Курош был выдающимся организатором научных исследований и преподавания алгебры и замечательным педагогом. Его усилиями был создан университетский курс алгебры, основные параметры которого сохраняются и теперь. Каждый студент математических и ряда других специальностей уже с первых дней учебы оказывается знакомым с Александром Геннадиевичем по его учебнику «Курс высшей алгебры» — книге, выдержавшей более 10 изданий, переведенной на многие иностранные языки и до сей поры остающейся образцовым введением в прекрасный мир алгебры.

Роль Александра Геннадиевича Куроша в развитии и становлении современной алгебры как у нас в стране, так и за рубежом трудно переоценить. Его собственные научные интересы первоначально принадлежали теории бесконечных групп, и среди многих полученных им здесь интересных и значимых результатов выделяется знаменитая теорема о подгруппах свободных произведений групп (1934 г.). Эта теорема, называемая современными авторами просто теоремой Куроша, вместе с некоторыми работами ряда других известных математиков положила начало развитию комбинаторной теории групп, важному современному разделу общей теории групп. Позже его внимание привлекают и другие разделы алгебры, в результате чего появляются работы по теории колец, линейных алгебр, категорий и универсальных алгебр. К решению возникающих здесь задач он привлекает и своих многочисленных учеников. Сформулированные им проблемы до сих пор являются источником многих плодотворных исследований.

В 1940 году Александр Геннадиевич Курош закончил работу над монографией «Теория групп», ввиду военного времени вышедшей из печати лишь в 1944 году. Цель этой книги, обозначенная автором во Введении, состояла в подведении итогов интенсивной и разносторонней работы ученых, превратившей этот раздел математики «в широкую и богатую содержанием науку, занимающую одно из первых мест в современной алгебре». Вместе с тем автор отметил и перечислил в заключительном разделе книги ряд нерешенных конкретных проблем, а также важных направлений в теории групп, разработка которых едва начата. К моменту выхода второго издания монографии в 1953 году многие из перечисленных в первом издании задач оказались решенными, а идеи и методы, возникшие при их решении, во многом определили дальнейший прогресс в развитии теории групп. К этому же времени относится выход книги на международную арену; перевод на различные

иностранные языки способствовал ее влиянию на развитие теории групп во многих странах. Вышедшее в 1967 году третье дополненное издание, включившее обзор многочисленных новых результатов, оказалось настоящим фолиантом.

Стремление способствовать расширению в стране научно-исследовательской работы в области алгебры привело Александра Геннадиевича Куроша и Анатолия Ивановича Мальцева к идее систематического проведения Всесоюзных алгебраических конференций. Первые две конференции (тогда они назывались алгебраическими коллоквиумами) состоялись под непосредственным руководством Александра Геннадиевича Куроша в Москве в феврале 1958 года и в апреле 1959 года. Участниками первой конференции из Иванова были А. И. Мальцев, Д. М. Смирнов и А. И. Терехов. Последующие конференции проходили в различных городах Советского Союза (Киев, Кишинев, Минск, Новосибирск, Свердловск, Рига и др.), и практически в каждой из них принимали участие ивановские математики, причем зачастую ивановская делегация была одной из наиболее многочисленных. На конференции этого года выступили с докладами Д. Н. Азаров, Д. И. Молдавский и С. И. Хашин. Участвуя в работе конференций, Александр Геннадиевич всегда стремился прослушать как можно больше докладов и неизменно выступал в обсуждении практически каждого из них. Его комментарий обычно содержал оценку результата, полученного докладчиком, и перспективы дальнейших исследований в данном направлении и часто занимал столько же времени, что и доклад. Если докладчиком был молодой начинающий математик, оценка была всегда положительной (хотя, возможно, и не вполне заслуженной, как это случилось, например, с автором этих строк, доложившим на одной из конференций свои первые, еще студенческие результаты и лишь впоследствии осознавшим, насколько завышенной была оценка этой работы) и сопровождалась весьма эмоционально выраженным пожеланием продолжать исследования в данном направлении. Надо ли объяснять, что значило для молодого человека получить одобрение такого ученого.

Насколько мне известно, Александр Геннадиевич ни разу не приезжал в Иваново. Тем не менее он хорошо знал и высоко ценил результаты ивановских алгебраистов, способствовал их научному росту. Одним из примеров этого является его участие в качестве первого оппонента в защите кандидатской диссертации Евгением Александровичем Халезовым.

В мае 1971 года в Кишиневе проходил 11-й алгебраический коллоквиум. Александр Геннадиевич Курош из-за болезни не смог участвовать в его работе и к его открытию прислал участникам коллоквиума приветственное письмо. А через шесть дней его не стало.

Д. Молдавский





Владимир Анатольевич Исаев

6 апреля 2008 г. исполнилось 60 лет со дня рождения академика МАИ и МАНПО, члена-корреспондента РАЕН, доктора биологических наук, профессора, заведующего кафедрой зоологии Ивановского государственного университета Владимира Анатольевича Исаева.

В. А. Исаев является крупным ученым-биологом и экологом. Благодаря большим заслугам в области изучения экологии кровососущих насекомых и других вопросов энтомологии и паразитологии, проблем экологии и эволюции он пользуется широкой известностью в России и за рубежом.

Заниматься научной работой В. А. Исаев начал в Ивановском государственном медицинском институте (ИГМИ) при кафедре биологии под руководством заведующего кафедрой профессора Н. В. Хелевина еще во время учебы в средней школе. После окончания с золотой медалью школы № 58 г. Иванова Владимир Анатольевич продолжал научные исследования экологии кровососущих насекомых в студенческие годы в ИГМИ и в аспирантуре.

В. А. Исаев прошел большой трудовой путь от ассистента до заведующего кафедрой, известного ученого. По окончании Ивановского государственного медицинского института по специальности «Лечебное дело» получил диплом с отличием, затем учился в аспирантуре по паразитологии при кафедре биологии, общей генетики и паразитологии ИГМИ (1972—1975 гг.). В дальнейшем более 20 лет (с 1975 до 1995 г.) работал в этом институте (позднее медицинской академии) на должностях ассистента, доцента и профессора кафедры биологии.

С 1995 г. по настоящее время является профессором и заведующим кафедрой зоологии Ивановского государственного университета.

В. А. Исаев внес большой вклад в решение крупных научных проблем по сохранению биоразнообразия животных, биоиндикации оценки состояния окружающей среды и созданию экологических основ планирования и регуляции численности потенциальных переносчиков заболеваний. По материалам,

собранным в России и сопредельных регионах, защитил диссертации на соискание ученой степени кандидата и доктора биологических наук.

Владимир Анатольевич проводил научные исследования по целевым программам, федеральным и региональным грантам. Опубликовал свыше 200 научных и научно-методических работ (более половины без соавторов), в том числе ряд монографий и статей в реферируемых журналах. Участвовал в подготовке, организации и проведении различных международных, российских и региональных съездов, конференций, симпозиумов и выставок. Награжден стипендией Международного научного фонда по разделу «Биоразнообразию».

В 1997 г. Президиумом РАН В. А. Исаеву была присуждена государственная научная стипендия РАН для ученых на 1997—2000 гг.

В. А. Исаев подготовил 8 кандидатов биологических наук. Два аспиранта, работавших под руководством В. А. Исаева, были удостоены стипендий Правительства РФ. За научное руководство студенческой работой, отмеченной медалью Министерства образования РФ по итогам открытого конкурса 2001 г. на лучшую работу студентов по естественным, техническим и гуманитарным наукам в вузах РФ, награжден дипломом Министерства образования РФ.

В течение ряда лет В. А. Исаев работает в составе совета по защите докторских диссертаций в ИГСХА, в последние годы был заместителем председателя и членом совета (председатель совета — академик РАСХН Ю. Ф. Петров).

Опытный педагог В. А. Исаев с 1972 до 1995 г. вел занятия и читал лекции в ИГМИ (ИГМА), с 1995 г. — в ИвГУ. Ему присвоены ученые звания доцента и профессора по кафедре. В настоящее время он член ученого совета ИвГУ и ученого совета биолого-химического факультета ИвГУ. Владимир Анатольевич является также членом учебно-методического совета университета, а в последнее время председателем биологической секции учебно-методической комиссии факультета. С 2003 г. читает студентам ИвГУ курсы мультимедийных лекций по 6 предметам, используя новые методы обучения. Опубликовал 8 учебных пособий, в том числе 6 без соавторов.

Владимир Анатольевич активно занимается общественной работой, проблемами экологического образования, сохранения природы и устойчивого развития области. В течение 8 лет в ИГМИ руководил школой молодого лектора при обществе «Знание».

В январе 1989 г. был избран председателем профсоюзного комитета сотрудников ИГМИ и проработал на этой должности до июня 1990 г., совмещая ее с научной, педагогической и общественной работой на кафедре биологии.

За активное участие в организации и проведении областных олимпиад школьников по биологии в 1973—1989 гг. в ИГМИ неоднократно отмечался благодарностями администрации вуза. В 1990 г. в связи с 60-летием ИГМИ В. А. Исаев награжден юбилейной медалью. За большой вклад в становление, развитие, подготовку кадров и в связи с 25-летием ИвГУ в 1999 г. награжден Почетной грамотой Ивановской городской думы. По результатам научных работ, посвященных сохранению биоразнообразия, награжден грамотой и тремя дипломами на инновационных салонах Ивановской области в 2004—2006 гг.

В 1999 г. избран академиком МАИ, в 2004 г. академиком МАНПО и членом-корреспондентом РАЕН по отделению «Проблемы изучения биосферы».

В 2001—2005 гг., согласно распоряжению губернатора Ивановской области, был назначен научным руководителем программы «Экологическое оздоровление Ивановской области до 2005 г.». В. А. Исаев являлся научным руководителем разработок двух областных целевых программ «Экологическое образование населения Ивановской области (2003—2007 гг.)» и «Отходы (2003—2007 гг.)». В. А. Исаев был заместителем и председателем жюри городских экологических олимпиад и олимпиад по естественным наукам, входил в состав жюри областных биологических и экологических олимпиад, в 2001 г. в состав жюри зонального этапа Всероссийской олимпиады школьников по биологии. За общественную работу отмечался благодарностями Комитета Ивановской области по охране окружающей среды и природных ресурсов, Управления образования Ивановской области. Участвовал в работе совета по устойчивому развитию при администрации Ивановской области, с 1999 по 2000 г. был консультантом по экологическим вопросам. Работал в составе ивановских отделений общественных академий и обществ: РАЕН (секретарь секции биологии и экологии), РЭА (председатель отделения), МАИ (вице-президент ивановского отделения), РЭО РАН (председатель отделения). Являлся членом природоохранного научно-технического совета с 2002 по 2006 г. при губернаторе Ивановской области, с 2006 г. — при Правительстве Ивановской области.

С 2004 г. В. А. Исаев на общественных началах стал руководителем Центра региональных экологических проблем и исполнительным директором биосферно-ноосферного центра РАЕН при ИвГУ. С 2006 г. по настоящее время — руководитель научного творческого коллектива лицея № 6 г. Иванова, координатор программ работы УНМК ИвГУ (лицей № 6 «Ноосферная школа»). Руководит выполнением проекта «Красная книга Ивановской области». В 2007 г. под редакцией В. А. Исаева издан первый том коллективной монографии «Красная книга Ивановской области. Животные».

В 2006 г. Министерством природных ресурсов РФ В. А. Исаев награжден дипломом лауреата конкурса «Рациональное природопользование и охрана окружающей среды — стратегия устойчивого развития России». Решением Президиума РАЕН в 2006 г. награжден Почетным дипломом за большой вклад в развитие экологического образования России.

За большой вклад в развитие экологического образования в Российской Федерации и в связи с 60-летним юбилеем Решением Президиума РАЕН № 200 от 19.03.2008 г. В. А. Исаев награжден Почетной грамотой Российской академии естественных наук.

В связи с 60-летием профессор кафедры зоологии В. А. Исаев награжден грамотой ректората и профкома ИвГУ за многолетний высококвалифицированный труд по обучению и воспитанию студенческой молодежи.

Коллеги и ученики поздравляют Владимира Анатольевича с юбилеем и желают ему здоровья и дальнейших творческих успехов!

Кафедра зоологии



Сведения об авторах

АЗАРОВ кандидат физико-математических наук, доцент
Дмитрий Николаевич кафедры алгебры и математической логики,
Ивановский государственный университет.
(4932) 30-02-42

БАРИНОВА кандидат биологических наук, доцент кафедры
Марина Олеговна физиологии человека и животных, Ивановский
государственный университет

БЕЛОВ доктор физико-математических наук,
Александр Сергеевич профессор кафедры математического анализа,
Ивановский государственный университет.
asbelov@ivanovo.ac.ru

ЗАРИПОВ кандидат биологических наук, доцент,
Владимир Николаевич заведующий кафедрой физиологии человека
и животных, Ивановский государственный
университет

ИВАНОВА старший преподаватель кафедры алгебры
Елена Александровна и математической логики, Ивановский
государственный университет. (4932) 30-02-42

ИВАНОВА старший преподаватель кафедры теоретической
Наталья Борисовна физики, математического и компьютерного
моделирования, Ивановский государственный
университет. (4932) 30-02-42

ИСАЕВ доктор биологических наук, профессор,
Владимир Анатольевич заведующий кафедрой биологии,
Ивановский государственный университет.
E-mail: viam_e@mail.ru

КЛЮЕВ доктор химических наук, профессор, декан
Михаил Васильевич биолого-химического факультета, Ивановский
государственный университет. (4932) 37-01-57

КОЛЕСНИКОВ доктор физико-математических наук,
Сергей Викторович профессор кафедры математического анализа,
Ивановский государственный университет.
E-mail: kolesnik@ivanovo.ac.ru

КРЫЛОВ доктор химических наук, профессор
Евгений Николаевич кафедры органической и биологической химии,
Ивановский государственный университет.
E-mail: enk2005@gambler.ru

ЛОГИНОВ кандидат физико-математических наук,
Евгений Константинович доцент кафедры теоретической физики,
математического и компьютерного
моделирования, Ивановский государственный
университет. E-mail: loginovek@ivanovo.ac.ru

- ЛОГИНОВА** кандидат физико-математических наук,
Елена Давидовна старший преподаватель кафедры алгебры
и математической логики,
Ивановский государственный университет
- ЛУЗИНА** магистр математики, математический
Мария Евгеньевна факультет, Ивановский государственный
университет. (4932) 30-02-42
- МОЛДАВАНСКИЙ** доктор физико-математических наук,
Давид Ионович профессор, заведующий кафедрой алгебры
и математической логики,
Ивановский государственный университет.
(4932) 30-02-42
- ПУХОВ** кандидат физико-математических наук,
Сергей Владимирович декан математического факультета,
Ивановский государственный университет.
(4932) 30-02-42
- РАМАЗАНОВ** аспирант кафедры органической
Джамалутдин Нажмутдинович и биологической химии,
Ивановский государственный университет
- СМЕТАНИН** кандидат физико-математических наук,
Евгений Валентинович доцент кафедры теоретической физики,
Ивановский государственный университет.
(4932) 42-13-85
- ХАШИН** кандидат физико-математических наук,
Сергей Иванович доцент кафедры алгебры и математической
логики, Ивановский государственный
университет. E-mail: khash2@mail.ru