

12+

ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА



Серия № 2
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

Выпуск 1/2013

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет»

ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

Серия № 2
ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИЕ
И ЕСТЕСТВЕННЫЕ
НАУКИ

Выпуск 1 / 2013

Электронный научный журнал

Пермь
ПГГПУ
2013

Вестник Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета. Сер. № 2. Физико-математические и естественные науки. Вып. 1 : электронный научный журнал [Электронный ресурс] / ред. кол.: Д.А. Полежаев (отв. редактор), А.Е. Селиванов (отв. секретарь); В.А. Козлов, А.А. Иванова, Д.А. Брацун, А.Е. Малых, Монсеф Стамбули (Франция), С.А. Двинских, В.О. Козьминых, И.А. Золотухин, А.И. Козлов ; Перм. гос. гуманит.-пед. ун-т. – Пермь, 2013. – 109 с. – 8,9 Мб.

Первый выпуск «Вестника ПГГПУ» (серия №2 «Физико-математические и естественные науки») ориентирован на ведущие направления фундаментальных и прикладных исследований в области физики, биологии, химии, математики. Приоритетные темы серии: вибрационная гидромеханика и моделирование сложных систем; экосистемы волжско-камского и уральского регионов, их структурные и функциональные взаимосвязи.

Издание адресовано ученым в области физико-математических и естественных наук, аспирантам, студентам и всем тем, кто интересуется данной проблематикой.

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ СЕРИИ:

В.Г. КОЗЛОВ – д-р физ.-мат. наук, проф., зав. кафедрой общей и экспериментальной физики ПГГПУ
А.А. ИВАНОВА – д-р физ.-мат. наук, проф. ПГГПУ
Д.А. БРАЦУН – д-р физ.-мат. наук, доц, зав. кафедрой теоретической физики и компьютерного моделирования ПГГПУ
А.Е. МАЛЫХ – д-р физ.-мат. наук, проф. ПГГПУ
МОНСЕФ СТАМБУЛИ – проф., Центральная Школа Парижа, Франция
С.А. ДВИНСКИХ – д-р геогр. наук, проф., зав. кафедрой гидрологии и охраны водных ресурсов ПГНИУ
В.О. КОЗЬМИНЫХ – д-р хим. наук, проф., зав. кафедрой химии ПГГПУ
И.А. ЗОЛОТУХИН – д-р техн. наук, проф. кафедры ботаники ПГГПУ
И.А. КОЗЛОВ – д-р биол. наук, проф. НИИ и Музея антропологии им. Д.Н. Анучина МГУ им. М.В. Ломоносова
Д.А. ПОЛЕЖАВ – канд. физ.-мат. наук, декан физического факультета ПГГПУ (отв. редактор)
А.Е. СЕЛИВАНОВ – канд. биол. наук, зав. кафедрой ботаники ПГГПУ (отв. секретарь)

Издание имеет параллельную (аналоговую) печатную версию (ISBN 2308-720X print)

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации средства массовой информации
ЭЛ № ФС77-54752 от 17.07.2013 г.

Журнал зарегистрирован как сериальное издание в международном регистрационном каталоге
(ISSN International Centre, Франция, Париж)

Сайт журнала Вестник ПГГПУ. Серия № 2 «Физико-математические и естественные науки»:
URL: <http://www.vestnik2.pspu.ru>

Электронная почта журнала: vestnikPSPU@yandex.ru – Селиванову Алексею Евгеньевичу Печатается по решению редакционно-издательского совета ПГГПУ

ВЕСТНИК
ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО
УНИВЕРСИТЕТА

НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ	5
БАХАРЕВ П.Н., ИЛЬИНЫХ С.И. ООПТ КРАСНОВИШЕРСКОГО РАЙОНА: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ	5
БЕЗГОДОВ А.Г., ШКАБАРА Е.М., КОНСТАНТИНОВА Н.А. МОХООБРАЗНЫЕ БИОСТАНЦИИ «ВЕРХНЯЯ КВАЖДА» И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ	9
ЛИТВИНОВ Н.А., ЮГОВ М.В. ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ ДВУХ ВИДОВ КРУГОГОЛОВОК В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ	19
ПОГУДИНА Е.В., ГРИШИНА Е.Л. ЛИШАЙНИКИ НА КВАРЦЕВОМ ПЕСЧАНИКЕ В ДОЛИНЕ р. УСЬВА И НА ХРЕБТЕ РУДЯНСКИЙ СПОЙ	25
ШКАРАБА Е.М., БЕЗГОДОВ А.Г. КОНСПЕКТ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БИОСТАНЦИИ «ВЕРХНЯЯ КВАЖВА» И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ	31
ФИЗИКА	58
АИТОВА Е.В., БРАЦУН Д.А. ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ РЕАГЕНТОВ НА ХЕМОКОНВЕКТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ НЕСЖИЖАЕМОЙ ЖИДКОСТИ	58
ДЬЯКОВА В.В., ПОЛЕЖАЕВ Д.А. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ДИФФУЗИИ ПАРА КОЛЕБЛЮЩЕЙСЯ ЖИДКОСТИ В КАПИЛЛЯРНОЙ ТРУБКЕ	66
ХИМИЯ	75
ВИНОГРАДОВ А.Н., КОЗЬМИНЫХ В.О. НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭФИРОВ 1-КАРБАМОИЛ-5-трет-БУТИЛ-5-ГИДРОКСИПИРАЗОЛИН-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ	75
ВИНОГРАДОВ А.Н., КОЗЬМИНЫХ В.О. ОДНОРЕАКТОРНЫЕ НУКЛЕОФИЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ПИНАКОЛИН – ДИАЛКИЛОКСАЛАТЫ	77
КАРМАНОВА О.Г., КОЗЬМИНЫХ Е.Н., МУКОВОЗ П.П., КОЗЬМИНЫХ В.О. 1,6-ДИАЛКИЛЗАМЕЩЁННЫЕ 3,4-ДИГИДРОКСИ-2,4-ГЕКСАДИЕН-1,6-ДИОНЫ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИИ С <i>N</i> -ДИНУКЛЕОФИЛАМИ	80
КОЗЬМИНЫХ В.О., МУКОВОЗ П.П., КОЗЬМИНЫХ Е.Н. СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ <i>O,N</i> -ГЕТЕРО-1,3-ДИЕНОВЫХ СИСТЕМ, СОПРЯЖЁННЫХ С КАРБОНИЛЬНЫМИ АКЦЕПТОРАМИ, ИХ ЛИНЕЙНЫХ И КОЛЬЧАТЫХ ПРОИЗВОДНЫХ: ДИЕНОЛОВ 1,3,4,6-ТЕТРАОКСОСИСТЕМ, ОКСАЛИЛЬНЫХ АНАЛОГОВ ПОЛИКЕТИДОВ, ОКСОИЛИДЕНПРОИЗВОДНЫХ ПЯТИЧЛЕННЫХ ОКСОГЕТЕРОЦИКЛОВ	91
ЛЕВЕНЕЦ Т.В., КОЗЬМИНЫХ В.О. СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ЭФИРОВ 4-АРИЛАЗОПИРАЗОЛ-3-КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ	104

БИОЛОГИЯ

УДК 502.1(470.53)

ООПТ КРАСНОВИШЕРСКОГО РАЙОНА: ИСТОРИЯ, СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

П.Н. Бахарев, С.И. Ильиных

ФГБУ «Государственный природный заповедник «Вишерский», г. Красновишерск

PROTECTED AREAS OF KRASNOVISHERSKY DISTRICT: HISTORY, CURRENT STATE AND PROSPECTS OF DEVELOPMENT

P.N. Bakharev, S.I. Il'inykh

State natural park «Vishersky», Krasnovishersk

Дается справка об истории создания особо охраняемых природных территорий Красновишерского района. Рассмотрены экологические проблемы ООПТ и перспективы их рационального использования. Предложено в качестве оптимизации сети ООПТ Красновишерского района создание кластерного природного парка.

Ключевые слова: особо охраняемые природные территории, антропогенная нагрузка, природный парк, мониторинг, биосферный резерват.

Provides information about the history of protected areas Krasnovishersky district. The ecological problems of protected areas and the prospects of their rational use. Proposed as a protected area network optimization Krasnovishersky district create clustered nature park.

Key words: protected areas, human pressure, natural park, monitoring, biosphere reserve.

Красновишерский район по своему природному наследию играет важнейшую роль среди территорий Пермского края, причем немалая заслуга в этом принадлежит особо охраняемым природным территориям, совокупная площадь которых равняется 25 % территории района.

История создания ООПТ связана с чередой научных изысканий, проводившихся на территории района на протяжении второй половины XIX – первой половины XX века [2]. Первое упоминание о создании ООПТ на территории Красновишерского района относится к 1953 г., когда в бассейне р. Вёлс создавался соболиный заказник [1]. Наиболее активное создание и утверждение особо охраняемых природных территорий (ООПТ) было положено Постановлением Совета Министров РСФСР № 270 от 5 мая 1962 г. «О порядке признания природных объектов памятниками природы или культуры». Через некоторое время было принято соответствующее решение Пермского облисполкома (№ 399 от 12.07.1965 г.). В 1970 г. решением Пермского облисполкома (№ 546 от 24.12.1970 г.) на территории Красновишерского района был создан охотничий заказник «Вишерский» площадью 130,7 тысяч гектар. В дальнейшем был издан приказ министра мелиорации и водного хозяйства РСФСР (№645 от 07.10.1974 г.), принято постановление Госплана СССР и ГКНТ «О типовом положении о государственных памятниках природы» (№ 77/106, п. 8, 9, от 27.04.1981 г.). На основании этого постановления Пермский облисполком принял решение о создании и утверждении на территории Красновишерского района памятников природы (№ 81 от 28.04.1981 г.). Были созданы следующие ООПТ:

- ♦ «Камень Полюд», «Камень Ветряной», «Камень Писаный» –1981 г.;



- ◆ «Вёлсовский кедрово-елово-пихтовый лес», «Камень Говорливый», «Камень Ветлан» – 1983 г.;
- ◆ «Берёзовское болото», «Камень Колчимский (Помянёный)», «Хребет Кваркуш» – 1988г.;
- ◆ «Губдорско-Колывненское болото» – 1989 г.;
- ◆ «Гагаринское болото» – 1990 г.

Всероссийское общество охраны природы в 1985 г. утвердило методические рекомендации «Выявление, учёт памятников природы и содействие организации их охраны», в 1987 г. – методическое руководство по правовым вопросам охраны государственных памятников и заказников. Все охранные обязательства на памятники природы регистрировались Пермской областной организацией Всероссийского общества охраны природы.

Усилиями ученых Пермского государственного университета был разработан «Перечень охраняемых и рекомендуемых к охране природных территорий Пермской области по состоянию на 1 июля 1988 года». В этот перечень были включены 28 объектов Красновишерского района, на 13 из них имелись паспорта и охранные обязательства.

Решением Красновишерского районного Совета народных депутатов «Об утверждении государственных памятников природы на территории района» №42 от 20.03.1991 г. было утверждено 11 памятников природы, рекомендованных к охране для сохранения их в естественном состоянии. Это пещеры Вёлсинская и Тёмная, камни Бычок, Моховой, Писаный, Большеколчимский карстовый мост, Булатовское, Нижне-Язьвинское и Сухое болота, озеро Нюхти, водопад Жигалан.

В 1991 г. Постановлением Совета Министров РСФСР (№ 120 от 26.02.1991 г.) был создан государственный природный заповедник «Вишерский» (в дальнейшем – ГПЗ «Вишерский»). Заповедник создан как научно-исследовательское и природоохранное учреждение с целью изучения и сохранения экосистем горной территории района.

Решением Законодательного собрания Пермской области (№ 130 от 25.11.1994 г.) на территории трех государственных памятников природы (ГПП) «Гагаринское болото», «Губдорско-Колывненское болото», «Мосьвинское болото» был создан заказник «Нижневишерский». Заказник выполняет функции сохранения типичного болотного ландшафта равнинной территории района.

Работа по охране памятников природы продолжилась и впоследствии. 14 марта 1995 г. принят закон РФ «Об особо охраняемых природных территориях». В 1996 г. Министерство охраны окружающей среды и природных ресурсов РФ издало приказ «Об утверждении Примерных положений о государственных природных заказниках и памятниках природы» (№ 20 от 16.01.1996 г.). В 1996 г. была издана Красная книга Среднего Урала. В 1997 г. был принят закон Пермской области «Об историко-культурно-природном наследии населения Пермской области». Регулярно принимались указы губернатора Пермской области по вопросам охраны памятников природы: по уточнению статуса, категории, границ и режима охраны особо охраняемых территорий, о перечне видов животных, растений и грибов, занесённых в Красную книгу Пермской области (2001); об образовании особо охраняемых природных территорий (2003); об особо охраняемых природных территориях (2004). В 2002 г. по результатам инвентаризации ООПТ издан реестр «Особо охраняемые природные территории Пермской области».

В 2005 г. принят закон Пермской области «О природном наследии Пермской области» (№ 2623-581 от 11.11.2005 г.). В 2008 г. постановлением правительства Пермского края «Об особо охраняемых природных территориях Пермского края, за исключением биологических охотничьих заказников» (№ 64-п от 28.03.2008 г.) внесены изменения и дополнения в «Перечень особо охраняемых природных территорий Пермского края».

После вступления в силу указанного постановления на территории Красновишерского района остались следующие ООПТ: ГПЗ «Вишерский», 4 ландшафтных памятников природы, 1 историко-природный комплекс, 6 охраняемых ландшафтов, 1 ботанический памятник природы и 1 геологический памятник природы. Причем статус заказника «Нижневишерский» благодаря лоббированию компании ООО «Лукойл-Пермь» был понижен до статуса охраняемого ландшафта. По уровню охраны природно-заповедный фонд района распределяется следующим образом: Государственный природный заповедник «Вишерский» федерального значения, 14 особо охраняемых природных территории регионального значения, 1 зарезервированный ихтиологический заказник регионального значения, местообитания редких и занесённых в Красную книгу Пермского края растений и животных, а также в последние годы стал вопрос о создании памятника природы местного значения Ораловская (Дёминская) кедровая роща.

Кроме ООПТ в районе реализуются и другие механизмы охраны природных объектов в соответствии с действующим природоохранным законодательством, в частности, защитные зоны. В защитные зоны входят запретные полосы лесов шириной до 200 м, защищающие нерестилища ценных промысловых рыб вдоль рек; запретные полосы вдоль автомобильных дорог регионального значения шириной 250 м (дорога Красновишерск – Соликамск). Таким образом, практически вся территория района охвачена экологическим каркасом, в котором представлены все виды природных сообществ, существующие на разных ландшафтах района.

Это достаточно большая территория, которая, за исключением заповедника «Вишерский», охраняется только на уровне согласований на организацию того или иного вида деятельности. Данные оценки эффективности управления особо охраняемыми природными территориями, проведенной в 2002 г. совместно представителями лесхозов и комитета по охране окружающей среды Администрации Красновишерского района, свидетельствуют, что наибольшая антропогенная нагрузка на региональные ООПТ возникает в результате самодеятельного туризма [3]. К основным видам воздействий самодеятельного туризма можно отнести загрязнение бытовым мусором, вытаптывание, рубку деревьев и кустарников и разведение костров. Причем с каждым годом антропогенный прессинг увеличивается за счет улучшения инфраструктуры и настойчивой рекламе в СМИ, а особенно в сети Интернет. В частности, строительство моста через реку Вишера в районе поселка Вая является предпосылкой для увеличения потока туристов в верхнем течении реки Вишера. Увеличивается площадь вырубki лесов в районе охраняемого ландшафта «Кваркуш» в результате деятельности лесозаготовительных предприятий ОАО «Соликамскбумпром». Кроме этого, огромное значение имеет рост лесоперерабатывающей промышленности, результатом которого является увеличение незаконных рубок и складирование в лесных массивах отходов лесопиления. Данное воздействие косвенным образом повышает риск развития лесных пожаров, чему способствуют благоприятные климатические условия (сухое жаркое лето) в течение последних лет. Рост антропогенной нагрузки идет на фоне ослабления контроля в области соблюдения природоохранного законодательства в связи с реформированием природоохранных и лесных учреждений. В связи с этим инспекторские права остались за краевой инспекцией, расположенной в краевом центре. Поэтому назревает необходимость в организации природоохранной структуры для охраны, изучения и рационального использования региональных ООПТ. Для этого на базе 14 региональных ООПТ возможно создание большой кластерной территории. Статус природного парка является наиболее оптимальным вариантом для данного объекта. Природный парк будет состоять из трех больших кластерных участков: хребет Кваркуш, Нижневишерский и Вишерский. Первые два участка представляют собой существующие ООПТ охраняемые ландшафты Кваркуш и Нижневишерский. Третий участок будет образован водоохраной зоной реки Вишера и



региональными ООПТ, находящимися на её берегах. Для созданных кластерных участков водоохранная зона реки Вишеры будет буферным природным коридором, объединяя территорию в единое целое. По функциональному зонированию можно выделить три зоны: охраны природных и историко-культурных объектов, зону интенсивной рекреации и зону хозяйственной деятельности. К зоне охраны природных и историко-культурных объектов можно отнести центральные части Кваркуша и Нижневишерского, а также историко-природные комплексы «Писаный камень» и «Моховой камень». К зоне интенсивной рекреации можно отнести Вишерский кластерный участок, реку Жигалан и прилегающие к ней вершины на Кваркуше и озеро Нюхти. В зону хозяйственной деятельности отойдут участки, находящиеся в зоне деятельности ОАО «Лукойл-Пермь» на территории кластера Нижневишерский.

На наш взгляд, создание природного парка «Вишерский» будет способствовать сохранению и рациональному использованию ресурсов региональных особо охраняемых природных территорий и послужит дополнительным стимулом для развития экологического туризма на территории Красновишерского района. Природный парк позволяет создать более строгий режим охраны и возможность управления туристическим потоком и его нормирования. Наличие штата сотрудников позволит вести постоянный мониторинг состояния природных сообществ и воздействия на них со стороны туристов. Создание единой охраняемой природной территории и её функциональное зонирование привлечет в обустройство парка частные инвестиции и наладит систематическую работу с туроператорами, что будет способствовать частичной самокупаемости природного парка. В то же время при отсутствии собственного штата природный парк можно рассматривать как площадку для биосферного полигона при заповеднике «Вишерском», при получении последним статуса биосферного резервата.

Работы по созданию природного парка «Вишерский» начаты в конце 2009 г. В марте 2010 г. предложение по созданию природного парка «Вишерский» было рассмотрено на заседании Земского собрания Красновишерского района. По результатам представления было подготовлено обращение в Министерство природных ресурсов Пермского края, а затем в Министерство природных ресурсов РФ. В марте 2011 г. Министерство природных ресурсов РФ предложило свою помощь в представлении по образованию природного парка в Правительство Пермского края.

Список ссылок

1. Бахарев П.Н. К 20-летию юбилею заповедника «Вишерский» // Особо охраняемые природные территории в жизни региона: материалы межрегион. конф. (16–18 февраля 2011 г., Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С.14–17.
2. Воронов Г.А., Стенно С.П. История организации заповедника «Вишерский» // Особо охраняемые природные территории в жизни региона: материалы межрегион. конф. (16–18 февраля 2011 г., Пермь) / Перм. гос. ун-т. Пермь, 2011. С. 9–13.
3. Ильиных С.И. Проблемы и перспективы развития экологического туризма в Пермской области // География и регион. IV. Туризм и туристический сервис: региональные аспекты: материалы Междунар. науч.-практ. конф. (30 сент. – 4 окт. 2002 г., г. Пермь) / Перм. ун-т. Пермь, 2002. С.100–106

УДК 582.32

**МОХООБРАЗНЫЕ БИОСТАНЦИИ «ВЕРХНЯЯ КВАЖВА»
И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ***

А.Г.Безгодов, Е.М. Шкараба, Н.А.Константинова

ОАО «КамНИИКИГС», г. Пермь,
Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь,
Полярно-альпийский ботанический сад-институт Кольского НЦ РАН, г. Кировск

**BRYOPHYTES OF BIOLOGICAL RESEARCH STATION «VERKHNYAYA KVAZHVA»
AND ITS VICINITY**

A.G. Bezgodov, E.M. Shkaraba, N.A. Konstantinova

PLC «KamNIKIGS», Perm
Perm state humanitarian pedagogical university, Perm
Polar-Alpine botanic garden-institute of Kolsky SC RAS, Kirovsk

Приведен аннотированный список из 31-го вида печеночников и 130-ти видов мхов участка долины Камы площадью 3000 га в Добрянском районе Пермского края, включающего охраняемый ландшафт «Верхняя Кважва». Четыре вида печеночников (*Calypogeia azurea*, *Cephalozia loitlesbergeri*, *Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*) известны в крае пока только отсюда.

Ключевые слова: Пермский край, охраняемый ландшафт, печеночники, мхи.

The list of 31 liverwort and 130 moss species on the site of 3000 hectares in the Kama River Valley is reported. The site is located in Dobryanka district of Perm region and includes the protected landscape “Verkhnyaya Kvazhva”. Up to now it is the only place in the region where the four liverwort species (*Calypogeia azurea*, *Cephalozia loitlesbergeri*, *Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*) have been found.

Key words: Perm region, protected landscape, liverworts, mosses.

Обследована территория площадью около 3000 га, прилегающая к биостанции Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (ПГГПУ), включающая ООПТ «Верхняя Кважва» по правому борту долины Камы в Добрянском р-не Пермского края. Характеристика растительности и карта территории даны в конспекте флоры сосудистых растений этого же участка [1].

При составлении списка мохообразных использованы сборы авторов, выполненные в 2001, 2005, 2007, 2010–2012 гг., а также небольшое количество образцов, собранных студентами ПГПУ на полевой практике. В общей сложности проанализировано около 350 полевых образцов, в которых идентифицировано до 1000 экземпляров мохообразных. Всего на обследованной территории выявлен 31 вид и 1 разновидность печеночников и 130 видов мхов. При этом четыре вида печеночников (*Calypogeia azurea*, *Cephalozia loitlesbergeri*, *Riccia fluitans*, *Ricciocarpos natans*) известны в Пермском крае только отсюда.

Особенности распространения мохообразных. Основными факторами, прямо или косвенно определяющими характер распределения мохообразных по обследованной территории, являются богатство и влажность почв. В обобщенном виде можно сказать, что число видов мохообразных возрастает по мере удаления от Камы.

В наиболее бедных и сухих сосняках-беломошниках по берегам Камы количество видов мхов минимально: возле стволов селятся *Pohlia nutans* и *Ceratodon purpureus*, на слабо



заросшей почве – *Polytrichum piliferum*. В более влажных и богатых сосняках-зеленошниках мхи формируют сплошной покров, в котором в подавляющем большинстве случаев доминирует *Pleurozium schreberi*, постоянно присутствуют *Dicranum polysetum* и *D. scoparium*, реже – *Ptilium crista-castrensis*, *Rhytidiadelphus triquetrus*.

В еловых лесах, в среднем, видовое разнообразие мохообразных выше, чем в сосняках. Особенно богаты видами мхов мелкотравные и травяно-зеленомошные ельники по склонам и днищам логов. В таких лесах, помимо обычных для ельников *Plagiomnium cuspidatum*, *P. medium*, *Sciuro-hypnum curtum*, *Brachythecium salebrosum*, могут быть встречены *Mnium stellare*, *Rhizomnium punctatum*, *Plagiothecium denticulatum*, *Sciuro-hypnum starkei*, *S. reflexum*, *Fissidens viridulus*, *Amblystegium serpens*, *Hylocomium splendens*, *Dicranella heteromalla* и др.

Хвойно-широколиственные леса, как правило, бедны эпигейными видами. Лишь на прогалинах или на нарушенной почве встречаются *Plagiomnium cuspidatum*, *Brachythecium salebrosum*, очень редко – *Atrichum flavisetum*, *Dicranella heteromalla*. Большинство же мохообразных приурочено к валежу и основаниям стволов – *Pleurozium schreberi*, *Hylocomium splendens*, *Ptilium crista-castrensis*, *Sciuro-hypnum starkei*, *S. reflexum*, *S. curtum*, *Callicladium haldanianum*, *Plagiomnium cuspidatum*, *Sanionia uncinata*, *Amblystegium serpens*, *Dicranum scoparium*, *D. fuscescens*, *D. montanum*, *Plagiothecium denticulatum*, *P. laetum*, *Stereodon pallescens*, *Ptilidium pulcherrimum*, *Lophocolea heterophylla*.

Сырые сосновые, еловые, березовые леса по окраинам болот часто сходны по набору эпигейных и эпиксильных мохообразных, однако сильно различаются по их количественному соотношению: от почти чисто зеленомошных с *Aulacomnium palustre*, *Climacium dendroides*, *Plagiomnium ellipticum*, *Pseudobryum cinclidioides*, *Brachythecium rivulare* и др. со сфагнами лишь по западинам до почти чисто сфагновых с доминированием *S. girgensohnii*. Особенность этих лесов – обилие видов *Polytrichum s.l.*: *P. commune* и *P. juniperinum* растут на почве либо в смеси с другими видами, либо образуют чистые куртинки, а *Polytrichastrum formosum*, *P. longisetum* и *P. pallidisetum* поселяются преимущественно на обнаженных почве и торфе под вывалами и на сильно разложившихся пнях. К таким лесам тяготеют и виды *Dicranum*: *D. flagellare* и *D. Fuscescens*, они обычны и многочисленны на гниющей древесине, а *D. scoparium* нередок также и на почве. Многочисленны, в сравнении с мезофильными лесами, печеночники, заселяющие преимущественно основания стволов и гнилую древесину – *Blepharostoma trichophyllum*, *Cephalozia spp.*, *Calypogeia integristipula*, *Lepidozia reptans*, *Lophozia spp.*, *Neoorthocaulis attenuatus*.

Видовое разнообразие мохообразных на болотах прямо или косвенно определяется условиями питания. Поскольку все или почти все болота на описываемой территории имеют, по-видимому, сходный генезис, состав видов мхов на них в общем близкий. Так, на обследованной территории нет ни ярко выраженных болот «ключевого» питания, ни «классических» верховых. На травяных (вейниковых, осоковых) болотах чаще обитают зеленые мхи (*Climacium dendroides*, *Calliergon cordifolium*, *Drepanocladus aduncus*, *Hygroamblystegium humile*, *Rhizomnium pseudopunctatum*, *Pseudobryum cinclidioides*), однако нередки и эвтрофные виды сфагнов: прежде всего, *S. squarrosum*, образующий иногда сплошной покров под пологом трав, и *S. riparium*, чаще заселяющий обводненные западины. В некоторых случаях (по-видимому, на более поздней стадии развития) доминантом вейниково-сфагновых болот выступает *S. girgensohnii*. На пушицево-сфагновых и осоково-сфагновых (с *Carex rostrata*, *C. limosa*, *C. lasiocarpa*) болотах в большинстве случаев преобладает *S. flexuosum*. Как правило, велика доля *S. magellanicum*, который местами образует чистые пятна. Прочие виды сфагнов (*S. capillifolium*, *S. russowii*, *S. angustifolium*, *S. fuscum*) образуют либо незначительную примесь к основным, либо формируют небольшие куртинки возле стволов деревьев, на валеже. Вместе с ними на буграх очень часто поселяется

Polytrichum strictum, а также *Pohlia nutans*, *Aulacomnium palustre*, *Pleurozium schreberi*. Мочажины обычно заняты *Sphagnum fallax*.

Определенным своеобразием отличаются два болота – «Болото у Черной речки» и «Болото в воронке у залива». Первое имеет признаки более богатого питания: присутствие *Carex appropinquata*, *C. diandra*, высокая доля разнотравья на некоторых участках. О том же говорит, по-видимому, доминирование *Sphagnum girgensohnii*, обилие *S. teres*, повышенное участие зеленых мхов (*Pseudobryum cinclidioides*, *Brachythecium rivulare*, *Rhizomnium pseudopunctatum*), наличие *Cratoneuron filicinum*.

Второе болото сформировалось на месте озера в глубокой карстовой воронке. Из-за постоянного поступления атмосферных осадков с крутых склонов воронки торфяник окаймлен широкой полосой воды, в которой плавают *Ricciocarpos natans*, *Drepanocladus aduncus*. На краю сплавины обитают *Sphagnum riparium*, *S. obtusum* и *Straminergon stramineum*. Но центральная часть болота сходна с другими: преобладает *S. flexuosum* в смеси со *S. magellanicum*.

Состав и обилие эпифитов обычны для центральной части Пермского края. Наиболее заметными особенностями обследованного участка является высокая частота *Pylaisia selwynii*, отсутствие *Radula complanata*, относительно высокая встречаемость *Brachythecium campestre*, обитающего здесь чаще в основаниях осин, но нередко поднимающегося и выше по стволам.

Наибольшую зависимость от механических свойств и богатства почвы показывают виды, заселяющие обнаженные или слабо заросшие участки вдоль дорог, по бортам канав, под вывалами и проч. Обнажения на песчаных почвах крайне бедны видами: обычны *Ceratodon purpureus*, редки и немногочисленны *Polytrichum piliferum*, *Bryum caespiticium*, *B. creberrimum*, *Barbula unguiculata*. На суглинках же количество видов и численность особей резко возрастают: по придорожным обрывам, по бортам колеи поселяются *Blasia pusilla*, *Dicranella varia*, *D. schreberiana*, *Ditrichum cylindricum*, *D. pusillum*, *Pogonatum urnigerum*, *Atrichum undulatum*, *A. tenellum*, *A. flavisetum*, мелкие виды *Pohlia* (*P. andalusica*, *P. bulbifera*, *P. annotina*, *P. melanodon*), *Barbula unguiculata*, *Didymodon fallax*; преимущественно под вывалами обитают *Dicranella heteromalla*, *Leptobryum pyriforme*, *Schistostega pennata*, виды *Polytrichum*; кротовины, муравьиные кочки предпочитают *Bryum capillare* и *B. elegans*.

Своеобразную экологическую нишу образуют обрывистые берега ручьев, мелких рек. Преимущественно здесь или только здесь обитают *Conocephalum conicum*, *Pellia endiviifolia*, *Plagiothecium cavifolium*, *Pohlia wahlenbergii*.

Виды, живущие постоянно погруженными в воду, немногочисленны. В текучей воде (в Кважве, в Черной речке) нередок *Leptodyctium riparium*. В различных стоячих водоемах, в том числе в мелководных заливах Камы, по единичным находкам известны *Warnstorfia exannulata*, *Riccia fluitans* и *Ricciocarpos natans*; довольно обычны плавающие формы *Drepanocladus aduncus*.

Предлагаемый список, по-видимому, не полностью отражает разнообразие мохообразных описываемой территории. В первую очередь это относится к печеночникам: нет сомнения, что более детальное обследование выявит ряд отмечавшихся в центральной части Пермского края видов. Такие мхи, как *Fissidens taxifolius*, *Eurhynchium pulchellum* и др., тяготеют к тяжелым почвам и, возможно, не обнаружены пока на обследованной территории просто из-за редкости подходящих местообитаний. Весьма вероятна находка некоторых редких болотных и «околоболотных» видов (*Sphagnum fimbriatum*, *S. majus*, *Dicranum bergeri*, *D. fragilifolium*), поскольку они встречаются в тех же условиях нижних террас долины Камы на правобережье Перми [2].

Список видов. Виды в списках печеночников и мхов расположены по алфавиту. Для видов, собранных однократно или в одном пункте, дается полная цитата этикетки. Оценка встречаемости, как правило, дана на основании полевых наблюдений; принята



следующая шкала: редко – 2–3 местонахождения; изредка – 4–6 местонахождений; довольно часто – 7–10 местонахождений; часто – более 10 местонахождений.

Значками «S+», «andr.», «per.», «gemm.» отмечено, соответственно, наличие спорогонов, андроев, периантиев, выводковых почек хотя бы в одном образце.

При цитатах этикеток фамилии коллекторов сокращены: Шк – Е.М. Шкараба, Бз – А.Г. Безгодов, БШ – Безгодов, Шкараба.

Если не указано иного, образцы хранятся в гербарии Пермского педуниверситета (PPU).

Номенклатура, за единичными исключениями, дается согласно [3, 4].

Авторы глубоко признательны Елене Анатольевне и Михаилу Станиславовичу Игнатовым за проверку сомнительных определений мхов (*Dicranum*, *Plagiothecium*).

Hepaticopsida

Blasia pusilla L. – На обнаженной и полужаросшей почве по обочинам сырых дорог. Часто.

Blepharostoma trichophyllum (L.) Dumort. – На основаниях стволов и гнилой древесине в сырых хвойных и смешанных лесах. Довольно часто. Per.

Calypogeia azurea Stotler et Crotz – 2 км к СЗ от пос. Верх-Кважва (58°24'N – 56°21'E), сфагновый ельник: под вывалом на свисающем перегное, № 26, 3.08.2005, БШ. КРАБГ.

C. integristipula Steph. – В заболоченных лесах, на болотах: на обнаженной минеральной или торфяной почве, на гнилой древесине. Довольно часто.

C. suecica (Arnell et J. Perss.) Müll. Frib. – Южнее пос. Верх-Кважва (58°21,5'N – 56°25'E), сырое осоковое болотце по заброшенной дороге: на гнилой валежине сбоку, № 24, 2.08.2005, БШ. PPU, КРАБГ.

Cephalozia bicuspidata (L.) Dumort. – В заболоченных лесах и на осоковых болотах: на сильно разложившейся древесине. Редко. Per.

C. loitlesbergeri Schiffn. – 2,5 км ЮЗ пос. Верх-Кважва (58°21'N – 56°22'E), обочина лесной дороги в сосняке сфагновом, под вывалом, на торфе [*и слабо разложившемся сфагне – НК*], № 46, 5.06.2007, Шк. S+. PPU, КРАБГ.

C. lunulifolia (Dumort.) Dumort. – В лесах, на болотах: на гнилой древесине, на обнаженном перегное, торфе. Часто. S+.

C. pleniceps (Austin) Lindb. – 2,5 км ЮЗ пос. Верх-Кважва (58°21'N – 56°22'E), обочина лесной дороги в сосняке сфагновом, под вывалом, на торфе [*и слабо разложившемся сфагне – НК*], № 46, 5.06.2007, Шк. PPU, КРАБГ.

Cephaloziella rubella (Nees) Warnst. – На обнаженной почве по сырым дорогам и просекам. Редко. Andr., per.

Chiloscyphus pallescens (Ehrh. ex Hoffm.) Dumort. s. str. – В приручьевых лесах, на низинных болотах: на опаде и гниющей древесине. Редко. Andr.

Conocephalum conicum (L.) Dumort. s. l. – На обрывистых глинистых берегах рек, ручьев. Довольно часто. Сравнительно недавно из *C. conicum* был выделен *C. salebrosum* Szweykowski, Buczkowska, Odrzykoski [5], отличающийся рядом признаков, в том числе микроскопических. В российской литературе сведения о нем опубликованы только в 2010 г. [6]. Нами *C. conicum* s. l. только отмечался в полевых условиях, а собран лишь однажды, в связи с чем особенности распространения этих видов остались невыясненными.

Crossogyna autumnalis (DC.) Schljakov – В низовьях р. Кважва, неморально-разнотравный ельник с липой (58°24'N – 56°25'E): на гнилом пне, среди *Dicranum flagellare*, № 62, 12.06.2001, Бз. Per. PPU, КРАБГ.

Isopaches bicrenatus (Schmidel ex Hoffm.) H. Buch – На обнаженной почве по сырым дорогам и просекам. Редко.

Lepidozia reptans (L.) Dumort. – В сырых лесах по окраинам болот и в пойме Кважвы: на гниющей древесине. Часто.

Lophocolea heterophylla (Schrad.) Dumort. – В лесах в основаниях стволов и на гнилой древесине; на обнаженной и слабо заросшей почве по обочинам дорог, под вывалами и т. д. Часто. S+.

L. minor Nees – Правый берег Камы в низовьях р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), береговой обрыв: на перегное, № 39, 4.08.2005, БШ. Gemm. PPU, КРАБГ.

Lophozia silvicola H. Buch – 2 км к СЗ от пос. Верх-Кважва (58°24'N – 56°21'E), сфагновый ельник: под вывалом на свисающем перегное, № 26, 3.08.2005, БШ. Gemm. КРАБГ.

L. ventricosa (Dicks.) Dumort. var. *guttulata* (Lindb. et Arnell) Bakalin – Южнее пос. Верх-Кважва (58°21,5'N – 56°25'E), сырое осоковое болотце по заброшенной дороге: на гнилой валежине сбоку, № 24, 2.08.2005, БШ. КРАБГ.

-- *L. cf. ventricosa* var. *longiflora* (Nees) Macoun – Низинное болото в истоках левого притока Черной речки (58°21'N – 56°21'E): на гнилой древесине, № 106, 13.06.2001, Бз. Пер., gemm. PPU, КРАБГ.

Lophozia longidens (Lindb.) Konstant. & Vilnet (*Lophozia longidens* (Lindb.) Macoun) – В сырых лесах на валеже и в основаниях стволов. Редко. Andr., gemm.

Marchantia polymorpha L. ssp. *ruderalis* Bischl. & Boissel.-Dub. (*M. latifolia* Gray, *M. polymorpha* auct. non L.) – На низинных болотах, в приручьевых лесах, по берегам ручьев и мелких рек. Довольно часто.

Neorthocaulis attenuatus (Mart.) L. Söderstr., De Roo, Hedd. & Mart. (*Orthocaulis attenuatus* (Mart.) A. Evans) – 2 км к СЗ от пос. Верх-Кважва, крупнопапоротниковый ельник по окраине сфагнового болота (58°24'N – 56°21'E): у ствола березы, № 29, 3.08.2005, БШ. PPU, КРАБГ.

Pellia endiviifolia (Dicks.) Dumort. – На обнаженной почве, наилке по берегам ручьев и мелких рек. Редко, но в некоторых местах весьма обильно.

P. neesiana (Gottsche) Limpr. – В приручьевых лесах, на сырых зарастающих дорогах и просеках. Редко.

Plagiochila porelloides (Torr. ex Nees) Lindenb. – В сырых травяных лесах в основаниях стволов. Редко.

Ptilidium pulcherrimum (Weber) Vain. – В лесах на стволах деревьев и в их основаниях, на гнилой древесине. Часто. S+.

Riccardia latifrons (Lindb.) Lindb. – В заболоченных лесах на гниющей древесине. Редко.

Riccia fluitans L. – Правый берег р. Камы, залив в устье р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), на зарастающих мелководьях, в воде, № 11, 1.08.2005, БШ.

Ricciocarpos natans (L.) Corda – В низовьях р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), сфагновое болото в глубокой котловине: у окраины, в воде, БШ, № 13, 1.08.2005.

Scapania irrigua (Nees) Nees – Дорога на Шемети, 3 км от поселка (58°22'N – 56°20'E), заросшая дорога по просеке ЛЭП: в сырых низинах, № 203, 15.06.2001, Бз. PPU, КРАБГ.

Tritomaria exectiformis (Breidl.) Loeske – Низинное болото в истоках левого притока Черной речки (58°21'N – 56°21'E): на гнилой древесине (среди *Lophozia ventricosa*), № 106, 13.06.2001, Бз. Gemm. PPU, КРАБГ.

Bryopsida

Abietinella abietina (Hedw.) M. Fleisch. – Суходольный луг вблизи пос. В-Кважва (58°23'N – 56°22'E), на почве, 12.05.2005, Шк.

Amblystegium serpens (Hedw.) Bruch et al. – Обычен в большинстве лесных сообществ, кроме наиболее бедных сосняков, по берегам рек: в основаниях стволов лиственных деревьев, на обнаженной почве, на гнилой древесине. S+.

Atrichum flavisetum Mitt. – На кротовинах, на обнаженной почве под вывалами, по обочинам дорог, по бортам канав и т. д. Преимущественно на суглинистых почвах к западу от поселка, на песках редко. S+.



A. tenellum (Röhl.) Bruch et al. – Часто по обочинам дорог в местах распространения суглинистых почв, реже – под вывалами. S+.

A. undulatum (Hedw.) P. Beauv. – В тех же условиях, что и *A. flavisetum*, местами вместе с ним. S+.

Aulacomnium palustre (Hedw.) Schwägr. – Заболоченные просеки, пойменные ивняки, сфагновые сосняки, осоково-сфагновые болота. Часто.

Barbula convoluta Hedw. – В низовьях р. Кважва (58°23'N – 56°24'E), свежая вырубка: на обнаженной песчаной почве, № 72, 12.06.2001, Бз. S+.

B. unguiculata Hedw. – На обнаженной и слабо заросшей почве возле дорог, троп и пр. Часто. S+.

Brachytheciastrum velutinum (Hedw.) Ignatov et Huttunen – В елово-осиновых с березой и липой, осиновых неморально-травяных лесах: у стволов, на опаде, на обнаженной почве. Довольно часто.

Brachythecium albicans (Hedw.) Bruch et al. – На залежах и пустошах. Часто.

B. campestre (Müll. Hal.) Bruch et al. – В основаниях стволов осин, на почве мелкозлаковых лугов по склонам. Редко. S+.

B. erythrorrhizon Bruch et al. – 3 км к ЮЗ от поселка (58°22'N – 56°20'E), неморально-разнотравный смешанный лес на суглинках: под вывалом на перегное [в дерновинке *Mnium stellare*], № 194, 15.06.2001, Бз.

B. mildeanum (Schimp.) Schimp. – В сырых лесах, на просеках в сырых низинах. Редко.

B. rivulare Bruch et al. – В поймах рек, ручьев по ивнякам, сероольшаникам и мелким болотцам. Часто.

B. salebrosum (F. Weber et D. Mohr) Bruch et al. – В самых разнообразных ценозах на почве, растительном опаде, гнилой древесине, на стволах деревьев и пр. Часто. S+.

Bryum argenteum Hedw. – На обнаженной почве по обочинам дорог, троп; на деревянных крышах. Редко.

B. bimum (Schreb.) Turner – 800 м к западу от поселка Верх-Кважва (58°22'N – 56°22'E), газотрасса в месте пересечения с р. Кважва: на сырой почве, № 42, 4.06.2007, Шк. S+.

B. caespiticium Hedw. – На почве по лишайниковым и моховым пустошам, вдоль дорог, троп. Довольно часто. S+.

B. capillare Hedw. – На обнаженной или слабо заросшей почве по обрывам вдоль рек, дорог, канав, в редкостойных молодых сосняках. Довольно часто.

B. creberrimum Taylor – На обнаженной и полужаросшей почве по обочинам дорог, канав, на покрытой наилком древесине, в основаниях стволов. S+. Довольно часто.

B. elegans Nees – На слабо заросшей почве вдоль лесных дорог, по бортам канав, в редкостойных сосняках; на кротовинах и муравьиных кочках. Редко.

B. lonchocaulon Müll. Hal. – Берег р. Кважвы (58°23'N – 56°23'E), на покрытых мелкоземом гнилых бревнах моста, № 92, 12.06.2001, Бз. S+.

B. pallens Sw. ex anon. – На обнаженной почве вдоль сырых дорог, по бортам сырых канав, по берегам водоемов. Часто. S+.

B. pseudotriquetrum (Hedw.) P. Gaertn., V. Mey. et Scherb. – Часто на низинных болотах в поймах Кважвы и Черной речки, а также в сырых низинах по зарастающим дорогам, просекам.

B. weigelii Spreng. – На сырых зарастающих дорогах, просеках. Редко.

Vuxbaumia aphylla Hedw. – На полужаросшей песчаной и супесчаной почве: на обочине дороги, на бортах пожарных борозд, на муравьиных кочках. Редко. S+.

Callicladium haldanianum (Grev.) H.A. Stum – В сырых и заболоченных березовых и смешанных с березой лесах по окраинам болот, в елово-осиновых с березой и липой неморально-травяных лесах: в основаниях стволов берез и осин, на гнилой древесине. Часто. S+.

Calliargon cordifolium (Hedw.) Kindb. – В сырых и заболоченных лесах, в ивняках, на осоковых болотах, на лесных зарастающих дорогах, просеках: по сырью, в том числе обводненным, западинам. Часто. S+.

Calliergonella cuspidata (Hedw.) Loeske – Правый борт долины Камы в низовьях р. Кважва, мелководный залив Камы (58°24'N – 56°25'E), на бревне в воде, № 52, 12.06.2001, Бз.

C. lindbergii (Mitt.) Hedenäs – По берегам рек и в поймах, в ивняках, на заболоченных просеках, дорогах. Часто.

Campylidium sommerfeltii (Myrin) Ochyra – В лесах, в пойменных ивняках: на гнилой древесине, в основаниях стволов, на обнаженной почве. Часто. S+.

Ceratodon purpureus (Hedw.) Brid. – Обычен на незадернованной, особенно – на легкой почве, на деревянных крышах. Реже – на стволах лиственных пород, на валеже. S+.

Cirriphyllum piliferum (Hedw.) Grout – Часто в неморально-травяных смешанных лесах, в поймах, на опаде и почве в черничных и кисличных ельниках; по буграм в заболоченных лесах; иногда – на осоковых болотах, на заболоченных просеках.

Climacium dendroides (Hedw.) F. Weber et D. Mohr – Сырые травяные леса, ивняки, сырые луга и просеки, пойменные осоковые болотца: на почве и гнилом валеже. Довольно часто.

Cratoneuron filicinum (Hedw.) Spruce – Низинное болото в истоках левого притока Черной речки (58°21'N – 56°21'E): на топких участках, №th 107, 108, 13.06.2001, Бз.

Dichodontium pellucidum (Hedw.) Schimp. – Берег р. Кважва (58°23'N – 56°22'E): на покрытом наилком валеже, № 166, 14.06.2001, Бз.

Dicranella cerviculata (Hedw.) Schimp. – Осоковый березняк вдоль заболоченной низины (58°23'N – 56°23'E): под вывалом на песке и перегное, № 1, 30.07.2005, БШ. S+.

D. heteromalla (Hedw.) Schimp. – В районах распространения суглинков на обнаженной почве под вывалами, на обрывах у дорог и т. д. Часто. S+.

D. schreberiana (Hedw.) Hilf. ex H.A. Crum et Anderson – На обнаженной суглинистой почве вдоль дорог. Редко.

D. varia (Hedw.) Schimp. – В районах распространения суглинков на обнаженной почве по обочинам лесных дорог. Довольно часто. S+.

Dicranum bonjeanii De Not. – В низовьях р. Кважва (58°23'N – 56°24'E): на обрыве у дороги в лесу, № 74, 12.06.2001, Бз.

D. brevifolium (Lindb.) Lindb. – Черничный березняк по окраине сфагнового болота 2 км южнее поселка (58°22'N – 56°23'E): на гнилом пне, № 5, 31.07.2005, БШ. S+. PPU, MW.

D. flagellare Hedw. – В травяных, сырых зеленомошных, сфагновых лесах, на болотах: на гнилой древесине. Часто. S+.

D. fuscescens Turner – В лесах: в основаниях стволов, на гнилой древесине. Часто. S+.

D. montanum Hedw. – В большинстве лесных ценозов на гнилой древесине и на стволах лиственных деревьев. Часто. S+.

D. polysetum Sw. – Обычен на почве в сосняках и вторичных мелкотравных лесах. S+.

D. scoparium Hedw. – Практически во всех лесных сообществах, на просеках, пустошах, залежах: на почве, гнилой древесине, в основаниях стволов, иногда – на стволах. На некоторых участках зеленомошных сосняков один из доминирующих видов. S+.

Didymodon fallax (Hedw.) R.H. Zander – На обнаженной и слабо заросшей почве возле дорог, троп и пр. Довольно часто.

Ditrichum cylindricum (Hedw.) Grout – На обнаженной суглинистой почве по обочинам лесных дорог. Довольно часто. S+.

D. pusillum (Hedw.) Hampe – В тех же условиях, что и предыдущий вид, местами вместе с ним. Довольно часто. S+.

Drepanocladus aduncus (Hedw.) Warnst. – На сырых дорогах и просеках, в воде и по берегам стариц, в воде мочажин по окраинам болот. Часто.

– var. *polycarpus* (Bland.) Moenkem – Берег Кважвинского залива (58°24'N – 56°25'E): на тропе, № 48, 12.06.2001, Бз.

D. polygamus (Bruch et al.) Hedenäs – На сырой зарастающей дороге, в ельнике на почве под вывалом. Редко.



Fissidens viridulus (Sw.) Wahlenb. – В низовьях р. Кважва (58°24'N – 56°25'E) в глубоком логу на песчаной почве по размытому склону, № 14, 1.08.2005, БШ. S+.

Funaria hygrometrica Hedw. – На обнаженной почве вдоль дорог, троп; возле кострищ. На суглинках западнее поселка довольно часто, на песках очень редко. S+.

Helodium blandowii (F. Weber et D. Mohr) Warnst. – Осоково-сфагновое облесенное болото возле Черной речки (58°21'N – 56°21'E), 20.07.2010, Шк.

Hygroamblystegium humile (P. Beauv.) Vanderp., Goffinet et Hedenäs – В поймах: на опаде, на валеже, в основаниях стволов. Довольно часто.

Hylocomium splendens (Hedw.) Bruch et al. – Необычно малочисленный вид в окрестностях биостанции: встречается преимущественно на гнилом валеже, редко – на почве в смешанных и еловых мелкотравных лесах.

Leptobryum pyriforme (Hedw.) Wilson – На обнаженной почве на пустырях, возле дорог, троп, под вывалами. Часто. S+.

Leptodictyum riparium (Hedw.) Warnst. – В р. Кважве и по ее берегам: на древесине. Часто. S+.

Leskea polycarpa Hedw. – На стволах осин в сырых смешанных лесах. Часто. S+.

Mnium spinosum (Voit) Schwägr. – Неморально-разнотравный смешанный лес на суглинках в 3 км к ЮЗ от поселка (58°22'N – 56°20'E): на почве в увлажненной западинке, № 196, 15.06.2001, Бз.

M. spinulosum Bruch et al. – Кислично-крупнопапоротниковый ельник с липой 2 км к СЗ от поселка (58°24'N – 56°23'E): у ствола липы, № 157, 14.06.2001, Бз.

M. stellare Hedw. – По обрывистым берегам рек, в поймах на перегное возле стволов старых деревьев. Довольно часто.

Myrinia pulvinata (Wahlenb.) Schimp. – На стволах осин. Часто. S+.

Neckera pennata Hedw. – На стволах осин. Редко.

Orthotrichum obtusifolium Brid. – На стволах осин. Довольно часто. S+.

O. speciosum Nees – На стволах осин, старых ив. Часто. S+.

Oxyrrhynchium hians (Hedw.) Loeske – В пойме Кважвы у стволов, в сырых низинах на заросшей дороге по просеке ЛЭП. Редко.

Philonotis fontana (Hedw.) Brid. – 800 м к западу от поселка Верх-Кважва, газотрасса в месте пересечения с р. Кважва (58°22'N – 56°22'E): на сырой почве, № 40, 04.06.2007, Шк.

Plagiomnium cuspidatum (Hedw.) T.J. Кор. – Обычен в неморально-травяных смешанных лесах, в мелкотравных ельниках на гнилой древесине и в основаниях стволов осин; реже – на лугах, просеках, низинных болотах, по обочинам сырых дорог, под вывалами. S+.

P. drummondii (Bruch. et Schimp.) T.J. Кор. – Низовья р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), разнотравно-крупнопапоротниковый смешанный лес по днищу лога: у ствола осины, № 64, 12.06.2001, Бз.

P. ellipticum (Brid.) T.J. Кор. – По берегам рек, в сырых и заболоченных лесах, на низинных болотах: на почве и гнилом валеже. Часто.

P. medium (Bruch et al.) T.J. Кор. – В неморально-травяных смешанных лесах: на гнилой древесине, на почве. Довольно часто.

P. rostratum (Schrad.) T.J. Кор. – В низовьях р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), неморально-разнотравный ельник с липой: на почве, № 58, 12.06.2001, Бз.

Plagiothecium cavifolium (Brid.) Z. Iwats. s. l. (incl. *P. succulentum* (Wilson) Lindb.) – На обрывистых берегах рек, в пойменных ивняках, в приручьевых ельниках: на обнаженной почве, гнилой древесине, на перегное возле стволов. Часто.

P. curvifolium Schlieph. ex Limpr. – Чернично-долгомошный березняк по окраине сфагнового болота (58°23'N – 56°23'E): у ствола сосны, № 36, 03.08.2005, БШ. S+. MW.

P. denticulatum (Hedw.) Bruch et al. – В лесах (от гигромезофильных до гигрофильных): на почве, растительном опаде, гнилой древесине. Часто. S+.

P. laetum Bruch et al. – В большинстве лесных сообществ, кроме самых бедных сосняков: на гнилой древесине и в основаниях стволов. Часто. S+.

Platygyrium repens (Brid.) Bruch et al. – В неморально-травяных смешанных лесах на стволах лип. Редко.

Pleurozium schreberi (Brid.) Mitt. – Обычен во всех лесных сообществах: на почве, гнилом валеже, в основаниях стволов. Доминант зеленомошных сосняков.

Pogonatum urnigerum (Hedw.) P. Beauv. – На обнаженной почве под вывалами, вдоль дорог. На суглинках часто, на легких почвах редко. S+.

Pohlia andalusica (Höhn.) Broth. – На обнаженной почве по обочинам сырых дорог. Часто.

P. annotina (Hedw.) Lindb. – В тех же условиях, что и предыдущий вид, во многих случаях вместе с ним. Часто.

P. bulbifera (Warnst.) Warnst. – По обочинам сырых дорог в лесах и на вырубках. Редко.

P. melanodon (Brid.) A.J. Shaw – На обнаженной суглинистой или богатой перегноем супесчаной почве по обочинам лесных дорог. Довольно часто. S+.

P. nutans (Hedw.) Lindb. – В лесах на почве, на гнилой древесине, на старых кочках осок, вейников и пр., в основаниях стволов; на болотах среди сфагнов; на обнаженной почве под вывалами, вдоль дорог и т. д. Часто. S+.

P. wahlenbergii (F. Weber et D. Mohr) A.L. Andrews – На слабо заросшей почве в сырых местах по берегам рек, по сырым дорогам; на пойменных осоковых лугах. Часто.

Polytrichastrum formosum (Hedw.) G.L. Sm. – Приручьевые, крупнопапоротниковые и кислично-крупнопапоротниковые ельники: на почве под вывалами, на буграх у стволов. Довольно часто. S+.

P. longisetum (Sw. ex Brid.) G.L. Sm. – Кислично-крупнопапоротниковые ельники, мелкотравные и вейниковые березовые и смешанные леса по окраинам болот: под вывалами, на валеже, на буграх у стволов. Довольно часто.

P. pallidisetum (Funck) G.L. Sm. – Вейниково-сфагновый березняк, 2 км южнее поселка (58°22'N – 56°23'E): под вывалом на песчаной почве, № 130, 13.06.2001, Бз.

Polytrichum commune Hedw. – Обычен в заболоченных лесах, на сырых просеках, по сырым обочинам дорог, под вывалами и пр. S+.

P. juniperinum Hedw. – Обычен на почве в зеленомошных и травяных сосняках, в мелкотравных березняках и осинниках, на обнаженном торфе по болотам. Реже – на гнилом валеже. S+.

P. piliferum Hedw. – Обычен на почве в беломошных сосняках, на обнаженной песчаной почве по лишайниковым пустошам, обочинам дорог, по бортам канав и т. д. S+.

P. strictum Brid. – На сфагновых болотах: по буграм у стволов деревьев среди сфагнов. Довольно часто. S+.

Pseudobryum cinclidioides (Hübener) T.J. Кор. – Заболоченные леса и просеки, осоковые болота. Редко.

Ptilium crista-castrensis (Hedw.) De Not. – В зеленомошных и травяно-зеленомошных лесах на почве; в травяных лесах на гнилой древесине. Редко.

Pylaisia polyantha (Hedw.) Bruch et al. – На стволах лиственных деревьев, особенно обильно на осинах. Часто. S+.

P. selwynii Kindb. – Там же. Часто. S+.

Rhizomnium pseudopunctatum (Bruch et Schimp.) T.J. Кор. – Заболоченные леса и просеки, осоковые болота, берега рек, пойменные ивняки и т. д. Довольно часто.

R. punctatum (Hedw.) T.J. Кор. – В сырых и заболоченных лесах, на низинных болотах, по берегам рек: на гнилой древесине и обнаженной почве. Часто.

Rhodobryum roseum (Hedw.) Limpr. – На почве в травяных лесах. Часто.

Rhytidadelphus subpinnatus (Lindb.) T.J. Кор. – В травяных, крупнопапоротниковых еловых и смешанных лесах; в поймах мелких ручьев; в зарослях кустарников; на сырых зарастающих дорогах, просеках, залежах. Изредка.

R. triquetrus (Hedw.) Warnst. – В мелкотравных смешанных и мелколиственных лесах: в основаниях стволов, на гнилом валеже, на почве. Изредка.



Sanionia uncinata (Hedw.) Loeske – Обычен во всех лесных сообществах: на почве, гнилой древесине, на стволах и корнях деревьев; на почве по просекам, дорогам, сырым лугам, берегам ручьев. S+.

Schistostega pennata (Hedw.) F. Weber et D. Mohr – В сырых лесах по окраинам болот: на обнаженной почве под вывалами. Редко. S+.

Sciuro-hypnum curtum (Lindb.) Ignatov – В мезофильных и гигромезофильных лесных сообществах: на почве и растительном опаде, на валеже, у стволов. Часто. S+.

S. reflexum (Starke) Ignatov et Huttunen – В пойменных ивняках и сероольшаниках, в неморально-травяных осиновых и смешанных лесах: на валеже, у стволов. Довольно часто. S+.

S. starkei (Brid.) Ignatov et Huttunen – В большинстве лесных сообществ, за исключением самых бедных сосняков: на почве и растительном опаде, на гнилой древесине, в основаниях стволов, на обнаженной почве под вывалами; на почве на лугах, зарастающих дорогах, просеках и т. д. S+.

Serpoleskea subtilis (Hedw.) Loeske – В лесах в основаниях стволов осин. Редко. S+.

Sphagnum angustifolium (С.Е.О. Jensen ex Russow) С.Е.О. Jensen – На сфагновых болотах, преимущественно по буграм возле стволов. Часто.

S. capillifolium (Ehrh.) Hedw. – В тех же условиях, что и предыдущий вид. Редко.

S. centrale С.Е.О. Jensen – В сфагновых и хвощово-сфагновых ельниках и березняках по окраинам сфагновых или осоковых болот. Часто.

S. fallax (H. Klinggr.) H. Klinggr. – В сфагновых и чернично-сфагновых сосняках и березняках, на мезо- и олиготрофных болотах по глубоким обводненным мочажинам. Часто.

S. flexuosum Dozy et Molk. – Доминирует в большинстве мезо- и олиготрофных сообществ. Реже – в более богатых условиях вместе со *S. fallax* и *S. riparium*.

S. fuscum (Schimp.) H. Klinggr. – Сосново-сфагновое болото 2 км южнее поселка (58°22'N – 56°23'E), №№ 132, 133, 13.06.2001, Бз.

S. girgensohnii Russow – Чернично-сфагновые березовые и смешанные леса по окраинам болот, минеротрофные болота. Часто.

S. magellanicum Brid. – Один из видов, образующих покров верховых болот. В более богатых условиях питания также част, но менее обилен и селится преимущественно на буграх у стволов деревьев.

S. obtusum Warnst. – В низовьях р. Кважва (58°24'N – 56°25'E), верховое болото в глубокой котловине; по окраине, возле воды [среди *Straminergon stramineum*], № 42, 12.06.2001, Бз.

S. riparium Ångstr. – Заболоченные березняки, осоковые болотца: по сырым мочажинам с сабельником и вахтой. Часто.

S. russowii Warnst. – На мезо- и олиготрофных болотах: как правило, на гнилом валеже и на буграх у стволов, иногда – в смеси с другими фоновыми видами. Довольно часто. S+.

S. squarrosum Crome – На осоковых болотцах, по сырым западинам в заболачивающихся березняках, по окраинам минеротрофных болот. Часто.

S. subsecundum Nees – Сфагновое болото с клюквой по дороге на Черную речку (58°22'N – 56°22'E): возле ветровала в мочажине, 12.05.2005, Шк.

S. teres (Schimp.) Ångstr. – Осоково-сфагновое облесенное болото за ЛЭП возле Черной речки (58°21'N – 56°21'E), 20.07.2010, Шк.

S. warnstorffii Russow – На пойменных осоковых болотцах. Редко.

S. wulfianum Girg. – Заболоченный березняк по окраине сфагнового болота 1,5 км южнее поселка (58°22'N – 56°23'E), № 138, 13.06.2001, Бз.

Stereodon pallescens (Hedw.) Mitt. – В смешанных и лиственных лесах: в основаниях стволов лиственных деревьев (особенно лип), на гнилой древесине. Часто. S+.

Straminergon stramineum (Dicks. ex Brid.) Hedenäs – На минеротрофных болотах. Редко.

Tetraphis pellucida Hedw. – Во всех лесных ценозах на гнилой древесине. Часто. S+.

Thuidium recognitum (Hedw.) Lindb. – В мелкотравных осинниках у стволов осин, на изреженных участках лугов. Редко.

Warnstorfia exannulata (Bruch et al.) Loeske – Сфагновое болото в долине р. Кважвы (58°23'N – 56°23'E): по окраине с *Carex vesicaria*, № 77, 12.06.2001, Бз.

Список ссылок

1. Безгодов А.Г. Мхи города Перми (Средний Урал) // *Arctoa*. 2000. Т. 9. С. 141–150.
2. Check-list of mosses of East Europe and North Asia / M.S. Ignatov, O.M. Afonina, E.A. Ignatova [et al.] // *Arctoa*. 2006. Vol. 15. P. 1–130.
3. Check-list of liverworts (Marchantiophyta) of Russia/ N.A. Konstantinova, V.A. Bakalin [et al.] // *Arctoa*. 2009 (2010). Vol. 18. P. 1–63.
4. Szweikowski J., Buchkowska K., Odrzykoski I.J. *Conocephalum salebrosum* (Marchantiopsida, Conocephalaceae) – a new Holarctic liverwort species // *Pl. Syst. Evol.* 2005. Vol. 253. P. 133–158.
5. Borovichev E.A., Kalinauskaite N., Konstantinova N.A. On the distribution of *Conocephalum conicum* and *C. salebrosum* (Marchantiophyta) in Russia // *Arctoa*. 2009 (2010). Vol. 18. P. 115–120.

УДК 598.112

**ТЕМПЕРАТУРА ТЕЛА И МИКРОКЛИМАТИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ОБИТАНИЯ
ДВУХ ВИДОВ КРУГЛОГОЛОВОК В СЕВЕРНОМ ПРИКАСПИИ***

Н.А. Литвинов, М.В. Югов

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

**BODY TEMPERATURE AND MICROCLIMATIC HABITAT CONDITIONS
OF TWO SPECIES OF TOAD-HEAD AGAMAS IN NORTHERN CASPIAN REGION**

N.A. Litvinov, M.V. Yugov

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Термобиология круглоголовок изучалась в окрестностях пос. Досанг Астраханской области в апреле-мае и сентябре 2012 г. Параметры сняты со 177 особей вертихвостки весной и 44 особей осенью. Исследована термобиология 13 особей ушастой круглоголовки весной, так как в сентябре она уже не активна. Пониженная температура пилеуса видимо является адаптацией, предупреждающей перегрев головного мозга при высоких внешних температурах. Меньшая температурная инертность внутренних полостей по сравнению с покровами является важной термоадаптацией, предупреждающей перегрев внутренних органов во время дневной активности в период наибольшей инсоляции. Круглоголовка-вертихвостка по своим микроклиматическим показателям выглядит несколько более эврибионтной по сравнению с ушастой. Половые микроклиматические различия у этих видов весной не значительны, но у круглоголовки-вертихвостки осенью они проявляются сильнее: самцы выглядят более термофильными, чем самки.

Ключевые слова: температура тела, внешняя температура, солнечная радиация, термоадаптации.

The thermobiology of toadhead agamas was studied in the vicinity of the village Dosang Astrakhan region in April-May and September of 2012. Parameters were taken from 177 individual



agamas in the spring and from 44 ones in autumn.. The thermobiology of 13 individual secret toadhead agamas was studied in spring as in September they are no longer active. Reduced temperature of the pileus apparently is an adaptation preventing the overheating of the brain at high outside temperatures. Smaller thermal inertia of the internal cavities than that of the covers is an important thermoadaptation, preventing the overheating of the internal organs during daily activity in the period of maximum insolation. The spotted toadhead agama according to its microclimatic parameters is more euribiotic than the secret toadhead agama. Sexual microclimatic differences in these species are not significant in the spring, but in autumn spotted toadhead agamas have stronger differences: the males are more thermophilic than females.

Key words: body temperature, ambient temperature, solar radiation, Thermoadaptation.

Круглоголовка-вертихвостка (*Phrynocephalus guttatus*, Gmelin, 1789) – это обычный обитатель песков с разреженной растительностью [1, 2]. Она населяет межбарханские понижения, закреплённые и слабозакреплённые астрагалом массивы песков с донником, полынями, верблюжьей колючкой. Утром она появляется на поверхности поздно, оставаясь активной в течение дня [3]. Существуют закономерности в географическом распространении рептилий в зависимости от мощности солнечной радиации, в том числе это показано и на примере круглоголовки-вертихвостки [4]. Она стенофобна и в природных условиях образует выразительно мозаичные поселения [5]. Есть данные о температуре различных участков тела этой ящерицы и о поведении её в термоградиент-приборе [6]. В Калмыкии круглоголовка-вертихвостка в мае активна с 8 утра. Обогрев длится около 10 мин. Стартовая температура в июне составляет 21,0°C [7]. В Прибалхашье отмечено массовое исчезновение взрослых круглоголовок в начале августа, что, видимо, объясняется кратковременной летней спячкой [8].

Результаты исследования термобиологии этого вида имеются в нескольких работах [9, 10, 11].

Ушастая круглоголовка (*Phrynocephalus mystaceus*, Pallas, 1776) – типичный обитатель слабо закреплённых песков [2,12,13]. Она населяет сыпучие пески барханного типа обычно с разреженной растительностью. Ушастая круглоголовка требовательнее к теплу, чем другие ящерицы. Даже в самую жаркую погоду вылезает из песка позже других ящериц. С повышением температуры её подвижность возрастает. Тем не менее, в тёплые зимы она бывает активна даже в конце февраля [1]. В мае в Калмыкии круглоголовки появляются на поверхности песка при 20,0 – 21,0°C воздуха. В июне – при температуре 20,0°C. При повышении температуры до 38,0 – 40,0°C активность падает [14].

Установлено, что при температуре воздуха 31,6 – 33,5°C суточные влагопотери через кожу у ушастой круглоголовки составляют 0,45 % от первоначальной массы тела [15]. Максимально зарегистрированная температура ее тела в период активности составила 43,0°C, а средняя ректальная – 31,7°C [16]. Поведение круглоголовки относительно температуры исследовалось в термоградиент-приборе [6]. Избираемые ушастой круглоголовкой температуры лежат в пределах 35,0–40,0°C [17,18].

Адаптация к высоким температурам в виде относительно замедленного подъёма температуры тела при экспериментальном нагревании у ушастой круглоголовки хорошо выражена. Летальные температуры тела лежат в диапазоне 45–46°C, в среднем 45,5°C [19].

Результаты исследований термобиологии ушастой круглоголовки отражены в нескольких работах [9 – 11].

Материалы и методы. Термобиология круглоголовок изучалась в окрестностях пос. Досанг Астраханской области в апреле – мае и сентябре 2012 г. Параметры сняты со 177 особей вертихвостки весной и 44 – осенью. Исследована термобиология 13 особей ушастой круглоголовки весной, так как в сентябре она уже не активна.

Микроклиматические параметры – температуры субстрата и приземного воздуха, его относительная влажность, освещённость и, таким образом, удельная мощность видимого света, мощность падающего теплового потока, мощность теплового потока возвращённого субстратом, и мощность ультрафиолетового излучения регистрировались в той точке, где было замечено

животное. У выловленных рептилий наружная и внутренняя температура регистрировались в 8 точках: спине, животе, пилеусе, горле, верхней и нижней поверхностях хвоста, в пищеводе и клоаке. У круглоголовки-вертихвостки измерение температуры пищевода связано с возможными травмами рта, поэтому за температуру тела принималась ректальная температура. У ушастой круглоголовки – температура пищевода.

Техническое обеспечение исследования Для срочного измерения температуры тела рептилий в полевых условиях применялись термисторные датчики, отградуированные по электронному термометру с цифровой индикацией Checktemp и соединённые с регистрирующим устройством – микроультиметром. Для измерения температуры поверхности животного без его отлова, а также температуры любой поверхности, например, субстрата, использовали лазерный пирометр Raytek Minitemp. Такой способа измерения исключает любой подъём температуры животного в результате его бегства от ловца, особенно при относительно низкой внешней температуре.

Для измерения в течение длительного времени температуры субстрата и воздуха применялся измерительный комплекс iButton Data Logger Revisor (iBDL), позволяющий регистрировать температуру в течение долгого периода времени. Основой его является миниатюрный регистратор температуры ТЕРМОХРОН типа DS1922L, выполненный в виде «таблетки» из нержавеющей стали. Эти же регистраторы использовались для долговременной регистрации внешних температур в станциях рептилий, в их летних убежищах.

Для регистрации ультрафиолетового излучения и освещённости применялся комбинированный прибор для измерения оптического излучения ТКА-01/3. Он позволяет определять уровень освещённости и энергетической облучённости в спектральном диапазоне 280–400 нм. Удельные тепловые потоки, поступающие на субстрат и возвращаемые нагретым субстратом, а также поступающие от нагретых предметов – камней, стволов деревьев т.д. – измеряли датчиками-измерителями плотности тепловых потоков прибора ИПП-2МК. Температура и одновременно относительная и абсолютная влажность регистрировались прибором ИВТМ-7М.

Результаты и обсуждение. Температура тела. Проведённое сравнение как наружной, так и внутренней температуры тела у двух видов круглоголовок показало её различие. Наиболее высокими у обоих видов круглоголовок оказались внутренние температуры: клоаки и пищевода (у вертихвостки: клоака – 34,1°C, у ушастой: клоака – 32,8°C, пищевод – 34,9°C). Минимальная температура была зарегистрирована на темени (у вертихвостки – 31,9°C, у ушастой – 28,3°C). Сравнение минимальных температур у двух видов круглоголовок показало их превышение у вертихвостки, кроме нижней части хвоста, а максимальные температуры у ушастой круглоголовки выше только в клоаке.

Размах вариации температуры (*lim*) внутренних полостей, как правило, меньше, чем температуры поверхности тела. Для 5%-ного уровня значимости все температурные различия между вертихвостками и ушастыми круглоголовками оказались недостоверными, скорее всего, из-за относительно малой выборки ушастых круглоголовок. Тем не менее среднеарифметические показатели температуры всех участков тела выше у круглоголовок–вертихвосток (табл. 1).

Таблица 1

Температура различных участков тела круглоголовок вертихвостки и ушастой в апреле – мае 2012 (°C)

Параметр	Круглоголовка-вертихвостка (<i>lim</i>)	Ушастая круглоголовка (<i>lim</i>)
Пищевод	–	34,9 ± 1,1 (27,2–40,2)
Клоака	34,1 ± 0,19 (24,2–37,8)	32,8 ± 1,0 (26,1–38,7)
Спина	32,5 ± 0,24 (24,2–37,8)	30,0 ± 1,1 (22,7–37,8)
Живот	32,5 ± 0,24 (23,7–37,8)	29,8 ± 1,1 (22,3–37,8)
Темя	31,9 ± 0,25 (23,1–38,3)	28,3 ± 1,1 (21,5–37,4)
Горло	32,1 ± 0,25 (22,9–38,3)	29,6 ± 1,0 (22,5–37,4)
Верх хвоста	32,2 ± 0,24 (24,7–37,8)	30,9 ± 1,1 (24,7–37,4)
Низ хвоста	32,3 ± 0,23 (24,2–38,3)	31,3 ± 1,1 (24,7–37,4)

Микроклиматические показатели. В микроклиматических условиях обитания также существует некоторая разница между этими близкородственными видами. Для 5%-ного уровня значимости все различия между вертихвостками и ушастыми круглоголовками недостоверны, также, скорее всего, из-за относительно малой выборки ушастых круглоголовок (табл. 2).

Разница в среднеарифметической температуре воздуха между двумя видами составляет всего 0,2°C. Разница по температуре субстрата также незначительна – 0,9 °С. Средняя величина отраженного теплового потока и видимого света несколько выше в станциях вертихвостки, чем в станциях ушастой круглоголовки, тогда как величина поступающего теплового потока, ультрафиолетового излучения и уровень относительной влажности выше у ушастой.

Таблица 2

Температура (°С), удельная мощность тепловых потоков, видимого света и ультрафиолета (Вт/м²) и относительная влажность (%) в станциях круглоголовок вертихвостки и ушастой в апреле – мае 2012 г.

Параметр	Круглоголовка-вертихвостка (<i>lim</i>)	Ушастая круглоголовка (<i>lim</i>)
Температура воздуха	34,5 ± 0,34 (22,5–45,0)	34,3 ± 1,5 (26,9–41,7)
Температура субстрата	36,4 ± 0,40 (22,0–48,1)	37,3 ± 2,1 (28,0–48,1)
Поступающий тепловой поток	172,4 ± 4,28 (5,0–275,0)	166,4 ± 20,6 (25,0–228,0)
Отражённый тепловой поток	124,8 ± 6,77 (3,0–405,0)	144,2 ± 25,1 (10,0–348,0)
Видимый свет	308,2 ± 6,58 (36,9–454,3)	284,8 ± 40,1 (33,0–423,7)
Ультрафиолет	17,0 ± 0,68 (1,5–34,8)	18,1 ± 2,9 (0,9–30,0)
Суммарная радиация	622,4	613,5
Относительная влажность	32,03 ± 0,70 (14,0–68,0)	33,8 ± 1,4 (26,0–42,0)

Таблица 3

Половые различия во внешних температурах (°С), солнечной радиации (Вт/м²) и относительной влажности (%) в станциях круглоголовок вертихвостки и ушастой в апреле–мае 2012 г.

Параметр	Круглоголовка-вертихвостка (<i>lim</i>)		Ушастая круглоголовка (<i>lim</i>)	
	самки (n=85)	самцы (n=86)	самки (n=7)	самцы (n=6)
Температура воздуха	34,2 ± 0,51 (22,5–45,0)	34,7 ± 0,50 (23,2–43,0)	34,6 ± 2,02 (26,9–40,7)	34,0 ± 2,39 (27,2–41,7)
Температура субстрата	35,9 ± 0,62 (22,0–48,1)	36,8 ± 0,53 (24,2–45,6)	38,0 ± 2,84 (28,0–46,8)	36,5 ± 3,22 (28,4–48,1)
Поступающий тепловой поток	163,0 ± 6,25 (5,0–238,0)	181,0 ± 5,78 (21,0–275,0)	166,7 ± 26,12 (50,0–218,0)	166,0 ± 37,17 (25,0–228,0)
Отраженный тепловой поток	115,1 ± 9,64 (3,0–405,0)	130,8 ± 9,75 (10,0–378,0)	167,6 ± 40,62 (62,0–348,0)	117,0 ± 26,18 (10,0–185,0)
Видимый свет	291,3 ± 10,13 (36,9–439,2)	324,1 ± 8,74 (63,1–454,3)	304,4 ± 44,49 (129,5–399,5)	262,0 ± 73,46 (33,0–423,7)
Ультрафиолет	15,1 ± 0,98 (2,3–32,9)	19,0 ± 0,95 (1,5–34,8)	18,7 ± 3,63 (3,3–28,3)	17,4 ± 5,05 (0,9–30,0)
Суммарная радиация	584,5	654,9	657,4	562,4
Относительная влажность	32,1 ± 0,95 (14,0–56,0)	31,9 ± 1,09 (16,0–68,0)	33,9 ± 1,82 (27,0–40,0)	33,8 ± 2,40 (26,0–42,0)

Диапазон крайних значений всех параметров микроклимата больший у круглоголовки-вертихвостки, чем у ушастой. Это может свидетельствовать о несколько большей эврибионтности вертихвостки, хотя бы по изученным показателям, по сравнению с ушастой круглоголовкой.

Половые различия. При сравнении внешних температур, мощности солнечной радиации и относительной влажности в точках встреч самцов и самок двух видов круглоголовки выявлено, что для круглоголовки-вертихвостки показатели выше у самцов, чем у самок (кроме влажности). У ушастой – наоборот, у самок выше. Для 5%-ного уровня значимости все температурные различия между самцами и самками ушастой круглоголовки недостоверны, скорее всего, из-за их относительно малой выборки. Половые различия круглоголовки-вертихвостки по поступающему и отражённому тепловым потокам, видимому свету и ультрафиолету статистически достоверны (табл. 3).

Хотя между самцами и самками обоих видов и существует разница в микроклиматических показателях, но она не выглядит значительной, хотя половые различия у круглоголовки-вертихвостки по поступающему и отражённому тепловым потокам, видимому свету и ультрафиолету статистически достоверны (табл. 3). Все различия у ушастой круглоголовки статистически недостоверны.

Таблица 4

Половые различия во внешних температурах (°С), солнечной радиации (Вт/м²) и влажности (%) в станциях круглоголовки-вертихвостки в сентябре 2012 г.

Параметр	Круглоголовка-вертихвостка	
	<i>M±m (min–max)</i>	
	самки (n=15)	самцы (n=19)
Температура воздуха	29,3 ± 0,74 (25,4–34,5)	30,7 ± 0,63 (25,4–35,9)
Температура субстрата	30,5 ± 0,87 (25,4–35,2)	32,3 ± 0,63 (28,0–37,8)
Поступающий тепловой поток	127,1 ± 17,35 (35,0–244,0)	168,4 ± 12,44 (48,0–244,0)
Отраженный тепловой поток	48,3 ± 10,73 (5,0–155,0)	98,6 ± 11,40 (19,0–186,0)
Видимый свет	258,1 ± 36,15 (26,2–448,3)	340,8 ± 26,16 (60,4–448,3)
Ультрафиолет	13,7 ± 2,36 (2,3–30,8)	19,3 ± 2,24 (2,8–32,4)
Суммарная радиация	447,2	627,1
Относительная влажность	45,9 ± 3,97 (28,0–72,0)	34,4 ± 1,48 (26,0–52,0)

Сравнение микроклиматических показателей у круглоголовки-вертихвосток, отловленных в сентябре, показало достоверные гендерные различия (табл. 4). В осенний период самцы вертихвостки придерживаются более прогреваемых и, таким образом, менее влажных мест, чем самки. Особенно заметны различия в мощности видимого света и тепловых потоков.

Терморегулирующее поведение. На поверхность круглоголовки весной и осенью появляются в 7–8 часов. При нагревании они могут принимать разные позы. В утренние и вечерние часы и в пасмурную погоду ящерицы зарываются в песок или плотно прижимаются к субстрату, при этом могут прижимать хвост к туловищу, тогда как чаще всего их хвост вытянутый. В основном они нагреваются в позе, при которой их голова приподнята над субстратом. В дневное жаркое время их туловище высоко поднято над грунтом. Во время самого нагревания круглоголовки-вертихвостки могут совершать короткие перебежки от места к месту, добывая пищу (термонеутральное поведение). При большей температуре прячутся в тень.

В наиболее жаркую погоду, в случае опасности и при окончании дневной активности круглоголовки используют разнообразные укрытия, в том числе и норы. В вечернее время,



когда внешняя температура и уровень солнечной радиации существенно снижаются, заканчивается их дневная активность. Это происходит в 19–20 часов.

Поводя итог сказанному, можно сделать следующие **выводы**. Пониженная температура пилеуса, видимо, является адаптацией, предупреждающей перегрев головного мозга при высоких внешних температурах. Меньшая температурная инертность внутренних полостей по сравнению с покровами, скорее всего, является важной термоадаптацией, предупреждающей перегрев внутренних органов во время дневной активности в период наибольшей инсоляции. Круглоголовка-вертихвостка по своим микроклиматическим показателям выглядит несколько более эврибионтной по сравнению с ушастой. Половые микроклиматические различия у этих видов весной незначительны, но у круглоголовки-вертихвостки осенью они проявляются сильнее – самцы выглядят более термофильными, чем самки.

Список ссылок

1. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / А.Г. Банников, И.С. Даревский, В.Г. Ищенко, А.К. Рустамов, Н.Н. Щербак М.: Просвещение, 1977. 414 с.
2. Земноводные и пресмыкающиеся / Н.Б. Ананьева, Л.Я. Боркин, И.С. Даревский, Н.Л. Орлова // Энциклопедия природы России. АВФ. М., 1998. 576 с.
3. Захидов Т.З., Мекленбурцев Р.Н., Богданов О.П. Класс пресмыкающиеся // Природа и животный мир Средней Азии. Ташкент: Укитувчи. 1971. С. 81–137.
4. Динесман Л.Г. О распространении и экологии рептилий в связи с зонами солнечной радиации // Проблемы физ. географии. Т. XIV. 1949. С. 153–165.
5. Семёнов Д.В., Роговин К.А. Предварительные результаты долгосрочных эколого-популяционных наблюдений за изолированной искусственной популяцией круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus*) в Черноземельском районе Калмыкии // Вопросы герпетологии: материалы Первого съезда Герпет. об-ва им. А.М. Никольского. Пушино–М.: МГУ. 2001. С. 259–261.
6. Исабекова С.Б., Карягина Н.М., Тлепбергенова Л.Н. Об адаптивном поведении некоторых видов ящериц семейства *Agamidae* в различных температурных условиях // Адаптации на разных уровнях биологической интеграции: тез. докл. VI Всес. конф. по экол. физиол. Сыктывкар. 1982. Т. 2. С. 104–105.
7. Бадмаева В.И., Онаева Н.С. Суточная активность круглоголовки-вертихвостки Восточного Маньча // Вопросы герпетологии: четвертая Всесоюзная герпетологическая конф. Л., 1977. С. 19–20.
8. Кубыкин Р.А. Экологические наблюдения над мечеными круглоголовками-вертихвостками в низовьях р. Или, Южное Прибалхашье // Вопросы герпетологии: четвертая Всесоюзная герпетологическая конф. Л., 1977. С. 122–123.
9. Литвинов Н.А. Температура тела и микроклиматические условия обитания рептилий Волжского бассейна // Зоол. журн. 2008. № 1. С. 1–13.
10. Литвинов Н.А., Ганцук С.В. Микроклиматические условия обитания рептилий – фактор, определяющий их биотопическую разобщённость // Адаптации биологических систем к естественным и экстремальным факторам среды: материалы II междун. научно-практич. конф. Т. 1. Челябинск, 2008. С. 230–232.
11. Литвинов Н.А., Ганцук С.В. Микроклиматические условия обитания рептилий Волжского бассейна // Вопросы герпетологии. СПб., 2008. С. 242–246.
12. Вашетко Э.В., Камалова З.Я. Биотопическое распределение и численность ящериц юго-западных Кызылкумов // Герпетология: научные труды. 1976. Вып. 218. С. 81–84.

13. Реджепалиев С. Рептилии в зоотах пустынной группы ландшафтов приамударьинской Туркмении // Современные пробл. зоологии и соверш. методики её препод. в вузе и школе. Пермь, 1976. С. 321–322.
14. Бадмаева В.И., Лебеденко Н.А., Савина Н.А. Суточная активность ушастой круглголовки в Калмыкии // Вопросы герпетологии: пятая Всесоюзная герпетологическая конф. Л., 1981. С.11–12.
15. Гражданкин А.В. Кожная влаготдача у пустынных птиц и рептилий // Зоологический журнал. 1981. Т. LX, вып.2. С. 265–270.
16. Громов А.В. Температура тела ящериц в Северных Каракумах // Вопросы герпетологии: пятая Всесоюзная герпетологическая конф. Л., 1981. С.43–44.
17. Абсаматов Р. Влияние солнечно-тепловой нагрузки на некоторые физиологические показатели у рептилий // Узб. биол. ж. 1982. №3. С. 27–29.
18. Абсаматов Р., Ахметов И.З. Зависимость некоторых физиологических функций рептилий от температуры среды и режима освещения // Экология. №5. 1985. С. 54–59.
19. Гражданкин А.В. Реакции рептилий аридных территорий на высокие температуры и инсоляцию // Зоологический журнал. 1973. Т. LII, вып.4. С. 552–560.

УДК 582.29

ЛИШАЙНИКИ НА КВАРЦЕВОМ ПЕСЧАНИКЕ В ДОЛИНЕ р. УСЬВА И НА ХРЕБТЕ РУДЯНСКИЙ СПОЙ*

Е.В. Погудина, Е.Л. Гришина

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

LICHENS ON QUARTZY SANDSTONE IN THE USVA INTERVALE AND ON THE RUDYANSKY SPOY MOUNTAIN RANGE

E.Pogudina, E.Grishina

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

В статье обсуждаются результаты фитоценологического изучения лишайников на скалах из кварцевого песчаника в долине р. Усьва и на вершине хребта Рудянский Спой (Средний Урал). Приводятся сведения о видовом составе, эколого-фитоценотической приуроченности, встречаемости и обилии видов лишайников. Проведено сравнение лишайниковых сообществ по обилию, встречаемости, составу экологических групп.

Ключевые слова: эпилитные лишайники, лишайниковые группировки, Средний Урал, геоботанический метод, кварцевый песчаник, встречаемость, обилие, субстратно-экологические группы.

The article considers the results of lichen plant- sociological research on quartz sandstone rocks in the Usva intervalle and on the top of the Rudyansky Spoy mountain range (Middle Urals). Information on species composition, ecologo-phytocenotic peculiarities, lichen occurrence and abundance is presented. Lichen community abundance, occurrence and ecological group composition are compared.

Key words: epilithic lichen, lichen groups, Middle Urals, quartz sandstone, occurrence, abundance, substrate and environmental groups.

В 2012 г. в ходе полевых исследований биоразнообразия мхов и лишайников Среднего Урала были обследованы скальные обнажения кварцевого песчаника в долине р. Усьва и на главной вершине хребта Рудянский спой (рис. 1.).



Рис. 1. Схема района исследований

Усьва – правый приток реки Чусовой. Она берет начало на восточном склоне горы Хариусный Камень (860,2 м). Усьва течет по Среднему Уралу (Пермский край) с северо-востока на юго-запад, в нижней части течения она меняет курс на юго-восточный и впадает в Чусовую.

Долина р. Усьва и ее русло очень извилистые. Берега довольно крутые и скалистые, покрыты таежным лесом. В верхней части реки встречаются перекааты. В верхнем и среднем течении реки имеются многочисленные выходы горных пород в виде прибрежных скальных обнажений. В верхнем течении реки на дневную поверхность изредка выходят кремнисто-хлоритовые сланцы. В среднем течении имеются крупные скальные выходы, сложенные известняками верхнего карбона.

В Гремячинском районе, возле поселка Шумихинский, в 0,5 км ниже устья реки Нырок, находится уникальный с лихенологической точки зрения объект – береговая скала, сложенная кварцевым песчаником (рис. 2.).

На главной вершине хребта Рудянский Спой, в Гремячинском районе (526 м над уровнем моря) расположен геоморфологический памятник природы регионального значения Каменный Город (Чертово городище) [1]. Многочисленные скальные останцы этого мощного массива, разбитые глубокими, до 8–12 м, трещинами, сложены той же породой, что и вышеуказанная береговая скала – мелкозернистым кварцевым песчаником нижнего карбона (рис. 3).

Кварцевые песчаники представляют конечный продукт эволюции песка, когда осадочная дифференциация и химическое выветривание приводили к образованию почти мономинеральных кварцевых пород. Это те пески, в которых содержание кварца составляет 95 % и выше. Обычно это белые породы, иногда окрашенные окислами железа в розоватые и красные тона [2].

Наличие в одном ботанико-географическом районе скальных выходов, сложенных однотипной породой, но при этом находящихся в различных условиях (одно в долине большой реки, другое на вершине хребта), позволяет, применяя геоботанические методы, изучить особенности лишайникового и мохового покрова, попытаться выделить ту роль, которую играет субстрат в сложении эпилитных сообществ на силикатных горных породах.

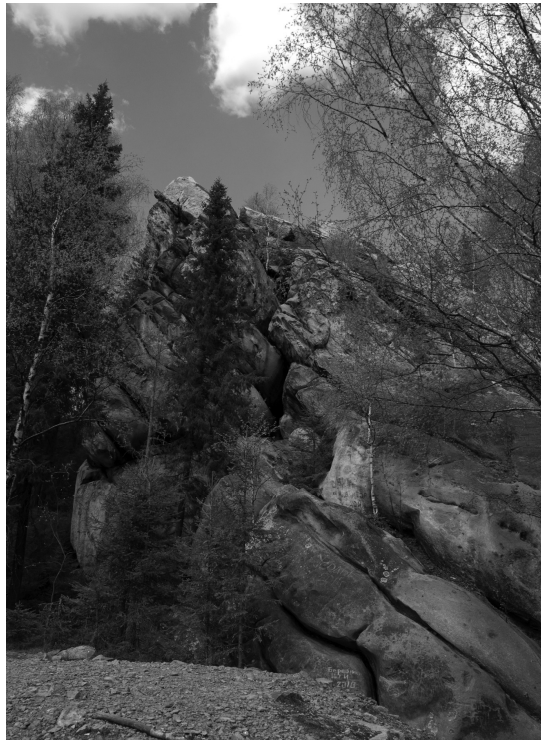


Рис. 2. Скала из кварцевого песчаника в долине р. Усьва



Рис. 3. Скала из кварцевого песчаника на вершине хребта Рудянский Спой

Полевые работы в долине р. Усьва и на хребте Рудянский Спой проводились в мае 2012 г. На скальном обнажении в долине р. Усьва и останцах Каменного города были заложены пробные площадки (описания). На каждом описании закладывали учетные площадки размером 30×30 см, для ограничения площадки применяли рамку из дюралевых трубок, разделенную на 100 равных квадратов (рис. 4).

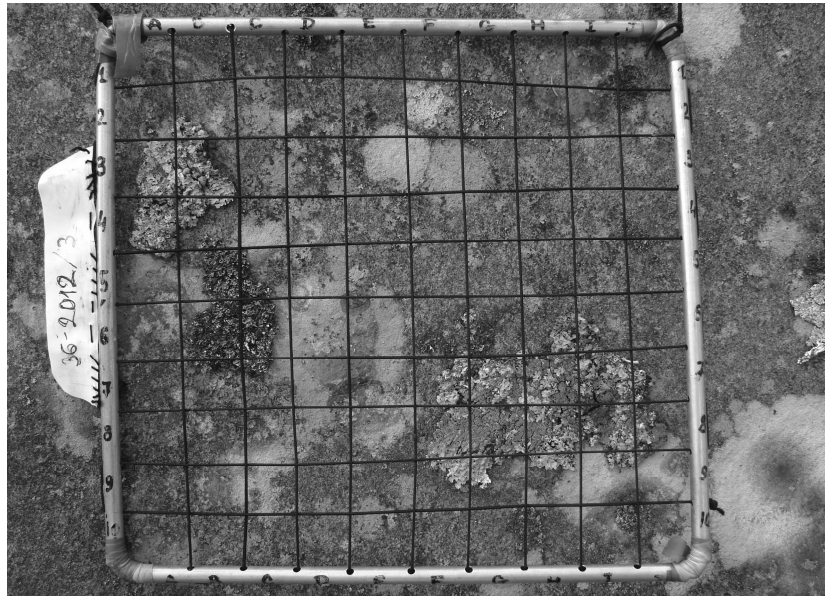


Рис. 4. Фотография учетной площадки

На скале в долине р. Усьва было заложено 16, а в Каменном городе – 30 учетных площадок. Число учетных площадок на пробной площади определяется разнообразием условий на скале. Для каждой учетной площадки указывалась экспозиция, уклон, освещенность, в случае прибрежных скал – расстояние до уреза воды по вертикали. Каждая площадка была сфотографирована, затем были собраны все виды, растущие на площадке.

Камеральные работы включали идентификацию образцов, расшифровку фотографий площадок, вычисление встречаемости каждого вида, определение их обилия по шкале Браун-Бланке [3]. Идентификация образцов лишайников проведена в лаборатории кафедры ботаники ПГГПУ по общепринятым методикам исследования лишайников [4]. Информация о видовой принадлежности образцов, встречаемости и обилии видов занесена в базу данных. Картографический материал визуализирован с помощью программы SAS-planet. По фотографиям площадок определялось проективное покрытие каждого вида.

В ходе исследования на изученных местообитаниях удалось выявить 41 вид лишайников, относящихся к 21 роду. На береговой скале в долине р. Усьва найдено 28 видов лишайников. На останцах Каменного города насчитывается 29 видов лишайников. Шестнадцать видов лишайников являются общими для пробных площадей. Коэффициент сходства (по Жаккару) по лишайникам – 0,39.

При анализе жизненных форм лишайников двух изученных местообитаний выявляется значительно большее сходство, чем в видовом составе. И в долине р. Усьва, и на вершине хр. Рудянский Спой преобладают накипные (соответственно 12 и 13 видов), и листоватые (11 и 10 видов) лишайники. Кустистые жизненные формы представлены здесь беднее, обнаружено лишь 5 видов в долине р. Усьвы и 6 в Каменном городе. Преобладание накипных и листоватых лишайников характерно для каменистого субстрата на Среднем Урале [5].

Наибольшим сходством по видовому составу обладают лишайники, относящиеся к классу листоватых. Семь видов из 14 являются одинаковыми для обоих местообитаний. Наименьшее сходство отмечено в группе накипных лишайников. Общих видов насчитывается всего 4 из 21.

Вопреки ожиданиям, на рассмотренных скальных местообитаниях найдены не только эпилитные виды, но и представители других субстратных экологических групп. При анализе субстратной приуроченности в данной работе принята классификация субстратных экологических групп, разработанная А.В. Мелехиным и А.Е. Селивановым [6]. Как и следовало

ожидать, наиболее многочисленна группа эпилитов силикатных горных пород: 32 вида на обеих площадях – 15 видов в долине р. Усьва и 17 видов в Каменном городе. Интересной и существенной особенностью кварцевого песчаника, слагающего описываемые обнажения, следует считать большое число видов, обычно обитающих только на древесных субстратах или растительных остатках. Так, группа эпифитов насчитывает на этих скалах 5 видов: *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Mycoblastus sanguinarius* (L.) Norman, *Parmelia sulcata* Taylor, *Parmeliopsis hyperopta* (Ach.) Arnold, *Vulpicida pinastri* (Scop.) J. - E. Mattson & M. J. Lai (причем все они обитают на береговом обнажении, на вершине хребта обнаружены только 3 из них).

Помимо групп эпилитов и эпифитов на изученных местообитаниях встречаются другие, не характерные для скальных субстратов экологические субстратные группы: эпигейды, эпифитореликвиты, эпиксилы, эпибриофиты. Группа эпигейдов включает 5 видов: *Baeomyces rufus* (Huds.) Rebert., *Cetraria odontella* (Ach.) Ach., *Cladonia chlorophaea* Florke ex Sommerf., *Cladonia coniocraea* Florke ex Sommerf., *Cladonia digitata* (L.) Hoffm., 3 вида являются общими для обеих площадей. Эпифитореликвитов насчитывается 3 вида, один вид является общим для обоих местообитаний: *Imadophyla elveoides* (Weber) Hedl., *Lepraria incana* (L.) Ach., *Lepraria neglecta* (Nyl.) Lettau. Эпиксилы обнаружено 2 вида, встречающихся на обеих площадях: *Cladonia cenotea* (Ach.) Schaer, s. f. *Cladonia decorticata* (Florke). Наименьшим видовым разнообразием на изученных территориях обладает группа эпибриофитов, включающая 1 вид на вершине хребта Рудянский спой: *Biatora chrysantha* (Zahlbr.) Pintzen.

Несмотря на довольно низкое сходство видовых списков пробных площадей, по набору доминирующих видов, по их встречаемости и обилию изучаемые лишайниковые группировки весьма сходны (таблица).

Среди лишайников долины р. Усьва и вершины хребта Рудянский Спой наибольшей частотой встречаемости обладают *Arctoparmelia centrifuga* (L.) Hale, *Cladonia digitata* (L.) Hoffm и *Parmelia saxatilis* (L.) Ach. Эти же виды имеют высокие показатели обилия.

Часть видов, такие как *Arctoparmelia incurva* (Pers.) и *Rhizocarpon badioatrum* (Flörke ex Spreng.) Th. Fr., *Vulpicida pinastri*, *Lepraria incana* и *Melanelia stygia*, *Umbilicaria deusta* (L.) Baumg., вносят в двух изученных местообитаниях разный вклад в сложение лишайниковых сообществ. Другая группа видов (*Baeomyces rufus*, *Lecidella scabra* (Taylor) Hertel & Leuckert, *Rhizocarpon intersitum* Arnold,) встречается лишь на одном из двух местообитаний.

Важной особенностью изученных лишайниковых сообществ является то, что среди массовых, ведущих видов имеются лишайники из субстратно-экологических групп эпифитов (*Vulpicida pinastri*), эпигейдов (*Cladonia digitata*, *Baeomyces rufus*), эпифитореликвитов (*Lepraria incana*). Таким образом, виды чуждых горным породам экологических групп нельзя считать случайно оказавшимися в неподходящих условиях. Это позволяет говорить о том, что кварцевый песчаник как субстрат обладает рядом важных физико-химических особенностей, сближающих его с субстратами, имеющими растительное происхождение. Это предположение подтверждается и анализом состава жизненных форм лишайников, представленных на изученных скалах. Значительную роль (6 видов, 50 % от общего числа ведущих видов) здесь играют листоватые лишайники, в то время как на более плотных и метаморфизированных кварцито-песчаниках горных хребтов Северного и Среднего Урала значительно богаче представлены накипные виды. Преобладание листоватых лишайников более характерно для группировок эпифитных лишайников, формирующихся на стволах хвойных и березы.

Лишайниковые группировки, изученные на береговой скале и на вершине хребта, обладают как признаками сходства, так и различиями. Так, на обоих местообитаниях преобладают эпилиты, наибольшим видовым богатством отличаются накипные лишайники, пробные площади сходны по набору доминирующих видов, по их встречаемости и обилию, спектру жизненных форм и экологических групп. В качестве отличительного признака можно отметить лишь не очень высокое сходство видового состава лишайников пробных

площадей, которое в значительной степени обусловлено разным набором малообильных, с низкой встречаемостью видов. При анализе результатов исследования можно сделать следующий **вывод**: микроклиматические отличия долинного и горного скальных местообитаний оказывают заметное влияние на видовой состав лишайниковых группировок, а такие их особенности, как набор массовых видов, их жизненные формы и экологические группы, определяются особенностями субстрата. В дальнейшем исследовательская группа планирует провести приборные измерения микроклиматических особенностей местообитаний, изучение физико-химических свойств каменистых субстратов, что позволит получить более полные данные об особенностях эпилитных лишайниковых группировок на Среднем Урале.

Виды с наибольшими показателями встречаемости

Вид	Учетная площадь 1 (долина р. Усьва)		Учетная площадь 2 (вершина хребта Рудянский Спой)	
	Встречаемость (%)	Обилие (баллы)	Встречаемость (%)	Обилие (баллы)
<i>Cladonia digitata</i> (L.) Hoffm	43,75	+ - 2	16,5	r - 1
<i>Arctoparmelia centrifuga</i> (L.) Hale	37,5	+ - 2	23,1	+ - 2
<i>Arctoparmelia incurva</i> (Pers.) Hale	25	1 - 2	9,9	+ - 1
<i>Parmelia saxatilis</i> (L.) Ach.	18,75	r - 2	16,5	1 - 2
<i>Rhizocarpon badioatrum</i> (Flörke ex Spreng.) Th. Fr.	18,75	1 - 2	6,6	1
<i>Vulpicida pinastri</i> (Scop.) J. -E. Mattsson & M. J.Lai	12,5	r - 1	6,6	+ - 1
<i>Baeomyces rufus</i> (Huds.) Rebert.	12,5	1 - 2	-	-
<i>Lecidella scabra</i> (Taylor) Hertel & Leuckert	12,5	1 - 2	-	-
<i>Rhizocarpon intersitum</i> Arnold	12,5	r - 1	-	-
<i>Umbilicaria deusta</i> (L.) Baumg.	6,25	+	9,9	1
<i>Lepraria incana</i> (L.) Ach.	-	-	13,2	r - 2
<i>Melanelia stygia</i> (L.) Essl.	-	-	13,2	1

Список ссылок

1. Постановление правительства Пермского края № 64-П от 8 марта 2008 г. «Об особо охраняемых природных территориях Пермского края за исключением биологических охотничьих заказников». Пермь, 2008.

2. Большая энциклопедия нефти газа: кварцевый песчаник [электронный ресурс] – Режим доступа: www.ngpedia.ru/id255227p1.html
3. Работнов Т.А. История фитоценологии: учебное пособие. М.: Аргус, 1995. 158 с.
4. Окснер А.Н. Определитель лишайников СССР. Вып. 2. Морфология, систематика и географическое распространение. Л., 1974. 281 с.
5. Селиванов А.Е. Лишайники заповедников «Басеги» и «Вишерский»: автореф... дис. канд. биол. наук. Пермь, 2005. 21 с.
6. Селиванов А.Е., Мелехин А.В. Иерархическая структура экологических групп и подгрупп лишайников заповедников «Вишерский» и «Басеги» // Грибы в природных и антропогенных экосистемах: тр. междунар. конф., посвящ. 100-летию начала работы проф. А. С. Бондарцева в Бот. ин-те им В. Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург, 24–28 апреля 2005 г.). СПб., 2005. Т. 1. С. 400–403.

УДК 581.9 (470.53)

КОНСПЕКТ ФЛОРЫ СОСУДИСТЫХ РАСТЕНИЙ БИОСТАНЦИИ «ВЕРХНЯЯ КВАЖВА» И ЕЕ ОКРЕСТНОСТЕЙ*

Е.М. Шкараба, А.Г. Безгодов

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь,
ОАО «КамНИИКИГС», г. Пермь

SYNOPSIS OF VASCULAR PLANT FLORA OF BIOLOGICAL STATION “VERKHNYAYA KVAZHVA” AND ITS VICINITY

E.M. Shkaraba, A.G. Bezgodov

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm
PLS «KamNIKIGS»

Приводится аннотированный список 521-го вида сосудистых растений, выявленных на территории площадью 3000 га в долине Камы, включающей ООПТ «Верхняя Кважва» в Добрянском районе Пермского края. Из них 7 видов занесено в Красную книгу Пермского края и 17 – в Приложение к ней.

Ключевые слова: Пермский край, охраняемый ландшафт, сосудистые растения, заносные виды, редкие и охраняемые виды.

The annotated list of 521 species on the site of 3000 hectares in Kama River Valley are reported. The site is located in Dobryanka district of Perm Territory and includes the protected landscape “Verkhnyaya Kvazhva”. Seven of the listed species are registered in Perm region Red Data Book and seventeen of them are in Perm region Red Data Book Appendix.

Key words: Perm region, protected landscape, vascular plants, adventive species, rare and protected species.

Природные условия. Биологическая станция Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (ПГГПУ) организована в 1970 г. на месте выработавшего лесной фонд лесопункта, базировавшегося в поселке Верхняя Кважва Добрянского района. Территория биостанции занимает площадь 26,6 га, на ней размещены учебные лаборатории, здания культурно-бытового назначения, теплицы и вегетационные

домики, коллекционные участки, поля севооборота, плодово-ягодный сад, учебная пасека. Решением Пермского облисполкома от 28.04.1981 г. территории биостанции вместе с прилегающими к ней лесными кварталами Шеметевского лесничества общей площадью 1950 га придан статус охраняемого ландшафта регионального назначения.

Обследованная территория превышает границы ООПТ и приблизительно соответствует площади, охватываемой учебными экскурсиями: около 3000 га (рис. 1).

Участок занимает южную часть полуострова, омываемого с севера, востока и юга водами Камского водохранилища. Территория представляет собой террасы долины р. Кама. Первая от р. Кама терраса сложена песками и супесями, характеризуется дюнным рельефом в сочетании с воронками и логами карстового происхождения. Склоны дюн и логов часто крутые, высотой до 10–12 м. Рельеф следующей террасы сглажен: уступ выражен лишь местами, вершины возвышенностей плоские, склоны обычно пологие. Почвы здесь более богатые, преимущественно супесчаные. Наиболее удаленная от реки третья терраса на обследованной территории занимает небольшую площадь, располагаясь к северо-западу от поселка. Для нее характерны богатые элементами питания дерново-подзолистые суглинистые почвы.

Камские террасы прорезаны долинами двух небольших рек: Кважвы – на восток и северо-восток, Черной – на юго-запад. В устьях обеих рек при создании водохранилища образовались мелководные заливы.

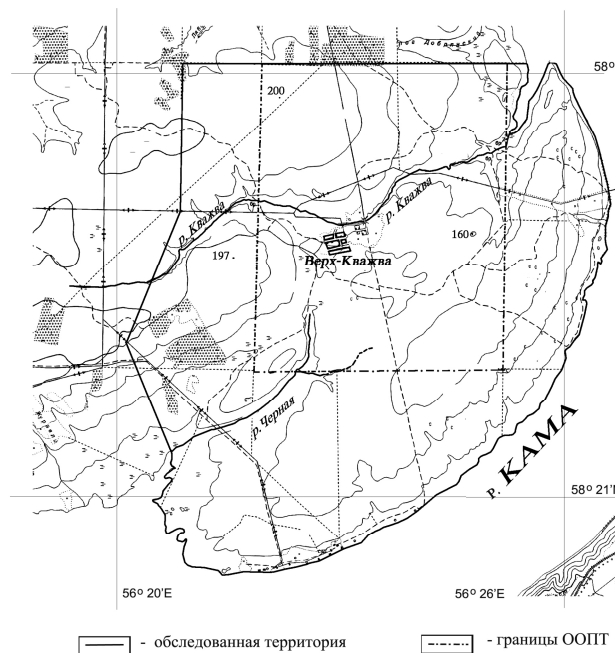


Рис. 1. Карта-схема района

Основным типом растительности являются леса, практически все они пройдены рубками и в настоящее время представляют различные стадии восстановительных сукцессий. Небольшие участки коренных лесов сохранились только в некоторых логах, возле речек и вокруг болот. Большая часть территории занята сосновыми лесами. Распределение типов сосновых лесов по анализируемой территории обусловлено особенностями рельефа, уровнем богатства и влагообеспеченности почвы. Вершины дюн и верхние участки склонов с сухими и бедными песчаными почвами заняты лишайниковыми сосняками, как правило, изреженными и малопродуктивными. Зеленомошные и брусничные сосняки (чистые или с примесью березы, лиственницы) обычны на выровненных участках второй от Камы террасы, а также в нижних частях склонов дюн. Здесь же нередки вторичные мелколиственные леса: осинники и березняки. Кроме самовозобновившихся лесов, к югу от поселка имеются

значительные площади посадок сосны, созданные в 50–70-е гг. XX в.. От зеленомошных сосняков естественного происхождения посадки сосны отличаются одновозрастным загущенным древостоем и более бедным флористическим составом. Глубокие междюнные понижения заняты черничными, чернично-сфагновыми, кустарничково-сфагновыми сосновыми лесами или сфагновыми болотами. Иногда в таких местах встречаются заболоченные травяные или сфагновые березняки из березы пушистой. Здесь же сохранились небольшие участки сосновых лесов со спелыми древостоями. На более богатых и влажных почвах к востоку и северо-востоку от биостанции возобновились высокопродуктивные смешанные леса с участием лиственницы. Местами можно встретить участки, где лиственница достигает 70 % состава древостоя. При рубке леса лиственницу оставляли в качестве семенников, что способствовало естественному возобновлению этой древесной породы.

Темнохвойные леса в окрестностях биостанции менее распространены в сравнении с сосняками и не образуют сплошных массивов, чередуясь с березняками, осинниками и смешанными хвойно-мелколиственными лесами. Они сосредоточены к западу и северо-западу от биостанции на второй и третьей террасах, а также встречаются по берегам Кважвы, Черной речки и более мелких ручьев. К выровненным участкам второй террасы с умеренно-влажными супесчаными почвами приурочены ельники кислично-зеленомошные и мелкотравные. В речных долинах обычны ельники приручьевые. По окраинам болот располагаются небольшие участки ельников черничных, долгомошных и сфагновых. На наиболее богатых элементами питания суглинистых умеренно-влажных дерново-подзолистых почвах третьей террасы возобновились пихтово-еловые и хвойно-широколиственные неморальнотравные леса со значительным участием пихты и липы. Для этих лесов характерно участие в напочвенном покрове неморального разнотравья, разнообразие папоротников, а также присутствие в подлеске вяза шершавого. Местами здесь встречаются чистые липняки, их присутствие обусловлено вырубкой хвойных пород. В долинах Кважвы и Черной речки и по окраинам некоторых болот располагаются небольшие участки сероольшаников и ивняков.

Большинство лугов в окрестностях биостанции имеют постлесное происхождение, лишь в долине Кважвы местами встречаются небольшие участки пойменных лугов. Длительное время луга использовались в качестве сенокосов и пастбищ. После прекращения хозяйственного использования луга интенсивно зарастают лесом. Исключение составляют участки суходольных лугов на возвышениях и склонах южной экспозиции, преобразовавшиеся в пустоши с изреженным низкорослым травостоем из *Antennaria dioica*, *Hieracium pilosella*, *Filago arvensis*, *Carex ericetorum*. Свободные от трав участки почвы заняты лишайниками и мхами. Наиболее крупные участки луговой растительности под местным названием «Большие луга» сохранились возле Черной речки. От других лугов они отличаются благоприятным режимом увлажнения, высоким видовым богатством и флористическим своеобразием: здесь обитают, в частности, *Ophioglossum vulgatum*, *Botrychium virginianum*, *Corallorhiza trifida*, *Dactylorhiza incarnata*, *Epipactis helleborine*, *Malaxis monophyllos*, *Listera ovata*,

Болота на анализируемой территории не занимают больших площадей, но встречаются довольно часто, что обусловлено особенностями рельефа. Травяные вейниковые и осоковые болота рассредоточены по всей территории. Наиболее крупные из них встречаются в низовьях Черной речки. Большинство сфагновых болот расположено в междюнных понижениях и карстовых воронках. Наиболее своеобразным флористическим составом сосудистых растений отличаются кочкарное осоковое болото у Больших лугов и осоково-сфагновое болото у Черной речки.

Сообщества водных и прибрежно-водных сосудистых растений связаны с мелководьями р. Кама и, отчасти, старицами низовьев долин Кважвы и Черной речки.



Фрагменты их формируются также возле искусственных водоемов и по обводненным окраинам некоторых болот.

Пахотные земли и залежи встречаются только на территории биостанции. Существовавшее до конца 70-х гг. XX в. поле «Васькина пашня» в 2,5 км к западу от поселка в настоящее время заросло молодым лесом.

Обследованная территория пронизана сетью грунтовых дорог, как действующих, так и заброшенных. Вблизи одной из них, проходящей вблизи поселка по сухим открытым луговым склонам, обитает ряд лесостепных видов: *Koeleria cristata*, *Phleum phleoides*, *Dracocephalum ruyschiana*, *Polygala comosa*, *Galium verum*, – возможно, занесенных сюда человеком. Новыми путями активного проникновения на нашу территорию пришлых видов растений стали появившиеся недавно трассы газопровода «Ямбург–Тула–Ужгород» и нефтепровода «Полазна–Шемети».

Конспект флоры. Первый список сосудистых растений окрестностей биостанции, опубликованный в 1988 году Н.Г. Елеусеновой [1], включал 376 видов.

Предлагаемый ниже список составлен на основе ревизии гербарных образцов, собранных сотрудниками кафедры ботаники ПГПУ и студентами факультета биологии и химии, собственных сборов авторов и данных Н.Г. Елеусеновой, и включает 521 вид.

Все образцы *Ranunculus* aggr. *auricomus*, *R.* aggr. *cassubicus* и *R.* aggr. *monophyllus* обработала Е.Г. Ефимик, за что мы глубоко ей признательны.

Мы благодарны также М.С. Князеву, проверившему критические образцы *Potentilla* и *Stellaria*; И.Б. Кучерову, сделавшему ряд важных замечаний к рукописи; Л.Г. Переведенцевой и В.Г. Логиновой, поделившимися данными своих полевых наблюдений.

При оценке встречаемости используются следующие категории: редко – 2–3 местонахождения; изредка – 4–6; довольно часто – 7–10; часто – более 10 местонахождений; обыкновенно – вид постоянно присутствует в указанных условиях. Для видов, встреченных однократно, приводится цитата этикетки.

При цитировании этикеток часть фамилий коллекторов сокращена: Шкараба – Шк, Шкараба, Безгодов – ШБ.

Значком (*) отмечены виды, занесенные в Красную книгу Пермского края; значком (**) – виды, включенные в «Перечень объектов животного и растительного мира, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде» [2].

Образцы хранятся в гербарии Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (PPU).

***Ophioglossaceae* – Ужовниковые**

1. *Botrychium lunaria* (L.) Sw. – Гроздовник полулунный. По обочинам дорог, на сухих склонах, занятых мелкотравными лугами. Редко.

2. **B. lanceolatum* (S.G. Gmel.) Angstr. – Г. ланцетный. Забанный хутор, юго-восточный склон к р. Кважва, зарастающий лесом злаково-разнотравный суходольный луг, 16.06.1997, Н.Г. Зыкова, Е. Шкараба.

3. **B. matricariifolium* A. Br. ex Koch – Г. ромашколистный. Там же, где и предыдущий вид, 17.08.2006, Шк.

4. *B. multifidum* (S.G. Gmel.) Rupr. – Г. многораздельный. По периметру травяного болота в смешанном лесу в 0,5 км к востоку от поселка и на зарастающем лугу совместно с *B. lanceolatum*, *B. matricariifolium*, *B. lunaria*.

5. ***B. virginianum* (L.) Sw. – Г. виргинский. Большие луга, на южной суходольной части луга совместно с *Ophioglossum vulgatum* и *Listera ovata*, 06.06.2006, Е. Шкараба, Н. Голубева.

6. ***Ophioglossum vulgatum* L. – Ужовник обыкновенный. Большие луга, по окраинам суходольных лугов вблизи кромки леса; суходольный луг на Забанном хуторе, на опушке смешанного леса.

Onocleaceae – Оноклеевые

7. *Matteuccia struthiopteris* (L.) Tod. – Страусник обыкновенный. В долине р. Кважвы в зарослях кустарников, возле лесных ручьев по всей территории. Обыкновенно.

Athyriaceae – Кочедыжниковые

8. *Athyrium filix-femina* (L.) Roth – Кочедыжник женский. В хвойно-мелколиственных и хвойно-широколиственных лесах, довольно часто.

9. *Diplazium sibiricum* (Turcz. ex G. Kunze) Kurata – Диплазиум сибирский. В хвойно-широколиственных лесах. Изредка.

10. *Gymnocarpium dryopteris* (L.) Newm. – Голокучник трехраздельный. В лесах с участием ели. Обыкновенно.

Aspidiaceae – Щитовниковые

11. *Dryopteris carthusiana* (Vill.) H. P. Fuchs. – Щитовник шартрский. Травяные, хвощово-сфагновые, черничные, кисличные леса. Часто.

12. ***D. cristata* (L.) A. Gray – Щ. гребенчатый. Болото у Черной речки, совместно с телиптерисом болотным; смешанный мелколиственно-темнохвойный сфагново-черничный лес возле травяного болота с *Carex lasiocarpa*. Редко.

13. *D. expansa* (C. Presl) Fraser-Jenkins et A. Jermy (*D. austriaca* (Jacq.) Woynar et Schinz et Thell.) – Щ. захватывающий. В тех же условиях, что и *D. carthusiana*, нередко – вместе с ним. Часто.

14. *D. filix-mas* (L.) Schott. – Щ. мужской. Елово-пихтовые и хвойно-широколиственные неморально-травные леса. Довольно часто.

15. **Polystichum braunii* (Spenn.) Feé – Многорядник Брауна. Ельник зеленомошно-крупнотравный, северный склон к р. Кважва около заросшей дороги на заболоченный сосняк возле пересечения газотрассы с речкой, Н. Молганова, 28.07.2003.

Thelypteridaceae – Телиптерисовые

16. *Phegopteris connectilis* (Michx.) Watt – Фегоптерис связывающий. Широколиственно-хвойные и липовые леса, ивняки в пойме Кважвы. Довольно часто.

17. **Thelypteris palustris* Schott – Телиптерис болотный. Болото у Черной речки: по берегам ручья, на сплаvine и на облесенном участке болота.

Hypolepidaceae – Гиполеписовые

18. *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn – Орляк обыкновенный. По сухим склонам, зарослям кустарников, опушкам, в сосновых и сухих мелколиственных лесах. Часто.

Equisetaceae – Хвощовые

19. *Equisetum arvense* L. – Хвощ полевой. Около дорог, по берегу Кважвы, на газотрассе. Часто.

20. *E. fluviatile* L. – Х. речной. По берегу Кважвинского залива, на газотрассе в месте пересечения с р. Кважва, по окраинам болот. Довольно часто.

21. *E. hyemale* L. – Х. зимующий. Образует заросли по крутым берегам р. Кважвы, по северным склонам карстовых воронок, по сырым тенистым опушкам. Довольно часто.

22. *E. palustre* L. – Х. болотный. По окраинам низинных болот, на заболачивающихся просеках. Изредка.

23. *E. pratense* L. – Х. луговой. Часто в лесах различных типов, в зарослях кустарников, на опушках, на лугах.

24. *E. sylvaticum* L. – Х. лесной. В темнохвойных и березово-еловых лесах, на материковых лугах, просеках, нередко вместе с *E. pratense*.

Lycopodiaceae – Плауновые

25. *Lycopodium annotinum* L. – Плаун годичный. Темнохвойные и смешанные сыроватые леса, довольно часто.

26. *L. clavatum* L. – П. булабовидный. В хвойных и смешанных с участием сосны лесах, чаще на открытых местах, опушках, вдоль дорог. Обыкновенно.



27. *L. complanatum* L. (*Diphasiastrum complanatum* (L.) Holub) – П. уплощенный. В сосновых лесах, по обочинам лесных дорог, изредка.

***Pinaceae* – Сосновые**

28. *Abies sibirica* Ledeb. – Пихта сибирская. В темнохвойных и хвойно-широколиственных лесах.

29. *Larix sibirica* Ledeb. – Лиственница сибирская. В сосновых и смешанных с участием березы лесах.

30. *Picea obovata* Ledeb. – Ель сибирская. Лесообразующая порода темнохвойных и смешанных лесов.

31. *Pinus sylvestris* L. – Сосна обыкновенная. Лесообразующая порода светлохвойных и смешанных лесов.

***Cupressaceae* – Кипарисовые**

32. *Juniperus communis* L. – Можжевельник обыкновенный. В подлеске сосновых и смешанных лесов. Изредка.

***Thyphaceae* – Рогозовые**

33. *Typha angustifolia* L. – Рогоз узколистный. На заболоченном участке газотрассы в месте пересечения с р. Кважва и на мелководьях Кважвинского залива. Редко.

34. *T. latifolia* L. – Р. широколистный. На мелководьях Камы, по берегам искусственных водоемов вдоль дорог, просек и т. п. Часто.

***Sparganiaceae* – Ежеголовниковые**

35. *Sparganium minimum* Wallr. – Ежеголовник малый. В лужах по окраине тростниково-осокового болота возле ЛЭП за Большими лугами, 31.07.2005, ШБ.

***Potamogetonaceae* – Рдестовые**

36. *Potamogeton berchtoldii* Fieb. – Рдест Берхтольда. В воде глубоких бочагов на окраине болота за Большими лугами, 31.07.2005, ШБ.

37. *P. gramineus* L. – Р. злаковый. В мелководных заливах Камы. Часто.

38. *P. lucens* L. – Р. блестящий. В мелководных заливах Камы. Часто.

39. *P. pectinatus* L. – Р. гребенчатый. В мелководных заливах Камы. По-видимому, часто.

40. *P. perfoliatus* L. – Р. пронзеннолистный. Обычен на мелководьях Камы.

***Scheuchzeriaceae* – Шейхцериевые**

41. *Scheuchzeria palustris* L. – Шейхцерия болотная. На сфагновых болотах. Довольно часто.

***Juncaginaceae* – Триостренниковые**

42. *Triglochin palustre* L. – Триостренник болотный. На сырых участках лугов в пойме Кважвы. Редко.

***Alismataceae* – Частуховые**

43. *Alisma plantago-aquatica* L. – Частуха подорожниковая. По окраинам небольших водоемов, возле долго не высыхающих луж на лесных дорогах, на мелководьях Камы. Часто.

44. *Sagittaria sagittifolia* L. – Стрелолист обыкновенный. На мелководьях Камы. Довольно часто.

***Butomaceae* – Сусаковые**

45. *Butomus umbellatus* L. – Сусак зонтичный. На мелководьях Камы, по мелким водоемам в прибрежной полосе. Редко.

***Hydrocharitaceae* – Водокрасовые**

46. *Hydrocharis morsus-ranae* L. – Водокрас обыкновенный. В мелководных заливах Камы. Довольно часто.

***Poaceae (Gramineae)* – Мятликовые (Злаки)**

47. *Agropyron repens* (L.) Beauv. (*Elytrigia repens* (L.) Nevski) – Пырей ползучий. Как сорняк повсеместно на территории биостанции, на залежах и суходольных лугах, по долине р. Кважвы.

48. *Agrostis clavata* Trin. – Полевица булавовидная. Сырая низина возле ЛЭП у болота за Большими лугами, 31.07.2005, ШБ.
49. *A. gigantea* Roth – П. гигантская. На низинных лугах, по опушкам сырых лесов, в пойменных ивняках, вдоль сырых дорог. Изредка.
50. *A. stolonifera* L. – П. побегообразующая. Часто по берегам и в воде мелководных заливов Камы, реже – на зарастающих сырых дорогах.
51. *A. tenuis* Sibth. – П. тонкая. По суходольным лугам, в разреженных мелколиственных лесах, на залежах, на вырубках и гарях, на дорогах и просеках, на территории биостанции. Обыкновенно.
52. *A. vinealis* Schreb. – П. виноградниковая. Известен один образец: пос. Верх-Кважва, мелкозлаковый луг, июнь 1975, Крохалева И., Самусева Н.
53. *Alopecurus aequalis* Sobol. – Лисохвост равный. На мелководьях Камы, по берегам мелких водоемов, по сырым дорогам. Часто.
54. *A. pratensis* L. – Л. луговой. Изредка на низинных, очень редко – на суходольных лугах.
55. *Anthoxanthum odoratum* L. – Душистый колосок. Суходольные луга, лесные поляны, опушки. Обыкновенно.
56. *Arrhenatherum elatius* (L.) J. et C. Presl – Райграс высокий. На территории поселка, натурализовался из культуры.
57. *Brachypodium pinnatum* (L.) Beauv. – Коротконожка перистая. В мелколиственных лесах, по лесным опушкам. Часто.
58. *Bromus inermis* Leys. (*Bromopsis inermis* (Leys.) Holub) – Костер безостый. На лугах, на опушках, вдоль дорог, в прирусловой части поймы Кважвы. Часто.
59. *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth – Вейник тростниковый. Встречается во всех типах леса, на вырубках. Обыкновенно.
60. *C. canescens* (Web.) Roth – В. сероватый. Травяные болота и окраины сфагновых болот. Довольно часто. Все виденные нами образцы несут более или менее развитый и волосистый рудимент оси колоска, т. е. имеют, по мнению Н. Н. Цвелева [3], гибридное происхождение *C. canescens* × *C. purpurea*.
61. *C. chalybaea* (Laest.) Fries – В. стальной. Длинное болото справа от дороги на Черную речку: по окраине, 31.07.2005, ШБ.
62. *C. epigeios* (L.) Roth – В. наземный. Обычен в сосновых лесах, на пустошах, на вырубках и гарях, в сухих мелколиственных лесах; по обочинам дорог; быстро заселяет широкие светлые просеки (газотрасса, ЛЭП); на песчаных почвах может встретиться и в более сырых местах: на окраинах болот, по берегам рек.
63. *C. obtusata* Trin. – В. тупоколосковый. В сырых ельниках по днищам и склонам логов. Изредка.
64. *C. purpurea* (Trin.) Trin. s. l. – В. пурпурный. Обычен на низинных болотах, где часто образует чистые заросли; не редок на окраинах сфагновых болот, в пойменных ивняках и сероольшаниках, на низинных лугах, на сырых дорогах и просеках; иногда – по берегам мелководных заливов Камы:
- *C. langsdorffii* (Link) Trin. – В. Лангсдорфа. Нередок в поймах;
 - *C. phragmitoides* C. Hartm. – В. тростниковидный. Более или менее типичные экземпляры собраны несколько раз на травяных болотах и на окраинах сфагновых. По-видимому, именно этот подвид составляет основу обычных в таких местах вейниковых зарослей;
 - *C. purpurea* s. str. – Относительно типичные формы изредка встречаются на сфагновых болотах. На травяных же болотах, в лесах и т. д., не редки клоны, переходные к *C. phragmitoides*.
65. ***Cinna latifolia* (Trev.) Griseb. – Цинна широколистная. В пойме Кважвы по ивнякам, в травяных смешанных лесах, на просеках, вырубках. Довольно часто.



66. *Dactylis glomerata* L. – Ежа сборная. На лугах, залежах, лесных полянах. Обыкновенно.
67. *Deschampsia cespitosa* (L.) Beauv. – Щучка дернистая. На сырых лугах, залежах, вырубках, по окраинам травяных болот, вдоль дорог. Обыкновенно.
68. *Echinochloa crusgalli* (L.) Beauv. – Ежовник обыкновенный. Сорное в посевах и в саду на территории биостанции.
69. *Elymus caninus* (L.) L. – Пырейник собачий. В мелколиственных лесах, в ивняках по Кважве, вдоль лесных дорог, на лесных опушках. Довольно часто.
70. *E. fibrosus* (Schrenk) Tzvel. – П. волокнистый. Обочина дороги на Черную речку, возле непересыхающей лужи, не доходя до Длинного болота, 18.07.2005, Е. Шкараба, Ю. Атеева.
71. *E. macrourus* (Turcz.) Tzvel. – П. длиннохвостый. На обочинах дорог и на трассе нефтепровода. Редко.
72. *Eragrostis pilosa* (L.) Beauv. – Полевичка волосистая. В посевах на территории биостанции и на трассе нефтепровода по обочине дороги.
73. *Festuca altissima* All. – Овсяница высокая. Елово-широколиственные леса к западу от поселка. Редко.
74. *F. pratensis* Huds. – О. луговая. Луга, старые залежи, разреженные лиственные леса. Часто.
75. *F. rubra* L. – О. красная. На сухих открытых склонах, на суходольных лугах, в зарослях кустарников, на территории биостанции. Обыкновенно.
76. *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb. – Манник большой. На мелководьях Камы образует обширные заросли. На лугах и по берегам Кважвы, где указывался Елеусеновой, позднее не отмечался.
77. *G. plicata* (Fries) Fries – М. складчатый. По сырым лесным дорогам, просекам, по берегам и в воде мелководий Камы и мелких водоемов, по берегу Кважвы. Часто. Иногда – на сырых осоковых болотах.
78. *Hierochloë odorata* (L.) Beauv. – Зубровка душистая. По обочинам дорог в сосновых лесах, на территории поселка, местами образует крупные пятна. Довольно часто.
79. *Koeleria cristata* (L.) Pers. – Тонконог гребенчатый. Небольшая популяция существовала на сухом склоне вблизи поселка. В последние годы в этом месте не встречался. Елеусеновой указывался как *K. glauca* (Spreng.) DC.
80. *Lolium perenne* L. – Плевел многолетний. Территория биостанции: на лужайке возле столовой.
81. *Melica nutans* L. – Перловник поникающий. В мезофильных темнохвойных, хвойно-широколиственных и мелколиственных лесах. Обыкновенно.
82. *Milium effusum* L. – Бор развесистый. В лесах с участием липы, в пойменных ольшанниках и ивняках. Часто.
83. *Phalaroides arundinacea* (L.) Rauschert – Двуклосточник тростниковый. На сырых лугах, по берегам, на травяных болотах. Изредка.
84. *Phleum phleoides* (L.) Karst. – Тимофеевка степная. Елеусеновой отмечена небольшая популяция на сухом склоне возле дороги южнее поселка.
85. *P. pratense* L. – Т. луговая. На лугах, залежах, на территории поселка. Обыкновенно.
86. *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud. – Тростник обыкновенный. По прилегающей к трассе нефтепровода окраине кочкарного болота; на газотрассе в месте пересечения с р. Кважва.
87. *Poa angustifolia* L. – Мятлик узколистный. На сухих склонах и суходольных лугах. Часто.
88. *P. annua* L. – М. однолетний. По дорогам и тропам, на сорных местах, в посевах. Обыкновенно.
89. *P. nemoralis* L. – М. лесной. В лиственных и смешанных травяных лесах. Часто.
90. *P. palustris* L. – М. болотный. На сырых лугах, в ивняках, на болотах, во влажных лесах, по обочинам дорог. Часто.
91. *P. pratensis* L. – М. луговой. На лугах, старых залежах, вдоль дорог. Часто.

92. *P. remota* Forsell. – М. расставленный. В сырых лесах, в ивняках и ольховниках, у лесных ручьев, на вырубках. Редко.

93. *P. supina* Schrad. – М. приземистый. По обочинам дорог. По-видимому, редкий на нашей территории вид: собран лишь дважды.

94. *P. tanfiljewii* Roshev. – М. Танфильева. Собран дважды в сухих сосняках вблизи Кважвинского залива.

95. *P. trivialis* L. – М. обыкновенный. На сырых лугах, по безлесным травяным окраинам болот, по обочинам сырых дорог. Редко.

96. *Setaria viridis* (L.) Beauv. – Щетинник зеленый. Сегетальный сорняк, появляется эпизодически в посевах и на коллекционных участках.

***Cyperaceae* – Сытевые (Осоковые)**

97. *Carex acuta* L. – Осока острая. По низинным болотам, по берегам Кважвы и Камы. Часто.

98. *C. appropinquata* Schum. – О. сближенная. Болото у Черной речки.

99. *C. atherodes* Spreng. – О. прямоколосая. По берегам лесных ручьев, по берегу Камы, на обводненных болотах возле воды; местами образует заросли. Изредка.

100. *C. caespitosa* L. – О. дернистая. Образует кочкарный осочник около Больших лугов, на других болотах редко, единичными кочками.

101. *C. caryophyllea* Latourg. – О. гвоздичная. Имеется единственный образец: болото, окрестности В. Кважвы, июнь 1975, Крохалева И., Самусева Н. Местообитание, по-видимому, указано неверно.

102. *C. cinerea* Poll. – О. сероватая. На травяных болотах и по окраинам сфагновых болот. Часто.

103. *C. contigua* Норре – О. соседняя. На мелкозлаковой опушке ельника зеленомошного по бровке берега Камы, 4.08.2005, ШБ.

104. *C. diandra* Schrank – О. двухтычинковая. Осоково-сфагновое болото за ЛЭП у Черной речки, 31.07.2005, ШБ.

105. *C. digitata* L. – О. пальчатая. В темнохвойных и хвойно-широколиственных лесах, в мелкотравных сосняках по склонам. Обыкновенно.

106. *C. disperma* Dew. – О. двусеменная. В заболоченных лесах. Редко.

107. *C. elongata* L. – О. удлиненная. По окраинам болот. Часто.

108. *C. ericetorum* Poll. – О. верещатниковая. В сухих сосновых лесах, по пустошам. Часто.

109. *C. globularis* L. – О. шаровидная. В моховых хвойных лесах, на сфагновых болотах. Довольно часто.

110. *C. juncella* (Fries) Th. Fries – О. ситничек. Болото у Черной речки за ЛЭП.

111. *C. lasiocarpa* Ehrh. – О. волосистоплодная. На осоково-сфагновых болотах. Редко: только в двух пунктах.

112. *C. leporina* L. – О. заячья. Часто по обочинам дорог, на мелкотравных прогалинах в лесах; изредка – на лугах.

113. *C. limosa* L. – О. топяная. По сфагновым болотам. Часто.

114. *C. loliacea* L. – О. плевельная. По темнохвойным и елово-березовым заболоченным лесам. Редко.

115. *C. nigra* (L.) Reichard – О. черная. По сырым лугам вдоль Кважвы. Редко.

116. *C. omskiana* Meinsh. – О. омская. В сероольшанике по окраине осокового болота западнее Больших лугов.

117. *C. pallescens* L. – О. бледноватая. Луга и мелкотравные прогалины в лесах. Часто.

118. *C. pauciflora* Ligthf. – О. малоцветковая. Сфагновые болота. Часто.

119. *C. paupercula* Michx. – О. заливная. Сфагновые болота. Довольно часто.

120. *C. praecox* Schreb. – О. ранняя. Суходольные луга, лесные опушки, местами образует большие заросли. Довольно часто.

121. *C. pseudocyperus* L. – О. ложно-сыть. По берегам мелких водоемов у подножия береговой террасы Камы. Редко.



122. *C. rhizina* Blytt ex Lindbl. – О. корневищная. В мелкотравных еловых и смешанных лесах. Редко.

123. *C. rhynchophysa* С. А. Меу. – О. вздутоносая. Топкие окраины сфагновых болот, осоковые болота, травяные ивняки, берега Кважвы и Камы. Изредка.

124. *C. rostrata* Stokes – О. вздутая. По травяным и моховым болотам, по берегам Кважвы и Камы. Часто.

125. *C. vaginata* Tausch. – О. влагищная. В разреженных лесах и по опушкам, среди кустарников. Редко.

126. *C. vesicaria* L. – О. пузырчатая. По травяным и моховым болотам, по берегам Кважвы и Камы. Часто.

127. *C. vulpina* L. – О. лисья. На лугах. Изредка.

128. *Eleocharis austriaca* Наук – Болотница австрийская. Кочкарное осоковое болото около Больших лугов, 31.07.2005, ШБ.

129. *E. palustris* (L.) Roem. et Schult. – Б. болотная. По берегам мелководных заливов Камы и по сырым местам вдоль Кважвы. Изредка.

130. *Eriophorum gracile* Koch – Пушица стройная. Известна немногочисленная популяция на осоково-сфагновом болоте за столовой.

131. *E. vaginatum* L. – П. влагищная. На сфагновых болотах. Часто.

132. *E. polystachyon* L. – П. многоколосковая. Сфагновое болото вблизи поселка. Редко.

133. *Scirpus sylvaticus* L. – Камыш лесной. На мелких осоковых болотцах, по берегам Кважвы и Камы, часто; реже – возле луж на дорогах.

Araceae – Ароидные

134. *Calla palustris* L. – Белокрыльник болотный. В заболоченном сосняке вблизи поселка: в двух не просыхающих мочажинах; в низовьях Кважвы и Черной речки. Редко

Lemnaceae – Рясковые

135. *Lemna minor* L. – Ряска малая. В мелких водоемах вблизи берега Камы. Часто.

136. *L. trisulca* L. – Р. трехдольная. В заливе Черной речки и в мелких водоемах вблизи ее устья.

137. *Spirodela polyrhiza* (L.) Schleid. – Многокоренник обыкновенный. В Кважвинском заливе и в воде бочагов по окраине сфагнового болота в глубокой карстовой воронке.

Juncaceae – Ситниковые

138. *Juncus alpinoarticulatus* Chaix (*J. alpinus* Vill. nom. ill.) – Ситник альпийский. В сырых местах по берегам водоемов, на дорогах, просеках. Часто.

139. *J. articulatus* L. – С. членистый. По берегам временных водоемов на дорогах, просеках, вырубках. Редко.

140. *J. atratus* Krock. – С. черный. В тех же условиях, что и предыдущий вид, иногда – вместе с ним. Редко.

141. *J. bufonius* L. – С. жабий. В сырых местах по берегам водоемов, на дорогах, просеках. Часто.

142. *J. compressus* Jaqg. – С. сплюснутый. В сырых местах по берегам водоемов, на дорогах, просеках. Редко.

143. *J. filiformis* L. – С. нитевидный. На осоковых болотах, по берегам мелких водоемов, на лесных дорогах возле непросыхающих луж. Довольно часто. Иногда – на сырых лугах в поймах.

144. *Luzula pallescens* Sw. – Ожика бледноватая. На суходольных лугах и лесных опушках. Довольно часто.

145. *L. pilosa* (L.) Willd. – О. волосистая. Темнохвойные, светлохвойные и смешанные леса. Обыкновенно.

146. *L. multiflora* (Retz.) Lej. – О. многоцветковая. На мелкозлаковых лугах. Редко.

Liliaceae s. l. – Лилейные

147. *Gagea lutea* (L.) Ker-Gawl. – Гусиный лук желтый. На опушках лиственных лесов, по лесным полянам, реже – под пологом липняков. Изредка.
148. *G. minima* (L.) Ker-Gawl. – Г. малый. На опушках елово-широколиственных лесов вдоль Лябовской дороги.
149. ***Lilium pilosiusculum* (Freyn) Misch. (*L. martagon* L. p. p.) – Лилия волосистая. В разреженных березовых и смешанных березово-лиственничных лесах, на лесных полянах. Изредка.
150. *Maianthemum bifolium* (L.) F. W. Schmidt – Майник двулистный. В хвойных и смешанных лесах. Обыкновенно.
151. *Paris quadrifolia* L. – Вороний глаз четырехлистный. В неморальнотравных хвойных и хвойно-широколиственных лесах. Часто.
152. *Polygonatum odoratum* (Mill.) Druce – Купена душистая. В сосняках-беломошниках, брусничниках, зеленомошниках, на опушках вдоль лесных дорог. Часто.
153. *Veratrum lobelianum* Bernh. – Чемерица Лобеля. На сыроватых лугах. Изредка.

Orchidaceae – Орхидные

154. ***Corallorhiza trifida* Chatel. – Ладьян трехнадрезной. В сыром ольшанике по окраине Больших лугов, 6.06.2006, Е. Шкараба, Н. Голубева.
155. ***Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó – Пальчатокоренник мясокрасный. Единично на лугах вблизи Кважвинского залива и на Больших лугах.
156. **D. maculata* (L.) Soó s. l. – П. пятнистый. По торфяным болотам, в заболоченном сосняке возле мочажин с белокрыльником. Редко.
157. ***Epipactis helleborine* (L.) Crantz – Дремлик зимовниковый. В зарослях ивы по южной окраине Больших лугов у осокового кочкарного болота совместно с *Malaxis monophyllos* и *Listera ovata*, 14.07.2012, Шк.
158. ***Hammarbya paludosa* (L.) O. Kuntze – Хаммарбия болотная. На сфагновых болотах, довольно редко [1].
159. ***Goodyera repens* (L.) R. Br. – Гудайера ползучая. В темнохвойных лесах. Редко.
160. **Malaxis monophyllos* (L.) Sw. – Мякотница однолистная. Известно 2 местонахождения: в зарослях ивы по южной окраине Больших лугов; у дороги в осиннике вблизи поселка.
161. ***Gymnadenia conopsea* (L.) R. Br. – Кокушник длиннорогий. Отмечено несколько экземпляров на сырых лугах в долине р. Кважвы [1].
162. ***Listera ovata* (L.) R. Br. – Тайник овальный. Большие луга: в южной части крупнотравного луга, в смешанном заболоченном лесу и в зарослях ивы совместно с *Malaxis monophyllos*.
163. **Neottia nidus-avis* (L.) Rich. – Гнездовка настоящая. В хвойно-широколиственных лесах [1].
164. ***Platanthera bifolia* (L.) Rich. – Любка двулистная. В мелколиственных и смешанных лесах, на лесных полянах и опушках вдоль Лябовской дороги. Изредка.

Salicaceae – Ивовые

165. *Populus tremula* L. – Тополь дрожащий (осина). Лесообразующая порода мелколиственных и смешанных лесов.
166. *Salix acutifolia* Willd. – Ива остролистная. На песчаном берегу Камы, 2.08.2005, ШБ.
167. *S. aurita* L. – И. ушастая. Травяное болото с *Carex lasiocarpa* слева от дороги на Черную речку, 18.07.2005, Е. Шкараба, Н. Шилоносова.
168. *S. bebbiana* Sarg. – И. Бебба. По берегу Камы, 2.08.2005, ШБ.
169. *S. caprea* L. – И. козья. В долинах рек, по опушкам. Обыкновенно. Изредка – под пологом леса. В сырых понижениях по окраинам широких просек (ЛЭП, газотрасса), местами образует заросли ее гибрид с *S. myrsinifolia* (×*S. latifolia* Forbes).



170. *S. cinerea* L. – И. пепельная. В поймах и по берегам рек, по обочинам дорог, просек. Часто.

171. *S. dasyclados* Wimm. – И. шерстистопобеговая. В поймах Кважвы и Камы, по обочинам сырых просек, дорог. Довольно часто.

172. *S. lapponum* L. – И. лопарская. Осоково-сфагновое болото за ЛЭП у Черной речки, 31.07.2005, ШБ.

173. *S. myrtilloides* L. – И. черничная. В чернично-сфагновых сосняках, на осоково-сфагновых болотах. Редко.

174. *S. myrsinifolia* Salisb. – И. мирзинолистная. На низинных лугах и болотах, по берегам рек, по обочинам дорог, просек. Обыкновенно.

175. *S. pentandra* L. – И. пятитычинковая. По берегам водоемов. Редко. Иногда встречаются экземпляры с относительно узкими и слегка опушенными снизу листьями: по-видимому, гибрид с *S. myrsinifolia*.

176. *S. triandra* L. – И. трехтычинковая. По берегам водоемов, на низинных лугах и болотах, по обочинам дорог, просек. Часто.

177. *S. viminalis* L. – И. корзиночная. Часто по берегу Камы, реже – в долине Кважвы, по обочинам дорог, просек.

***Betulaceae* – Березовые**

178. *Alnus incana* (L.) Moench. – Ольха серая. По долине Кважвы и по окраинам низинных болот, местами образуя чистые насаждения.

179. *Betula pendula* Roth – Береза поникшая. Лесообразующая порода мелколиственных лесов, входит в состав древостоя смешанных лесов.

180. *B. pubescens* Ehrh. – Б. пушистая. На сфагновых болотах, в заболоченных березняках. Изредка.

***Ulmaceae* – Вязовые**

181. *Ulmus glabra* Huds. – Вяз шершавый. В подлеске елово-широколиственных лесов. Изредка.

***Cannabaceae* – Коноплевые**

182. *Humulus lupulus* L. – Хмель обыкновенный. Изредка в пойме Кважвы в зарослях кустарников.

***Urticaceae* – Крапивные**

183. *Urtica dioica* L. s. l. – Крапива двудомная. В ивняках, на сырых лугах, на просеках и вырубках; на низинных болотах, реже – под пологом смешанных травяных лесов, как сорное – в поселке;

– *U. galeopsifolia* (Wierzb. ex Opiz) Chrtek – К. пикульниколистная. Изредка в пойме Кважвы (1.08.2005, ШБ).

184. *U. urens* L. – К. жгучая. На огородах и мусорных местах, возле теплиц в поселке.

***Aristolochiaceae* – Кирказоновые**

185. *Asarum europaeum* L. – Копытень европейский. Темнохвойные, хвойно-широколиственные и смешанные неморальнотравные леса. Часто.

***Polygonaceae* – Гречишные**

186. *Polygonum alpinum* All. – Горец альпийский. Заносный вид, растет на территории поселка недалеко от места первоначальной культуры.

187. *P. amphibium* L. – Г. земноводный. По берегам и в воде мелководных заливов Камы. Часто.

188. *P. aviculare* L. s. l. – Г. птичий. Повсеместно вдоль дорог, в поселке, на песках по берегу Камы. Среди мелких видов этого комплекса на обследованной территории зарегистрированы:

– *P. aviculare* L. s. str. – По-видимому, наиболее широко распространенный и частый вид;

– *P. rurivagum* Jord. ex Boreau – По берегу Камы на песке, 2.08.2005, ШБ;

– *P. neglectum* Bess. – Обочина дороги на Черную речку, возле непересыхающей лужи, 31.07.2005, ШБ.

189. *P. bistorta* L. – Г. змеиный. Отмечался Елеусеновой по долине Кважвы и у Черной речки.

190. *P. convolvulus* L. – Г. вьюнковый. Обычен в посевах, на коллекционных участках на территории биостанции.

191. *P. hydropiper* L. – Г. перечный. На переувлажненных местах, около воды. Изредка.

192. *P. minus* Huds. – Г. малый. Вдоль дорог. Обыкновенно.

193. *P. scabrum* Moench – Г. шершавый. В посевах, на обочинах дорог. Часто.

194. *Rumex acetosa* L. – Щавель обыкновенный. На лугах и лесных опушках. Часто.

195. *R. acetosella* L. – Щ. малый. На суходольных лугах, опушках, у дорог, в посевах, на территории поселка. Часто.

196. *R. aquaticus* L. – Щ. водный. В ивняках, по сырым берегам, на осоковых болотах. Изредка.

197. *R. crispus* L. – Щ. курчавый. По лугам, на газотрассе, вдоль дорог. Изредка.

198. *R. thyrsiflorus* Fingerh. – Щ. пирамидальный. На Больших лугах, в мелкотравных сосновых и смешанных лесах по бровке берега Камы. Изредка.

***Chenopodiaceae* – Маревые**

199. *Chenopodium album* L. – Марь белая. В посевах, на территории биостанции; на просеках, вдоль дорог. Часто.

200. *Ch. pedunculare* Bertol. – М. развесистая. Шеметевская дорога: на подъеме от пос. Верх-Кважва, 5.08.2005, ШБ.

201. *Ch. polyspermum* L. – М. многосемянная. В посевах, на территории биостанции. Отмечается не каждый год.

202. *Ch. suecicum* J. Murr. – М. шведская. На газотрассе, на обочине дороги вблизи поселка.

***Amaranthaceae* – Ширициевые**

203. *Amaranthus retroflexus* L. – Ширица запрокинутая. Периодически появляется в посевах на территории биостанции.

***Caryophyllaceae* – Гвоздичные**

204. *Arenaria saxatilis* L. – Песчанка скальная. В сосняках-зеленомошниках вблизи берега Камы. Редко.

205. *A. serpyllifolia* L. – П. тимьянолистная. В поселке: на пустошах, нарушенных лугах, вдоль дорог. Часто.

206. *Cerastium holosteoides* Fries s. l. (incl. *C. triviale* Link.) – Ясколка дернистая. На суходольных лугах, вдоль дорог. Часто.

207. *Coronaria flos-cuculi* (L.) A. Br. – Горлицет кукушкин. На сыроватых лугах. Редко.

208. *Dianthus deltoides* L. – Гвоздика-травянка. На суходольных лугах, опушках, по территории поселка. Обыкновенно.

209. *D. superbus* L. – Г. пышная. Заросли кустарников, лесные опушки, обочины дорог. Изредка.

210. *Gypsophila paniculata* L. – Качим метельчатый. Заносный вид, растет на территории поселка недалеко от места первоначальной культуры.

211. *G. muralis* L. – К. постенный. У дорог. Редко.

212. *Melandrium album* (Mill.) Garcke – Дрема белая. На лугах, опушках, у дорог, в посевах, на территории поселка. Часто.

213. *Moehringia trinervia* (L.) Clairv. – Мерингия трехжилковая. Обочина дороги на Каму, возле зарослей орляка, 17.06.1993, Л. Переведенцева.

214. *Sagina procumbens* L. – Мшанка лежачая. На слабо заросших участках по обочинам сырых дорог, на просеках. Редко.

215. *Saponaria officinalis* L. – Мыльнянка лекарственная. У дорог, возле домов в поселке.



216. *Silene vulgaris* (Moench) Garcke – Смолевка обыкновенная. На территории поселка, около кустарников, у дорог. Изредка.
217. *S. tatarica* (L.) Pers. – С. татарская. Заносный вид. Активно расселяется вдоль дорог по всей территории.
218. *Scleranthus annuus* L. – Дивала однолетняя. На пустошах, на опушках разреженных сосняков-беломошников, вдоль противопожарных полос, у дорог, на залежах и в посевах. Часто.
219. *Spergula arvensis* L. – Торица полевая. В посевах, на залежах, возле дорог. Часто.
220. *Spergularia rubra* (L.) J. et C. Presl – Торичник красный. На залежах, на пустошах, у дорог. Изредка.
221. *Stellaria bungeana* Fenzl – Звездчатка Бунге. Часто в пойменных лесах, в ивняках, на лугах; в сырых травяных еловых и смешанных лесах; реже – на травяных болотах, в зарослях таволги, крапивы и т. п.
222. *S. fennica* (Murb.) Perf. – З. финская. Берег Камского водохранилища. На покрытом наилком бревне, 4.08.2005, ШБ, det. Князев М.С.
223. *S. holostea* L. – З. жестколистная. Кисличные, травяные темнохвойные и смешанные леса, опушки и поляны. Часто.
224. *S. graminea* L. – З. злаковая. На суходольных лугах, на залежах, по лесным опушкам и обочинам дорог. Обыкновенно.
225. *S. longifolia* Muehl. ex Willd. – З. длиннолистная. В пойме Кважвы и на сырых участках заросших лесных дорог. Редко.
226. *S. media* (L.) Vill. – З. средняя. В посевах, возле жилья, на мусорных местах, на заросших травой лесных дорогах и по их обочинам. Часто.
227. *S. nemorum* L. – З. дубравная. Темнохвойные, елово-широколиственные и мелколиственные леса с участием липы.
228. *S. palustris* Retz. – З. болотная. На сырых лугах и низинных болотах, по обочинам сырых дорог. Редко.
229. *Viscaria viscosa* (Scop.) Aschers. (*V. vulgaris* Bernh.) – Смолка клейкая. Опушки сосновых и мелколиственных лесов, сухие склоны, пустоши. Часто.
- Ranunculaceae – Лютиковые**
230. *Aconitum septentrionale* Koelle – Борец северный. В хвойно-широколиственных и вторичных смешанных лесах, в приручьевых ельниках и в зарослях кустарников по берегам реки Кважвы. Обыкновенно.
231. *Actaea erythrocarpa* Fisch. – Воронец красноплодный. В кисличных ельниках и смешанных травяных лесах. Изредка.
232. *A. spicata* L. – В. колосистый. В ельниках кисличных и смешанных травяных лесах, совместно с *A. erythrocarpa*. Изредка.
233. *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. (*Anemonoides altaica* (C. A. Mey.) Holub.) – Ветреница алтайская. В темнохвойных, смешанных и хвойно-широколиственных лесах, в зарослях кустарников по опушкам. Часто.
234. *A. ranunculoides* L. – В пойме Кважвы. Редко.
235. *Atragene sibirica* L. – Княжик сибирский. В темнохвойных и смешанных лесах. Довольно часто.
236. *Batrachium trichophyllum* (Chaix) Bosch – Шелковник волосолистный. В заливах Камы. В последние годы найти не удалось.
237. *Caltha palustris* L. – Калужница болотная. По низинным болотам, по сырым лугам, по берегам р. Кважва. Обыкновенно.
238. ***Pulsatilla patens* (L.) Mill. – Прострел раскрытый. Сухие сосновые леса к югу и юго-востоку от поселка.
239. *Ranunculus acris* L. – Лютик едкий. На низинных и суходольных лугах, на полянах и опушках. Обыкновенно.
240. *R. aggr. auricomus* L. – Л. золотистый;

– *R. ostroboottnicus* (Markl. ex Kvist) Ericss. – Л. ботнический. Большие луга: низинный осоковый луг, 13.05.2005, Шк.

241. *R. aggr. cassubicus* L. – Л. кашубский:

– *R. archangeliensis* (Fagerstr.) Ericss. – Л. архангельский. Осинник травяной с липой справа от дороги на Лябово возле глинистого подъема, 13.05.2005, Шк.;

– *R. cassubicus* L. s. str. – Л. кашубский. На лугах вдоль Кважвы, в елово-широколиственных лесах. Часто;

– *R. elatior* (Fries) Ericss. – Л. возвышающийся. Березняк, 29.06.1987, Калугина;

– *R. karelicus* (Markl.) Ericss. – Л. карельский. Пойма Кважвы и широколиственно-хвойные леса. Изредка.

242. *R. aggr. monophyllus* Ovcz. – Л. однолистный:

– *R. vjatkensis* Tzvel. – Л. вятский. Пойма Кважвы, 14.05.2005, Шк.;

– *R. vytegrensis* (Fagerstr.) Ericss. – Л. вытегринский. Пойменные и суходольные разнотравные и мелкозлаково-разотравные луга. Довольно часто.

243. *R. flammula* L. – Л. жгучий. В сыром месте разнотравного луга в окрестностях биостанции, 16.06.1994, Белковская Т.П.

244. ***R. gmelinii* DC. – Л. Гмелина. В воде глубоких бочагов по окраине осокового болота возле ЛЭП, 31.07.2005, ШБ.

245. *R. lingua* L. – Л. длиннолистный. Низинное болото в устье Черной речки, 6.07.2011, Л. Переведенцева.

246. *R. polyanthemos* L. – Л. многоцветковый. На низинных и суходольных лугах, на полянах и опушках. Обыкновенно.

247. *R. repens* L. – Л. ползучий. Сырые леса и луга, берега водоемов, заросли кустарников, сырые вырубki, дороги, просеки. Часто.

248. *R. reptans* L. – Л. простертый. По берегу Камы в сырых местах. Редко.

249. *R. sceleratus* L. – Л. ядовитый. По берегу Камы в сырых местах. Редко.

250. *Thalictrum flavum* L. – Василистник желтый. Ивняки в пойме Кважвы ниже Лябовской дороги, 3.08.2005, ШБ.

251. *Th. minus* L. s. l. – В. малый. На лугах, опушках, полянах, в смешанных и лиственных лесах. Часто.

252. *Trollius europaeus* L. – Купальница европейская. По лесным полянам в условиях достаточного увлажнения. Редко.

***Papaveraceae* – Маковые**

253. *Chelidonium majus* L. – Чистотел большой. В ольховниках, разреженных хвойных, смешанных и лиственных лесах, на опушках, по берегам рек и ручьев, на лугах, в посевах, возле дорог и жилья, на мусорных местах. Часто.

254. *Corydalis solida* (L.) Clairv. – Хохлатка плотная. В ольховниках, на лугах, опушках, полянах, в лиственных и смешанных лесах, на склонах логов. Изредка.

255. *Fumaria officinalis* L. – Дымянка лекарственная. Периодически появляется в посевах на территории биостанции.

***Brassicaceae (Cruciferae)* – Капустные (Крестоцветные)**

256. *Arabidopsis thaliana* (L.) Heynh. – Резушка Таля. Обочины дорог, опушки, пустоши. Часто.

257. *Arabis pendula* L. – Резуха поникшая. Периодически появляется вблизи поселка среди кустарников и на его территории возле домов.

258. *Armoracia rusticana* Gaertn., Mey. et Scherb. – Хрен обыкновенный. На территории биостанции на месте снесенных домов и заброшенных огородов.

259. *Barbarea arcuata* (Opiz ex J. et C. Presl) Reichenb. – Сурепка дуговидная. Опушки, сухие склоны, обочины дорог. Обыкновенно. Елеусеновой приводится как *B. vulgaris* R. Br.

260. *B. stricta* Andrz. – С. прямая. По обочинам сырых дорог, троп. Редко.

261. *Berteroa incana* (L.) DC. – Икотник серый. По обочинам дорог, на пустошах, в поселке и возле залива. Редко.

262. *Bunias orientalis* L. – Свербига восточная. Луга, залежи, обочины дорог. Обыкновенно.

263. *Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik. – Пастушья сумка обыкновенная. В посевах, на огородах, на сорных местах, возле домов, вдоль дорог. Обыкновенно.

264. *Cardamine amara* L. – Сердечник горький. У воды по берегам лесных ручьев и вдоль Кважвы. Довольно часто.

265. *C. impatiens* L. – С. недотрога. По обочинам лесных дорог, особенно часто по направлению к Лябово.

266. *Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl – Дескурайния Софьи. В посевах, в огородах, на сорных местах, возле домов. Изредка.

267. *Draba nemorosa* L. – Крупка дубравная. На территории биостанции, обычно совместно с резушкой Таля. Изредка.

268. *Erysimum cheiranthoides* L. – Желтушник левкойный. В посевах, на огородах, на сорных местах, возле домов, вдоль дорог, на газотрассе. Обыкновенно.

269. *E. hieracifolium* L. (*E. strictum* Gaertn.) – Ж. ястребинколистый. Суходольные луга на склонах возле поселка и на его территории. Изредка.

270. *Lepidium ruderae* L. – Клоповник сорный. У дорог на территории поселка. Редко.

271. *Rorripa amphibia* (L.) Bess. – Жерушник земноводный. Изредка по сырым берегам водоемов и в воде; редко – на травяных болотах.

272. *R. palustris* (L.) Bess. – Ж. болотный. По сырым местам у дорог, в посевах. Часто.

273. *Sinapis arvensis* L. – Горчица полевая. Периодически появляется в посевах на территории биостанции.

274. *Thlaspi arvense* L. – Ярутка полевая. Постоянно встречается в посевах на территории биостанции.

275. *Turritis glabra* L. – Вяжечка гладкая. По опушкам, на сухих склонах, на залежах, на территории поселка, вдоль дорог. Часто.

***Droseraceae* – Росянковые**

276. *Drosera rotundifolia* L. – Росянка круглолистная. На сфагновых болотах. Изредка.

***Crassulaceae* – Толстянковые**

277. *Sedum acre* L. – Очиток едкий. На пустошах, на сухих изреженных лугах, на мелкотравных опушках сосняков. Часто.

278. *S. purpureum* (L.) Schult. (*S. telephium* L.) – О. пурпуровый. На опушках сосновых лесов, по берегу Камы, на Больших лугах. Редко.

***Saxifragaceae* – Камнеломковые**

279. *Chrisosplenium alternifolium* L. – Селезеночник очереднолистный. Опушки елово-широколиственных и смешанных лесов, лесные луга в долине Кважвы. Обыкновенно.

***Grossulariaceae* – Крыжовниковые**

280. *Ribes nigrum* L. – Смородина черная. В поймах. Обыкновенно.

281. *R. spicatum* Robson – С. колосистая. В смешанных разреженных лесах, на вырубках, в ольхово-ивовых зарослях, по берегам рек и ручьев. Довольно часто. Елеусеновой приведен как *R. rubrum* L.

***Rosaceae* – Розовые**

282. *Agrimonia pilosa* Ledeb. – Репешок волосистый. Мезофильные луга, зарастающие просеки, вырубки, обочины дорог. Довольно часто.

283. *Alchemilla vulgaris* L. s. l. – Манжетка обыкновенная. Обыкновенно на лугах, зарастающих просеках, залежах; реже – в изреженных ивняках, на вырубках, на опушках.

Среди мелких видов (апогамных рас) манжеток на обследованной территории выявлены *A. acutiloba* Opiz, *A. baltica* G. Sam. ex Juz., *A. conglobata* Lindb. fil., *A. gracilis* Opiz, *A. monticola* Opiz, *A. subcrenata* Buser, *A. propinqua* Lindb. fil. ex Juz., *A. sarmatica* Juz.

284. *Amelanchier spicata* (Lam.) C. Koch – Ирга колосистая. Заносный вид. В сосняках по берегу Камы. Изредка.

285. *Comarum palustre* L. – Сабельник болотный. По окраинам болот, на переувлажненных участках около залива, по берегам мелких водоемов в прибрежной полосе Камы. Изредка.
286. *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. – Лабазник вязолистный.
– ssp. *ulmaria* – На низинных лугах, в ивняках и сероольшаниках, по окраинам осоковых болот, на сырых просеках и вырубках. Обыкновенно.
– ssp. *denudata* (J. et C. Presl) Hayek – Л. обнаженный. Обычен в сходных с типовым подвидом условиях, а местами – вместе с ним, однако чуть более гигрофильный: на мезофильные луга не заходит.
287. *Fragaria vesca* L. – Земляника лесная. В зарослях кустарников, на сухих лугах, в сосновых, еловых и смешанных мелкотравных разреженных лесах. Обыкновенно.
288. *Geum aleppicum* Jacq. – Гравилат алеппский. Обочина лесной дороги, 24.06.1981, Ширяева, Сторожева.
289. *G. rivale* L. – Г. речной. В сырых лесах, на сырых лугах, в ивняках и сероольшаниках, на сырых дорогах, просеках, вырубках. Часто.
290. *G. urbanum* L. – Г. городской. На опушках, в пойменных ивняках, вдоль дорог. Довольно часто.
291. *Padus avium* Mill. – Черемуха обыкновенная. В хвойно-широколиственных лесах, а также по долине Кважвы. Обыкновенно.
292. *Potentilla anserina* L. – Лапчатка гусиная. Изредка на лужайках возле мостика через Кважву, по Лябовской дороге у старого питомника, у Черной речки, у залива, по берегу Камы.
293. *P. argentea* L. s. l. – Л. серебристая. На суходольных лугах, на лесных опушках, залежах, вдоль дорог, на газотрассе и ЛЭП. Обыкновенно.
294. *P. canescens* Bess. – Л. сероватая. Газотрасса, 18.07.2005, Шк. Дорога под ЛЭП: по растающим обочинам, 31.07.2005, ШБ.
295. *P. goldbachii* Rupr. – Л. Гольдбаха. На суходольных мелкозлаково-разнотравных лугах. Редко.
296. *P. intermedia* L. – Л. промежуточная. По обочинам дорог, на газотрассе, на сухих лугах возле поселка и по берегу Камы. Довольно часто.
297. *P. norvegica* L. – Л. норвежская. У жилья, по обочинам дорог, на просеках, в посевах и на огородах. Довольно часто.
298. *P. ruthenica* Willd. – Л. русская. По обочинам лесных дорог. Довольно часто. Мы называем так растения, внешне несколько напоминающие *P. intermedia*, но одно-двулетние, лишенные прикорневой розетки листьев и опушенные как *P. norvegica* прямыми жесткими волосками.
299. *Rosa acicularis* Lindl. – Роза иглистая. В темнохвойных, березовых и смешанных лесах, на опушках и склонах. Часто.
300. *R. majalis* Herrm. – Р. майская. Изредка в светлых смешанных травяных лесах по склонам вблизи Камы, иногда – на опушках, вдоль лесных дорог.
301. *R. rugosa* Thunb. – Р. морщинистая. Одикавшее, по берегу Кважвинского залива.
302. *Rubus chamaemorus* L. – Морощка. В сфагновых ельниках и сосняках, на сфагновых болотах. Изредка.
303. *R. humulifolius* C. A. Mey. – Малина хмелелистная. Известна небольшая популяция на лесном болоте около поселка с южной стороны.
304. *R. idaeus* L. – М. обыкновенная. Образует заросли на вырубках, реже – под пологом леса и на гарях.
305. *R. melanolasius* Focke (*R. sachalinensis* auct. non Levl.) – М. черноволосистая. В тех же условиях, что и предыдущий вид. Редко.
306. *R. saxatilis* L. – Костяника. В мелкотравных лесах. Обыкновенно.
307. *Sanguisorba officinalis* L. – Кровохлебка лекарственная. На опушках вдоль дорог, на низинных лугах. Изредка.

308. *Sorbus aucuparia* L. – Рябина обыкновенная. В подлеске разных типов леса. Часто.

Fabaceae (Leguminosae) – Бобовые

309. *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Woloszcz.) Klásková – Ракитник русский. В сосновых и мелколиственных лесах, по опушкам, на сухих склонах. Обыкновенно.

310. *Lathyrus pisiformis* L. – Чина гороховидная. По опушкам, в зарослях кустарников. Редко.

311. *L. pratensis* L. – Ч. луговая. На лугах, также по обочинам лесных дорог. Часто.

312. *L. sylvestris* L. – Ч. лесная. На солнечных опушках, на южных склонах, изредка. В последнее время образовала обширные пятна на газотрассе.

313. *L. vernus* (L.) Bernh. – Ч. весенняя. Во всех типах леса, за исключением сухих сосняков. Обыкновенно.

314. *Lupinus polyphyllus* Lindl. – Люпин многолистный. Культивируется на биостанции как сидерат и декоративное. Одичал и активно расселяется вдоль дорог и по просекам.

315. *Medicago lupulina* L. – Люцерна хмелевидная. На старых залежах, на газотрассе, около дорог. Редко.

316. *Melilotus albus* Medik. – Донник белый. На газотрассе, вдоль дороги на Шемети.

317. *M. officinalis* (L.) Pall. – Д. лекарственный. Вместе с предыдущим видом.

318. *Trifolium arvense* L. – Клевер полевой. На берегу Кважвинского залива.

319. *T. aureum* Poll. – К. золотистый. По мелкотравной опушке молодого сосняка, на слабо заросшем склоне долины Кважвы.

320. *T. hybridum* L. – К. гибридный. На залежах, зарастающих просеках, обочинах дорог. Часто.

321. *T. medium* L. – К. средний. По лугам, лесным опушкам, вдоль лесных дорог. Довольно часто.

322. *T. montanum* L. – К. горный. Суходольные луга на южных и юго-западных склонах. Редко.

323. *T. pratense* L. – К. луговой. На лугах и залежах. Обыкновенно.

324. *T. repens* L. – К. ползучий. На лугах, старых залежах, опушках, вдоль дорог. Обыкновенно.

325. *T. spadicum* L. – К. каштановый. На низинных и суходольных лугах. Редко.

326. *Vicia cracca* L. – Горошек мышиный. По лугам, опушкам, вдоль дорог. Часто.

327. *V. hirsuta* (L.) S. F. Gray. – Г. волосистоплодный. Периодически появляется на опытном участке: по-видимому, заносится с полей к западу от нашей территории.

328. *V. sepium* L. – Г. заборный. По лугам, опушкам. Довольно часто.

329. *V. sylvatica* L. – Г. лесной. В мелколиственных и смешанных лесах. Изредка.

Geraniaceae – Гераниевые

330. *Erodium cicutarium* (L.) L'Hér. – Аистник обыкновенный. В посевах и возле теплиц на территории биостанции.

331. *Geranium pratense* L. – Герань луговая. По опушкам, на лугах. Редко.

332. *G. robertianum* L. – Г. Роберта. В смешанном лесу по окраине болота у Черной речки.

333. *G. sylvaticum* L. – Г. лесная. В травяных лесах, на лугах, на опушках. Обыкновенно.

Oxalidaceae – Кисличные

334. *Oxalis acetosella* L. – Кислица обыкновенная. В темнохвойных, хвойно-мелколиственных, хвойно-широколиственных лесах. Обыкновенно.

Polygalaceae – Истодовые

335. *Polygala comosa* Schkuhr – Истод хохлатый. Известна одна популяция на южном склоне вблизи дороги недалеко от поселка.

Callitrichaceae – Красовласковые

336. *Callitriche palustris* L. – Красовласка болотная. В воде и по берегам мелководий Камы и различных мелких водоемов. Редко.

Balsaminaceae – Недотроговые

337. *Impatiens noli-tangere* L. – Недотрога обыкновенная. В зарослях кустарников в долинах Кважвы и Черной речки. Часто.

Rhamnaceae – Крушинные

338. *Frangula alnus* Mill. – Крушина ольховидная. По опушкам леса на влажных местах, по окраинам болот. Довольно часто.

Tiliaceae – Липовые

339. *Tilia cordata* Mill. – Липа мелколистная. В хвойно-широколиственных, смешанных и мелколиственных лесах. Часто.

Hypericaceae – Зверобойные

340. *Hypericum maculatum* Crantz – Зверобой пятнистый. На лугах, старых залежах, вдоль дорог. Редко.

341. *H. perforatum* L. – З. продырявленный. На лугах, лесных полянах, в зарослях кустарников. Часто.

Violaceae – Фиалковые

342. *Viola arvensis* Murr. – Фиалка полевая. В посевах, на мусорных местах. Часто.

343. *V. canina* L. s. l. – В травяных, реже – в зеленомошных лесах, на мезофильных лугах, на зарастающих просеках, вдоль дорог. Часто:

– *V. canina* L. s. str. – Ф. собачья. Пока известен только один образец: окрестности биостанции «Верх-Кважва», 5.06.1998, В. Палина, Л. Вожакова. Собран также ее гибрид с *V. rupestris* (*V. ×braunii* Borb.): окрестности биостанции «Верх-Кважва», 7.07.1996, Е. Харина;

– *V. nemoralis* Kütz. (*V. montana* auct. non L.) – Ф. лесная. В травяных лесах, на крупнозлаковых лугах. Довольно часто. Собран также гибрид с *V. rupestris* (*V. ×villaquensis* Benz): на холмике у клуба к стадиону, 10.09.1997, Е. Харина;

– *V. ×litoralis* Spreng. (*V. canina* × *V. nemoralis*) – Ф. прибрежная. В травяных и зеленомошных лесах, на мелкозлаковых лугах, пустошах. Часто.

344. *V. collina* Bess. – Ф. холмовая. В лесах разных типов, на опушках, полянах, вырубках, у лесных дорог. Часто. В ельниках на крутых склонах логов вблизи Кважвинского залива встречаются растения с удлинненными листовыми пластинками, вероятно, именно такие растения приведены Елеусеновой в качестве *V. hirta* L.

345. *V. epipsila* Ledeb. – Ф. сверхуголая. По берегам ручьев, на низинных болотах, влажных лугах, в сырых поймах. Часто.

346. *V. mirabilis* L. – Ф. удивительная. Неморально-травяные леса. Часто.

347. *V. rupestris* F. W. Schmidt:

– ssp. *rupestris* – Ф. скальная. В сухих сосновых лесах. Обыкновенно;

– ssp. *glaberrima* (Murb.) Vl. Nikit. – Ф. гладкая. Сосняк-беломошник в окрестностях биостанции Верх-Кважва, 7.06.1985, Шабунина, Погадаева;

– ssp. *glabrescens* (Neum) Vl. Nikit. – Ф. гладковатая. Сосновый лес, 7.06.1985, И. Нуруллина, С. Горб.

348. *V. ×ruprechtiana* Borb. – Ф. Рупрехта. На окраине осокового болота за Большими лугами, 31.07.2005, ШБ.

349. *V. selkirkii* Pursh ex Goldie – Ф. Селькирка. В темнохвойных и смешанных лесах, на опушках, полянах, вырубках, по окраинам болот. Довольно часто.

350. *V. tricolor* L. – Ф. трехцветная. На лугах, в посевах. Часто.

Thymelaeaceae – Волчниковые

351. *Daphne mezereum* L. – Волчник обыкновенный. В хвойно-широколиственных и смешанных лесах. Довольно часто.

Lythraceae – Дербенниковые

352. *Lythrum salicaria* L. – Дербенник иволистный. Среди осок по заливаемым берегам мелководных заливов Камы, на сплавинах. Редко.

Onagraceae – Ослинниковые

353. *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. – Иван-чай узколистый. На вырубках, просеках, на гарях, по обочинам дорог. Обыкновенно.



354. *Circaea alpina* L. – Двулепестник альпийский. Ельник кислично-зеленомошный у Черной речки, 14.07.2005, А. Селиванов.

355. *Epilobium adenocaulon* Hausskn. – Кипрей железистостебельный. По обочинам дорог, на зарастающих просеках, на нарушенных лугах. Довольно часто.

356. *E. hirsutum* L. – К. волосистый. Сырая лесовозная дорога на свежую вырубку, отворот от трассы газопровода в западном направлении от поселка, 20.07.2010, Шк.

357. *E. montanum* L. – К. горный. Найден дважды: по обочинам лесных дорог и на злаково-разнотравном лугу.

358. *E. palustre* L. – К. болотный. На осоково-сфагновых болотах. Обыкновенно. Иногда – на осоковых болотах по кочкам и буграм возле стволов.

359. *E. pseudorubescens* A. Skvortz. – К. ложнокрасноватый. На просеках, вдоль дорог и т. п. Довольно часто.

***Hippuridaceae* – Хвостниковые**

360. *Hippuris vulgaris* L. – Хвостник обыкновенный. В воде стоячих водоемов: у подножия надпойменной террасы Камы, на сырых осоковых болотах; в мелководных заливах Камы. Изредка.

***Apiaceae (Umbelliferae)* – Сельдерейные (Зонтичные)**

361. *Aegopodium podagraria* L. – Сныть обыкновенная. В хвойно-широколиственных лесах, в зарослях кустарников по долине Кважвы. Часто.

362. *Angelica arhangelica* L. – Дудник лекарственный. В долинах ручьев и рек в зарослях кустарников, на сырых лесных лугах. Редко.

363. *A. sylvestris* L. – Д. лесной. На сырых лугах, в пойменных ивняках и сероольшаниках. Часто. Реже – на мезофильных лугах, в светлых травяных лесах.

364. *Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm. – Купырь лесной. В поймах по лугам и зарослям кустарников, по лесным дорогам. Часто.

365. *Vupleurum aureum* Fisch. ex Hoffm. – Володушка золотистая. Отмечена одна популяция на опушке березового леса [1].

366. *Carum carvi* L. – Тмин обыкновенный. На мезофильных лугах. Обыкновенно.

367. *Cicuta virosa* L. – Вех ядовитый. На травяных болотах, по берегам Кважвинского залива и Камы. Изредка.

368. *Chaerophyllum prescottii* DC. – Бутень Прескотта. На суходольных лугах. Изредка.

369. *Conium maculatum* L. – Болиголов крапчатый. На мусорных местах. Редко.

370. ***Eryngium planum* L. – Синеголовник плоский. Заносный вид. С коллекционного участка систематики растений распространился по территории биостанции.

371. *Heracleum sibiricum* L. – Борщевик сибирский. На низинных лугах, в ивняках, по сырым опушкам, зарастающим просекам, дорогам. Часто.

372. *H. sosnowskyi* Manden. – Б. Сосновского. Заносный вид. Активно расселяется по территории биостанции, вдоль дорог, просек, по залежам.

373. *Kadenia dubia* (Schkuhr) Lavrova (*Cnidium dubium* (Schkuhr) Thell.) – Кадения сомнительная. На опушке смешанного леса у дороги на Черную речку, 31.07.2005, ШБ.

374. *Oenanthe aquatica* (L.) Poir. – Омежник водный. В мелководных заливах Камы. Редко.

375. *Pastinaca sylvestris* Mill. – Пастернак лесной. На старых залежах, вдоль дорог, активно расселяется вдоль газотрассы.

376. *Pimpinella saxifraga* L. – Бедренец-камнеломка. На суходольных лугах, на пустошах. Обыкновенно.

377. *Pleurospermum uralense* Hoffm. – Реброплодник уральский. В мелколиственных и смешанных лесах. Изредка.

378. *Seseli libanotis* (L.) Koch (*Libanotis montana* Crantz.) – Жабрица порезниковая. Известно одно местонахождение в мелкотравном березняке возле заболоченной карстовой воронки у Кважвинского залива (1.08.2005, ШБ).

379. *Sium latifolium* L. – Поручейник широколистный. По берегам и в воде мелководных заливов Камы. Довольно часто.

Cornaceae – Кизилловые

380. *Swida alba* (L.) Oriz – Свидина белая. В пойме Кважвы, по берегам лесных ручьев среди ив или высокотравья. Редко.

Pyrolaceae – Грушанковые

381. *Chimaphila umbellata* (L.) W. Barton – Зимолоубка зонтичная. В сосновых лесах-зеленомошниках. Часто.

382. *Moneses uniflora* (L.) A. Gray – Одноцветка одноцветковая. Известна одна немногочисленная популяция в темнохвойном лесу у Черной речки [1].

383. *Orthilia secunda* (L.) House – Ортилия однобокая. Часто в темнохвойных и смешанных зеленомошных и мелкотравных лесах, реже – в сосняках.

384. *Pyrola chlorantha* Sw. – Грушанка зеленоцветковая. В зеленомошных и мелкотравных сосновых лесах. Довольно часто.

385. *P. media* Sw. – Г. средняя. В хвойных и смешанных зеленомошных и мелкотравных лесах. Довольно часто.

386. *P. minor* L. – Г. малая. В хвойных и смешанных зеленомошных, мелкотравных лесах. Обыкновенно.

387. *P. rotundifolia* L. – Г. круглолистная. Осоково-сфагновое болото за ЛЭП у Черной речки и в прилегающем к болоту смешанном лесу.

Monotropaceae – Вертляницевые

388. *Hypopitys monotropa* Crantz – Подъяльник обыкновенный. В темнохвойных и смешанных травяных лесах. Редко.

Ericaceae – Вересковые

389. *Andromeda polyfolia* L. – Подбел многолистный. Сфагновые болота. Довольно часто.

390. *Arctostaphylos uva-ursi* (L.) Spreng. – Толокнянка обыкновенная. В сухих сосновых лесах. Довольно часто.

391. *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench – Хамедафне прицветничковая, Мирт болотный. Сфагновые болота. Часто.

392. *Ledum palustre* L. – Багульник болотный. Сфагновые болота. Часто.

393. *Oxycoccus palustris* Pers. – Клюква болотная. Сфагновые болота. Часто.

394. *Vaccinium myrtillus* L. – Черника. Сфагновые болота, черничные, чернично-зеленомошные, хвощово-сфагновые леса. Обыкновенно.

395. *V. uliginosum* L. – Голубика. Сфагновые болота. Довольно часто.

396. *V. vitis-idaea* L. – Брусника. Зеленомошные, беломошные, сфагновые сосняки и ельники. Обыкновенно. Реже – на сфагновых болотах.

Primulaceae – Первоцветные

397. *Androsace filiformis* Retz. – Проломник нитевидный. По сырым дорогам. Довольно часто.

398. *Lysimachia nummularia* L. – Вербейник монетный. На сырых лугах. Изредка.

399. *L. vulgaris* L. – В. обыкновенный. На сырых лугах, опушках, по берегам рек. Довольно часто.

400. *Naumburgia thyrsoiflora* (L.) Reichenb. – Наумбургия кистецветная. На низинных и переходных болотах, около водоемов. Часто.

401. *Trientalis europaea* L. – Седмичник европейский. В темнохвойных, смешанных и мелколиственных лесах. Обыкновенно.

Menyanthaceae – Вахтовые

402. *Menyanthes trifoliata* L. – Вахта трехлистная. Сфагновые болота. Часто.

**Convolvulaceae – Вьюнковые**

403. *Convolvulus arvensis* L. – Вьюнок полевой. В посевах и около дорог. Обыкновенно.

Polemoniaceae – Синюховые

404. *Polemonium caeruleum* L. – Синюха голубая. В лиственных лесах, на опушках. Изредка.

Boraginaceae – Бурачниковые

405. *Echium vulgare* L. – Синяк обыкновенный. На территории биостанции возле пасеки, по мусорным местам.

406. *Lappula squarrosa* (Retz.) Dumort. – Липучка обыкновенная. В посевах, вдоль дорог. Редко.

407. *Myosotis arvensis* (L.) Hill – Незабудка полевая. В посевах, на пустошах, у дорог. Часто.

408. *M. palustris* (L.) L.

– ssp. *palustris* – Н. болотная. На травяных болотах, низинных лугах, в пойменных ивняках, по берегам ручьев. Довольно часто.

– ssp. *nemorosa* (Bess.) Jáv. – Н. дубравная. В тех же условиях. Редко.

409. *M. sparsiflora* Mikan ex Pohl – Н. редкоцветковая. Часто на территории биостанции: в посевах, возле теплиц. Изредка – вдоль дорог.

410. *M. sylvatica* Ehrh. ex Hoffm. – Н. лесная. В смешанных лесах, на сырых лугах, опушках. Довольно часто.

411. *Pulmonaria dacica* Simonk. – Медуница мягкая. В мелкотравных и вейниковых лесах по склонам логов в низовьях Кважвы. Редко.

412. *P. obscura* Dumort. – М. неясная. Обыкновенно в хвойно-широколиственных неморальнотравных лесах. Реже – на лугах, по опушкам, вдоль лесных дорог.

Lamiaceae (Labiatae) – Яснотковые (Губоцветные)

413. *Ajuga reptans* L. – Живучка ползучая. Хвойно-широколиственные неморальнотравные леса, луга, лесные опушки. Обыкновенно.

414. *Betonica officinalis* L. – Буквица лекарственная. В разреженном сосняке на территории биостанции возле коллекционного участка. Натурализовавшийся из культуры.

415. *Dracocephalum nutans* L. – Змееголовник поникающий. Территория биостанции: на суходольных мелкотравных лужайках. Натурализовавшийся из культуры.

416. *D. ruyschiana* L. – З. Рюйша. Известна небольшая популяция на южном склоне вблизи дороги на Каму.

417. *D. thymiflorum* L. – З. тимьяноцветковый. На залежах, по сорным местам, около полей, вдоль дорог. Часто.

418. *Galeopsis speciosa* Mill. – Пикульник красивый. По залежам, сорным местам, в посевах, вдоль дорог. Часто.

419. *G. bifida* Voenn. – П. двураздельный. Довольно часто в посевах, на огородах. Изредка – на нарушенных лугах.

420. *G. ladanum* L. – П. ладанниковый. В посевах, по обочинам дорог. Редко.

421. *Glechoma hederacea* L. – Будра плющевидная. В зарослях кустарников, около дорог, на территории поселка. Часто.

422. *Lamium album* L. – Яснотка белая. В пойменных ивняках и по мусорным местам. Часто.

423. *L. maculatum* (L.) L. – Я. крапчатая. Елово-широколиственный лес по дороге на Шемети возле Васькиной пашни, 2.07.2008, Л. Переведенцева.

424. *Leonurus quinquelobatus* Gilib. – Пустырник пятилопастный. По мусорным местам на территории поселка. Изредка. Елеусеновой приведен как *L. cardiaca* L.

425. *Lycopus europaeus* L. – Зюзник европейский. В таволговых и осоковых ивняках и сероольшаниках по берегам мелководных заливов Камы и по окраинам болот. Изредка.

426. *Mentha arvensis* L. – Мята полевая. По сыроватым лугам. Довольно часто.

427. *Origanum vulgare* L. – Душица обыкновенная. Суходольный луг на территории поселка, 13.07.2012, Шк.

428. *Prunella vulgaris* L. – Черноголовка обыкновенная. На лугах. Часто.

429. *Scutellaria galericulata* L. – Шлемник обыкновенный. В поймах, в зарослях кустарников. Довольно часто.

430. *Stachys palustris* L. – Чистец болотный. На сыроватых лугах, в зарослях кустарников в пойме Кважвы, по берегу Камы, возле теплиц и в посевах на территории биостанции. Довольно часто.

431. *S. sylvatica* L. – Ч. лесной. В неморальнотравных и приручьевых лесах; на пойменных лугах, в пойменных ивняках и ольховниках, на вырубках. Довольно часто.

Scrophulariaceae – Норичниковые

432. ***Digitalis grandiflora* Mill. – Наперстянка крупноцветковая. Заносный вид. На коллекционном участке и на территории биостанции.

433. *Euphrasia brevipila* Burn. et Greml. – Очанка коротковолосистая. На пустошах, на мелкозлаковых лугах, на зарастающих дорогах и просеках. Часто.

434. *Limosella aquatica* L. – Лужница водяная. На обнаженной почве возле луж по окраине осокового болота по ЛЭП.

435. *Linaria vulgaris* Mill. – Льянка обыкновенная. На территории биостанции, в посевах, вдоль дорог, на газотрассе. Часто.

436. *Melampyrum cristatum* L. – Марьянник гребенчатый. В осиннике около футбольного поля, 1.07.2005, Шк.

437. *M. pratense* L. – М. луговой. Сосновые и смешанные леса, опушки, обочины дорог. Часто.

438. *Odontites vulgaris* Moench – Зубчатка обыкновенная. На лугах в пойме Кважвы по дороге на залив. Редко.

439. *Rhinanthus vernalis* (N. Zing.) Schischk. et Serg. – Погремок весенний. На лугах, мелкозлаковых опушках, на залежах, на зарастающих обочинах дорог и просек. Часто.

440. *Scrophularia nodosa* L. – Норичник узловатый. Обочины дороги на Каму в южном направлении от поселка. Редко.

441. *Verbascum nigrum* L. – Коровяк черный. Заносный вид: на коллекционных участках и на территории поселка.

442. *V. thapsus* L. – К. Медвежье ухо. Заносный вид: на коллекционных участках и на территории поселка.

443. *Veronica beccabunga* L. – Вероника поточная. Вблизи выхода ключей, у речек, на переувлажненных участках. Изредка.

444. *V. chamaedrys* L. – В. дубравная. Мелкозлаковые луга, мелкотравные вторичные леса, зарастающие дороги и просеки. Обыкновенно.

445. *V. longifolia* L. – В. длиннолистная. В зарослях кустарников, на лугах, по опушкам вдоль дорог. Довольно часто.

446. *V. officinalis* L. – В. лекарственная. Бруснично-зеленомошные сосняки, мелкотравные березняки, осинники, опушки. Часто.

447. *V. serpyllifolia* L. – В. тимьянолистная. В различных нарушенных местообитаниях: по зарастающим обочинам дорог и троп, на выбитых лугах, возле строений и проч. Часто.

448. *V. spicata* L. – В. колосистая. Известна небольшая популяция на территории биостанции на сухом склоне возле дороги.

449. *V. verna* L. – В. весенняя. В посевах, на огородах, на пустошах. Часто.

Lentibulariaceae – Пузырчатковые

450. *Utricularia vulgaris* L. – Пузырчатка обыкновенная. В мелких водоемах вдоль берега Камы; в глубоких бочагах по окраине сфагнового болота у Кважвинского залива. Часто.

***Plantaginaceae* – Подорожниковые**

451. *Plantago lanceolata* L. – Подорожник ланцетный. На суходольных лугах, на пустошах. Часто.

452. *P. major* L. – П. большой. Возле жилья, вдоль дорог и т. п. Обыкновенно.

453. *P. media* L. – П. средний. На суходольных лугах, на пустошах. Обыкновенно.

***Rubiaceae* – Мареновые**

454. *Galium aparine* L. – Подмаренник цепкий. По краям полей, у дорог, в огородах. Изредка.

455. *G. boreale* L. – П. северный. Часто в смешанных лесах, по лесным лугам, реже – в сосновых мелкотравных лесах.

456. *G. mollugo* L. s. l. – П. мягкий. На лугах, на опушках и полянах, вдоль дорог. Обыкновенно.

457. *G. odoratum* (L.) Scop. (*Asperula odorata* L.) – П. душистый. В хвойно-широколиственных лесах. Обыкновенно.

458. *G. palustre* L. – П. болотный. По травяным болотам. Часто.

459. *G. trifidum* L. – П. трехраздельный. Заросший осокой мелководный залив Камы: на бревнах, на кочках осок, 2.08.2005, ШБ.

460. *G. uliginosum* L. – П. топяной. На осоковых болотах. Часто.

461. *G. verum* L. – П. настоящий. Там же, где *Veronica spicata*.

***Caprifoliaceae* – Жимолостные**

462. *Linnaea borealis* L. – Линнея северная. В темнохвойных и сосновых зеленомошных лесах. Обыкновенно.

463. *Lonicera xylosteum* L. – Жимолость обыкновенная. В смешанных лесах. Часто.

464. *Sambucus sibirica* Nakai – Бузина сибирская. В смешанных лесах, на вырубках и просеках, часто. Елеусеновой приводится как *S. racemosa* L.

465. *Viburnum opulus* L. – Калина обыкновенная. В поймах лесных ручьев и в хвойно-широколиственных лесах. Изредка.

***Adoxaceae* – Адоксовые**

466. *Adoxa moschatellina* L. – Адокса мускусная. В хвойно-широколиственных лесах, в пойменных ивняках и ольшаниках. Изредка.

***Valerianaceae* – Валериановые**

467. *Valeriana wolgensis* Kazak. – Валериана волжская. В пойме Кважвы, по сырым лугам, в зарослях кустарников. Часто. Елусеновой приведен как *V. officinalis* L.

***Dipsacaceae* – Ворсянковые**

468. *Knautia arvensis* (L.) Coult. – Короставник полевой. На суходольных лугах, на лесных полянах, вдоль дорог. Часто.

***Campanulaceae* – Колокольчиковые**

469. *Campanula glomerata* L. – Колокольчик сборный. По опушкам вдоль лесных дорог. Редко.

470. *C. latifolia* L. – К. широколистный. По долине Кважвы в зарослях кустарников, на высокотравных лугах. Редко.

471. *C. patula* L. – К. раскидистый. На лугах. Обыкновенно.

472. *C. rotundifolia* L. – К. круглолистный. В сухих сосновых лесах. Обыкновенно.

***Asteraceae* (*Compositae*) – Астровые (Сложноцветные)**

473. *Achillea millefolium* L. – Тысячелистник обыкновенный. На лугах, пустошах. Обыкновенно.

474. *Antennaria dioica* (L.) Gaertn. – Кошачья лапка двудомная. В сухих сосновых лесах, на пустошах. Обыкновенно.

475. *Anthemis tinctoria* L. – Пупавка красильная. По склонам к р. Кважва, на территории поселка. Изредка.

476. *Arctium minus* (Hill) Bernh. – Лопух малый. В поселке: у жилья. Редко.

477. *A. tomentosum* Mill. – Л. паутинистый. У жилья, по сорным местам, вдоль дорог, просек. Часто.
478. *Artemisia absinthium* L. – Полынь горькая. У дорог, на просеках. Редко.
479. *A. vulgaris* L. – П. обыкновенная. На мусорных местах, вдоль дорог, в пойме Кважвы. Обыкновенно.
480. *Bidens tripartita* L. – Череда трехраздельная. По заболоченным берегам Камы, по берегам мелких водоемов в прибрежной полосе. Изредка.
481. *Cacalia hastata* L. – Недоспелка копьевидная. В зарослях кустарников по пойме Кважвы. Часто.
482. *Carlina biebersteinii* Bernh. ex Hornem. – Колючник Биберштейна. На сухих опушках и в разреженных лесах на южных склонах.
483. *Centaurea jacea* L. – Василек луговой. На лесной дороге – отвороте от ЛЭП к болоту у Черной речки, 21.07.2010, Шк.
484. *C. phrygia* L. – В. фригийский. На лугах, по обочинам дорог. Редко.
485. *C. scabiosa* L. – В. шероховатый. На суходольных лугах, на пустошах, на залежах. Обыкновенно.
486. *Cicerbita uralensis* (Rouy) Beauverd – Цицербита уральская. В хвойно-широколиственных лесах, вдоль лесных дорог, по пойме Кважвы в зарослях кустарников. Часто.
487. *Cirsium heterophyllum* (L.) Hill – Бодяк разнолистный. На сыроватых лугах. Часто.
488. *C. oleraceum* (L.) Scop. – Б. огородный. По сырым лугам в долине Кважвы и на Больших лугах у Черной речки. Довольно часто.
489. *C. palustre* (L.) Scop. – Б. болотный. Сырые луга, заболачивающиеся просеки, травяно-сфагновые болота. Редко.
490. *C. setosum* (Willd.) Bess. – Б. щетинитый. Часто в различных нарушенных местообитаниях: на огородах, на лугах, залежах, на дорогах, просеках и проч. Елеусеновой приводится как *C. arvense* (L.) Scop.
491. *C. vulgare* (Savi) Ten. – Б. обыкновенный. На газотрассе, вдоль Шеметевской дороги. Изредка.
492. *Conyza canadensis* (L.) Cronq. (*Erigeron canadensis* L.) – Мелколепестничек канадский. На территории биостанции в посевах и в саду; на газотрассе, вдоль дорог, под ЛЭП. Часто.
493. *Crepis paludosa* (L.) Moench – Скерда болотная. В сыроватых березовых и смешанных лесах, в приручьевых ельниках. Довольно часто.
494. *C. tectorum* L. – С. кровельная. У жилья, в посевах, вдоль дорог, просек. Обыкновенно.
495. *Erigeron acris* L. s. l. – Мелколепестник едкий. У жилья, вдоль дорог, просек, по береговым обрывам Камы, в сухих сосняках, на нарушенных лугах. Часто:
– *E. acris* L. s. str. – Редко: только два образца;
– *E. elongatus* Ledeb. – Часто. Четыре образца вполне соответствуют описанию *E. droebachiensis* O. F. Muehl. (по Цвелев [4, 5]), восемь могут быть отнесены к *E. uralensis* Less. [4, 5]; однако почти треть (5) коллекций занимает промежуточное положение, что, по нашему мнению, свидетельствует о фенотипической природе этих различий;
– *E. podolicus* Bess. – По-видимому, редко: несколько экземпляров на сухом открытом склоне по берегу Камы (1.08.2005, ШБ).
496. *Filago arvensis* L. – Жабник полевой. На обработанной почве, по дорогам, на пустошах; на песчаных обрывах по Каме. Довольно часто.
497. *Gnaphalium sylvaticum* L. (*Omalotheca sylvatica* (L.) Sch. Bip. et F. Schultz) – Сушеница лесная. На лугах, полянах, на мелкотравных опушках, на молодых залежах, по лесным дорогам. Часто.
498. *G. rossicum* Kirp. – С. русская. По сырым дорогам. Редко.



499. *Hieracium caespitosum* Dumort. – Ястребинка дернистая. На суходольных лугах, мелкотравных опушках. Редко.

500. *H. cymosum* L. – Я. щитковая. На мелкотравных опушках и прогалинах в сосняках, на суходольных лугах, на пустошах, на обочинах дорог, в поселке. Часто. Местами – вместе с предыдущим видом.

501. *H. pilosella* L. – Я. волосистая. В сухих сосновых лесах, на опушках, на пустошах, на сухих изреженных лугах по крутым склонам, на зарастающих дорогах, просеках. Часто.

502. *H. umbellatum* L. – Я. зонтичная. На лесных полянах, на опушках, в сосновых лесах, на просеках, ЛЭП и проч.

503. *H. vulgatum* Fries s. latiss. – Я. обыкновенная. В сухих мелкотравных еловых, березовых и смешанных лесах на склонах. Довольно часто. Сборы ястребинок малочисленны и, возможно, не охватывают всего разнообразия даже видов-агрегатов. Зарегистрированы *H. aggr. diaphanoides* Lindeb., *H. aggr. diaphanum* Fries, *H. aggr. murorum* L.

504. *Inula britannica* L. – Девясил британский. На обочинах дорог. Редко.

505. *Lactuca tatarica* (L.) С. А. Мей. – По песчаным откосам на берегу Камы [1].

506. *Lepidotheca suaveolens* (Pursh) Nutt. (*Chamomilla suaveolens* (Pursh) Rydb.) – Лепидотека пахучая. У жилья и дорог, на участках с нарушенной растительностью. Обыкновенно.

507. *Leucanthemum vulgare* Lam. – Нивяник обыкновенный. На суходольных лугах, на зарастающих дорогах и просеках, возле жилья, иногда – в светлых березовых лесах.

508. *Leontodon autumnalis* L. – Кульбаба осенняя. На суходольных лугах, на зарастающих дорогах, просеках. Часто.

509. *Petasites spurius* (Retz.) Reichenb. – Белокопытник ложный. На песках по берегу Камы. Редко.

510. *Picris hieracioides* L. – Горчак ястребинковый. На залежах, на опушках, суходольных лугах, на зарастающих просеках, вдоль дорог. Часто.

511. *Ptarmica cartilaginea* (Ledeb. ex Reichenb.) Ledeb. – Чихотник хрящеватый. В низовьях Кважвы, по окраинам осоковых болот. Редко.

512. *Senecio jacobaea* L. – Крестовник Якова. По лесным опушкам, пустошам, залежам. Обыкновенно.

513. *S. vulgaris* L. – К. обыкновенный. По сорным местам, в огородах, возле теплиц, Изредка.

514. *Solidago virgaurea* L. – Золотарник обыкновенный. В травяных, травяно-зеленомошных лесах. Часто.

515. *S. canadensis* L. – З. канадский. Заносный вид, натураливался из культуры, расселяется вдоль газотрассы.

516. *Sonchus arvensis* L. – Осот полевой. На огородах, у жилья, на просеках и обочинах дорог.

517. *Tanacetum vulgare* L. – Пижма обыкновенная. На залежах, на опушках, суходольных лугах, на зарастающих просеках, вдоль дорог. Часто.

518. *Taraxacum officinale* Wigg. s. l. – Одуванчик лекарственный. По дорогам, на опушках, на лугах, в посевах, возле жилья. Обыкновенно.

519. *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (*Matricaria perforata* Merat.) – Трехреберник непахучий. В посевах, на залежах, сорных местах, вырубках, лугах, у дорог и жилья.

520. *Trommsdorfia maculata* (L.) Bernh. (*Achyrophorus maculatus* (L.) Scop. – Тромсдорфия крапчатая. На суходольных лугах, опушках, полянах, в разреженных лесах с участием сосны. Изредка.

521. *Tussilago farfara* L. – Мать-и-мачеха обыкновенная. По обочинам дорог, на просеках к западу от поселка. Довольно часто.

Исключаемые виды

Из списка видов флоры обследованной территории исключены как переопределенные, предположительно исчезнувшие или сомнительные, указанные Н.Г. Елеусеновой: *Achillea ptarmica* L., *Agrimonia eupatoria* L., *Agrostis canina* L., *Alopecurus geniculatus* L., *Androsace septentrionalis* L., *Apera spica-venti* (L.) Beauv., *Arctium lappa* L., *Barbarea vulgaris* R. Br., *Brachypodium sylvaticum* (Huds.) Beauv., *Carduus crispus* L., *Centaurea cyanus* L., *Chamomilla recutita* (L.) Rausch., *Cirsium arvense* (L.) Scop., *Dactylorhiza latifolia* M. P. F., *Epilobium parviflorum* Schreb., *Eremogone longifolia* (Bieb.) Fenzl., *Euphrasia nemorosa* (Pers.) Wall., *Festuca ovina* L., *Gentiana lingulata* Pritchard., *Juncus inflexus* L., *Koeleria glauca* (Spreng.) DC., *Lamium purpureum* L., *Leonurus cardiaca* L., *Lonicera coeruleum* L., *Mentha aquatica* L., *Myosotis caespitosa* K. F. Schultz., *Myosotis micrantha* Pall. ex Lehm., *Oberna commutata* (Guss.) Ikonn., *Petasites hybridus* (L.) Gaertn., *Potamogeton filiformis* Pers., *Potamogeton crispus* L., *Potentilla chrysantha* Trev., *Ranunculus aquatilis* L., *Rhinanthus alectorolophus* Poll., *Ribes rubrum* L., *Rorippa sylvestris* (L.) Bess., *Rumex confertus* Willd., *Sambucus racemosa* L., *Scleranthus perennis* L., *Spiraea media* Frantz Schmidt, *Thalictrum simplex* L., *Valeriana officinalis* L., *Viola hirta* L.

Список ссылок

1. Елеусенова Н.Г. Конспект флоры сосудистых растений заказника Верх-Кважва // Сосудистые растения и грибы-макромицеты заказника Верх-Кважва (биостанции Пермского государственного педагогического института): научно-методические разработки по летней полевой ботанической практике / ред. И.А. Селиванов. Пермь: ПГПИ, 1988. С. 19–51.
2. Красная книга Пермского края / науч. ред. А.И. Шепель. Пермь: Книжный мир, 2008. 256 с.
3. Цвелев Н.Н. Злаки СССР. Л.: Наука, 1976. 778 с.
4. Цвелев Н.Н. Заметки о родах *Erigeron* L. s. l. и *Cirsium* Mill. (Asteraceae) в европейской части СССР // Новости сист. высш. раст. 1991. Т. 28. С. 147–152.
5. Цвелев Н.Н. Род *Erigeron* // Флора европейской части СССР. Т. 7. СПб: Наука, 1994. С. 196–203.

УДК 532.6

ВЛИЯНИЕ ПОВЕРХНОСТНОЙ АКТИВНОСТИ РЕАГЕНТОВ НА ХЕМОКОНВЕКТИВНУЮ УСТОЙЧИВОСТЬ НЕСЖИМАЕМОЙ ЖИДКОСТИ*

Е.В. Аитова, Д.А. Брацун

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

EFFECT OF SURFACE ACTIVITY OF REAGENTS ON THE STABILITY OF HEMOKONVEKTIVNUYU INCOMPRESSIBLE FLUID

E.V. Aitova, D.A. Bratsun

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

В данной работе исследуется влияние химической реакции первого порядка на конвективную устойчивость слоя жидкости, имеющего свободную поверхность. Рассматривается задачи о проникновении реагента А через поверхность в среду, с которой он вступает в реакцию, в результате которой выделяется продукт S. Предполагается, что оба участника реакции могут проявлять поверхностно активные свойства. Задача об устойчивости основного состояния, характеризуемого процессами реакции-диффузии, по отношению к монотонным возмущениям концентрационно – капиллярной природы, решена аналитически. Показано, как влияют на механическое равновесие жидкости основной реагент и продукт реакции, а также скорость прохождения реакции. Получены нейтральные кривые концентрационной неустойчивости Марангони.

Ключевые слова: поверхностная активность, конвективная устойчивость, свободная поверхность, реакция-диффузия, концентрационно-капиллярная конвекция, неустойчивость Марангони.

In this work we investigate the effect of first-order chemical reaction on the convective stability of a liquid layer having a free surface. We consider the problem of the penetration of the reagent A through the surface in an environment with which it reacts, resulting in the released product S. It is assumed that both participants in the reaction may exhibit surface active properties. The problem of the stability of the ground state, characterized by a reaction-diffusion processes, with respect to monotonic perturbations of concentration - capillary nature, is solved analytically. It is shown how to influence the mechanical equilibrium of liquid the main reagent and reaction product, as well as speed of response. Concentration curves obtained for the neutral Marangoni instability.

Key words: surface activity, convective stability, free surface, reaction-diffusion, the concentration capillary convection, Marangoni instability.

Связь между химическими реакциями и гидродинамическими неустойчивостями является достаточно новой областью исследований. Во многих случаях эти процессы могут взаимодействовать: например, химическая реакция за счет ряда механизмов может привести

© Аитова Е.А., Брацун Д.А., 2013

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и образования РФ (ГК № 1.3103.2011), Министерства образования Пермского края (грант С-26/244) и в рамках Проекта №031-Ф Программы стратегического развития ПГПУ

к генерированию гидродинамических течений, которые, в свою очередь, интенсифицируют протекание реакций.

В последние годы внимание немало числа исследователей приковано к изучению реакции нейтрализации кислоты основанием с выделением соли и форм её взаимодействия с гидродинамическими явлениями [1–7]. Этот интерес стимулируется сравнительной простотой реакции нейтрализации и многочисленными приложениями. Как оказалось, реакция нейтрализации приводит к появлению сложных хемоконвективных структур [1, 2, 4, 5, 8], возникновению экстремальной деформации межфазной поверхности [3], используется для внешнего управления структурообразованием в реакторе [6, 8], генерирования необычных шахматных структур из соляных пальцев [7, 8] и даже фрактальных пространственных паттернов в тонких слоях [9].

Данная работа посвящена изучению протекания химической реакции первого порядка $A \xrightarrow{K} S$, которая является упрощенной моделью реакции нейтрализации. С одной стороны, упрощение позволяет получить аналитическое решение задачи устойчивости, а с другой – сделанные допущения во многих ситуациях не являются критическим, и модель может быть использована для характеристики процессов, протекающих во время объёмной и поверхностной реакции нейтрализации.

Математическая формулировка задачи. Пусть жидкость заполняет полубесконечную область пространства $-\infty < z < 0$, которая ограничена сверху плоской недеформированной свободной границей (рис.1). Будем считать, что реагент с концентрацией A поступает в жидкость сверху через свободную границу и реагирует там без остатка, выделяя продукт S . Скорость реакции характеризуется коэффициентом K . Таким образом, в слое происходит реакция первого порядка:

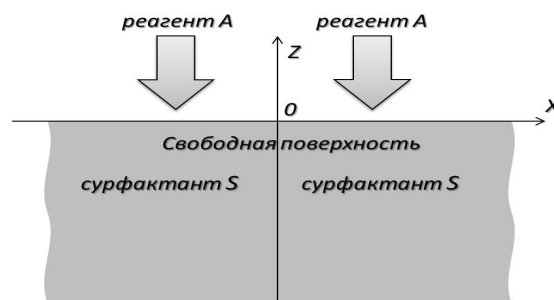


Рис. 1. Схематическое изображение системы

Необходимо отметить, что реакция (1) представляет собой упрощение реальной реакции нейтрализации, так как здесь мы пренебрегаем кинетикой основания, предполагая, что оно равномерно растворено в жидкости и не убывает в ходе реакции. Кроме того, как известно, реакция нейтрализации протекает со значительным выделением тепла, которым мы в рамках данной задачи также пренебрегаем [1, 3, 4]. Последнее допущение можно обосновать малостью характерного времени распространения тепла по сравнению с временем диффузии реагентов. Расчеты показывают, что термокапиллярные возмущения являются менее опасными [2, 8].

Тем не менее, кинетическое уравнение (1) довольно точно моделирует поведение кислоты в реакциях нейтрализации и позволяет точно смоделировать динамику соли. Кроме того, реакция первого порядка (1) дает возможность получить решение для невесомости в аналитическом виде. Рассматриваемая система является автономной, так как градиент кислоты на поверхности имеет постоянное значение.



Учитывая эти замечания, система уравнений в приближении Буссинеска имеет следующий вид:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + v \cdot \nabla v = -\frac{1}{\rho_0} \nabla p + v \Delta v, \tag{2}$$

$$\frac{\partial A}{\partial t} + v \cdot \nabla A = D_A \Delta A - KA, \tag{3}$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} + v \cdot \nabla S = D_S \Delta S + KA, \tag{4}$$

где v – вектор скорости, p – давление, ρ_0 – плотность раствора, D_S – коэффициент диффузии соли, D_A – коэффициент диффузии кислоты. В уравнении (2) слагаемое, отвечающее за объемную силу, было опущено, так как предполагается, что система находится в невесомости. Граничные условия на поверхности $z=0$ имеют вид:

$$v_z = 0, \tag{5}$$

$$\eta \frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} = \sigma_A \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + \sigma_S \frac{\partial^2 S}{\partial x^2}, \tag{6}$$

$$D_A \frac{\partial A}{\partial z} + \gamma_A (A - A_0) = 0, \tag{7}$$

$$D_S \frac{\partial S}{\partial z} + \gamma_S (S - S_0) = 0, \tag{8}$$

где σ_A , σ_S – концентрационный коэффициенты поверхностного натяжения реагентов, γ_A – коэффициент проникновения кислоты через поверхность, γ_S – коэффициент испарения соли с поверхности; A_0 и S_0 – равновесные концентрации над свободной поверхностью. Как видно из условия (6), предполагается, что как кислота, так и соль могут оказывать влияние на поверхностное натяжение.

Граничные условия далеко от поверхности $z = -\infty$ имеют вид:

$$v=0 \tag{9}$$

$$\frac{\partial A}{\partial z} = 0, \tag{10}$$

$$\frac{\partial S}{\partial z} = 0, \tag{11}$$

Так как в задаче нет явного масштаба длины, то его можно скомбинировать из физических констант, характеризующих процесс. Положим, например, $h = \frac{D_A}{\gamma_A}$.

Это означает, что концентрационное число Био для проникающего реагента имеет фиксированное значение или, по-другому, на свободной поверхности задан постоянный поток кислоты. Учитывая это замечание, введем следующие единицы измерения: длина –

$\frac{D_A}{\gamma_A}$, время – $\frac{D_A^2}{\nu \gamma_A^2}$, скорость – γ_A , давление – $\frac{\rho_0 \nu \gamma_A^2}{D_A}$, концентрация – A_0 . В безразмерном виде уравнения (2–4) принимают вид:

$$\frac{\partial v}{\partial t} + \frac{1}{Sc} v \cdot \nabla v = -\nabla p + \Delta v, \quad (12)$$

$$Sc \frac{\partial A}{\partial t} + v \cdot \nabla A = \Delta A - \alpha^2 A, \quad (13)$$

$$Sc \frac{\partial S}{\partial t} + v \cdot \nabla S = D_s \Delta S + \alpha^2 A. \quad (14)$$

Граничные условия (6–8) записываются как

$$\frac{\partial^2 v_z}{\partial z^2} = M_A \frac{\partial^2 A}{\partial x^2} + M_S \frac{\partial^2 S}{\partial x^2}, \quad (15)$$

$$\frac{\partial A}{\partial z} + A - 1 = 0, \quad (16)$$

$$\frac{\partial S}{\partial z} + B_S \left(S - \frac{S_0}{A_0} \right) = 0, \quad (17)$$

где введены следующие обозначения для безразмерных параметров: $Sc = \frac{v}{D_A}$ – число

Шмидта; $B_S = \frac{\gamma_S D_A}{\gamma_A D_S}$ – концентрационное число Био для соли; $M_A = \frac{\sigma_A A_0}{\eta \gamma_A}$ и $M_S = \frac{\sigma_S A_0}{\eta \gamma_A}$ –

концентрационные числа Марангони для кислоты и соли соответственно; $\alpha = \frac{D_A^{\frac{1}{2}} K^{\frac{1}{2}}}{\gamma_A}$ –

число Дамкёхлера. Остальные граничные условия (5,9–11) записываются без изменений.

Числа Шмидта Sc есть отношение характерного диффузионного времени к характерному гидродинамическому. Обычно этот параметр принимает большие значения, что означает быстрое затухание гидродинамических возмущений по сравнению с процессами диффузии реагентов.

Параметры Марангони имеют смысл отношения термокапиллярной силы к вязкой силе и отвечают за поверхностные явления. Как правило, поверхностное натяжение убывает с концентрацией поверхностно-активного вещества. Число Дамкёхлера определяет безразмерную скорость протекания реакции.

Основное состояние. Так как мы предположили наличие постоянного потока кислоты через свободную поверхность (16), уравнения (12–14) с граничными условиями (5, 9–11, 15–17) допускают стационарное решение, которое соответствует процессам реакции-диффузии при одновременном механическом равновесии жидкости. Предполагая

$\frac{\partial}{\partial t} = 0$, $\frac{\partial}{\partial x} = 0$, $v = 0$, получим:

$$\frac{\partial^2 A^0}{\partial z^2} - \alpha^2 A^0 = 0, \quad (18)$$

$$D_s \frac{\partial^2 S^0}{\partial z^2} + \alpha^2 A^0 = 0, \quad (19)$$

Решая уравнения (18–19) с граничными условиями (10–11) и (16–17) получаем:

$$A^0(z) = \frac{1}{\alpha + 1} e^{\alpha z}, \quad (20)$$

$$S^0(z) = \frac{1}{D_s(\alpha + 1)}(1 - e^{\alpha z}), \quad (21)$$

Задача устойчивости. Рассмотрим задачу о малых возмущениях основного состояния (20, 21). Вводя нормальные возмущения u , a , s для скорости и концентраций реагентов, получаем следующую систему уравнений для малых монотонных возмущений:

$$\frac{d^4 U}{dz^4} - 2k^2 \frac{d^2 U}{dz^2} + k^4 U = 0, \quad (22)$$

$$\frac{d^2 a}{dz^2} - (k^2 + \alpha^2) a = U \frac{dA^0}{dz}, \quad (23)$$

$$\frac{d^2 s}{dz^2} - k^2 s = \frac{1}{D_s} U \frac{dS^0}{dz} - \frac{\alpha^2}{D_s} a. \quad (24)$$

К уравнениям (22-24) необходимо добавить граничные условия на свободной поверхности:

$$U = 0, \quad (25)$$

$$\frac{d^2 U}{dz^2} + k^2 M_A a + k^2 M_S s = 0, \quad (26)$$

$$\frac{da}{dz} + a = 0, \quad (27)$$

$$\frac{ds}{dz} + B_S s = 0, \quad (28)$$

и вдали от поверхности:

$$U = 0, \quad (29)$$

$$\frac{dU}{dz} = 0, \quad (30)$$

$$\frac{da}{dz} = 0, \quad (31)$$

$$\frac{ds}{dz} = 0. \quad (32)$$

Здесь: k – волновое число по оси x , U – вертикальная компонента возмущения скорости.

Задача (20–32) может быть решена аналитически по аналогии с тем, как это сделал Пирсон [10] в задаче о плоском слое, подогреваемом снизу. Так как уравнение для возмущения скорости (22) не зависит от остальных переменных, то его решение с учетом (25, 29–30) найти проще всего:

$$U(z) = \xi z e^{kz}, \quad (33)$$

где ξ – неизвестная амплитуда, которая определяется из условия разрешимости всей системы. После нахождения скорости удобно решить уравнение для возмущения концентрации кислоты (23) совместно с граничными условиями (27, 31):

$$a(z) = \xi \frac{((\alpha + k)(\alpha + 1) + k^2)}{2\alpha k^2 (\alpha + 1)(\varphi + 1)} e^{\varphi z} + \xi \left(\frac{1}{2k(\alpha + 1)} z - \frac{\alpha + k}{2\alpha k^2 (\alpha + 1)} \right) e^{(\alpha + k)z}, \quad (34)$$

где $\varphi = \sqrt{k^2 + \alpha^2}$. В последнюю очередь решается уравнение для возмущения концентрации соли (24):

$$s(z) = \eta e^{kz} - \xi \frac{((\alpha + k)(\alpha + 1) + k^2)}{2D_S \alpha k^2 (\alpha + 1)(\varphi + 1)} e^{\varphi z} + \xi \frac{(k + \alpha)(D_S \alpha^2 + 4k\alpha D_S + 4k^2)}{2k^2 D_S^2 \alpha (2k + \alpha)^2 (\alpha + 1)} e^{(\alpha+k)z} - \xi z \frac{(\alpha D_S + 2k)}{2k D_S^2 (2k + \alpha)(\alpha + 1)} e^{(\alpha+k)z}. \quad (35)$$

Здесь η – еще одна неизвестная амплитуда, которая должна быть определена из условия разрешимости.

Сравнивая формулы (34) и (35), можно заметить любопытный факт: значительная часть возмущения концентрации кислоты (первое слагаемое в (34)) вычитается из возмущения концентрации соли (второе слагаемое в (35)). Таким образом, чем больше возмущение входящего реагента, тем меньше возмущение продукта реакции и наоборот. Это значит, что возмущения будут взаимно подавлять друг друга.

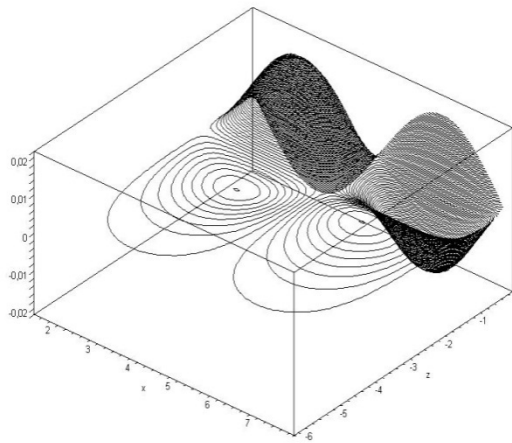


Рис.2. Характерный вид возмущения концентрации кислоты, построенный по формуле (34);
 $k = 1, \xi = 1, \alpha = 1$

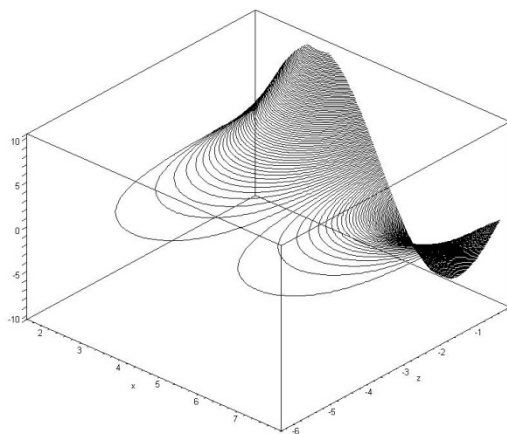


Рис.3. Характерный вид возмущения концентрации соли, построенный по формуле (35);
 $k = 1, \xi = 1, \eta = -1, \alpha = 1, D_S = 1$

На рис. 2 и 3 представлены характерные виды возмущений кислоты и соли, построенные по формулам (34) и (35) соответственно. Отметим, что на рис.3 было взято

значение параметра $\eta = -1$, так как удовлетворение условия разрешимости приводит к выводу о том, что ξ и η принимают значения в противофазе.

Условие разрешимости системы получается, если подставить полученные решения (33–35) в оставшиеся неиспользованными граничные условия (26) и (28):

$$M_S = \frac{D_S^2(k + B_S)(\Phi_1 + M_A \Phi_2)}{\alpha^2(\varphi + 1)\Phi_3 + D_S(k - \varphi)\Phi_4}, \quad (36)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_1 &= 4\alpha k(\alpha + 1)(\varphi + 1), \\ \Phi_2 &= (\alpha + k)(\alpha - \varphi) + k^2, \\ \Phi_3 &= \frac{D_S \alpha^2 + 4k\alpha D_S + 2D_S k^2 + 2k^2}{(2k + \alpha)^2}, \\ \Phi_4 &= (\alpha + k)(\alpha + 1) + k^2. \end{aligned} \quad (37)$$

На рис. 4 для разных значений скорости реакции представлены нейтральные кривые для концентрационной конвекции Марангони в случае, когда единственным поверхностно-активным веществом является соль: $M_A = 0$. Как видно из рисунка, при уменьшении скорости реакции длина волны возмущения растёт. Кроме того, скоростные реакции оказываются менее опасными, так как нейтральные кривые для них лежат значительно выше (график приведен в логарифмическом масштабе).

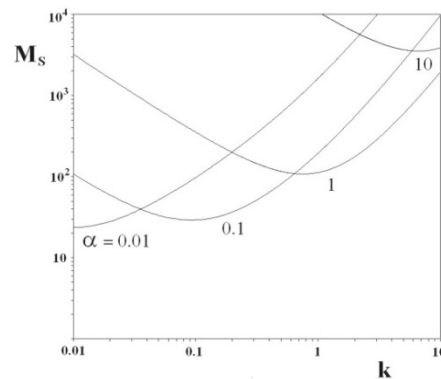


Рис. 4. Нейтральные кривые концентрационно-капиллярной конвекции для разных значений числа Дамкёхлера; $D_S = 1$, $B_S = 1$, $M_A = 0$

Что касается концентрационно-капиллярных возмущений, генерируемых кислотой, то они все затухают. Это легко показать, допустив $M_S = 0$ в формуле (36):

$$M_A = -\frac{4\alpha k(\alpha + 1)(\varphi + 1)}{(\alpha + k)(\alpha - \varphi) + k^2}. \quad (38)$$

Выражение (38) отрицательно при любом сочетании параметров. Учитывая, что как кислота, так и соль в рассматриваемой системе уменьшают поверхностное натяжение (см., например, экспериментальную работу [1]), числа Марангони могут принимать только положительное значение. Таким образом, просачивающаяся через свободную поверхность и тут же реагирующая кислота не способна раскочевать неустойчивость в одиночку.

Тем не менее она оказывает существенное влияние на устойчивость системы по отношению к возмущениям концентрации соли. Достаточно сравнить вид возмущений реагентов (рис. 2 и 3) и формулы для возмущений (34) и (35), чтобы заметить, что кислота

действует в противофазе с солью. Таким образом, увеличение числа Марангони M_A автоматически ведет к стабилизации системы по отношению к действию соли. Нейтральные кривые конвекции представлены на рис. 5. Любопытно, что при стабилизации система теряет четкий минимум нейтральной кривой, что означает одновременное возбуждение возмущений из широкого диапазона длин волн.

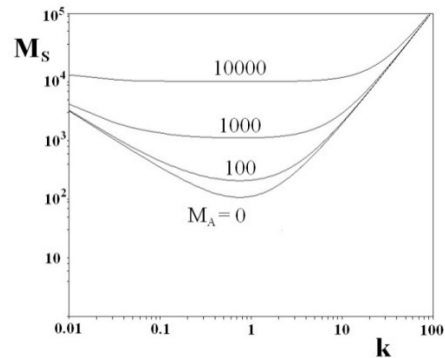


Рис. 5. Нейтральные кривые концентрационно-капиллярной конвекции, генерируемой солью для разных значений числа Марангони кислоты; $D_S = 1$, $B_S = 1$, $\alpha = 1$

Выводы. В работе предложена модель полубесконечного пространства, заполненного несжимаемой жидкостью и ограниченного сверху свободной поверхностью. Рассмотрена задача о конвективной устойчивости этой системы в случае, когда в жидкость просачивается реагент, вступающий в реакцию первого порядка. Эта модель обладает несомненными достоинствами, такими как геометрическая простота, стационарность условий протекания процесса, линейность реакции. Рассмотрение модели позволило выяснить некоторые общие закономерности взаимного влияния кинетических хемопроцессов и конвективного массопереноса, которые происходят при реакции нейтрализации.

Список ссылок

- Eckert K., Acker M., Shi Y. Chemical pattern formation driven by a neutralization reaction. Part I: Mechanism and basic features // *Phys. Fluids*. 2004. Vol. 16. P. 385–399.
- Bratsun D.A., De Wit A. On Marangoni convective patterns driven by an exothermic chemical reaction in two-layer systems. // *Phys. of Fluids*. Vol.16. 2004. P. 1082–1096.
- Shi Y., Eckert K. Orientation-dependent Hydrodynamic Instabilities from Chemo-Marangoni Cells to Large Scale Interfacial Deformations // *Chinese J. of Chem. Eng.* 2007. Vol.15. P. 748–753.
- Shi Y., Eckert K. Acceleration of reaction fronts by hydrodynamic instabilities in immiscible systems // *Chem. Eng. Sci.* 2006. Vol. 61, №.17. P. 5523–5533.
- Rongy L., Trevelyan P. M. J., De Wit A. Dynamics of $A+B \rightarrow C$ reaction fronts in the presence of buoyancy-driven convection // *Phys. Rev. Lett.*, 2008. Vol. 101, № 8. P. 084503–084507.
- Брацун Д.А., Де Вит А. Об управлении хемоконвективными структурами в плоском реакторе // *ЖТФ*. 2008. Т.78. Вып.2. С. 6–13.
- Bratsun D.A. and De Wit A. Buoyancy-driven pattern formation in reactive immiscible two-layer systems // *Chem. Eng. Sci.* 2011. Vol. 66, №.22. P.5723–5734.
- Брацун Д.А. Хемоконвективное структурообразование в реагирующих жидкостях // *LAM Lambert Academic Publishing*. 2012. С. 145.

Experimental reaction-driven liquid film fingering instability / L.A. Riolfo, J. Carballido-Ladeira, C.O. Bounds, J.A. Pojman, S. Kalliadasis, A. De Wit // Chem. Phys. Lett. 2012. Vol. 534. P.13–18.

Pearson J.R.A. On convection cells induced by surface tension // J. Fluid Mech. 1958. Vol. 4. P. 489–500.

УДК 532

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ДИФФУЗИИ ПАРОВ ОСЦИЛЛИРУЮЩЕЙ В КАПИЛЛЯРЕ ЖИДКОСТИ

В.В. Дьякова, Д.А. Полежаев

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет

THE EXPERIMENTAL STUDY OF VAPOR DIFFUSION OF OSCILLATING LIQUID IN A CAPILLARY TUBE

V.V. Dyakova, D.A. Polezhaev

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Экспериментально изучается диффузия паров жидкости (изопропилового спирта) в капилляре в отсутствие и при наличии ее колебаний. В экспериментах исследуется испарение изопропилового спирта в капиллярах различного диаметра в зависимости от амплитуды и частоты колебаний жидкости. Обнаружено, что интенсивность диффузии спирта в потоке осциллирующего воздуха значительно превосходит темп диффузии в неподвижном газе. Показано, что эффект возрастает при увеличении числа Пекле. Показано, что интенсификация диффузии обусловлена возникновением дисперсии Тейлора [1]. Результаты хорошо согласуются с известными теоретическими и экспериментальными данными.

Ключевые слова: жидкость, диффузия, капилляр, колебания.

The vapor diffusion of liquid in a capillary tube in the absence and presence of liquid oscillations is experimentally studied. It is found that evaporation rate enhances under liquid oscillation; the effect is proportional to Peclet number. The analysis demonstrates that the effect is determined by Taylor dispersion. The diffusion rate is studied in dependence on a capillary tube diameter, frequency and amplitude of liquid oscillations.

Key words: fluid, diffusion, capillary tubes, oscillations.

Экспериментальная установка. Рабочая жидкость заполняет шприц 1 (рис. 1), к игле которого крепится длинный стеклянный капилляр 2. Шприц устанавливается внутри металлической кюветы 3, предназначенной для термостатирования жидкости (принцип работы описан в [1]). В экспериментах используются шприцы, имеющие резиновую прокладку (трехкомпонентные шприцы). Упругая и плотно прилегающая к стенке шприца прокладка используется в качестве мембраны 4 для создания колебаний жидкости. Мембрана приводится в движение штоком 5, прочно установленным в центре акустического динамика 6.

Управление акустическим динамиком осуществляется посредством цифрового генератора ПГСФ-052 и усилителя DIGISYNTHETIC DP3200. Электрический сигнал от генератора транслируется в усилитель, а затем в акустический динамик; уровень

сигнала можно варьировать как генератором, так и усилителем. Частота и амплитуда колебаний жидкости в капилляре изменяются в диапазонах $f = 0\text{--}20$ Гц и $b = 0\text{--}7$ мм соответственно.

Об интенсивности диффузии паров жидкости вдоль оси капилляра можно судить по изменению положения границы раздела «жидкость – газ» в капилляре. Эксперименты показывают, что скорость смещения мениска вглубь капилляра зависит от интенсивности колебаний жидкости и ее температуры.

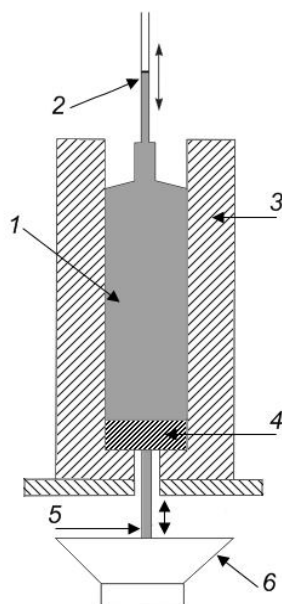


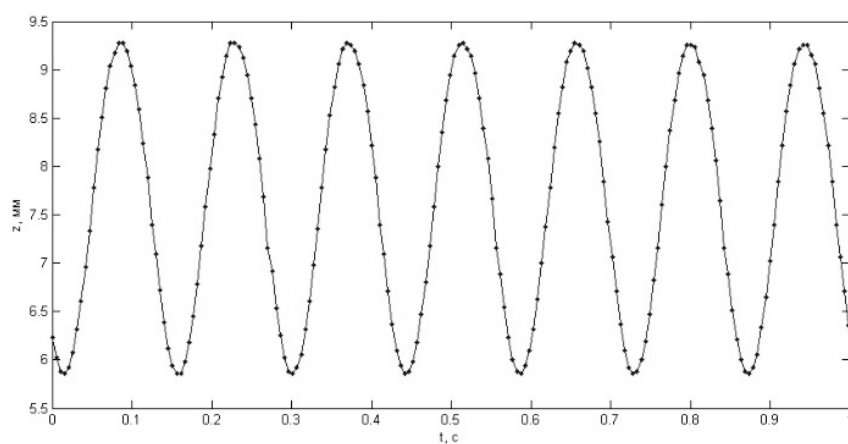
Рис. 1. Схема экспериментальной установки: 1 – шприц, 2 – капилляр, 3 – металлическая кювета, 4 – мембрана, 5 – подвижный шток, 6 – акустический динамик

Для изучения траектории колебательного движения мениска в капилляре используется высокоскоростная видеокамера высокого разрешения Basler A402k с объективом типа HELIOS-44M-4. В зависимости от условий эксперимента частота съемки составляет 140 – 200 кадров в секунду при разрешении 800×400 точек на кадр, что позволяет получить 5 – 40 изображений мениска в течение одного периода колебаний. Для определения координаты мениска видеоряд обрабатывается с помощью прикладных программ, методика обработки описана в [1].

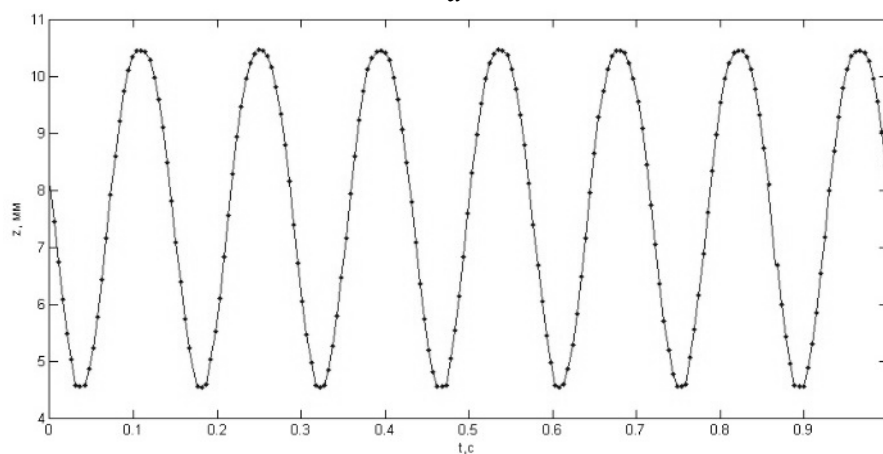
Для исключения влияния осцилляций температуры на динамику испарения жидкости используется регулятор «Термодат 13К2», который позволяет контролировать температуру с точностью до $0,1^\circ\text{C}$ [1].

Типичные результаты измерения координаты положения мениска приведены на рис. 2. При малых и умеренных амплитудах мениск совершает гармонические колебания (рис. 2, а и б). Отклонение от гармонического закона наблюдаются в диапазоне $b > 3$ мм (рис. 2, в); результаты подобных экспериментов в работе не учитываются.

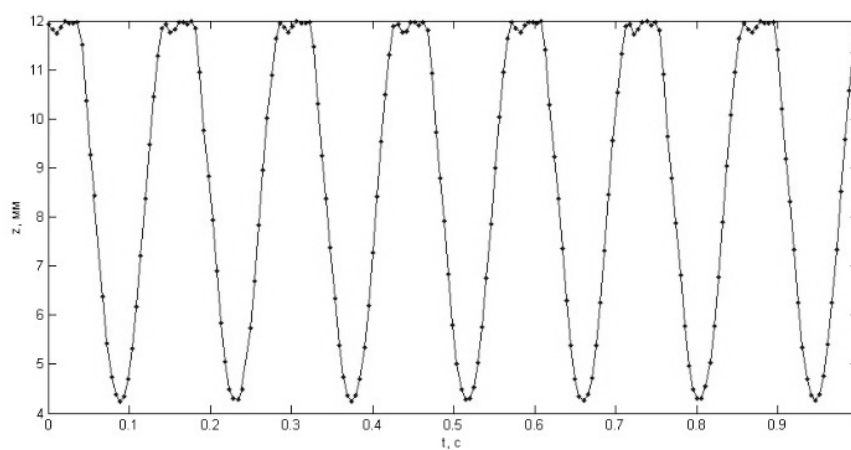
Методика проведения эксперимента. Заполненный рабочей жидкостью шприц помещается в кювету. С помощью регулятора устанавливается температура жидкости (как правило, на $1\text{--}2^\circ\text{C}$ выше, чем комнатная температура). Эксперимент начинается, когда температура жидкости достигает температуры уставки и мениск находится вблизи края капилляра.



a



б



в

Рис. 2. Траектория движения границы раздела «жидкость – газ»; $d = 1,6$ мм, $f = 7$ Гц, $b = 1,7; 3,0$ и $3,8$ мм (*a – в*)

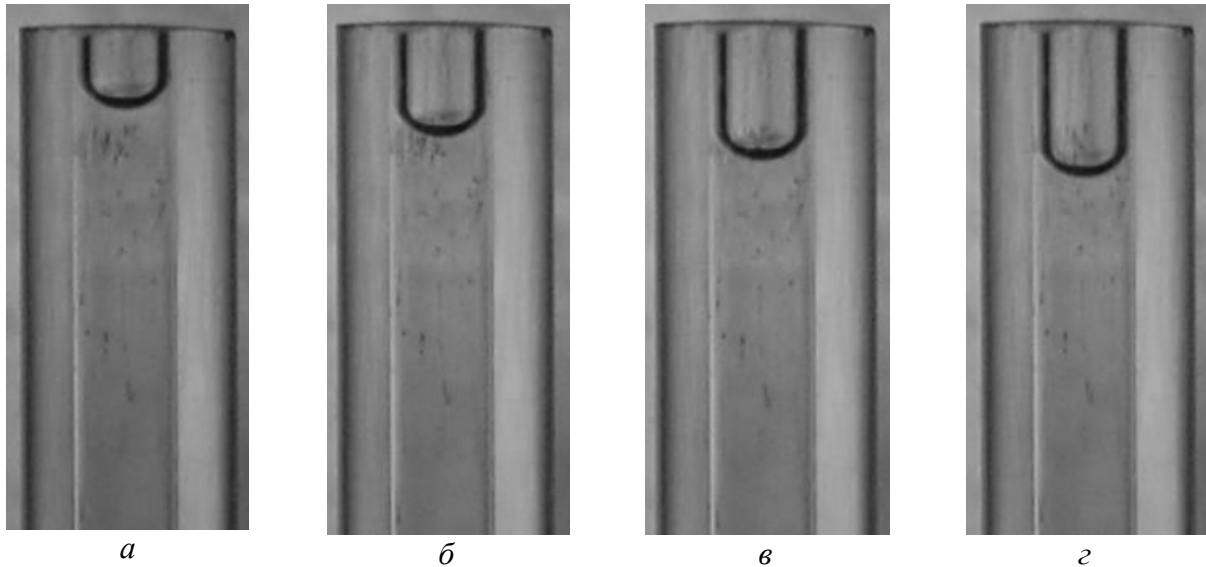


Рис. 3. Фотографии границы раздела изопропиловый спирт – воздух в отсутствие вибраций в капилляре $d = 1,6$ мм, время между последовательными кадрами составляет 1500 с ($a - г$)

Фотокамера Nikon D40 регистрирует положение границы раздела «жидкость – газ», освещаемой светодиодной лампой. Управление фотокамерой осуществляется с помощью программы DcamCapture, которая позволяет делать произвольное количество фотографий через установленный интервал времени.

Как правило, эксперимент длится 3 – 4 часа, что позволяет получить 500 – 1000 фотографий. Примеры фотографий границы раздела «изопропиловый спирт – воздух» приведены на рис. 3. Каждое изображение обрабатывается и вычисляется координата мениска относительно вершины капилляра. По результатам строится график зависимости координаты мениска z от корня квадратного из времени $t^{1/2}$ (рис. 4). Для оценки качества полученных результатов проводится сравнение экспериментальных данных с теорией. Закон диффузии Фика позволяет получить выражение для зависимости $z = z(t)$ [1]:

$$z = \sqrt{2D \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}} t}, \quad (1)$$

где параметр

$$A \equiv \sqrt{2D \frac{\rho}{\rho_{\text{ж}}}} \quad (2)$$

определяет темп испарения жидкости из капилляра и численно равен тангенсу угла наклона прямой на плоскости $t^{1/2}, z$ (рис. 4); D – коэффициент диффузии паров жидкости в воздухе, ρ – плотность насыщенных паров жидкости, $\rho_{\text{ж}}$ – плотность жидкости. Для экспериментального определения коэффициента диффузии D паров жидкости в воздухе достаточно вычислить наклон прямой на плоскости $t^{1/2}, z$. Эксперименты показывают, что при наличии вибраций диффузия паров из капилляра также подчиняется закону (1). В таком случае эффективный коэффициент диффузии D^* зависит от частоты и амплитуды вибраций и для его вычисления можно воспользоваться выражением

$$D^* = A^{*2} \frac{\rho_{\text{ж}}}{2\rho}. \quad (3)$$

Параметр A^* численно равен тангенсу угла наклона графика зависимости $z = z(t)$ при наличии вибраций и вычисляется экспериментально.

Результаты эксперимента. Рассмотрим динамику границы раздела «изопропиловый спирт – воздух» при наличии вибраций (рис. 5). В эксперименте фотокамера и генератор сигналов не синхронизированы друг с другом, поэтому фаза колебаний мениска во время фотосъемки варьируется. Как следствие, на графике зависимости положения мениска от времени можно видеть «облако» точек с резкими границами – крайними нижним и верхним положениями мениска во время колебаний.

Сравнение результатов в отсутствие и при наличии осцилляций (рис. 4 и 5) показывает, что интенсивность диффузии при наличии колебаний жидкости значительно возрастает. Примечательно, что в обоих случаях координата изменяется согласно закону $z = A\sqrt{t}$, различие заключается только в величине коэффициента A .

Интенсивность диффузии характеризуется коэффициентом диффузии D , поэтому для оценки вклада колебаний жидкости в темп диффузии удобно использовать параметр

$$k \equiv \frac{D^*}{D} = \left(\frac{A^*}{A} \right)^2. \quad (4)$$

На рис. 6 приведены результаты измерений интенсивности диффузии изопропилового спирта в воздухе в капиллярах различного диаметра. Сравнение значений коэффициента k , полученных при одинаковой частоте f и амплитуде колебаний b , показывает, что увеличение диаметра капилляра положительным образом сказывается на интенсивности диффузии. С увеличением частоты колебаний скорость диффузии также возрастает (рис. 7). Независимо от диаметра капилляра и частоты вибраций в приближении $b \rightarrow 0$ результаты экспериментов стремятся к значению $k = 1$.

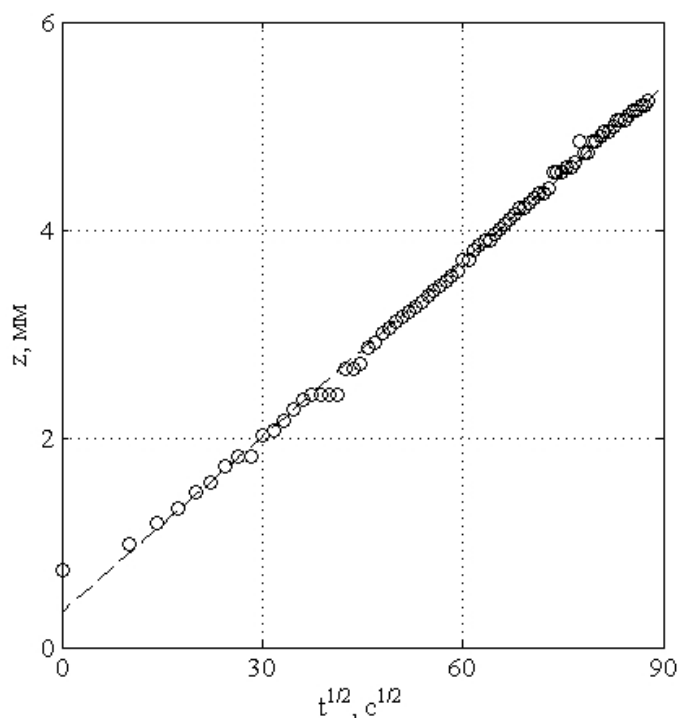


Рис. 4. Эволюция положения границы раздела «изопропиловый спирт – воздух» ($d = 1,6$ мм, $t = 22,5^\circ\text{C}$)

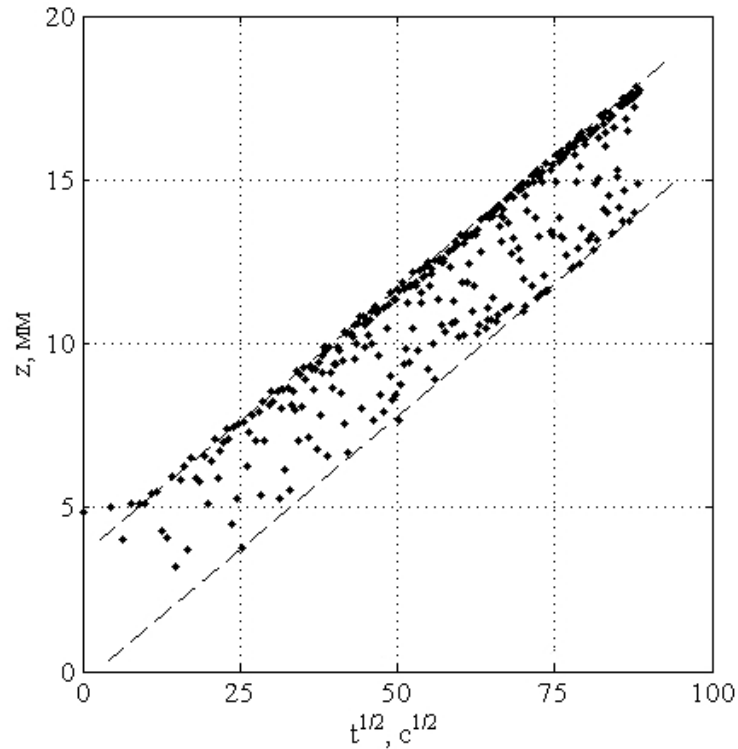


Рис. 5. Эволюция положения границы раздела «изопропиловый спирт – воздух»; диаметр капилляра $d = 1,6$ мм, частота вибраций $f = 20$ Гц, амплитуда вибраций $b = 1,90$ мм, температура $t = 20,0^\circ\text{C}$

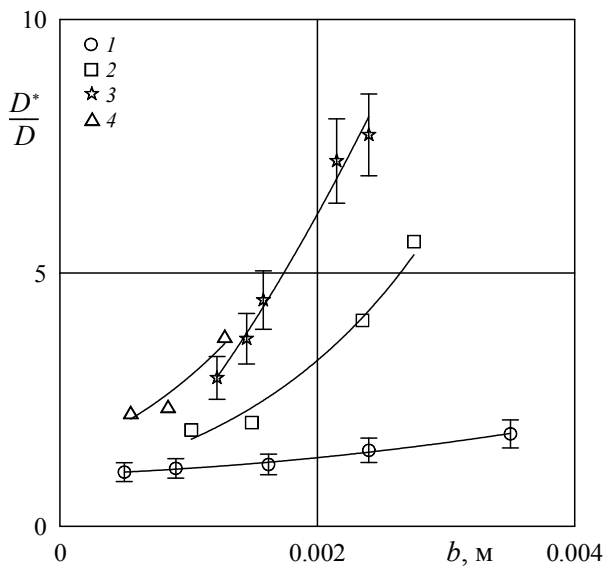


Рис. 6. Зависимость относительного коэффициента диффузии от амплитуды колебаний жидкости при $f = 10$ Гц в капиллярах диаметром $d = 0,7; 1,0; 1,6$ и $2,05$ мм (1 – 4)

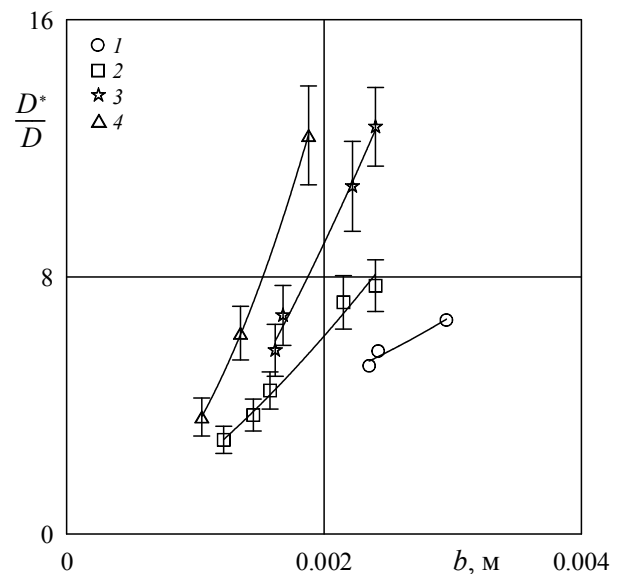


Рис. 7. Зависимость относительного коэффициента диффузии от амплитуды колебаний жидкости в капилляре диаметром $d = 1,6$ мм при частоте $f = 7; 10; 15$ и 20 Гц (1 – 4)

Анализ результатов. Рассмотрим диффузию паров покоящейся жидкости в воздухе внутри капилляра. Процесс диффузии подчиняется закону Фика, который в приложении к исследуемой задаче принимает вид

$$\rho_{\infty} \frac{dz}{dt} = D \frac{d\rho_0}{dz}. \quad (5)$$

Плотность паров спирта ρ_0 вблизи границы раздела «спирт – воздух» можно считать равной плотности насыщенных паров ρ , у края капилляра – нулю. Решением (5) является уравнение (1), полученное в приближении, что плотность паров спирта ρ_0 линейно изменяется с координатой z .

Этот результат подтверждается многочисленными экспериментами по изучению испарения покоящейся жидкости из капилляра (например, рис. 4 и [1, 2]). Следовательно, при наличии колебаний жидкости концентрация паров спирта вдоль оси капилляра также изменяется по линейному закону. Повышение интенсивности диффузии можно интерпретировать как следствие сужения области изменения концентрации паров вдоль оси капилляра от ее максимального значения до нуля.

Остановимся подробнее на изучении динамики паров спирта в капилляре с колеблющейся жидкостью. Для эффективного испарения жидкости требуется быстро доставить пары спирта к открытому концу капилляра. Пары спирта увлекаются осциллирующим в канале воздухом, скорость которого существенно зависит от радиальной координаты: вблизи оси капилляра скорость воздуха максимальная, у периферии – минимальная. Как следствие, в центральной части канала спирт увлекается быстро движущимся воздухом, а вблизи стенок остается малоподвижным, так что возникает дисперсия спирта вдоль оси канала. Одновременно создается радиальный градиент концентрации спирта и появляются диффузионные потоки, стремящиеся выровнять концентрацию спирта в поперечном сечении канала. Таким образом, осевое конвективное движение способствует быстрой доставке паров спирта к открытому концу канала, а радиальная диффузия вовлекает в этот процесс весь объем паров жидкости. Описанный механизм перемещения включений в вязком потоке жидкости или газа получил название дисперсии Тейлора [3].

В экспериментах [4] показано, что перенос вещества в осциллирующем потоке жидкости подчиняется условию

$$\frac{D^*}{D} = 1 + f(\alpha, \sigma) Pe^2, \quad (6)$$

здесь $\alpha = \frac{d}{2\sqrt{\nu/\omega}} = \sqrt{2} \frac{r}{\delta}$ – число Уомерсли, $\sigma = \frac{\nu}{D}$ – число Шмидта, $Pe = \frac{ud}{D}$ – число

Пекле, d (r) – диаметр (радиус) капилляра, ν – коэффициент кинематической вязкости, ω – циклическая частота колебаний жидкости, δ – толщина вязкого пограничного слоя Стокса, u – скорость движения жидкости. Число Уомерсли характеризует отношение поперечного размера канала к толщине вязкого пограничного слоя, возникающего вблизи стенки капилляра при движении воздуха. В зависимости от величины этого параметра колебательное движение является невязким ($\alpha \gg 1$) или вязким ($\alpha \ll 1$). Сравнить между собой можно результаты, полученные при близких значениях α . В настоящей работе α изменяется в пределах 0,5 – 2,0. В [4] для предельного случая $\alpha \ll 1$ экспериментально получено значение функции $f(\alpha, \sigma) = \sigma/192$, в области $\alpha > 1$ функция убывает по закону $f \sim \alpha^{-2}$, что хорошо согласуется с теоретическими предсказаниями [5]. Уменьшение эффективности дисперсии Тейлора при повышении α связано с тем, что движение воздуха перестает быть чисто вязким: толщина вязкого слоя Стокса меньше радиуса капилляра, и движение воздуха в центре канала невязкое.

Число Шмидта характеризует относительный вклад молекулярных процессов переноса импульса и переноса вещества диффузией. В настоящем эксперименте температура варьировалась в диапазоне 22 – 25°C; поскольку коэффициенты диффузии и кинематической вязкости одинаковым

образом изменяются с температурой, то при расчетах число Шмидта принимается неизменным и равным $\sigma = 1,56 \pm 0,02$.

В качестве характерной скорости движения используется значение $u = b\omega$, здесь b и ω – амплитуда и циклическая частота колебаний жидкости в капилляре. В итоге уравнение (6) можно представить в виде

$$\frac{D^*}{D} = 1 + \frac{\sigma}{192} \frac{b^2 \omega^2 d^2}{D^2}. \quad (7)$$

Результаты измерения эффективного коэффициента диффузии в капиллярах разного диаметра хорошо согласуются между собой в изученном диапазоне чисел Пекле, однако отличаются от теоретических предсказаний [5] (рис. 8).

Возможное объяснение расхождения между полученными результатами и теорией заключается в том, что теория [5] построена в приближении $\alpha < 1$, тогда как в работе число Уомерсли $\alpha \approx 1$.

Важным результатом проведенных исследований является обнаруженный эффект десятикратного увеличения коэффициента диффузии при относительно незначительном вибрационном воздействии. Особый интерес представляет предельный случай $Pe \gg 1$, когда эффективный коэффициент диффузии неограниченно увеличивается, что является привлекательным результатом с точки зрения применения в технологических процессах.

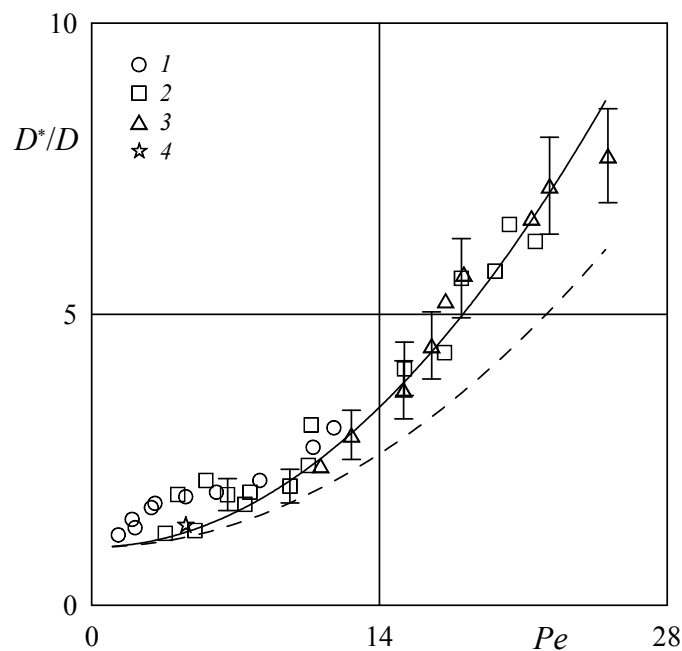


Рис. 8. Зависимость безразмерного коэффициента диффузии от числа Пекле; точки 1 - 4 соответствуют $d = 0,7; 1,0; 1,6$ и $2,05$ мм, пунктирная линия соответствует теоретическим предсказаниям (7)

Выводы. Экспериментально изучена диффузия паров осциллирующей в капилляре жидкости в зависимости от диаметра капилляра и параметров вибраций. Обнаружено, что коэффициент диффузии паров жидкости при ее колебаниях D^* превышает коэффициент диффузии паров покоящейся жидкости D : в экспериментах удалось достичь $\frac{D^*}{D} \approx 10$. Показано, что интенсификация диффузии обусловлена дисперсией Тейлора: результаты качественно согласуются с экспериментальными данными [4] и предсказаниями теории [5].

Список ссылок

1. Дерендяева О.М., Полежаев Д.А. Изучение испарения осциллирующей в капилляре жидкости // Конвективные течения. Пермь, 2011. Вып. 5. С. 183–194.
2. Coquard T., Camassel B., Prat M. Evaporation capillary in tubes of square cross section // Proc. Summer ASME Heat Transfer. 2005. Vol. 2. P. 127–134.
3. Taylor I. Dispersion of soluble matter in solvent flowing slowly through a tube // Proc. R. Soc. Lond. A219. 1953. P. 186–203.
4. Joshi C. et al. An experimental study of gas exchange in laminar oscillatory flow // J. Fluid Mech. 1989. Vol. 133. P. 245–254.
5. Watson J. Diffusion in oscillatory pipe flow // J. Fluid Mech. 1983. Vol. 133. P. 233–244.

УДК 547.725

НОВЫЙ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ ЭФИРОВ 1-КАРБАМОИЛ-5-*трет*-БУТИЛ-5-ГИДРОКСИПИРАЗОЛИН-3-КАРБОНОВОЙ КИСЛОТЫ

А.Н. Виноградов, В.О. Козьминых

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

THE NEW METHOD OF SYNTHESIS OF 5-*TERT*-BUTYL-1-CARBAMOYL-5-HYDROXYPYRAZOLIN-3-CARBOXYLATES

A.N. Vinigradov, V.O. Kozminykh

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Трёхкомпонентная двухстадийная реакция пинаколина с диалкилоксалатами и гидрохлоридом семикарбазида протекает с образованием эфиров 5-*трет*-бутил-5-гидрокси-1-карбамоилпиразолин-3-карбоновой кислоты, в растворах которых присутствует нециклическая таутомерная форма – эфиры 5,5-диметил-2-карбамоилгидразоно-4-оксогексановой кислоты.

Ключевые слова: эфиры 5-*трет*-бутил-5-гидрокси-1-карбамоилпиразолин-3-карбоновой кислоты, трёхкомпонентная реакция пинаколина, диалкилоксалатов и семикарбазида.

The three-component two-step reaction of pinacolone and dialkyl oxalates with semicarbazide hydrochloride leads to 5-*tert*-butyl-1-carbamoyl-5-hydroxypyrazolin-3-carboxylates, which have the linear tautomeric form in solutions – 2-carbamoylhydrazono-5,5-dimethyl-4-oxohexanoates.

Key words: acid esters, three-component reaction of pinacolone, semicarbazide.

5-Замещённые пиразол-3-карбоновые кислоты образуются при действии гидразинов на ацилпириновиноградные кислоты и их производные [1]. Литературные сведения о 5-гидроксизамещённых пиразолин-3-карбоновых кислотах, в том числе полученных на основе ацилпируватов, единичны [1–4]. Описана минорная кольчатая прототропная форма 2-ароилгидразоно-5,5-диметил-4-оксогексановых кислот – 1-ароил-5-*трет*-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновые кислоты [4] (см. рисунок).

При проведении трёхкомпонентной двухстадийной реакции пинаколина с диалкилоксалатами и гидрохлоридом семикарбазида, протекающей в мягких условиях, нами неожиданно с препаративным выходом выделены устойчивые эфиры 5-*трет*-бутил-5-гидрокси-1-карбамоилпиразолин-3-карбоновой кислоты (**1a-c**: форма *A*), в растворах которых присутствуют нециклические таутомерные формы: эфиры *анти*- (**1a-c**: форма *B*) и *син*-2-карбамоилгидразонопроизводных 5,5-диметил-4-оксогексановой кислоты (**1a-c**: форма *C*) (рисунок).

Строение эфиров 5-*трет*-бутил-5-гидрокси-1-карбамоилпиразолин-3-карбоновой кислоты согласуется со структурой полученных нами ранее 1-ароил-5-*трет*-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновых кислот [4].

ИК-спектры полученных соединений (**1a-c**) записаны на спектрофотометре «Инфралом ФТ-02» в пасте твёрдого вещества в вазелиновом масле. Спектры ЯМР ¹H соединений (**1a-c**) получены на приборе "MERCURYplus-300" (300,05 МГц) в CDCl₃, внутренний стандарт – ГМДС.

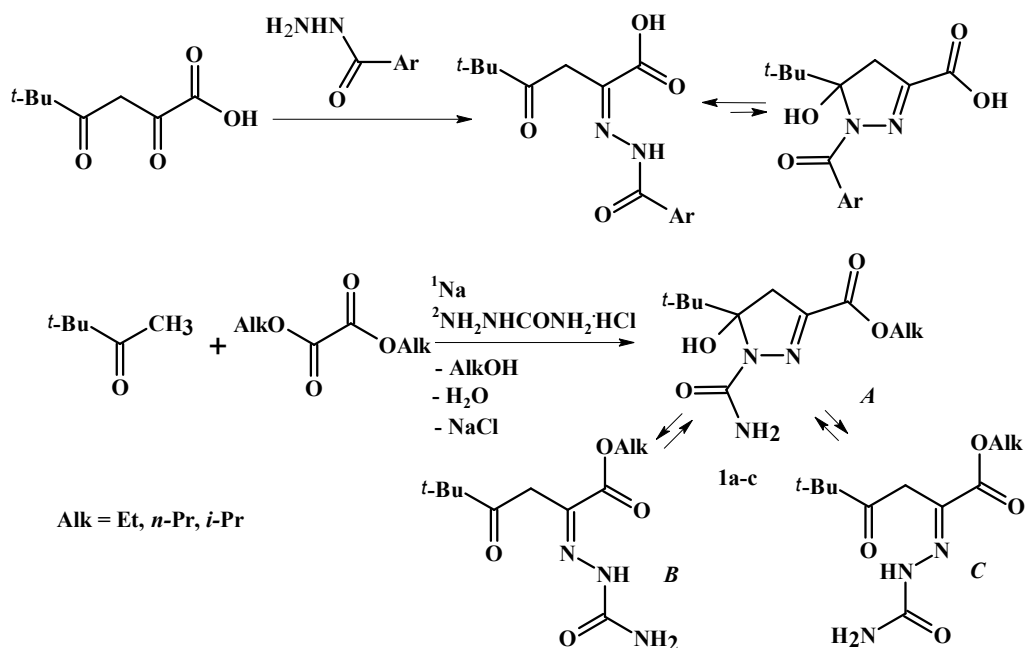


Рис. Синтез и кольчато-цепная таутомерия 5-гидроксипиразолин-3-карбоновых кислот

Экспериментальная химическая часть

Синтез эфиров 1-карбамоил-5-*трет*-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновой кислоты (1). Смесь 2,50 г (3.13 мл) пинаколина (25 ммоль), 25 ммоль соответствующего диалкилоксалата и 0,58 г натрия (25 ммоль) в 30 мл толуола выдерживают при комнатной температуре в течение 3–4 часов. Растворитель отгоняют, остаток растворяют в 100 мл воды и прибавляют 2,79 г (25 ммоль) гидрохлорида семикарбазида в 30 мл воды. Через 20–30 мин. осадок отфильтровывают, сушат на воздухе, перекристаллизовывают из 30 %-ного EtOH.

Этиловый эфир 1-карбамоил-5-*трет*-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновой кислоты (1а). Выход 4,37 г (68 %). Т. пл. 203–205°C (разл.). ИК-спектр (вазелиновое масло), ν , см⁻¹: 3460, 3330 (NH₂), 3260, 3195, 3125 (*син*-, *анти*-NH), 1728 (COOEt), 1685 (*t*-BuCO, CONH₂), 1610 (CONH₂), 1575 (CONH), 1168 (C-O-C). Спектр ЯМР ¹H (300 МГц, CDCl₃), δ , м.д.: 1,01 (9H, с, (CH₃)₃C, A), 1,20 (9H, с, (CH₃)₃C, B), 1,22 (9H, с, (CH₃)₃C, C), 1,26 (3H, т, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, C), 1,32 (3H, т, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, B), 1,36 (3H, т, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, A), 3,09 и 3,36 (2H, два д, *J* = 19,4, CH₂, A, 79 %), 3,67 (2H, с, CH₂, B, 7 %), 3,85 (2H, с, CH₂, C, 14 %), 4,23 (2H, к, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, B), 4,26 (2H, к, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, C), 4,33 (2H, к, *J* = 7,2, OCH₂CH₃, A), 5,06 (2H, уш. с., NH₂, C), 5,55 (1H, уш. с., OH, A), 6,10 (2H, уш. с., NH₂, B), 6,54 (2H, уш. с., NH₂, A), 9,36 (1H, уш. с., NH, C), 11,44 (1H, уш. с., NH, B). Найдено, %: C 51,15; H 7,60; N 16,40. C₁₁H₁₉N₃O₄. Вычислено, %: C 51,35; H 7,44; N 16,33.

***n*-Пропиловый эфир 1-карбамоил-5-*трет*-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновой кислоты (1б).** Выход 4,48 г (66 %). Т. пл. 195–198°C (разл.). ИК-спектр (вазелиновое масло), ν , см⁻¹: 3460, 3330 (NH₂), 3262, 3193, 3127 (*син*-, *анти*-NH), 1730 (COOPr), 1685 (*t*-BuCO, CONH₂), 1611 (CONH₂), 1577 (CONH), 1167 (C-O-C). Спектр ЯМР ¹H (300 МГц, CDCl₃), δ , м.д.: 0,92 (3H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, B), 0,96 (3H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, C), 0,98 (3H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, A), 1,01 (9H, с, (CH₃)₃C, A), 1,20 (9H, с, (CH₃)₃C, B), 1,22 (9H, с, (CH₃)₃C, C), 1,60–1,82 (2H, м, OCH₂CH₂CH₃, A, B, C), 3,09 и 3,35 (2H, два д, *J* = 19,4, H-4, A, 60 %), 3,67 (2H, с, H-3, B, 15 %), 3,87 (2H, с, H-3, C, 25 %), 4,13 (2H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, B), 4,16 (2H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, C), 4,23 (2H, т, *J* = 7,5, OCH₂CH₂CH₃, A), 4,90 (2H, уш. с., NH₂, C), 5,56 (1H, уш. с., OH, A), 6,02 (2H, уш. с., NH₂, B),

6,63 (2H, уш. с., NH₂, А), 9,38 (1H, уш. с., NH, С), 11,50 (1H, уш. с., NH, В). Найдено, %: С 53,35; Н 7,64; N 15,37. C₁₂H₂₁N₃O₄. Вычислено, %: С 53,12; Н 7,80; N 15,49.

изо-Пропиловый эфир 1-карбамоил-5-трет-бутил-5-гидроксипиразолин-3-карбоновой кислоты (1с). Выход 4,07 г (60 %). Т. пл. 186-188°C (разл.). ИК-спектр (вазелиновое масло), ν , см⁻¹: 3460, 3330 (NH₂), 3262, 3193, 3124 (син-, анти-NH), 1730 (COOPr-i), 1685 (t-BuCO, CONH₂), 1613 (CONH₂), 1580 (CONH), 1163 (C-O-C). Спектр ЯМР ¹H (300 МГц, CDCl₃), δ , м.д.: 1,01 (9H, с, (CH₃)₃C, А), 1,20 (9H, с, (CH₃)₃C, В), 1,22 (9H, с, (CH₃)₃C, С), 1,24 (6H, д, J = 6,3, OCH(CH₃)₂, А), 1,29 (6H, д, J = 6,3, OCH(CH₃)₂, С), 1,33 (6H, д, J = 6,3, OCH(CH₃)₂, В), 3,08 и 3,33 (2H, два д, J = 19,4, H-4, А, 68 %), 3,65 (2H, с, H-3, В, 22 %), 3,84 (2H, с, H-3, С, 10 %), 4,75–4,90 (1H, м, OCH(CH₃)₂, С), 5,05–5,29 (1H, м, OCH(CH₃)₂, А, В), 4,90 (2H, уш. с., NH₂, С), 5,56 (1H, уш. с., OH, А), 6,02 (2H, уш. с., NH₂, В), 6,64 (2H, уш. с., NH₂, А), 9,38 (1H, уш. с., NH, С), 11,50 (1H, уш. с., NH, В). Найдено, %: С 53,38; Н 7,55; N 15,63. C₁₂H₂₁N₃O₄. Вычислено, %: С 53,12; Н 7,80; N 15,49.

Список ссылок

1. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные «строительные блоки» для органического синтеза / С.Г. Первалов, Я.В. Бургарт, В.И. Салоутин, О.Н. Чупахин // Успехи химии. 2001. Т. 70. Вып. 11. С. 1039–1058.
2. Якимович С.И., Зерова И.В., Пумпор К.Б. 1-Ацил-5-гидрокси-4,5-дигидропиразолы: синтез, таутомерия, свойства // Первая Всероссийская конференция по химии гетероциклов памяти А.Н. Коста. Суздаль, 19-23 сентября 2000 г. Суздаль: Контакт-Сервис, 2000. С. 507.
3. 5-Гидрокси-2-пиразолины и некоторые их 1-замещённые аналоги / К.Н. Зеленин, А.Р. Тугушева, С.И. Якимович, В.В. Алексеев, И.В. Зерова // Химия гетероциклических соединений. 2002. Вып. 6 (420). С. 762–770.
4. Реакции пивалоилпировиноградной кислоты с ацилгидразинами в синтезе пиразолинкарбоновых кислот / В.О. Козьминых, В.И. Гончаров, Е.Н. Козьминых, Д.Б. Оборин // Химия гетероциклических соединений. 2006. Вып. 5 (467). С. 792–794.

УДК 547.341+547.725

ОДНОРЕАКТОРНЫЕ НУКЛЕОФИЛЬНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ СИСТЕМЫ ПИНАКОЛИН – ДИАЛКИЛОКСАЛАТЫ*

А.Н. Виноградов, В.О. Козьминых

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

ONE-POT NUCLEOPHILIC TRANSFORMATIONS OF THE PINACOLINE – DIALKYL OXALATE SYSTEM

A.N. Vinogradov, V.O. Kozminykh

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Действием 1,2-Х,N-динуклеофилов (гидразинов или гидроксиламина) на систему пинаколин – диалкилоксалаты в условиях кислотного катализа получены производные пиразола, 3-изоксазолкарбоновых кислот, эфиров 2-гидразоно-5,5-диметил-2,4-диоксогексановой кислоты. С-Нуклеофилы и 1,3-N,N-динуклеофилы взаимодействуют с системой пинаколин – диалкилоксалаты с образованием производных 2-пиридон-4-карбоновых кислот и 4-пиримидинкарбоновой кислоты, а применение 1,4-Х,N-

© Виноградов А.Н., Козьминых В.О., 2013

* Работа выполнена по материалам диссертационной работы Виноградова А.Н. в рамках проекта 1.3.09 Федерального агентства по образованию РФ на 2011-2013 гг.



динуклеофильных реагентов (2-аминофенола, 1,2-диаминобензола или 1,2-диаминоэтана) приводит к оксопроизводным бензоксазина, хиноксалина или пиперазина.

Ключевые слова: система пинаколин – диалкилоксалаты, нуклеофильные реакции, синтез производных пиразола, изоксазола, эфиров 2-гидразоно-5,5-диметил-2,4-диоксогексановой кислоты, оксопроизводных пиридина, пиримидина, бензоксазина, хиноксалина, пиперазина.

Acid catalyzed treatment of the pinacolone – dialkyl oxalate system with 1,2-*X,N*-dinucleophiles (hydrazines or hydroxylamine) leads to pyrazole, 3-isoxazole carboxylic acid derivatives, or 2-hydrazono-5,5-dimethyl-2,4-dioxohexanoates. *C*-Nucleophiles and 1,3-*N,N*-dinucleophiles react with the pinacolone – dialkyl oxalate system resulting in 2-pyridone-4-carboxylic acid and 4-pyrimidine carboxylic acid derivatives, and the use of 1,4-*X,N*-dinucleophilic reagents (2-aminophenol, 1,2-diaminobenzene, or 1,2-diaminoethane) gives oxo-derivatives of benzoxazine, quinoxaline, or piperazine.

Key words: nucleophilic reaction, synthesis of pyrazole, isoxazole, pyrimidine, benzoxazine, quinoxaline, piperazine.

Введение 1,2-дикарбонильного, в том числе оксалильного звена, в молекулы *ВН*-нуклеофилов является основным методом препаративного синтеза разнообразных кислород- и азотсодержащих соединений, в том числе гетероциклических систем [1]. Оксалильные конденсации метилкетонов в присутствии нуклеофильных партнеров по реакции – однореакторные и тандемные превращения – до наших исследований не изучались.

Нами впервые исследованы нуклеофильные однореакторные превращения системы пинаколин – диалкилоксалаты (1) с разнообразными группами нуклеофильных реагентов: *C*-нуклеофилами и 1,2-*O,N*-, 1,2-*N,N*-, 1,3-*N,N*-, 1,4-*O,N*-, 1,4-*N,N*-динуклеофилами (рисунок). Особенностью изучаемых однореакторных (и тандемных – без выделения интермедиатов, но осуществляемых постадийно) нуклеофильных превращений является использование в качестве субстрата реакционной системы пинаколин – диалкилоксалаты 1. Наличие в рассматриваемой системе 1 оксалильного звена и изолированной пивалоильной группы (присутствуют три электрофильных реакционных центра) дает возможность протекания неоднозначной и часто непредсказуемой нуклеофильной атаки по этим реакционным центрам. В отличие от классических тандемных (*домино*-реакций) рассматриваемые превращения осуществляются постадийно с целью предотвращения выведения отдельных карбонильных центров из сферы реакционного взаимодействия в результате побочных реакций.

На первой стадии осуществляется конденсация пинаколина с диалкилоксалатами в присутствии натрия в классическом варианте ацилирования по Гейтеру-Клайзену, на второй стадии в реакционную смесь вводится нуклеофил. Так, действием 1,2-*N,N*-динуклеофилов (гидразина или арилгидразинов) на систему пинаколин – диалкилоксалаты в условиях кислотного катализа получены производные 3-пиразолкарбоновых кислот (соединения 2) [2]. Применение гидроксилamina в качестве 1,2-*O,N*-динуклеофильного реагента приводит к производным 3-изоксазолкарбоновых кислот (соединения 3).

Необычным оказалось строение продуктов взаимодействия системы 1 с некоторыми 1,2-*N,N*-динуклеофилами – 2,4-динитрофенилгидразином, семикарбазидом или ароилгидразинами. В случае 2,4-динитрофенилгидразина отмечено образование нециклических продуктов – соответствующих эфиров 2-гидразоно-5,5-диметил-2,4-диоксогексановой кислоты (4) [2]. Продукты взаимодействия системы пинаколин – диалкилоксалаты с семикарбазидом – пиразолины (5) [3] или с ароилгидразинами – гидразоноэфиры (6) в растворе представлены двумя таутомерными формами: нециклической (форма *A*) и гидроксипиразолиновой (форма *B*), о чем свидетельствует наличие в спектрах

ЯМР¹H системы AA' двухдублетных сигналов с константой спин-спинового взаимодействия J 19,5 Гц наряду со сдвоенными сигналами основных протоносодержащих групп нециклического таутомера.

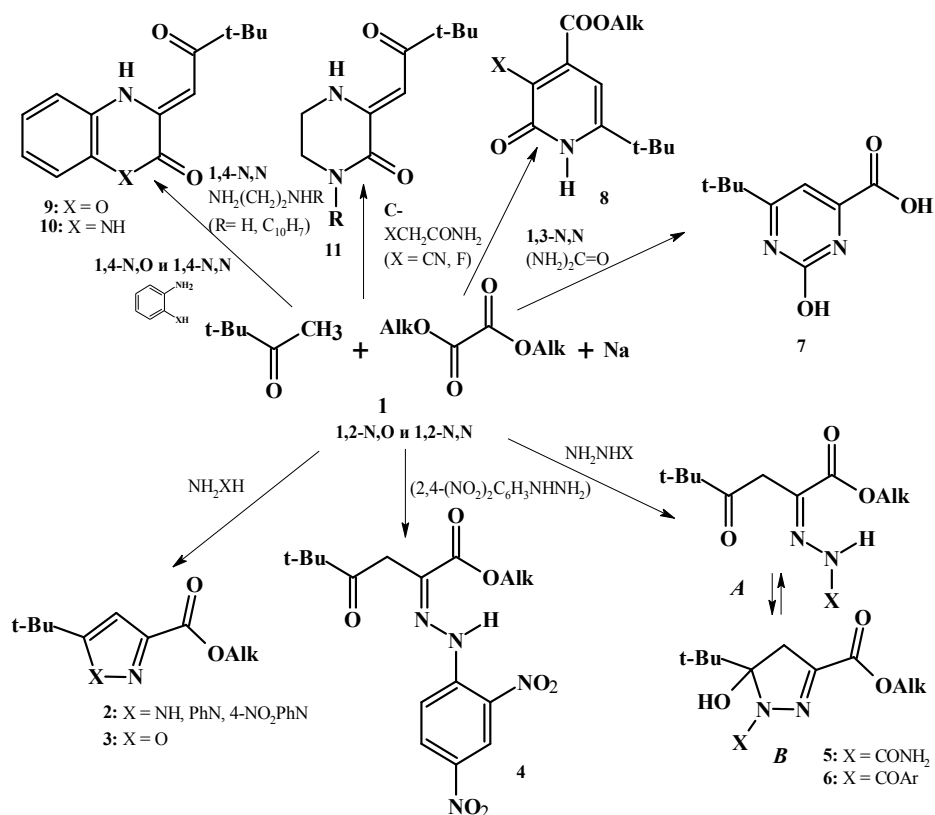


Рис. Разнообразие нуклеофильных превращений системы пинаколин – диалкилоксалаты

По предварительным данным, при действии мочевины (1,3-*N,N*-динуклеофил) на систему 1 образуются 4-пиримидинкарбоновая кислота (соединение 7), а при действии амидов замещённых уксусных кислот (C-нуклеофилы) – производные 2-пиридон-4-карбоновых кислот (соединения 8). Применение разнообразных 1,4-*O,N*- и 1,4-*N,N*-динуклеофильных реагентов (2-аминофенола, 1,2-диаминобензола или 1,2-диаминоэтана) приводит к оксопроизводным бензоксазина (9) [4], хиноксалина (10) [4, 5] или пиперазина (11). Структура и особенности строения синтезированных соединений установлены на основании данных ИК- и ЯМР¹H-спектроскопии. Анализ спектральных данных убедительно свидетельствует в пользу предложенных структур.

Список ссылок

1. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные "строительные блоки" для органического синтеза / С.Г. Первалов, Я.В. Бургарт, В.И. Салоутин, О.Н. Чупахин // Успехи химии. 2001. Т. 70. Вып. 11. С. 1039–1058.
2. Виноградов А.Н., Козьминых В.О. Взаимодействие натриевых енолятов эфиров пивалоилпируватов с арилгидразинами // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки. Часть 8. Органическая химия. Труды 10-й Международной конф. Самара, 16-18 декабря 2009 г. Самара: Изд-во Самарского гос. областного ун-та, 2009. С. 7–10.
3. Виноградов А.Н., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения эфиров 2-[(аминокарбонил)гидразоно]- и 2-[(аминокарбонотиоил)гидразоно]-5,5-диметил-4-оксогексановой кислоты // Актуальные проблемы современной науки и образования. Естественные науки. Материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. Февраль 2010 г. Т. 1. Уфа: Изд-во РИЦ Башкирского гос. ун-та, 2010. С. 233–235.



4. Кузьмина К.М., Виноградов А.Н., Козьминых В.О. Однореакторные новые трёхкомпонентные конденсации в синтезе азиновых систем // В мире научных открытий. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2010. № 6.1 (12). С. 212–213.

5. Виноградов А.Н., Козьминых В.О. Синтез 3-(3,3-диметил-2-оксобутилен)-3,4-дигидрохиноксалин-2(1*H*)-она на основе трёхкомпонентной конденсации пинаколина, диэтилоксалата и 1,2-диаминобензола // Новые направления в химии гетероциклических соединений: материалы Международной конф. Кисловодск, 3-8 мая 2009 г. Кисловодск, 2009. С. 288.

УДК 547.341+547.725

1,6-ДИАЛКИЛЗАМЕЩЁННЫЕ 3,4-ДИГИДРОКСИ-2,4-ГЕКСАДИЕН-1,6-ДИОНЫ: СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И РЕАКЦИИ С *N*-ДИНУКЛЕОФИЛАМИ*

О.Г. Карманова, Е.Н. Козьминых, П.П. Муковоз, В.О. Козьминых

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

1,6-DIALKYL SUBSTITUTED 3,4-DIHYDROXY-2,4-HEXADIENE-1,6-DIONES: SYNTHESIS, PROPERTIES AND REACTIONS WITH *N*-DINUCLEOPHILES

O.G. Karmanova, E.N. Kozminykh, P.P. Mukovoz, V.O. Kozminykh

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Конденсация Клайзена метилкетонов с диэтилоксалатом в присутствии метилата натрия приводит к образованию 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов. В растворах синтезированных соединений обнаружены семь таутомерных форм, обсуждаются кольчато-цепные и кольчато-кольчатые интерконверсии. Конденсация алкилметилкетонов с диэтилоксалатом и *N*-динуклеофилами (1,2-диаминобензолом и 2-аминофенолами) приводит к производным 2,3-бис-(2-оксоалкилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов и 3-(2-оксоалкилиден)-3,4-дигидро-2*H*-1,4-бензоксазинов. С помощью спектральных методов обнаружено несколько изомерных форм, обсуждаются особенности строения синтезированных соединений.

Ключевые слова: алкилметилкетоны, оксалильная конденсация, динатрий-бис-диалкил-1,3-дикетонаты, 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы, таутомерия, 2,3-бис-(2-оксоалкилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалины, 1,2-диаминобензол, 2-аминофенол, 3-(2-оксоалкилиден)-3,4-дигидро-2*H*-1,4-бензоксазин-2-оны, 2-алканоилметил-2-гидрокси-2*H*-3,4-дигидро-1,4-бензоксазины, спектральный анализ, хромато-масс-спектрометрия.

Claisen condensation of methyl ketones with diethyl oxalate in presence of sodium methylate leads to formation of 1,6-dialkyl-3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones. Seven tautomeric forms are found in solutions of synthesized compounds, ring-chain and ring-ring interconversions are discussed. Condensation of alkyl methyl ketones with diethyl oxalate and *N*-dinucleophiles (1,2-diaminobenzene and 2-aminophenols) results in 2,3-bis-(2-oxoalkylidene)-1,2,3,4-tetrahydroquinoxaline and 3-(2-oxoalkylidene)-3,4-dihydro-2*H*-1,4-benzoxazine derivatives. With the help of spectral methods several isomeric forms are found, structure peculiarities of synthesized compounds are discussed.

Key words: alkylmethylketony, oksalilnaya condensation disodium bis-dialkyl-1,3-diketonates, 1,6-dialkyl-3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones tautomerism, 2,3-bis (2 oksoalkiliden) -1,2,3,4-tetrahydroquinoxaliny, 1,2-diaminobenzene, 2-aminophenol, 3 - (2-oksoalkiliden) -3,4-dihydro-2*H*-1

,4-benzoxazin-2-ones 2-alkanoilmetil-2-hydroxy-2H-3,4-dihydro-1,4-benzoxazine, spectral analysis, gas chromatography-mass spectrometry.

Важнейшей проблемой синтетической органической химии является поиск высокорекционноспособных карбонилсодержащих синтонов, позволяющих получать разнообразные гетероциклические системы на их основе. Среди поликарбонильных соединений наиболее подробно исследованы ди- и трикарбонильные структуры, которые успешно используются в препаративном органическом синтезе для получения биологически активных веществ. Не менее перспективными являются 1,3,4,6-тетракарбонильные системы (ТКС), среди которых наименее изученными остаются 1,6-диалкилпроизводные ТКС по причине отсутствия удобных и препаративных методов их синтеза.

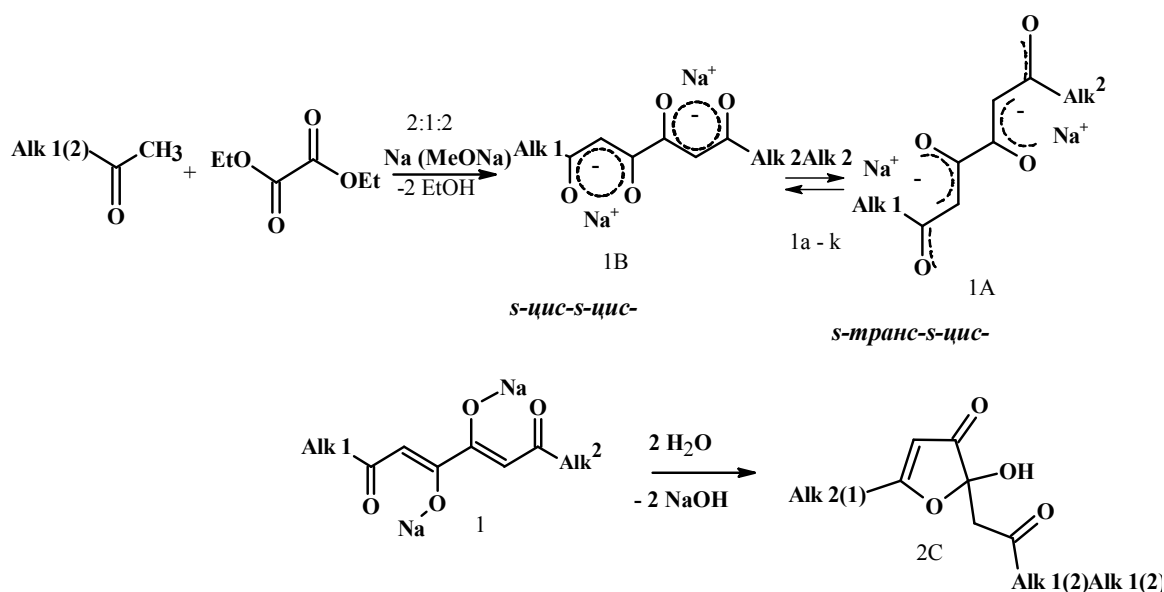
ТКС существуют в растворах, по крайней мере, в трёх таутомерных формах – тетракетонной, диоксодиенольной, кольчатой оксофурановой и обладают гораздо большими функциональными возможностями за счёт наличия одного α -диоксо- и двух β -диоксофрагментов. В отличие от ацилпировиноградных кислот, имеющих три электрофильных центра, 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения содержат четыре электрофильных центра в цепной и три электронодефицитных реакционных центра в кольчатой форме. Помимо этого, 1,6-диалкилзамещенные ТКС являются уникальными объектами для изучения кольчато-цепной таутомерии и кольчато-кольчатых интерконверсий. Это даёт возможность использовать их как «строительные блоки» в синтезе разнообразных гетероциклических соединений, обладающих выраженным биологическим действием.

ТКС и их кольчатые оксоатаутомеры – 2-гидрокси-2,3-дигидро-3-фураноны – находят всё большее применение в органическом синтезе как доступные и обладающие высокой реакционной способностью синтоны в разнообразных реакциях нуклеофильного присоединения [1 – 5].

С целью получения, изучения строения и свойств натриевых 1,3-дикетонатов на основе 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон нами проведена конденсация алкилметилкетонов с диэтилоксалатом и метилатом натрия в соотношении реагентов 2:1:2 в среде диэтилового эфира. В результате реакции выделены динатрий-*бис*-диалкил-1,3-дикетонаты (**1a-e**). Соединения (**1f**, **1g**, **1h**, **1k**) с различными 1,6-диалкильными заместителями в молекуле синтезированы постадийно: на первой стадии в конденсацию с диалкилоксалатом вводится первый алкилметилкетон в присутствии метилата натрия в соотношении 1:1:1; на второй стадии к отдельно полученному метилату натрия добавляют реакционную массу, полученную на первой стадии вместе с эквимольным количеством второго алкилметилкетона. При такой постановке синтеза исключается одновременная конкурентная атака диалкилоксалата с различными алкилметилкетонами, создаётся условие для высокой избирательности этой реакции (рис. 1).

Строение соединений (**1a-k**) установлено методами ИК- и ЯМР ^1H -спектроскопии. В твёрдом состоянии *бис*-еноляты (**1a-k**) существуют в виде изомера **1A** с делокализованными двойными связями, о чём свидетельствует интенсивная, широкая, относительно низкочастотная полоса поглощения в области $1605\text{--}1655\text{ см}^{-1}$ в ИК-спектрах соединений (**1**) [6]. В растворах соединений (**1a-k**) кроме преобладающего изомера **1A** (87–100 %) нами в большинстве случаев обнаружен минорный изомер **1B** (0–13 %), о чём свидетельствуют спектры ЯМР ^1H , записанные в растворе диметилсульфоксида (ДМСО).

Известно, что сигналы метиновых протонов $\text{C}(2,5)\text{H}$ изученных ранее 1,6-диарилзамещённых динатрий-*бис*-1,3-дикетонатов обнаружены в ограниченном интервале значений химических сдвигов в спектрах ЯМР ^1H δ 5,40–5,50 м.д. при нахождении этих соединений в виде изомера **1A**. В более слабых полях находятся сигналы метиновых протонов $\text{C}(2,5)\text{H}$ этих соединений при δ 5,82–6,04 м.д. у изомеров **1B** (таблица) [7].



$\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = \text{CH}_3$ (**1a**), C_2H_5 (**1b**), *n*- C_3H_7 (**1c**), *n*- C_5H_{11} (**1d**), *n*- C_6H_{13} (**1e**);
 $\text{Alk}^1 = \text{CH}_3$, $\text{Alk}^2 = \text{C}_2\text{H}_5$ (**1f**), $\text{Alk}^1 = \text{CH}_3$, $\text{Alk}^2 = n\text{-C}_3\text{H}_7$ (**1g**),
 $\text{Alk}^1 = \text{C}_2\text{H}_5$, $\text{Alk}^2 = n\text{-C}_3\text{H}_7$ (**1h**), $\text{Alk}^1 = \text{C}_2\text{H}_5$, $\text{Alk}^2 = n\text{-C}_5\text{H}_{11}$ (**1k**)

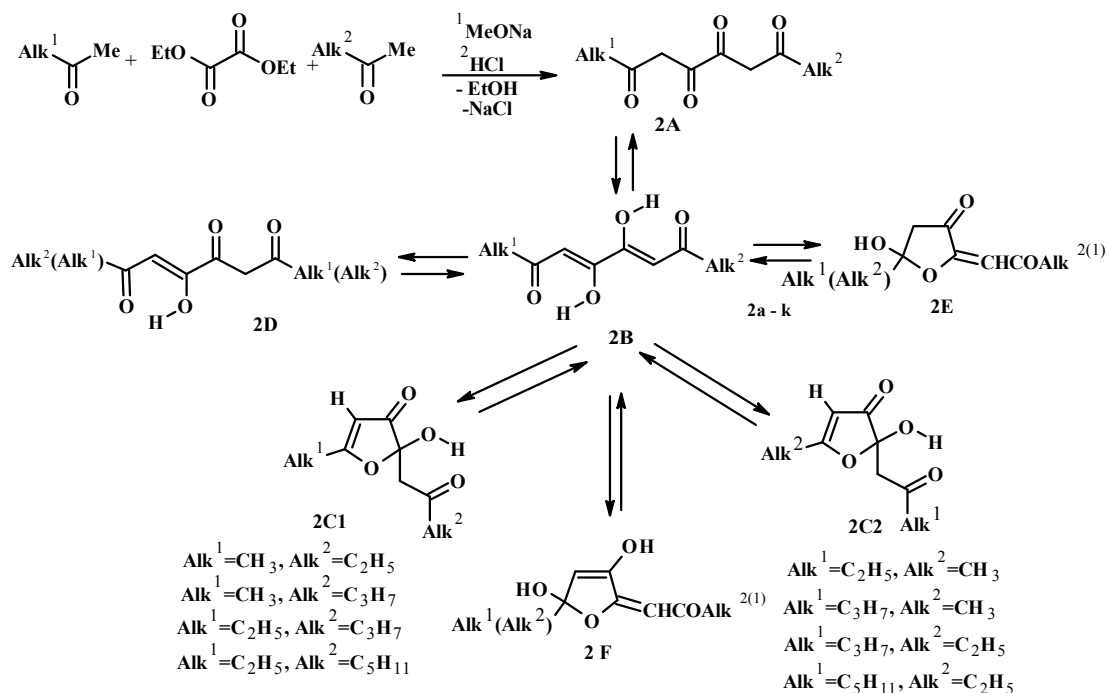
Рис 1. Синтез и структурное разнообразие динатрий-бис-диалкил-1,3-дикетонатов (**1a-k**)

Сигналы маркерных метиновых протонов динатрий-бис-1,3-дикетонатов (**1**)

Соединения	Alk^1	Alk^2	Изомер 1A, C(2,5)H, м.д.	Изомер 1B, C(2,5)H, м.д.
1a	CH_3	CH_3	5,48	5,86
1b	C_2H_5	C_2H_5	5,48	5,81
1c	<i>n</i> - C_3H_7	<i>n</i> - C_3H_7	5,49	5,90
1d	<i>n</i> - C_5H_{11}	<i>n</i> - C_5H_{11}	5,49	5,90
1e	<i>n</i> - C_6H_{13}	<i>n</i> - C_6H_{13}	-	6,04
1f	CH_3	C_2H_5	5,49	5,91
1g	CH_3	<i>n</i> - C_3H_7	5,43	5,83
1h	C_2H_5	<i>n</i> - C_3H_7	5,52	5,83
1k	C_2H_5	<i>n</i> - C_5H_{11}	5,44	5,82

В спектрах ЯМР ^1H динатрий-бис-диалкил-1,3-дикетонатов (**1a-k**) сигнал преобладающего изомера **1A** находится в области относительно более сильного поля по сравнению с изомером **1A**. В спектрах соединений (**1a-k**) найдены дополнительные синглеты в области δ 8,34–8,53 м.д., которые отнесены к сигналам полуацетальной гидроксильной группы продукта гидролиза натриевых β -дикетонатов – соответствующего оксофурана **2C**. Традиционный маркерный двухдублетный сигнал взаимодействующих протонов метиленовой группы CH_2 оксофурана **2C**, образующегося при гидролизе, в спектрах не заметен из-за существенного перекрытия с метиленовыми группами алкильных звеньев.

С целью получения и исследования строения нами синтезированы 1,3,4,6-гексантетраоны (**2a-k**). Бесцветные кристаллы соединений (**2a-k**) получены подкислением соляной кислотой натриевых енолятов (**1a-k**), метод синтеза которых приведён выше. С помощью спектральных методов у соединений (**2a-k**) обнаружено несколько таутомерных форм **A-F** (рис. 2).



$\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = \text{CH}_3$ (2a); $\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = \text{C}_2\text{H}_5$ (2b); $\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = n\text{-C}_3\text{H}_7$ (2c); $\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = n\text{-C}_5\text{H}_{11}$ (2d);
 $\text{Alk}^1 = \text{Alk}^2 = n\text{-C}_6\text{H}_{13}$; (2e); $\text{Alk}^1 = \text{CH}_3, \text{Alk}^2 = \text{C}_2\text{H}_5$ (2f), $\text{Alk}^1 = \text{CH}_3, \text{Alk}^2 = n\text{-C}_3\text{H}_7$ (2g); $\text{Alk}^1 = \text{C}_2\text{H}_5, \text{Alk}^2 = n\text{-C}_3\text{H}_7$ (2h); $\text{Alk}^1 = \text{C}_2\text{H}_5, \text{Alk}^2 = n\text{-C}_5\text{H}_{11}$ (2k)

Рис. 2. Синтез и таутомерия 1,6-диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексанов (2a-k)

1,6-Диалкил-1,3,4,6-тетраоксогексаны (2a-k) в твёрдом состоянии и в растворе хлороформа находятся полностью (твёрдая фаза) или преимущественно (раствор) в линейной диоксодиенольной форме 2B. Это хорошо согласуется с имеющимися литературными данными по 1,6-диарилпроизводным 1,3,4,6-тетракетонов [8, 9].

Характеристическим маркерным сигналом в спектрах ЯМР ^1H соединений (2a-k), снятых в дейтерохлороформе, является синглет метинового протона C(2,5)H преобладающей формы 2B, находящийся в узком интервале значений химических сдвигов – δ 6,33–6,34 м.д.

В полярных растворах (в ацетоне, диметилсульфоксиде) у соединений (2a-k), судя по данным спектроскопии ЯМР ^1H , присутствует (ацетон) или количественно преобладает (ДМСО) кольчатая оксофурановая форма 2C, находящаяся в подвижном кольчато-цепном таутомерном равновесии с линейной формой 2B. Кроме преобладающих форм 2B и 2C в спектрах ЯМР ^1H тетракетонов (2a-k) также обнаружены минорные таутомерные формы 2A, 2D, 2E, 2F в количестве не более 3% (форма 2F найдена только в дейтерохлороформе). Из них оксофурановая форма 2E обнаружена нами впервые.

Результаты хромато-масс-спектрометрии тетракетонов (2) позволили нам зафиксировать побочные продукты: представитель ацилпируватов – метиловый эфир 2-гидрокси-4-оксо-2-пентеновой кислоты (9), а также производное 1,2-циклопентандиона – 3-бутаноил-4-метилциклопент-3-ен-1,2-дион (10) (рис. 3). К сожалению, в индивидуальном виде соединения (9) и (10) получить не удалось.

Характер и особенности масс-фрагментации 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (2) до наших исследований не изучались.

В масс-спектрах 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (2) имеется определённое сходство основных фрагментных ионов, что позволило нам представить общую схему масс-фрагментации соединений под действием электронного удара (рис. 4).

Для 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (2a-k) преобладающими являются два основных направления фрагментации. Первое направление Φ_1 связано с разрывом связи C(3)O–C(4)O с образованием двух равноценных алканоилацетильных

звеньев. Вторым значимым направлением фрагментации является отщепление алканоильного иона с одновременным образованием иона Φ_3 ($M - Alk^{1(2)}CO^+$).

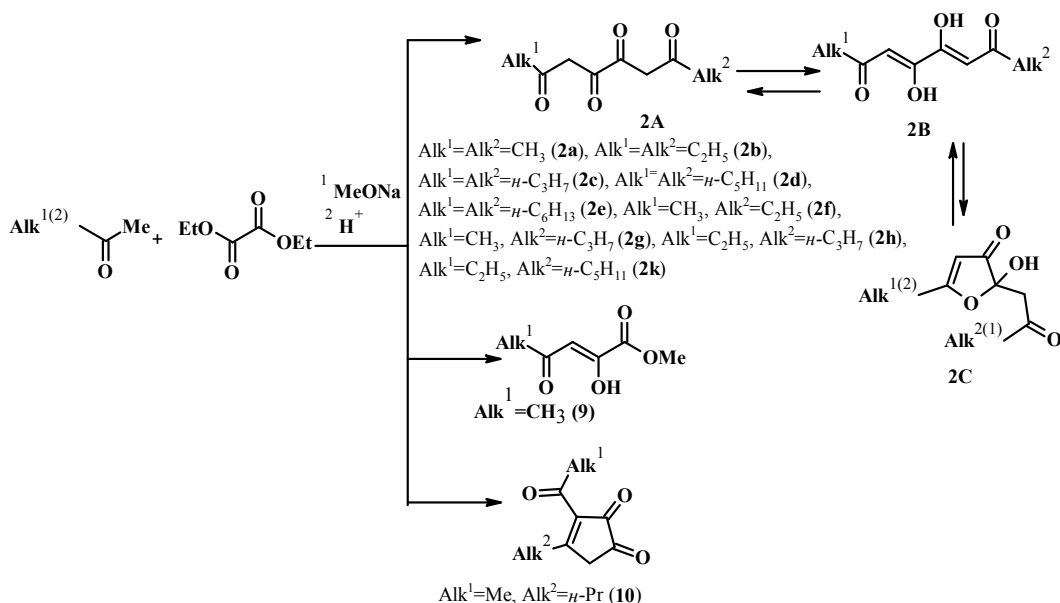


Рис. 3. Данные хромато-масс-спектрометрии 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (2)

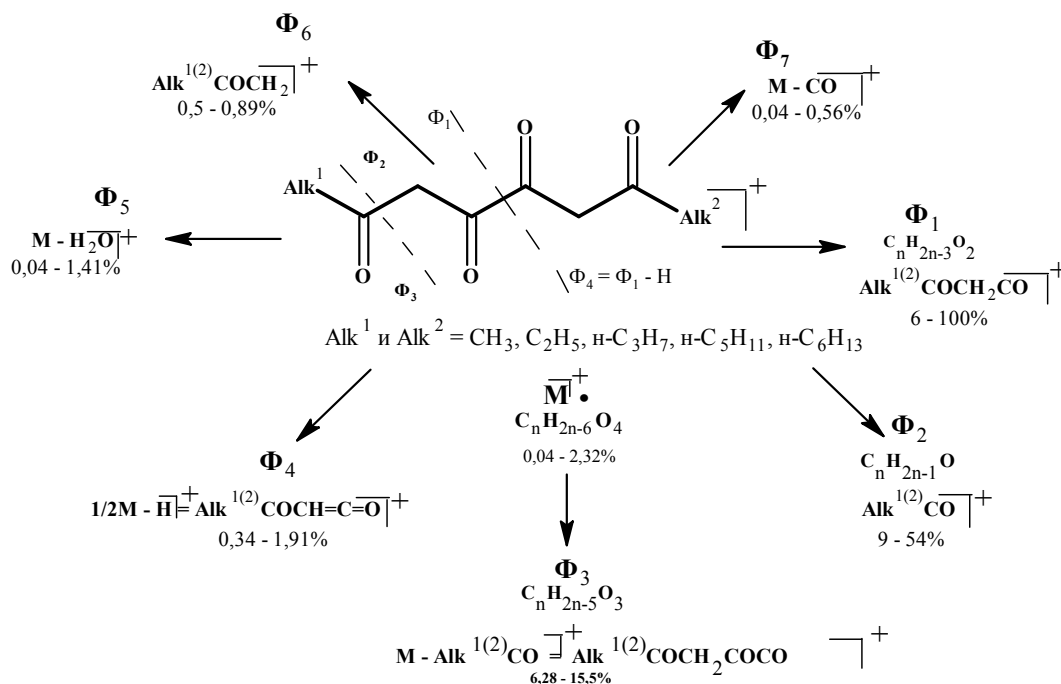


Рис. 4. Масс-фрагментация 1,3,4,6-тетраоксогексанов

Структурное разнообразие 1,6-диалкилзамещенных 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов проявляется исключительно в растворах, где присутствуют несколько таутомерных форм. Причиной проявления сложного цепного и кольчато-цепного равновесия в растворах ТКС, по-видимому, являются особенности строения тетракарбонильных структур (наличие одного α - и двух β -дикарбонильных звеньев).

Впервые нами целенаправленно изучены тетракарбонильные структуры, представляющие собой класс соединений от собственно 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений, имеющих традиционные карбонильные группы к их аналогам, в которых одно

концевое звено замещено на сложноэфирный фрагмент. Крайним, довольно известным случаем такого аналога являются эфиры гексадиендиовой (кетипиновой) кислоты, в которых два концевых звена замещены на сложноэфирные фрагменты [10].

Нами получены эфиры 6-замещенных-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот (**3**) путем двухстадийной конденсации метилацетата с оксалатом и различными метилкетонами в присутствии метилата натрия (рис. 5).

Неожиданно при съемке хромато-масс-спектров эфиров 6-замещенных-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот (**3**) отмечена серия соединений циклопентантрионов-1,2,4 (**4**). Вероятно, это связано с частичным разложением вводимых в колонку веществ в испарителе и колонке, а также незначительной (около 70°C) термической обработкой исходных веществ. К сожалению, выделить соединения (**4**) в индивидуальном виде не удалось (рис. 5).

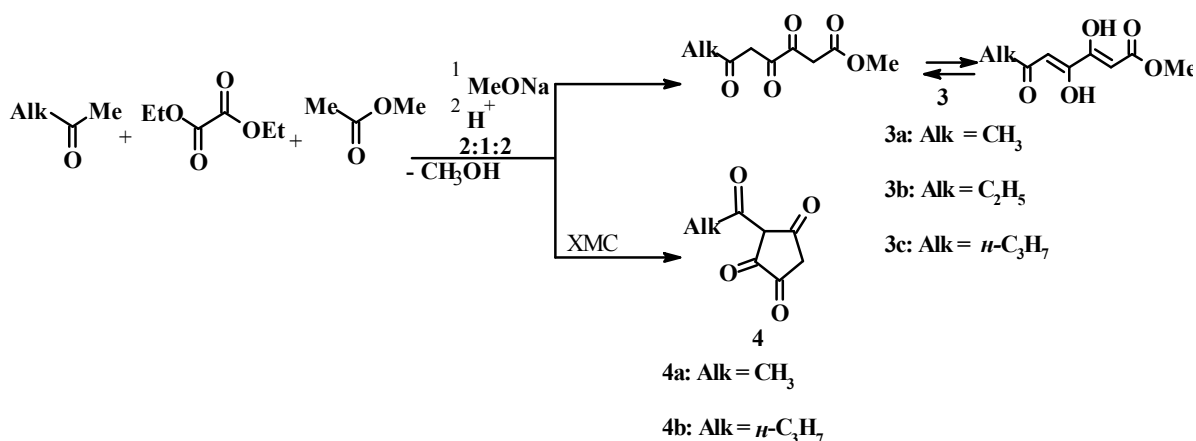


Рис. 5. Синтез эфиров 6-замещенных-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот (**3**) и циклопентантрионов-1,2,4 (**4**)

На первой стадии проводили конденсацию метилацетата с диметилксалатом и метилатом натрия в соотношении 1:1:1. В результате такой конденсации получают хорошо известные оксалилацетаты [11]. На второй стадии к реакционной массе с образовавшимися на первой стадии оксалилацетатами добавляют эквимольное количество метилата натрия и соответствующего метилкетона. Такой порядок в выборе последовательностей стадий определялся нами на основании следующего: оксалильная конденсация метилацетата с диметилксалатом с образованием оксалилацетатов протекает труднее, чем конденсация метилкетонов с диметилксалатом с образованием ацилпируватов. В то же время вторая конденсация метилкетонов с оксалилацетатами протекает значительно легче, чем конденсация метилацетата с ацилпируватами.

В ИК-спектрах соединений (**3a, c**), записанных в пасте вазелинового масла, имеется слабая, сравнительно низкочастотная полоса валентных колебаний гидроксильной группы при 3230–3287 см⁻¹, а также двойная уширенная полоса при 1573 см⁻¹ и 1580 см⁻¹, соответствующая отдельным характеристическим валентным колебаниям карбонильных групп в *бис*-ОН-хелате.

Спектры ЯМР ¹H соединений (**3**), снятые в растворе дейтерохлороформа, характеризуются стандартным значением химического сдвига метоксигруппы сложноэфирного фрагмента (δ 3,80 м.д.), а также значениями констант спин-спиновой взаимодействия взаимно расщепляемых протонов. Характеристическими маркерными сигналами в спектрах ЯМР ¹H соединений (**3a-c**), снятых в дейтерохлороформе, являются синглеты метиновых протонов C(2)H и C(5)H шестичленного хелата, находящиеся в интервале значений химических сдвигов – δ 5,95–6,25 м.д. и δ 6,25–6,34 м.д. соответственно. Непосредственным подтверждением *бис*-хелатной структуры синтезированных соединений (**3**), по данным спектров ЯМР ¹H, записанных в растворе дейтерохлороформа, является моносигнал гидроксильной группы при C(3)OH, находящийся в узком интервале значений

химического сдвига δ 11,62–11,63 м.д., а также уширенный моносигнал гидроксильной группы при С(4)ОН, лежащий в интервале δ 14,65–14,77 м.д.

В масс-спектрах циклопентантрионов-1,2,4 (**4**) имеется сходство фрагментных ионов. Это позволило нам представить общую схему масс-фрагментации соединений под действием электронного удара (рис. 6).

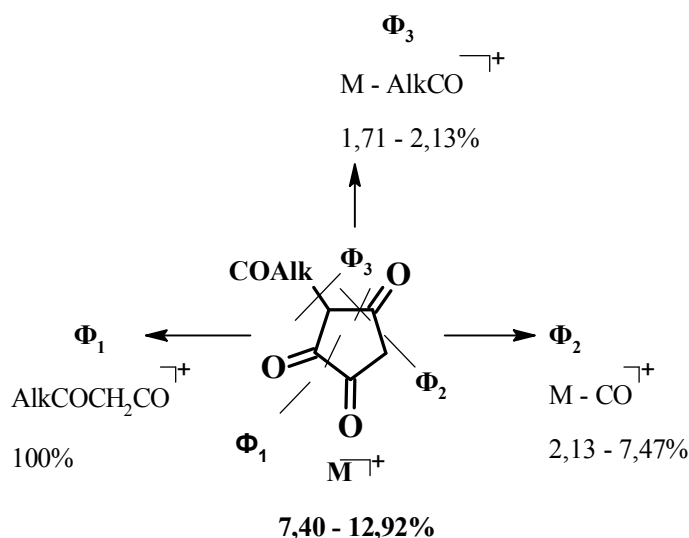


Рис. 6. Масс-фрагментация циклопентантрионов-1,2,4 (**4**)

Для циклопентантрионов-1,2,4 (**4**) преобладающими являются три основных направления фрагментации. Первое направление фрагментации связано с образованием алканоилацетильного звена (m/z : 85 CH₃COCH₂CO⁺ (**4a**) и 113 C₃H₇COCH₂CO⁺ (**4c**)). Вторым значимым направлением фрагментации является отщепление молекулы оксида углерода(II). При этом появляются пики с массовыми числами m/z : 126 M - CO⁺ (**4a**) и 154 M - CO⁺ (**4c**). Третье направление фрагментации сопровождается отщеплением алканоильного иона с одновременным образованием иона Φ_3 (M - AlkCO⁺) (см. рис. 6).

Полученные эфиры 6-замещённых-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот (**3**) занимают промежуточное положение между 1,3,4,6-гексантетраонами (**2**) и эфирами гексадиендиовой (кетипиновой) кислоты. Спектральными методами анализа (ЯМР ¹H) установлено, что соединения (**3**) в растворе дейтерохлороформа, подобно 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионам (**2**), существуют в виде бис-хелатной структуры.

Наличие нескольких реакционных центров в молекуле 1,3,4,6-тетракетонов приводит к значительному разнообразию направлений нуклеофильных превращений ТКС.

Нами впервые получены практически значимые 2,3-бис-(2-оксоилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалины (**5a-g**), имеющие различные алкильные заместители в ацилметиленовых звеньях, в результате кратковременного нагревания 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (**2**) с 1,2-диаминобензолом в этаноле (метод А) (рис. 7). Впервые удалось осуществить однореакторную конденсацию алкилметилкетонов с диэтилоксалатом в присутствии метилата натрия при соотношении 2:1 с последующей нейтрализацией и действием 1,2-диаминобензола, в результате которой были выделены новые бис-(оксоилиден)хиноксалины (**5**) (метод Б).

Соединения (**5a-g**) в твердом состоянии существуют в форме 2,3-эндо-С=N-изомера **5A**, о чем свидетельствует отсутствие полос поглощения в области 3100–3400 см⁻¹ группы NH и высокочастотных сигналов карбонильных групп ацильных звеньев при 1705–1737 см⁻¹ в ИК-спектрах. В полярных растворителях у соединений (**5a-g**) преобладающей и наиболее устойчивой является форма **5B** (86–99%), стабилизированная двумя NH-хелатными циклами.

Химический сдвиг $N(1,4)H$ -протонов изомера **5B** (δ 14,03 м.д.) соединений (**5**) находится в области более сильного поля по сравнению с химическим сдвигом $N(4)H$ -протонов минорных изомеров **5D** (δ 14,77 м.д.) и **5C** (δ 14,72 м.д.) (для соединения **5g**).

Причина этого, вероятно, связана с присутствием сопряжения ароматического гетероцикла с NH -монокхелатным фрагментом изомеров **5D** и **5C**, обусловленного наличием $N(1)=C(2)$ -эндоциклической двойной связи по сравнению с бис-хелатными изомерами **5B**. Сопряжение NH -хелата с ароматическим кольцом приводит к возрастанию анизотропного дезэкранирующего эффекта и смещению сигнала NH -протонов в слабое поле.

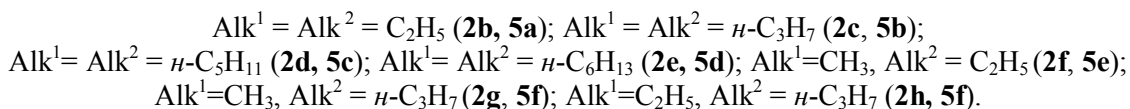
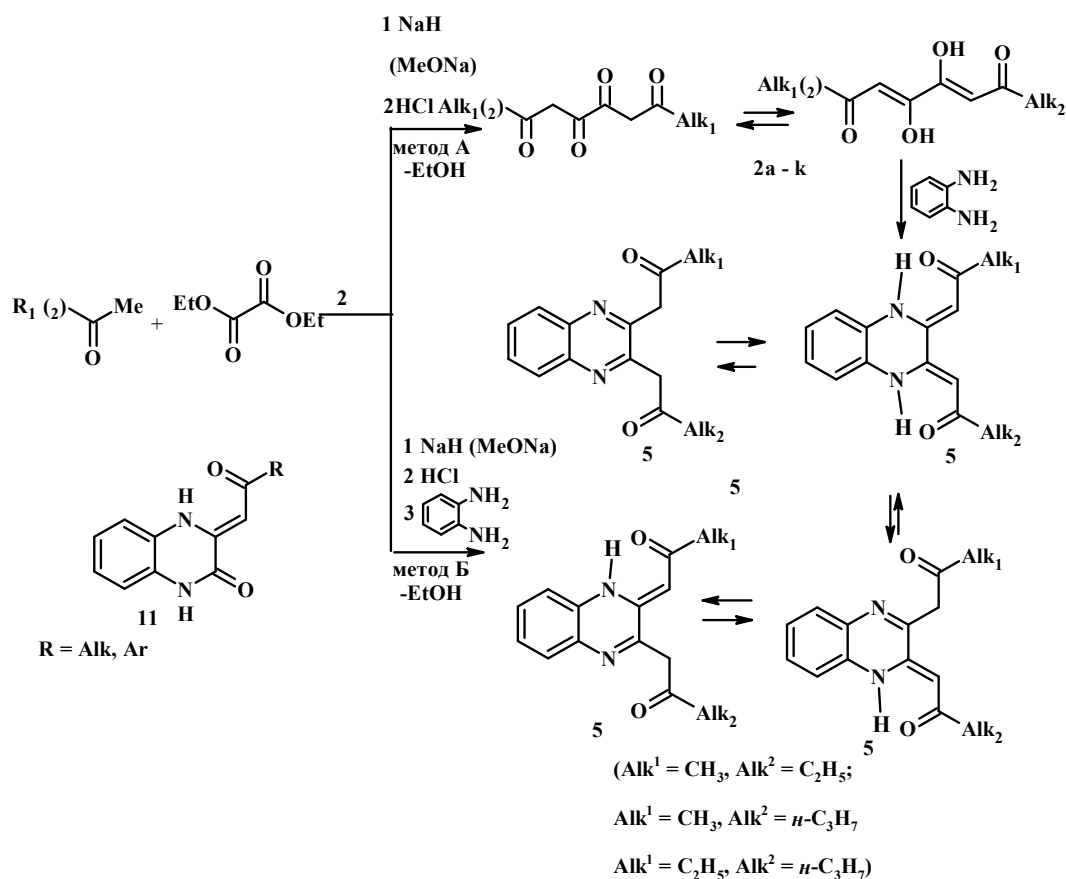
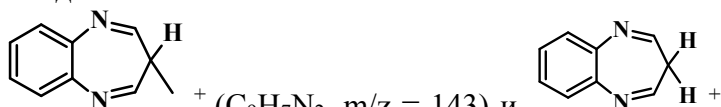


Рис. 7. Синтез 2,3-бис-(2-оксоилиден)-1, 2, 3, 4-тетрагидрохиноксалинов (**5a-g**)

Неожиданно при съемке хромато-масс-спектров 2,3-бис-(2-оксоилиден)-1,2,3,4-тетрагидрохиноксалинов (**5c, d**) зафиксирована серия соединений – 7,9-диалкил-8H-циклопента[b]хиноксалинов (**6**), образующиеся в результате дегидратации соединений (**5**) под действием температуры в хроматографической колонке (рис. 8). К сожалению, соединения (**6**) в индивидуальном виде не выделены.



Отсутствие в масс-спектрах ионов $(C_9H_7N_2, m/z = 143)$ и $(C_9H_8N_2, m/z = 144)$, а также соответствующих ионов $M - Alk^{1(2)}CO - (Alk^{1(2)})_2^+$ ($m/z = 266$) и $Alk^{1(2)} \equiv \equiv +$ позволяет отказаться от предложенных возможных альтернативных структур

(12) и (13). Однозначное подтверждение структуры образующегося продукта (6) может быть представлено после выделения его в индивидуальном виде и изучения спектров ЯМР ^1H .

В масс-спектрах 7,9-диалкил-8*H*-циклогепта[*b*]хиноксалинов (6) отмечено сходство фрагментных ионов, что позволило нам представить общую схему масс-фрагментации соединений под действием электронного удара (рис. 9).

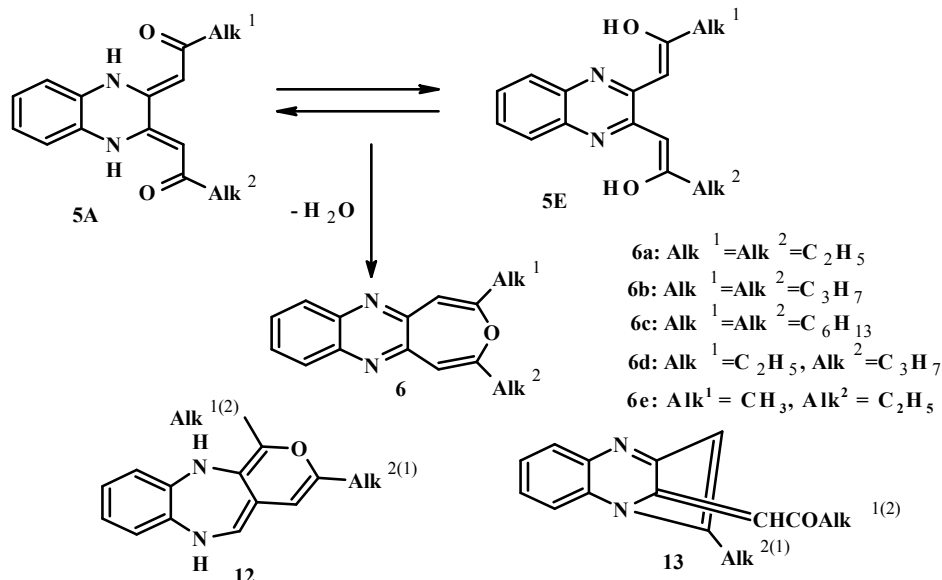


Рис. 8. 7,9-Диалкил-8*H*-циклогепта[*b*] хиноксалины (6) и родственные структуры

В результате взаимодействия 1,3,4,6-тетракетонов с 1,2-диаминобензолом установлено, что новые оксопроизводные хиноксалина в твердом состоянии существуют в виде 2,3-эндо-С=N-изомера 5А, а в растворах полярных растворителей наиболее устойчивой является форма 5В, стабилизированная двумя *NH*-хелатными циклами. Проведенная реакция может служить препаративным методом получения указанных систем, которые могут быть рекомендованы для изучения в качестве потенциально биологически активных веществ.

Другой реакцией нуклеофильного присоединения является взаимодействие 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов (2) с 2-аминофенолом, в результате чего выделены (3*Z*)-3-(2-оксоалкилиден)-3,4-дигидро-2*H*-1,4-бензоксазин-2-оны (7) и 2-алканоилметил-2-гидрокси-3-(2-оксоилиден)-2*H*-3,4-дигидро-1,4-бензоксазины (8) (рис. 10).

В кристаллах соединения (7а, d, e) представлены енаминой структурой 7А, содержащей *NH*-хелатный фрагмент с внутримолекулярной водородной связью (ВВС) типа $-\text{N}-\text{H}\cdots\text{O}=\text{C}$. Об этом свидетельствуют валентные колебания карбонильной группы, находящиеся в интервале 1744–1759 cm^{-1} , сопряжённые с алканоильным звеном *NH*-хелата при 3468–3489 cm^{-1} в ИК-спектрах 3,4-дигидро-2*H*-1,4-бензоксазин-2-онов (7а, d, e). В спектрах ЯМР ^1H 1,4-бензоксазинов (7а, d, e), снятых в растворе дейтерохлороформа, присутствуют сигналы метиновых СН-протонов в области δ 6,30–6,32 м.д., группа сигналов ароматических протонов в области δ 6,96–7,56 м.д. Положение протонов *N*(4)*H* в спектре ЯМР ^1H в интервале значений химического сдвига δ 12,12–12,48 м.д. указывает на наличие внутримолекулярной водородной связи (ВВС), которая образуется между атомом водорода гетероцикла и атомом кислорода карбонильной группы боковой цепи.

В спектрах ЯМР ^1H соединений (8а–d), записанных в растворе дейтерохлороформа, присутствует сигнал в виде двойного дублета метиленовых протонов группы CH_2 при δ 2,68–3,21 м.д. Расщепление сигнала метиленовых протонов происходит по причине их неэквивалентности, которая связана с наличием рядом с группой CH_2 асимметрического атома углерода C(2).

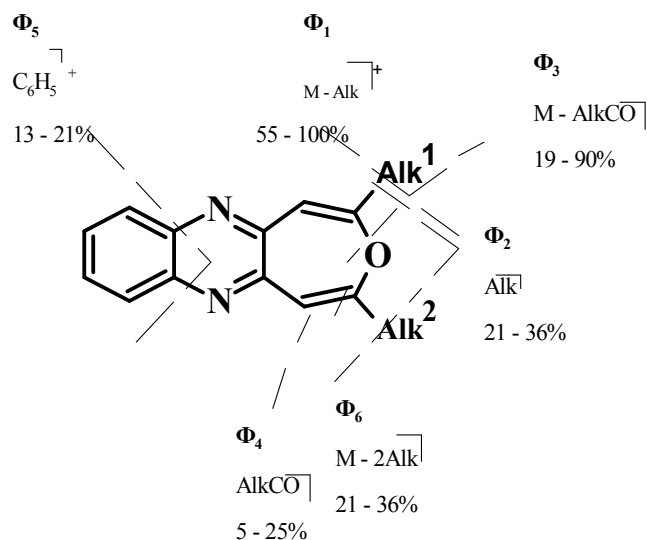
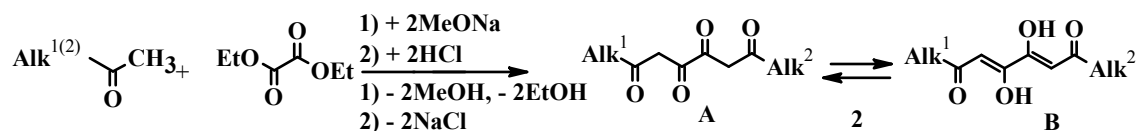
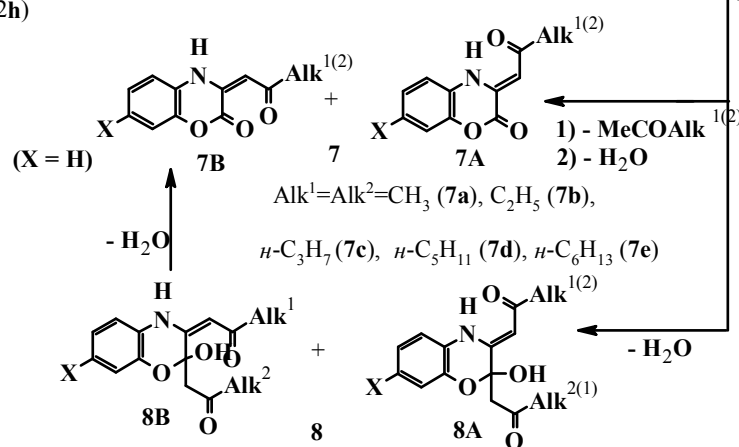


Рис. 9. Особенности масс-фрагментации соединений (6) под действием электронного удара



Alk¹ = Alk² = CH₃ (2a), Alk¹ = Alk² = C₂H₅ (2b), Alk¹ = Alk² = *n*-C₃H₇ (2c),
Alk¹ = Alk² = *n*-C₅H₁₁ (2d), Alk¹ = Alk² = *n*-C₆H₁₃ (2e); Alk¹ = C₂H₅, Alk² =
n-C₃H₇ (2h)



X = H, Alk¹ = Alk² = *n*-C₃H₇ (8a); X = NO₂, Alk¹ = Alk² = *n*-C₃H₇ (8b);

X = H, Alk¹ = C₂H₅, Alk² = *n*-C₃H₇ (8c); X = H, Alk¹ = *n*-C₃H₇, Alk² = C₂H₅ (8d)

Рис. 10. Синтез 3,4-дигидро-2H-1,4-бензоксазин-2-онов (7, 8)

В спектрах ЯМР ¹H соединений (7a, d, e), записанных в растворе ДМСО-*d*₆, присутствуют сигналы метиновых протонов в области δ 6,19–6,20 м.д. Подтверждением наличия изомера 7A является присутствие в спектрах ЯМР ¹H соединений (7a, d, e) сигналов N(4)H-протонов преобладающего изомера 7A в области δ 12,19–12,26 м.д. Из ряда бензоксазинов (7) при съемке хромато-масс-спектра были зафиксированы соединения (7b) и (7c), которые, к сожалению, выделить в индивидуальном виде нам не удалось.

Установлено, что некоторые из синтезированных соединений проявляют анальгетическую активность. Выявлено, что анальгетическая активность соединений (1a-с, 1f, 1h, 2e, 5a) на 75 % превышает таковую препарата сравнения метамизола натрия.



В связи с вышеизложенным можно констатировать, что исследования в направлении изучения химии алифатических ТКС, в частности, реакций с нуклеофильными реагентами, актуальны, так как способствуют развитию теоретической и экспериментальной химии поликарбонильных соединений и направленному поиску биологически активных веществ. Малая изученность реакций с участием алифатических тетракарбонильных соединений наряду с возможностью получения на их основе азотистых гетероциклических систем делает обозначенное направление исследования актуальным.

Список ссылок

1. Kovač S., Rapić V., Lačan M. Beitrage zur Chemie von Tetraketonen, III. Synthese und einige Reaktionen des 1,6-Bis-(*p*-hydroxyphenyl)-1,3,4,6-hexantetrones // *Liebigs Ann. Chem.* 1984. № 10. S. 1755–1758.
2. Козьминых В.О. 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения в синтезе биологически активных енаминокетонов, полуаминалей и азагетероциклических систем // *Фармация и фармакология*. Пермь, 1993. С. 90–91.
3. Сходство и различие в химическом поведении 1,3,4,6-тетракетонов и их циклических оксапроизводных – 2-ацилметилден-2,3-дигидро-3-фуранонов в реакциях с нуклеофилами / Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, Г.А. Шавкунова, В.О. Козьминых // *Перспектива развития естественных наук на Зап.Урале: тез. докл. Международ. науч. конф.* Пермь. 1996. С. 40–41.
4. Реакции 1,3,4,6-тетракетонов и их циклических оксапроизводных 2-ацилметилден-2,3-дигидро-3-фуранонов с *NH*-нуклеофилами / Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, И.П. Тимофей, Г.А. Шавкунова // *Достижения соврем.фарм.науки и образования – практическому здравоохранению: тез. докл. юбилейной научно-практической конференции, посвященной 60-летию ПГФА*. Пермь. 1997. С. 85–86.
5. Химия 2-метилден-2,3-дигидро-3-фуранонов. Сообщение 16. Взаимодействие 5-арил-2-ацилметилден-2,3-дигидро-3-фуранонов с ароматическими аминами и арилиденаминами / Е.Н. Козьминых, Г.А. Шавкунова, Н.М. Игидов, В.О. Козьминых // *Изв. Акад. наук. Сер. Хим.* 1997. № 7. С. 1340–1345.
6. Металлопроизводные *p*- π -электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочлененными α - β -диоксофрагментами. Сообщение 1 / В.О. Козьминых, Е.А. Кириллова, Ю.В. Щербаков, П.П. Муковоз, А.Н. Виноградов, О.Г. Карманова, Е.Н. Козьминых // *Вестник Оренбургского гос. университета*. 2008. Вып. 9 (91). С. 185–198.
7. (Гет)ароилпировиноградные кислоты и их производные как перспективные «строительные блоки» для органического синтеза / В.Г. Перевалов, Я.В. Бургарт, В.И. Салоутин, О.Н. Чупахин // *Успехи химии*. 2001. Т. 70. № 11. С. 1039–1058.
8. Poje M., Balenović K. 3(2*H*)-Furanone derivatives. Ring-chain tautomerism in the 1,3,4,6-tetraketone series // *J. Heterocycl. Chem.* 1979. Vol. 16. № 3. P. 417–420.
9. Синтез, особенности строения и противомикробная активность 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-диононов / Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, О.А. Софьина, Т.М. Широлина, В.О. Козьминых // *Химия гетероциклических соединений*. 1999. № 11. С. 1466–1475.
10. Муковоз П.П. Синтез, строение и свойства эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой кислоты: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Пермь: ПГПУ, 2010. 26 с.
11. Металлопроизводные *p*- π -электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочлененными α -, β -диоксофрагментами. Сообщение 2. Синтез и строение натриевых енолятов оксапроизводных 1,3-дикарбонильных соединений / В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.А. Кириллова, Ю.В. Щербаков, А.Н. Виноградов, Е.А. Соловьева, Т.В. Гамбург, Е.М. Мозгунова, Е.С. Литвинова, А.П. Свиридов, И.В. Нарбеков, С.А. Федосеев // *Вестник Оренбургского гос. университета*. 2009. Вып. 1 (95). С. 128–140.

УДК 547.341+547.725

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИССЛЕДОВАНИЯ *O,N*-ГЕТЕРО-1,3-ДИЕНОВЫХ СИСТЕМ, СОПРЯЖЁННЫХ С КАРБОНИЛЬНЫМИ АКЦЕПТОРАМИ, ИХ ЛИНЕЙНЫХ И КОЛЬЧАТЫХ ПРОИЗВОДНЫХ: ДИЕНОЛОВ 1,3,4,6-ТЕТРАОКСОСИСТЕМ, ОКСАЛИЛЬНЫХ АНАЛОГОВ ПОЛИКЕТИДОВ, ОКСОИЛИДЕНПРОИЗВОДНЫХ ПЯТИЧЛЕННЫХ ОКСОГЕТЕРОЦИКЛОВ**В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых**

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

MODERN SITUATION AND PROSPECTIVES FOR INVESTIGATION OF *O,N*-HETERO-1,3-DIENE SYSTEMS, CONJUGATED WITH CARBONYL WITHDRAWING SUBSTITUENTS, THEIR LINEAR AND CYCLIC DERIVATIVES: DIENOLES OF 1,3,4,6-TETRAOXO SYSTEMS, OXALYL ANALOGUES OF POLYKETIDES, OXOYLIDENE DERIVATIVES OF FIVE-MEMBERED OXOHETEROCYCLES**V.O. Kozminykh, P.P. Mukovoz, E.N. Kozminykh**

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

В первом сообщении из серии работ, посвящённых исследованиям химии *O,N*-гетеро-1,3-диеновых систем, сопряжённых с карбонильными акцепторами, представлены обобщённые данные о получении, химическом разнообразии и строении 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений и некоторых *бис*-1,3-дикетонатов металлов(I).

Ключевые слова: химия сопряжённых *O,N*-гетеро-1,3-диеновых систем, 1,3,4,6-тетракарбонильные соединения, *бис*-1,3-дикетонаты металлов(I), синтез, строение.

The first part of publication series, devoted to study of the carbonyl withdrawing conjugated *O,N*-hetero-1,3-diene system chemistry, presents generalized data on the preparation, chemical diversity and structure of 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds and several metal(I) *bis*-1,3-diketonates.

Key words: chemistry coupled *O,N*-hetero-1,3-diene systems, 1,3,4,6-tetracarbonyl compounds, *bis*-1,3-diketonates (I), the synthesis, structure.

Предлагаемый нами обзор по химии сопряжённых *O,N*-гетеро-1,3-диеновых систем, их производных и родственных карбонильных соединений составлен из нескольких близких по тематике разделов, предназначенных для публикации в виде отдельных сообщений (первым сообщением серии является настоящий раздел 1.1 – см. ниже). В обобщающей работе приведены систематизированные данные о получении, химическом разнообразии, строении и свойствах метилкарбонильных соединений с тремя и более оксогруппами, содержащих сближенные 1,2(α)- и 1,3(β)-диоксозвенья, и их производных – сопряжённых с карбонильными акцепторами *O,N*-гетеро(окса-, аза)-1,3-диенов (рис. 1), перспективных для тонкого органического синтеза, структурного химического анализа и различных областей практического использования, в том числе в разработке биологически активных веществ. Особенностью данного обзора является изложение результатов собственных многолетних исследований, проводимых совместно с сотрудниками химических подразделений вузов Перми и Оренбурга, которым выражается искренняя признательность (табл. 1). Основы современных достижений в этой области были заложены в 70–80-х годах прошлого века профессором Ю.С. Андрейчиковым (1934–1996) – талантливый основателем Пермской научной школы органиков-синтетиков, что предопределило направление дальнейших исследований его учеников на многие годы вперёд. В представляемой итоговой работе

обсуждаются только оригинальные данные, а традиционный анализ предшествующей литературы и материалов других авторов представлен в обозначенных ниже ссылках на опубликованные обзоры и защищённые диссертационные работы, в которых имеются все детальные хронологические и фактические сведения; и на этом мы не считаем возможным вновь подробно останавливаться.

СОВРЕМЕННЫЕ ДОСТИЖЕНИЯ В ХИМИИ

1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СИСТЕМ И ИХ БЛИЖАЙШИХ АНАЛОГОВ. СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ 1,3,4,6-ТЕТРАКАРБОНИЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ И НЕКОТОРЫХ *бис*-1,3-ДИКЕТОНАТОВ МЕТАЛЛОВ(I)

1,3,4,6-Тетракарбонильные системы (**1**, ТКС, рис. 1) представляют особый раздел своеобразных по строению и физико-химическим свойствам оксосоединений, в которых присутствует уникальное сочетание сочленённых 1,3-диоксофункций с общим 1,2-дикарбонильным звеном. Это существенно отличает ТКС как от традиционных моно-β-дикетонов, так и от дикарбонильных соединений с двумя и более изолированными (в том числе отдалёнными на два и более атома углерода) 1,3-диоксофрагментами. С конца 80-х годов прошлого века коллективом сотрудников химических кафедр Пермского государственного фармацевтического института (позже академии – ПГФА), а в дальнейшем Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета (ПГГПУ) и Оренбургского государственного университета (ОГУ) (см. табл. 1), проводится поиск препаративных методов получения, детальное изучение физико-химических свойств разнообразных активированных карбонильными акцепторами *окса(аза)*-1,3-диеновых систем, в том числе енольных производных ТКС и продуктов их химических превращений. Осуществляется также разработка областей практического использования этих систем, в частности, скрининг биологической активности, выявление эффективных лекарственных субстанций и создание перспективных молекулярных магнетиков на основе координационных соединений ТКС с переходными металлами.

Ниже представлен список недавно защищённых диссертаций по этой тематике в Ярославском государственном техническом университете (ЯГТУ) и работ, подготавливаемых к защитах, а также указано количество публикаций сотрудников коллектива (табл. 2). Частично сведения о научной деятельности и публикациях сотрудников кафедры химии ПГГПУ размещены на сайте <http://www.pspu.ru/articles/433-kafedra-himii>.

Целенаправленные научные исследования в настоящее время проводятся в рамках федерального направления «Изучение поликарбонильных систем со сближенными дикарбонильными звеньями и их азотистых линейных и кольчатых производных: получение, строение, физико-химические и биологические свойства; исследование многокомпонентных и тандемных реакций в синтезе высокоспиновых молекулярных магнетиков и наносистем на основе координационных соединений с переходными металлами». Тематика исследований относится к приоритетному направлению развития науки и техники «Индустрия наносистем и материалов», критические технологии «Нанотехнологии и наноматериалы».

В обзоре современного состояния исследований химии ТКС нами излагаются результаты собственной работы, выполняемой на протяжении более двух десятилетий. На рис. 1 представлены основные методы получения ТКС **1** и некоторых исходных веществ для их синтеза, в том числе способы, используемые для препаративной наработки разнообразных соединений **1**. На схемах в квадратных скобках указаны ссылки на источники наших основных публикаций, в том числе по синтезу тетраоксосоединений. В табл. 1 (и последующих таблицах) в хронологическом порядке представлен список избранных статей в рецензируемых отечественных и зарубежных журналах по синтезу ТКС **1**, а также приведён перечень диссертационных работ за прошедшие десять лет. В дальнейшем с целью изложения возможно большего количества необходимых фактических данных при отсутствии достаточного количества опубликованных статей мы в ходе обсуждения

материала выборочно ссылаемся также и на другие, менее значимые работы, в том числе изданные в сборниках различного уровня (ссылки приведены в тексте; в схемах и таблицах указаны только наиболее важные рецензируемые статьи, вышедшие в центральных изданиях). На рис. 1 представлены ссылки на статьи по методам синтеза ТКС, на рис. 2 – по структурам, на рис. 3 – и по синтезу, и по структурам.

Таблица 1

**Состав коллектива сотрудников и результаты работы (публикации)
по синтезу 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1)**

Коллектив сотрудников (ПГФА, ПГГПУ, г. Пермь; ОГУ, г. Оренбург)		
Козьминых В.О., д.х.н., проф. (руков.)*; Козьминых Е.Н., д.фарм.н., к.х.н., проф. (руков.)*; Гончаров В.И., д.х.н., проф.; Игидов Н.М., к.х.н., д.фарм.н.; Беляев А.О., к.фарм.н.; Березина Е.С., к.фарм.н.; Буканова Е.В., к.фарм.н.; Долженко А.В., к.фарм.н.; Касаткина Ю.С., к.фарм.н.; Колотова Н.В., к.х.н.; Коньшина Л.О., к.х.н.; Новикова В.В., к.фарм.н.; Новикова О.А., к.х.н.; Трапезникова Н.Н., к.х.н.; Шавкунова Г.А., к.фарм.н.; Широнова Т.М., к.фарм.н.; Дворская О.Н., к.фарм.н.*; Зыкова С.С., к.фарм.н.*; Кириллова Е.А., к.х.н.*; Муковоз П.П., к.х.н.*; Бессонова Е.Н., асп.*; Виноградов А.Н., асп.*; Голуб Е.Е., соискатель по канд. дис.*; Горбунова А.В., асп.*; Карманова О.Г., асп.*; Левенец Т.В., асп.*; Литвинова Е.С., соискатель по канд. дис.; Мозгунова Е.М., асп.*; Свиридов А.П., соискатель по канд. дис.; Смирнова А.В., соискатель по канд. дис.; Соловьёва Е.А., соискатель по канд. дис.; Тарасова В.А., асп.*; Щербаков Ю.В., асп. (всего 33 сотр.; *состав коллектива в 2012 г.)		
Синтез 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1, рис. 1): итоги работы		
Год	Авторы и перечень основных статей в рецензируемых журналах (сокращённое наименование) [литературные источники]	Авторефераты диссертаций за прошедшее десятилетие [литературные источники]
1991	Козьминых В.О. и др., ХФЖ [1]	
1993	Kozminykh V.O. et al., J. prakt. Chem. [2]	
1999	Игидов Н.М. и др., ХГС [3]	
2000	Козьминых В.О. и др., Изв. АН. Сер. Хим. [4]	
2001	Широнова Т.М. и др., ЖОрХ [5]; Козьминых В.О. и др., ЖОрХ [6]	
2003		Касаткина Ю.С., к.фарм.н., Пермь [20]; Игидов Н.М. (к.х.н., 1993 [21]), д.фарм.н., Пермь [22]; Новикова В.В., к.фарм.н., Пермь [23]
2004		Новикова (Софьина) О.А., к.х.н., Пермь [24]
2006	Козьминых Е.Н. и др., ЖОХ [7]	
2007	Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [8-10]; Козьминых Е.Н. и др., ХГС [11]	Гончаров В.И., д.х.н., Астрахань [25]
2009	Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [12]; Кириллова Е.А. и др., Вестник ЮУрГУ [13]	
2010		Кириллова Е.А., к.х.н., Ярославль [26]; Муковоз П.П., к.х.н., Ярославль [27]
2011	Кириллова Е.А. и др., Изв. вузов. Хим. и хим. технол. [14]; Муковоз П.П. и др., Изв. вузов. Хим. и хим. технол. [15]	
2012, 2013 (в печати)	2012: Карманова О.Г. и др., Вестник ЮУрГУ [16, 17], Баш. хим. ж. [18]; 2013: Карманова О.Г. и др., Изв. вузов. Хим. и хим. технол. [19]	
Итого: 1991-2013	19 основных статей в Российских и зарубежных рецензируемых журналах [1 – 19]	8 защит диссертаций (2003-2010); авторефераты [20 – 27]

Таблица 2

Прошедшие в 2010 г. защиты (ЯГТУ) и состояние подготовки диссертационных работ сотрудниками химических кафедр ПГГПУ и ОГУ

Сотрудник, должность, организация	Название диссертации (рабочая тематика)	Сведения по защите (подготовке) диссертации	Количество публикаций
Защищённые диссертации			
Кириллова Е.А., аспирант кафедры химии ОГУ до 2010 г.	Синтез, особенности строения и свойства три- и тетракарбонильных соединений	Канд. хим. наук (02.00.03 – органическая химия), 18.11.2010 (ЯГТУ, Ярославль), руководитель проф. Козьминых Е.Н.	43 работы (10 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте кафедры химии
Муковоз П.П., соискатель по канд. дис. кафедры химии ПГГПУ (2010 г.)	Синтез, строение и свойства эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой кислоты	Канд. хим. наук (02.00.03 – органическая химия), 09.12.2010 (ЯГТУ, Ярославль), руководитель проф. Козьминых В.О.	58 работ (18 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте кафедры химии ПГГПУ
Подготовка докторских диссертаций			
Колотова Н.В., соискатель по докт. дис. кафедры химии ПГГПУ	Синтез, свойства и биологическая активность амидов и гидразидов дикарбоновых кислот	Завершается подготовка докт. дис., консультант проф. Козьминых В.О.	Более 120 работ (около 30 статей в журналах списка ВАК)
Дворская О.Н., соискатель по докт. дис. кафедры химии ПГГПУ	Многокомпонентные и тандемные реакции в синтезе поликарбонильных систем со сближенными 1,2- и 1,3-дикарбонильными звеньями и их азотистых производных	Подготовка докт. дис., консультант проф. Козьминых В.О.	14 работ (4 статьи в журналах списка ВАК), см. на сайте кафедры химии ПГГПУ
Муковоз П.П., соискатель по докт. дис. кафедры химии ПГГПУ с 2011 г.	Химия кетипиновой (3,4-диоксо-1,6-гександиовой) кислоты и её производных	Подготовка докт. дис., консультант проф. Козьминых В.О.	58 работ (18 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте кафедры химии ПГГПУ
Зыкова С.С., соискатель по докт. дис. кафедры химии ПГГПУ	Реакции тетракарбонильных систем с аминами и илиденаминами	Подготовка докт. дис., консультант проф. Козьминых В.О.	Более 20 работ (6 статей, из них 2 – в журналах списка ВАК)

Сотрудник, должность, организация	Название диссертации (рабочая тематика)	Сведения по защите (подготовке) диссертации	Количество публикаций
Подготовка кандидатских диссертаций			
Виноградов А.Н., аспирант кафедры химии ОГУ	Трёхкомпонентные нуклеофильные реакции системы пинаколин – диалкилоксалаты	Завершается подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых В.О.	41 работа (7 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте кафедры химии ПГГПУ
Карманова О.Г., аспирант кафедры химии ПГГПУ	Синтез, строение 1,6-диалкилпроизводных 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов и реакции с N-динуклеофилами	Завершается подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых Е.Н.	32 работы (6 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте каф. химии ПГГПУ
Левенец Т.В., аспирант кафедры химии ПГГПУ	Диазопроизводные алканоилпируватов: синтез, строение и свойства	Завершается подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых В.О.	13 работ (3 статьи в журналах списка ВАК)
Мозгунова Е.М., аспирант кафедры химии ОГУ	Поликетиды оксалильного типа с пятью и более карбонильными группами: синтез, строение и свойства	Подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых В.О.	22 работы (5 статей в журналах списка ВАК), часть из них см. на сайте кафедры химии ПГГПУ
Тарасова В.А., аспирант кафедры химии ОГУ с 2011 г.	Синтез, структурные особенности и свойства алифатических диоксокарбонитрилов	Подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых В.О.	
Бессонова Е.Н., аспирант кафедры химии ПГГПУ	Регионаправленность нуклеофильных превращений системы метилкетоны – диэтилоксалат	Подготовка канд. дис., руководитель проф. Козьминых В.О.	2 работы, см. на сайте кафедры химии ПГГПУ

Таблица 3

Основные публикации по химии бис-1,3-дикетонатов металлов (6)

Статьи по синтезу и строению бис-1,3-дикетонатов металлов(I) ¹ , (II) ² (6: рис. 3)	
Год	Авторы и перечень основных статей в рецензируемых журналах (сокращённое наименование) [литературные источники]
2007	Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [33] ¹
2008	Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [34] ¹
2009	Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [35] ¹ ; Кириллова Е.А. и др., Вестник ОГУ [36] ¹ ; Козьминых В.О. и др., Вестник ОГУ [41] ²
2012	Карманова О.Г. и др., Баш. хим. ж. [40] ¹

Нами разработаны новые и усовершенствованы известные способы получения ТКС **1** (см. рис. 1, табл. 1), представлены семь современных путей их синтеза. Среди них для препаративной наработки разнообразных 1,6-дизамещённых 1,3,4,6-тетраоксоалканов **1** ($R^1 = R^2 = \text{Alk, Ar, Het; Y = H}$), их ближайших производных и эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой (кетипиновой) кислоты **1** ($X = \text{OAlk, Y = H}$) наиболее часто используется сложноэфирная конденсация Гейтера-Клайзена метилкетонов или алкилацетатов с диалкилоксалатами (метод **A**) при соотношении реагентов 2:1 [1, 3-5, 8-19] или метилкетонов с эквимольным количеством ацилпируватов (**2**) (метод **B**) [3, 9] в присутствии оснований (гидрид натрия, натрий, метилат натрия и другие алкоголяты щелочных и щелочноземельных металлов). Менее значимый в настоящее время, но перспективный метод **B** [1, 3] заключается в кислотно катализируемом присоединении воды к 2-оксоилиденпроизводным фуран-3(2*H*)-онов (**3**), легко получаемым реакцией Виттига 2,3-фурандионов (**4**) с ацилметилентрифенилфосфоранами (ссылки на публикации будут представлены в соответствующем разделе по илиденоксогетероциклам). Отметим, что лактоны **4**, имеющие огромный синтетический потенциал, легко образуются при циклодегидратации доступных ацилпировиноградных кислот (**5**) или действии оксалилхлорида на метиленкарбонильные соединения. Фурандионы **4** в результате альдольной конденсации с арилметилкетонами, циануксусным эфиром или малондинитрилом, протекающей по лактонному карбонилу С(2) (методы **Г** [2, 3], **Е** [6, 8]) или реакции с алкилнитраминами (метод **Д** [2, 3]), легко образуют ТКС **1** ($R^{1(2)} = \text{Ar}$) с препаративными выходами. По методу **Ж** [7] из оксолактона **4** реакцией Виттига с фосфоранами получен доступный бензоильный аналог ТКС **1** ($Y = \text{PhCO}$). Кроме результатов наших исследований, литературные данные по синтезу и строению ТКС приведены в источниках, цитируемых в сводных публикациях [3, 8–10, 12] и диссертационных работах [20, 22, 24–27].

ТКС **1** (на рис. 1 и 2 представлены основные учитываемые равновесные структуры **1A**, **1B**, **1C**) в твёрдом состоянии выделены в линейной 1,6-диоксо-3,4-диенольной форме (**1B**), стабилизированной внутримолекулярной водородной связью (ВВС) $\text{OH} \cdots \text{O}=\text{C}<$ внутри двух сопряжённых шестичленных *ОН*-хелатов [1–3, 6, 12–19]. Таким образом, тетракетоны **1** фактически следует рассматривать как 1,6-дизамещённые 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы (нумерация проведена по карбонильному скелету молекулы). В растворах ТКС кроме таутомера **1B** в заметном количестве проявляется равновесная кольчатая оксофурановая форма (**1C**) [5, 6, 9, 12-17] (см. рис. 1, 2). В спектрах ЯМР ^1H обнаружены также минорные изомеры (номинальный **1A** и его производные **1D**, **1E**, **1F**) в количестве, не превышающем 3–5 % [13, 14, 16, 19]. В неполярных растворах соединения **1** представлены в основном диоксодиенольным таутомером **1B**, содержание которого всегда превышает сумму остальных форм (при их наличии) и часто достигает практически до 100 % [6, 12–16]. В полярных растворах у тетракетонов **1** обычно значительно возрастает содержание циклического таутомера **1C**, стабилизированного ВВС *ОН*-хелатного типа [13, 14, 16, 19], а в некоторых случаях этот таутомер является единственным [7, 11].

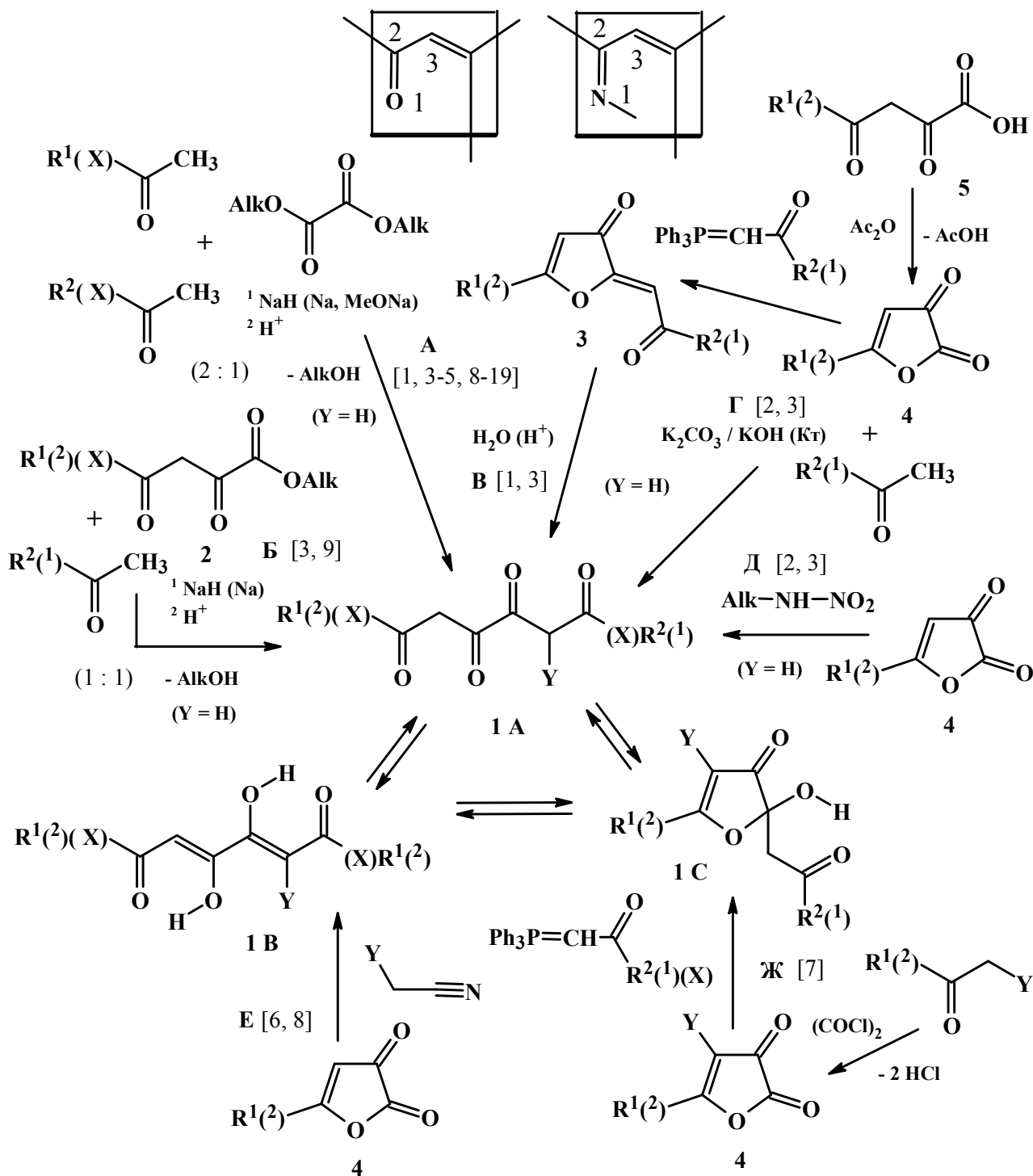
Нами изучены качественные динамические прототропные кольчато-цепные превращения и кольчато-кольчатые интерконверсии (для соединений **1** с различающимися заместителями R^1 и R^2) в растворах ТКС [13, 14, 16, 19]. Составлены рабочие базы данных на основе спектров ЯМР ^1H и масс-спектров 1,3,4,6-тетраоксосистем, часть результатов исследований представлена в публикациях 2011–2012 гг. [16, 19, 28-32].

Масс-фрагментация ТКС **1** в условиях электронного удара осуществляется преимущественно с распадом молекулы пополам на два более или менее равноценных звена – с разрывом связи С(3)–С(4) по скелетной оси симметрии (присутствуют главные

фрагменты Φ_1 и Φ_2), а также с элиминированием ацильного звена $R^{1(2)}CO$ (ионы Φ_3 и Φ_4) или образованием соответствующих ионов метилкетонов Φ_5 или Φ_6 [6, 30] (рис. 2). Молекулярный ион в спектрах соединений **1** всегда присутствует, его интенсивность заметно возрастает при переходе от алкильных заместителей $R^{1(2)}$ к арильным и, отчасти, сложноэфирным звеньям X.

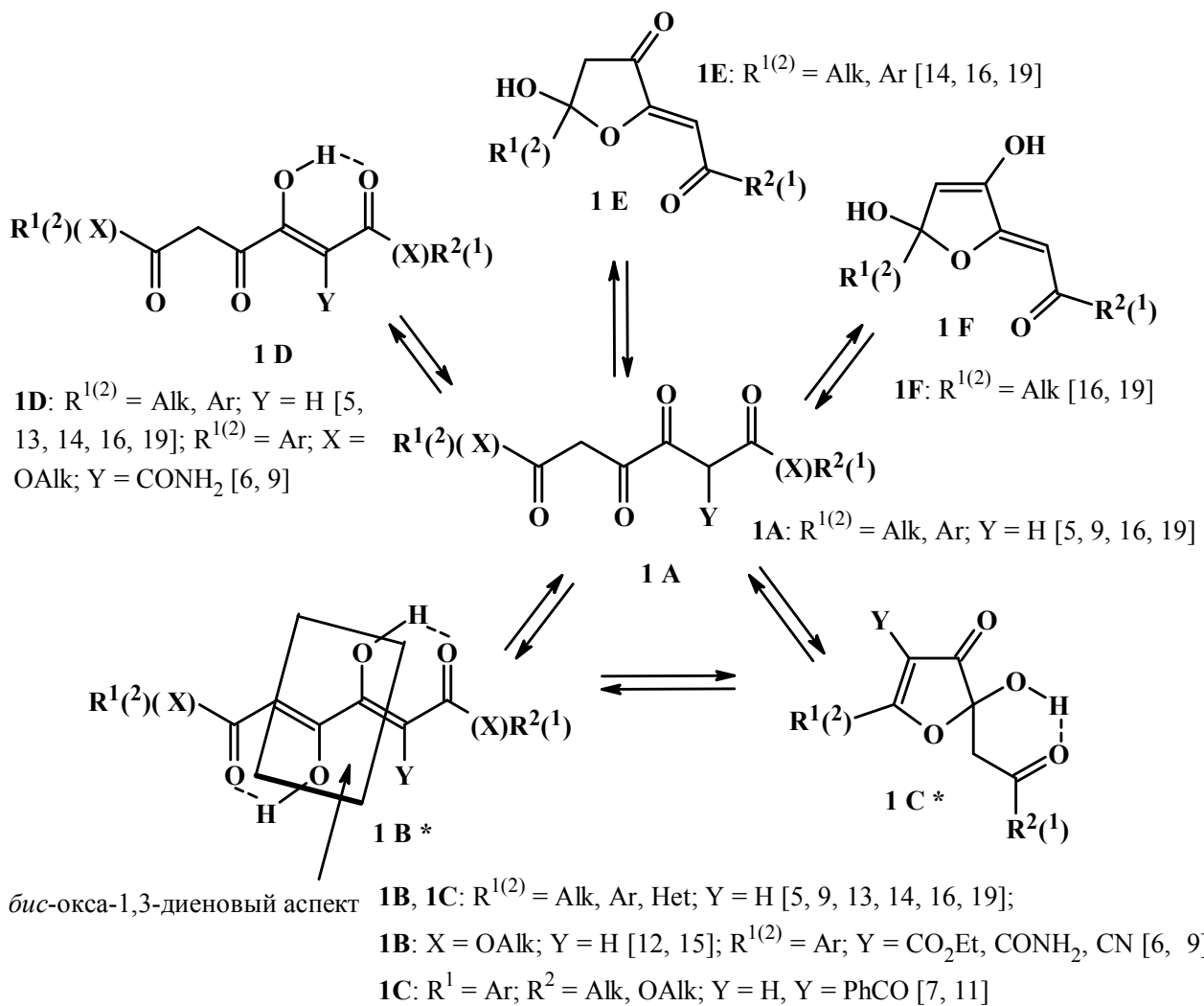
В ходе одnoreакторной или выполняемой постадийно оксалильной конденсации щавелевых эфиров с двукратным избытком одноимённых метилкетонов или эквимольными количествами различающихся заместителями R^1 и R^2 метилкетонов, или с алкилацетатами ($X = OAlk$) в присутствии оснований первоначально образуются легко выделяемые и довольно устойчивые *бис*-натрий-1,3-дикетонаты или *бис*-еноляты кетоэфиров ($X = OAlk$) (**6**) [10, 12-14, 33-40] (рис. 3) – основа для получения *бис*-дикетонатов металлов(II) [41]. Соли **6** при подкислении легко переходят в целевые диоксодиенолы (кетокрбоксилаты или кетипинаты) **1**. Спектральные данные (ИК, ЯМР) свидетельствуют о наличии у енолятов **6** (Z,Z)-изомерной структуры (**6A**) с «выровненными» π -связями за счёт делокализации электронной плотности при сольватации в растворах. В твёрдом состоянии соединения **6** имеют структуру осесимметричного по связи C(3)-C(4) 3,4-диенолята (2Z,4Z)-(**6B**) и, возможно, изомерного 1,6-диенолята (1Z,5Z)-(**6C**). В ряде случаев не исключена вероятность присутствия в растворах также 1,4-ONa-диенолята (1Z,4Z)-(**6D**) [12, 35, 38, 39]. В растворах соединений **6** отмечены также дополнительные равновесия с участием (Z,E)- и (E,E)-изомеров. Так, одним из источников таких равновесий является изомерная структура (Z,E)-(**6E**) с делокализованными двойными связями. В качестве конкретных структур здесь выступают наиболее вероятный (2Z,4E)-(**6F**)-изомер, а также возможные (1Z,5E)-(**6G**)- и (1E,4Z)-(**6H**)- геометрические формы [12, 35, 38]. В спектрах эфиров ($X = OAlk$) и трикетозэфиров ($R^1 = Ar$, $X = OAlk$) отмечены как изомер **6H**, так и в значительном количестве енолят (2E,4E)-(**6I**) [35] (см. рис. 3). Окончательный индивидуальный выбор в пользу того или иного изомера диенолятов в настоящее время довольно затруднителен, так как аморфные соединения **6** не удаётся очистить в достаточной степени с желаемым результатом, а их растворение для записи спектра сопровождается побочными процессами, например сольволиза (гидролиза). Исключение составляют некоторые динатриевые производные гексадиендиолов и кетипинатов, однозначно идентифицированные в виде (2Z,4Z)-(**6B**), (1E,4Z)-(**6H**) и (2E,4E)-(**6I**)-изомеров и описанные в работе [35].

Таким образом, 1,3,4,6-тетракарбонильные системы и их металло(I)производные – *бис*-1,3-дикетонаты – могут быть синтезированы с удовлетворительными выходами и препаративно наработаны разнообразными методами, а также характеризуются уникальными особенностями строения и связанным с этими особенностями широким комплексом важных физико-химических свойств.

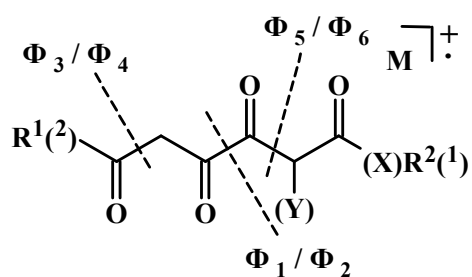


Таутомерия **1** [5, 6, 9, 12-19] **1**: $\text{R}^1, \text{R}^2 = \text{Alk, Ar, Het}$; $\text{X} = \text{OAlk}$; $\text{Y} = \text{H, CO}_2\text{Et, CONH}_2, \text{COPh, CN}$
(формы: минорная **1 A**, преобладающие **1 B** и **1 C**)

Рис. 1. Основные способы получения 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (**1**)



* Доминантные формы в твёрдом состоянии (**1B**: $Y = \text{H}$) и растворах: неполярных (**1B**: $Y = \text{H}$), полярных (**1C**: $Y = \text{H, PhCO}$) [5, 6, 9, 12-19]



1: $R^{1(2)} = \text{Alk, Ar}$ ($X = \text{OAlk}$); $Y = \text{H, CONH}_2$ [6, 30]

$\Phi_1 / \Phi_2 = R^{1(2)}\text{COCH}_2\text{CO} / R^{1(2)}\text{COCH}=\text{C}=\text{O}]+$

$\Phi_3 / \Phi_4 = R^{1(2)}\text{CO} / \text{M} - R^{1(2)}\text{CO}]+$

$\Phi_5 / \Phi_6 = (\text{X})R^{1(2)}\text{COCH}_2 / (\text{X})R^{1(2)}\text{COCH}_3 / \text{M} - (\text{X})R^{1(2)}\text{COCH}_2]+$

Рис. 2. Особенности строения, динамика кольчато-цепных равновесий и кольчато-кольчатых интерконверсий в растворах и основные направления масс-фрагментации 1,3,4,6-тетракарбонильных систем (1)

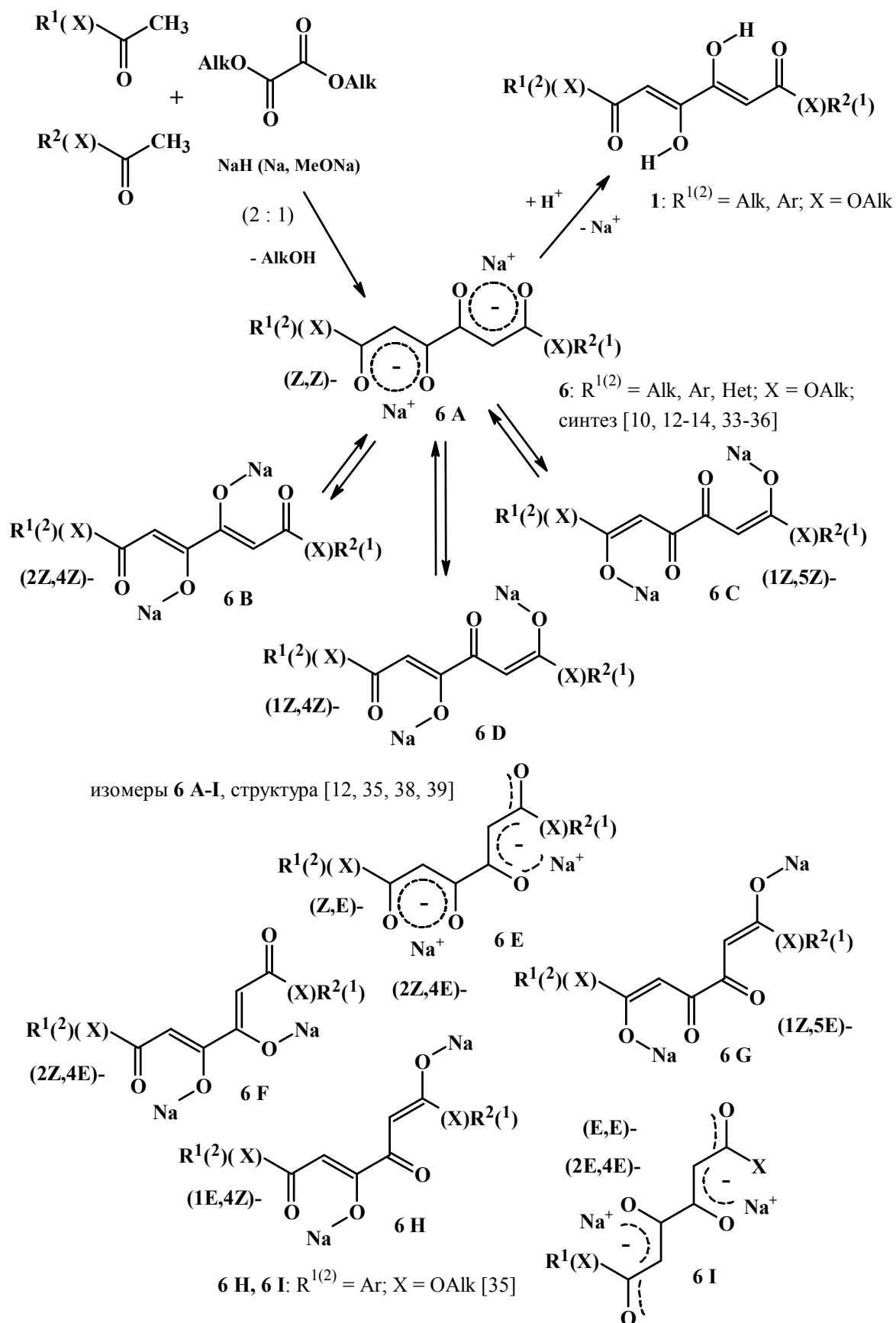


Рис. 3. Синтез и строение натриевых бис-1,3-дикетонатов (диенолятов) (6)

Список ссылок

1. Синтез и противомикробная активность 2-замещенных 5-арил-2,3-дигидро-3-фуранонов и 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон. [Химия 2-метилена-2,3-дигидро-3-фуранонов. V.] / В.О. Козьминых, Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, Л.О. Коньшина, З.Н. Семёнова, Н.В. Лядова, А.Н. Плаксина, Ю.С. Андрейчиков // Хим.-фарм. журнал. 1991. Т. 25. № 12. С. 43–47.
2. Kozminykh V.O., Konshina L.O., Igidov N.M. 1,3,4,6-Tetracarbonyl compounds. 1. The novel synthesis of 1,6-diaryl-3,4-dihydroxy-2,4-hexadiene-1,6-diones from 5-aryl-2,3-furandiones // J. prakt. Chem. (Chem.-Ztg.). 1993. Vol. 335. № 8. P. 714–716.
3. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. 3. Синтез, особенности строения и противомикробная активность 1,6-диарил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон / Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, О.А. Софьина, Т.М. Широина, В.О. Козьминых // Химия гетероцикл. соедин. 1999. № 11. С. 1466–1475.
4. Пивалоилпировиноградная кислота – новый реагент для ацилирования аминов / В.О. Козьминых, Н.М. Игидов, Е.С. Березина, Е.Н. Козьминых, Ю.С. Касаткина // Известия Академии Наук. Серия хим. 2000. № 9. С. 1564–1568.
5. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. IV. Взаимодействие 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон с гидразином и арилгидразинами / Т.М. Широина, Н.М. Игидов, Е.Н. Козьминых, Л.О. Коньшина, Ю.С. Касаткина, В.О. Козьминых // Журн. орган. химии. 2001. Т. 37. № 10. С. 1555–1563.
6. Козьминых В.О., Игидов Н.М., Касаткина Ю.С. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения. VI. Синтез эфиров и амидов 2-замещённых 6-арил-3,4-дигидрокси-6-оксо-2,4-гексадиеновых кислот // Журн. орган. химии. 2001. Т. 37. № 11. С. 1604–1609.
7. Необычное протекание реакции 4-бензоил-5-фенилфуран-2,3-диона с ацетилметилентрифенилфосфораном и метиловым эфиром трифенилфосфоранилиденуксусной кислоты / Е.Н. Козьминых, В.И. Гончаров, Р.А. Айткен, В.О. Козьминых // Журн. общей химии. 2006. Т. 76. № 8. С. 1276–1281.
8. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонс с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 2) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, 2007. Вып. 4 (68). С. 121–129.
9. Козьминых В.О., Гончаров В.И., Козьминых Е.Н. Конденсация Клайзена метилкетонс с диалкилоксалатами в синтезе биологически активных карбонильных соединений (обзор, часть 3) // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, 2007. Вып. 5 (69). С. 138–148.
10. Конденсация эфиров метиленактивных карбоновых кислот с диалкилоксалатами (обзор) / В.О. Козьминых, В.И. Гончаров, Е.Н. Козьминых, П.П. Муковоз // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, 2007. Вып. 9 (73). С. 134–149.
11. Простой метод синтеза эфиров 2-гидрокси-3-оксо-2,3-дигидрофуран-2-илуксусной кислоты / Е.Н. Козьминых, В.И. Гончаров, Д.Б. Оборин, В.О. Козьминых // Химия гетероциклических соединений. 2007. № 5 (479). С. 782–784.
12. Козьминых В.О., Муковоз П.П., Кириллова Е.А. 1,3,4,6-Тетракарбонильные системы. Сообщение 9. Диэтилкетипинат: синтез, особенности строения и взаимодействие с



1,2-диаминобензолом // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Оренбург, май 2009. Вып. 5. С. 155–166.

13. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез, цепная таутомерия и кольчато-цепные интерконверсии замещённых 3,4-дигидрокси-2,4-алкадиен-1,6-дионов // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Химия. Вып. 2. Челябинск, 2009. № 23 (156). С. 9–15.

14. Синтез, особенности строения и таутомерия 1,6-дизамещённых 3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов / Е.А. Кириллова, П.П. Муковоз, А.Н. Виноградов, В.О. Козьминых, О.Н. Дворская // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2011. Т. 54. № 4. С. 18–22.

15. Муковоз П.П., Дворская О.Н., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения эфиров 3,4-дигидрокси-1,6-гександиовой кислоты // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2011. Т. 54. № 5. С. 96–100.

16. 1,6-Диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионы: синтез и особенности строения / О.Г. Карманова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Химия. Вып. 8. Челябинск, 2012. № 13 (272). С. 4–9.

17. Особенности структурного разнообразия 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений, их аналогов и азотсодержащих производных (обзор) / О.Г. Карманова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых // Вестник Южно-Уральского гос. ун-та. Сер. Химия. Вып. 9. Челябинск, 2012. № 24. С. 39–45.

18. Современные достижения в области синтеза и изучения строения 1,3,4,6-тетракарбонильных систем и их ближайших аналогов / О.Г. Карманова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19. № 3. С. 109–114.

19. Синтез и структурное разнообразие 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионов / О.Г. Карманова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2013. Т. 56. № 1. С. 13–16.

20. Касаткина Ю.С. 1,3,4,6-Тетракарбонильные соединения: синтез, строение и биологическая активность: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пермь: ПГФА, 2003. 21 с.

21. Игидов Н.М. Рециклизация 5-арил-2-ацилметил-2,3-дигидро-3-фуранонов и продуктов их гидратации по экзо-этиленовой связи под действием моно- и бинуклеофилов: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Пермь: ПГУ, 1993. 16 с.

22. Игидов Н.М. Синтез биологически активных веществ на основе взаимодействия 1,3,4,6-тетракарбонильных и некоторых 1,2,4-трикарбонильных систем с нуклеофильными реагентами: автореф. дис. ... д-ра фарм. наук. Пермь: ПГФА, 2003. 46 с.

23. Новикова В.В. Противомикробная активность гетерофункциональных азот- и кислородсодержащих карбонильных соединений: автореф. дис. ... канд. фарм. наук. Пермь: ПГФА, 2003. 22 с.

24. Новикова О.А. Исследование взаимодействия поликарбонильных систем, содержащих сближенные α - и β -диоксофрагменты, с некоторыми бифункциональными аминами. Автореф. дис. ... канд. хим. наук. Пермская гос. фарм. акад. Пермь, 2004. 17 с.

25. Гончаров В.И. Синтез, химические превращения биологически активных функционализированных (O,M)-гетеро-1,3-диенов и их кольчатых аналогов: автореф. дис. ... д-ра хим. наук. Астрахань: Ставропольская гос. мед. акад., 2007. 46 с.

26. Кириллова Е.А. Синтез, особенности строения и свойства три- и тетракарбонильных соединений: автореф. дис. ... канд. хим. наук./ Оренбургский гос. ун-т, Ярославль; 2010. 22 с.

27. Муковоз П.П. Синтез, строение и свойства эфиров 3,4-диоксо-1,6-гександиовой кислоты: автореф. дис. ... канд. хим. наук. / Пермский гос. педагогический ун-т. Ярославль, 2010. 24 с.

28. Новый модифицированный метод получения 1,6-диалкилзамещённых 3,4-дигидрокси-1,6-гексадиен-1,6-дионон / О.Г. Карманова, С.С. Зыкова, П.П. Муковоз, В.О. Козьминых // Современные фундаментальные и прикладные исследования. Международное научное издание. Кисловодск: Магистр, 2011. № 3. С. 106–109.

29. Синтез и особенности строения 1,6-диалкилзамещённых 1,3,4,6-тетраоксогексанов О.Г. Карманова, С.С. Зыкова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз // Научное творчество XXI века: сборник статей по итогам V Международной науч.-практ. конф. Красноярск, январь 2012 г. Красноярск: Научно-инновационный центр, 2012. Т. 3. С. 264–269.

30. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П. Синтез и хромато-масс-спектрометрия 1,6-диалкил-3,4-дигидрокси-2,4-гексадиен-1,6-дионон // Вопросы естественных наук: биология, химия, физика: материалы Международной заочной науч.-практ. конф., Новосибирск, 4 апреля 2012 г. Новосибирск: Сибирская ассоциация консультантов, 2012. С. 95–101.

31. От оксо-форм 1,2,4-трикарбонильных и 1,3,4,6-тетракарбонильных систем через оксоенолы и 1,3-оксадиены к *O*-ацеталам и оксофуранам: длинный путь к истине / О.Г. Карманова, В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.Н. Козьминых // Успехи синтеза и комплексообразования. Всероссийская науч. конф. (с международным участием). К 95-летию со дня рождения Н.С. Простакова: тез. докл. Москва, Российский ун-т дружбы народов, 23–27 апреля 2012 г. Ч. 1. Секция «Органическая химия». М.: Изд-во РУДН, 2012. С. 226.

32. Карманова О.Г., Муковоз П.П., Козьминых В.О. Синтез и структурное разнообразие 1,6-диалкилзамещённых 1,3,4,6-тетракарбонильных соединений // Проблемы теоретической и экспериментальной химии: тез. докл. XXII Российской молодёжной науч. конф., посвящённой 100-летию со дня рождения А.А. Тагер. Екатеринбург, 24–28 апреля 2012 г. Екатеринбург: Изд-во Уральского ун-та, 2012. С. 334–335.

33. Синтез, экологические аспекты безопасности три- и тетракарбонильных лигандов и конструирование на их основе *металла*-хелатов и *металла*-криптандов как потенциальных молекулярных магнетиков / В.О. Козьминых, В.Л. Бердинский, В.И. Гончаров, П.П. Муковоз, Г.И. Кобзев, А.П. Свиридов, А.Г. Макаров, С.В. Курдакова, Е.А. Кириллова, Ю.В. Щербаков, Е.С. Литвинова, Е.Н. Козьминых, И.Н. Ноздрин // Вестник Оренбургского гос. ун-та. Проблемы экологии Южного Урала. Ч. 2. 2007. Спец. вып. 75. С. 171–174.

34. Металлопроизводные *p-p*-электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α - и β -диоксофрагментами. Сообщение 1. Обзор литературы / В.О. Козьминых, Е.А. Кириллова, Ю.В. Щербаков, П.П. Муковоз, А.Н. Виноградов, О.Г. Карманова, Е.Н. Козьминых // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2008. Вып. 9 (91). С. 185–198.

35. Металлопроизводные *p-p*-электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α - и β -диоксофрагментами. Сообщение 2. Синтез и строение натриевых енолятов оксопроизводных 1,3-дикарбонильных соединений / В.О. Козьминых, П.П. Муковоз, Е.А. Кириллова, Ю.В. Щербаков, А.Н. Виноградов, Е.А. Соловьёва, Е.М. Мозгунова, Е.С. Литвинова, А.П. Свиридов, И.В. Нарбеков, Т.В. Гамбург, С.А. Федосеев, Е.Н. Козьминых // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2009. Вып. 1 (95). С. 128–140.

36. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез династрий-(2*Z*,4*Z*)-1,6-диоксо-1-фенил-2,4-гептадиен-3,4-диолята и его реакция с *o*-фенилендиамином // Материалы конференции молодых учёных и специалистов Оренбургской области. // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2009. Вып. 2. С. 163.



37. Синтез поликарбонильных систем как лигандов для моно- и полиядерных металлокомплексов – перспективных полифункциональных наноматериалов / Е.А. Кириллова, П.П. Муковоз, А.В. Голоцван, В.О. Козьминых // Фотоника молекулярных наноструктур: материалы международной конф. Оренбург, 16–19 сентября 2009 г. Оренбург: Изд-во Оренбургского гос. ун-та, 2009. С. 70–71.

38. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез и особенности строения арилзамещённых натрий-оксоенолятов и бис-1,3-дикетонатов // Актуальные проблемы химии и методики её преподавания: материалы Всероссийской науч.-практ. конф. с международным участием. Нижний Новгород, Нижегородский гос. пед. ун-т, 10–12 декабря 2009 г. Нижний Новгород: НГПУ, 2009. С. 157–160.

39. Кириллова Е.А., Козьминых В.О. Синтез и изучение строения натриевых производных енолов с активированным моно- и бис-1,3-дикарбонильным звеном // Актуальные проблемы современной науки. Естественные науки. Часть 8. Органическая химия. Труды 10-й Международной конф. Самара, 16–18 декабря 2009 г. Самара: Изд-во Самарского гос. областного ун-та, 2009. С. 15–19.

40. Карманова О.Г., Козьминых В.О., Муковоз П.П. Синтез и строение динатрий-бис-диалкил-1,3-дикетонатов. Сообщение 4 [Металлопроизводные *p*- π -электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α - и β -диоксофрагментами] // Башкирский химический журнал. 2012. Т. 19. № 2. С. 82–84.

41. Металлопроизводные *p*- π -электроноизбыточных поликарбонильных систем с сочленёнными α - и β -диоксофрагментами. Сообщение 3. Синтез и строение металло(II)хелатов 4-оксозамещённых эфиров 2-гидрокси-2-алкеновых кислот / В.О. Козьминых, Е.А. Кириллова, А.Н. Виноградов, П.П. Муковоз, Ю.В. Щербаков, Е.М. Мозгунова, А.В. Голоцван, Е.Н. Козьминых // Вестник Оренбургского гос. ун-та. 2009. Вып. 4. С. 135–149.

УДК 547.725

**СИНТЕЗ И СТРОЕНИЕ ЭФИРОВ
4-АРИЛАЗОПИРАЗОЛ-3-КАРБОНОВЫХ КИСЛОТ
Т.В. Левенец, В.О. Козьминых**

Пермский государственный гуманитарно-педагогический университет, г. Пермь

**SYNTHESIS AND STRUCTURE
OF 4-ARYLAZOPYRAZOLE-3-CARBOXYLATES**

T.V. Levenetz, V.O. Kozminykh

Perm state humanitarian pedagogical university, Perm

Реакцией эфиров 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалкановых кислот с гидразингидратом в среде уксусной кислоты получены эфиры 4-арилазо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот. Обсуждаются особенности строения синтезированных соединений на основании данных УФ, ИК, ЯМР спектроскопии и масс-спектрометрии.

Ключевые слова: эфиры 4-арилазо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот, эфиры 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалкановых кислот, реакция с гидразингидратом, ЯМР ^1H , ИК, УФ спектроскопия, масс-спектрометрия.

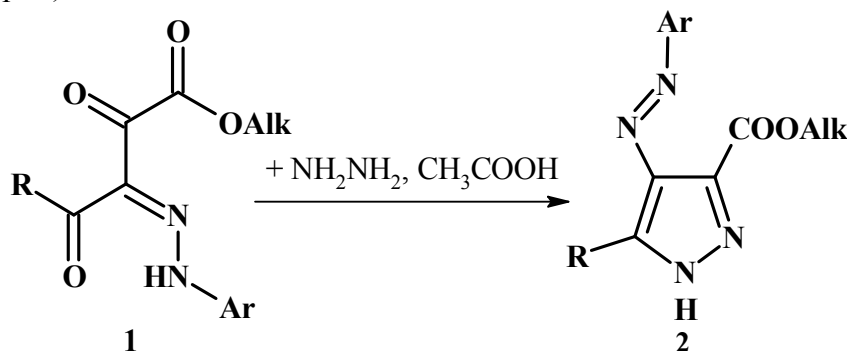
4-Aryldiazo-5-alkyl(hetaryl)pyrazole-3-carboxylates are obtained by the reaction of 3-aryldiazo-2,4-dioxoalkanoates with hydrazine hydrate in acetic acid. Structure peculiarities of the synthesized compounds are discussed in terms of UV, IR, NMR spectroscopy and mass-spectrometry.

Key words: esters of 4-aryldiazo-5-alkyl (hetaryl) pyrazole-3-carboxylic acids, esters of 3-aryldiazo-2,4-dioxoalkanoic acid, the reaction with hydrazine hydrate ^1H NMR, IR, UV spectroscopy, mass spectrometry.

Актуальность исследования химии производных пиразола обусловлена их синтетической значимостью. Пиразолкарбоновые кислоты и их производные находят широкое применение в качестве базовых объектов для получения ряда фармакологически важных пиразолсодержащих систем [1, 2].

Учитывая прикладное значение производных пиразола, нами при взаимодействии эфиров 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалкановых кислот (1) [3] с гидразингидратом в концентрированной уксусной кислоте с хорошими выходами получены эфиры 4-арилдiazо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот (2) (рис. 1).

Синтезированные соединения (2) представляют собой мелкокристаллические вещества жёлтого или оранжевого цвета, растворимые в этаноле, уксусной кислоте, этилацетате, бензоле, толуоле, ацетоне, хлороформе, не растворимые в воде. Физико-химические константы выделенных веществ представлены в таблице. Строение полученных соединений установлено на основании данных спектрального анализа (ЯМР ^1H -, ИК-, УФ-спектроскопии и масс-спектрометрии).



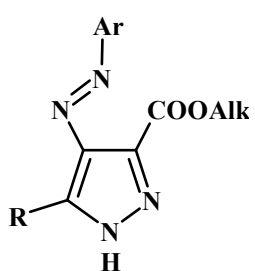
R = CH₃ (2а-в), C₂H₅ (2г-е), C₄H₉O (2-фурил) (2ж);

Alk = CH₃ (2г-е), C₂H₅ (2а-в, 2ж);

Ar = C₆H₅ (2а, 2г), 4-CH₃C₆H₄ (2б, 2д), 4-NO₂C₆H₄ (2в, 2е, 2ж)

Рис. 1. Синтез эфиров 4-арилдiazо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот (2а-ж)

Константы и физико-химические характеристики эфиров 4-арилдiazо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот (2а-ж)

Соединение	Заместители			Выход, %	Т. пл., °С (растворитель)	Брутто-формула (мол. масса)
	R	Ar	Alk			
						

2а	CH ₃	C ₆ H ₅	C ₂ H ₅	70	130-132 (CH ₃ COOH)	C ₁₃ H ₁₄ N ₄ O ₂ (258,29)
2б	CH ₃	4-CH ₃ C ₆ H ₄	C ₂ H ₅	82	156-158 (CH ₃ COOH)	C ₁₄ H ₁₆ N ₄ O ₂ (272,37)
2в	CH ₃	4-NO ₂ C ₆ H ₄	C ₂ H ₅	61	228-230 (CH ₃ COOH)	C ₁₃ H ₁₃ N ₅ O ₄ (303,32)
2г	C ₂ H ₅	C ₆ H ₅	CH ₃	96	108-110 (CH ₃ COOH)	C ₁₃ H ₁₄ N ₄ O ₂ (258,45)
2д	C ₂ H ₅	4-CH ₃ C ₆ H ₄	CH ₃	83	118-120 (CH ₃ COOH)	C ₁₄ H ₁₆ N ₄ O ₂ (272,25)
2е	C ₂ H ₅	4-NO ₂ C ₆ H ₄	CH ₃	59	180-182 (CH ₃ COOH)	C ₁₃ H ₁₃ N ₅ O ₄ (318,25)
2ж	C ₄ H ₃ O (2-фурил)	4-NO ₂ C ₆ H ₄	C ₂ H ₅	56	120-122 (CH ₃ COOH)	C ₁₆ H ₁₃ N ₅ O ₅ (355,30)

В спектрах ЯМР ¹H соединений **2а**, **2б**, записанных в растворе дейтерохлороформа, наблюдается удвоение сигналов всех протонсодержащих групп. Так, в спектрах отмечены триплетные сигналы CH₃-группы в области 1,32 – 1,42 м.д., квадруплетные сигналы группы CH₂ этокси-фрагмента – в области 4,31 – 4,46 м.д. Синглет группы CH₃ в положении 5 пиразольного кольца формы **2А** отмечен при 2,58 м.д. и 2,56 м.д., формы **2Б** – при 1,84 м.д. и 2,11 м.д. для соединений **2а** и **2б** соответственно. Сигналы протонов ароматического кольца обнаружены в области 6,89 – 7,87 м.д. В спектрах ЯМР ¹H соединений **2а** и **2б** отсутствуют сигналы NH-протонов, что, вероятно, обусловлено наличием прототропного равновесия в растворе хлороформа (рис. 2). Однако в ИК-спектрах соединений **2а** и **2б**, записанных в пасте твердого вещества в вазелиновом масле, имеются отчетливые полосы поглощения группы NH при 3175 см⁻¹ и 3198 см⁻¹ соответственно, что свидетельствует о фиксированном положении NH-протона.

В спектрах ЯМР ¹H пиразолов **2в-ж** отмечены сигналы протонов сложноэфирного фрагмента, бензольного кольца и связанных с ним заместителей, а также сигналы заместителей в положении 5 пиразольного кольца. В ИК-спектрах соединений **2в-е** наблюдаются полосы поглощения NH-группы в области 3176 – 3222 см⁻¹, карбонильной группы в области 1694 – 1729 см⁻¹.

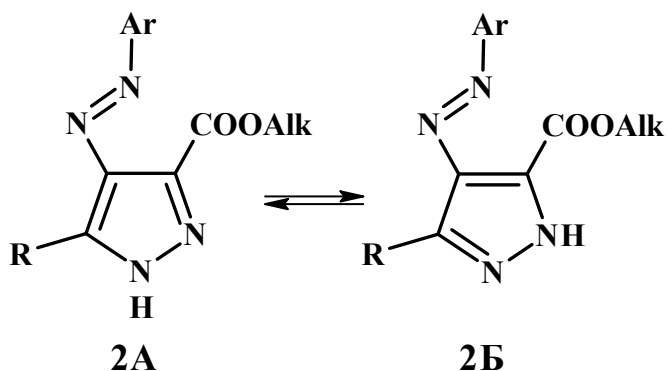


Рис. 2. Прототропное равновесие в растворе хлороформа соединений **2а** и **2б**

В УФ-спектре соединения **2ж** имеется три максимума поглощения при 270 нм (lg ε = 4,71), 322 нм (lg ε = 4,56) и 393 нм (lg ε = 4,57). Пятичленные ненасыщенные гетероциклические соединения имеют две полосы поглощения в области 200 – 250 нм. Введение заместителей в кольцо приводит к батохромному смещению полос поглощения и их перекрыванию. Полосы поглощения с максимумами при 270 и 322 нм свидетельствуют о поглощении пиразольного и фурильного колец, соответственно. Полоса поглощения при 393 нм обусловлена поглощением азогруппы. Известно, что метиловый эфир 5-фенил-4-

фенилдиазо-1Н-пиразол-3-карбоновой кислоты поглощает при 340 нм [2]. Батохромное смещение всех полос поглощения соединения **2ж** и возрастание их интенсивности обусловлено сопряжением хромофорной NO_2 -группы с кратными связями.

Масс-спектр соединения **2ж** содержит пик молекулярного иона с $m/z = 355$ и относительной интенсивностью 12 %, а также ионные фрагменты с m/z ($I_{\text{отн}}$): 309 (2), 233 (39), 122 (24), 94 (40), 93 (16), 92 (10), 66 (10), 64 (32), 51 (51), 46 (7), 45 (12), 39 (100). Характер фрагментации соединения **2ж** согласуется с предложенной структурой. Образование пика иона с $m/z = 94$ и интенсивностью 40 % свидетельствует о существовании синтезированного соединения **2ж** преимущественно в азоформе наряду с возможной таутомерной гидразонной формой. Наличие в масс-спектре интенсивного пика фрагментного иона с m/z 64 подтверждает наличие пиразольного кольца. Значимым направлением фрагментации для соединений, содержащих пятичленные гетероароматические звенья, является разрыв связи углерод – гетероатом [4]. Образование при масс-распаде соединения **2ж** максимального по интенсивности пика ионного фрагмента $C_3H_3^+$ с m/z 39 и пика $C_4H_3^+$ с m/z 51 свидетельствует о присутствии в молекуле пиразольного и фурильного колец, соответственно.

Таким образом, эфиры 4-арилдиазо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот (**2**) легко образуются при взаимодействии эфиров 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалкановых кислот (**1**) с гидразингидратом. Строение синтезированных соединений (**2**) установлено на основании данных спектрального анализа.

Экспериментальная химическая часть

ИК-спектры полученных соединений записаны на спектрофотометре «Инфралюм ФТ-02», ИК-Фурье спектрометре «Spectrum Two» в пасте твердого вещества в вазелиновом масле (**2а-е**) и в растворе хлороформа (**2ж**). Спектры ЯМР 1H соединений получены на приборе «MERCURYplus-300» (300,05 МГц) в растворах дейтерохлороформа и $DMCO-d_6$, внутренний стандарт – ТМС. УФ-спектр полученного соединения **2ж** записан на спектрофлуориметре СМ 2203 в растворе *n*-пропанола с 10^{-5} моль/дм³. Хромато-масс-спектры записаны на приборе Agilent Technologies 6890 N / 5975 В, колонка HP-5ms, 30 м X 0,25 мкм, газ-носитель – гелий (1 мл/мин), ионизация электронным ударом (70 эВ), приведены значения m/z (I , % по отношению к максимальному пику).

Синтез эфиров 4-арилдиазо-5-алкил(гетарил)пиразол-3-карбоновых кислот (2а-ж). К раствору 3 ммоль эфиров 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалкановых кислот (**1**) [3] в 30 мл концентрированной уксусной кислоты добавляют 3 ммоль (0,19 мл) гидразингидрата. Выпавший осадок отфильтровывают, перекристаллизовывают из уксусной кислоты.

Этиловый эфир 4-фенилдиазо-5-метилпиразол-3-карбоновой кислоты (2а). Выход: 0,54 г (70 %), т. пл. 130-132°С. Спектр ЯМР 1H ($CDCl_3$), δ , м.д., (J , Гц): 1,32 т (3H, \underline{CH}_3CH_2O , форма **2Б**, J 7,2), 1,42 т (3H, \underline{CH}_3CH_2O , форма **2А**, J 7,2), 1,84 с (3H, CH_3 форма **2Б**, 9%), 2,58 с (3H, CH_3 форма **2А**, 91%), 4,32 кв (2H, $CH_3\underline{CH}_2O$, форма **2Б**, J 7,2), 4,46 кв (2H, $CH_3\underline{CH}_2O$, форма **2А**, J 7,2), 6,96-6,98 + 7,18-7,23 м (5H, C_6H_5 , форма **2Б**), 7,42-7,51 + 7,84-7,87 м (5H, C_6H_5 , форма **2А**). ИК-спектр (ваз. масло), ν , см⁻¹: 3175 ν_{NH} , 3073, 3035 ν_{CH} , 1720 $\nu_{C=O}$, 1582, 1524 $\nu_{CC} + \nu_{N=N}$, 1287, 1210 $\delta_{пл} CH$, 1048.

Этиловый эфир 4-(4-метилфенил)диазо-5-метилпиразол-3-карбоновой кислоты (2б). Выход: 0,67 г (82 %), т. пл. 156-158°С. Спектр ЯМР 1H ($CDCl_3$), δ , м.д., (J , Гц): 1,32 т (3H, \underline{CH}_3CH_2O , форма **2Б**, J 7,2), 1,42 т (3H, \underline{CH}_3CH_2O , форма **10А**, J 7,2), 1,82 с (3H, CH_3 форма **2Б**), 2,11 с (3H, CH_3 форма **2Б**, 12%), 2,41 с (3H, CH_3 форма **2А**), 2,56 с (3H, CH_3 форма **2А**, 88 %), 4,31 кв (2H, $CH_3\underline{CH}_2O$, форма **2Б**, J 7,2), 4,46 кв (2H, $CH_3\underline{CH}_2O$, форма **2А**, J 7,2), 6,89 д (2H, C_6H_4 , форма **2Б**, J 8,1), 7,07 д (2H, C_6H_4 , форма **2Б**, J 8,1), 7,27 д (2H, C_6H_4 , форма **2А**, J 8,1), 7,76 д (2H, C_6H_4 , форма **2А**, J 8,1). ИК-спектр (ваз. масло), ν , см⁻¹: 3198 ν_{NH} , 3103, 3032 ν_{CH} , 1703 $\nu_{C=O}$, 1577, 1557, 1541 $\nu_{CC} + \nu_{N=N}$, 1284, 1214 $\delta_{пл} CH$, 1113, 1035.

Этиловый эфир 4-(4-нитрофенил)диазо-5-метилпиразол-3-карбоновой кислоты

(2в). Выход: 0,55 г (61 %), т. пл. 228-230 °С. Спектр ЯМР ¹H (DMCO-*d*₆), δ, м.д., (J, Гц): 1,34 т (3H, CH₃CH₂O, J 6,9), 2,55 с (3H, CH₃), 4,37 кв (2H, CH₃CH₂O, J 6,9), 7,96 д (2H, C₆H₄, J 8,7), 8,43 д (2H, C₆H₄, J 8,7), 13,87 уш.с. (1H, NH). ИК-спектр (ваз. масло), ν, см⁻¹: 3221 ν_{NH}, 3081, 3024 ν_{CH}, 1694 ν_{C=O}, 1607, 1585, 1561, 1514 ν_{CC} + ν_{N=N}, 1346 ν_{sNO₂}, 1285, 1215 δ_{пл CH}, 1129, 1099, 1033, 1013.

Метилловый эфир 4-фенилдиазо-5-этилпиразол-3-карбоновой кислоты (2г).

Выход: 0,74 г (96 %), т. пл. 108-110 °С. Спектр ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м.д., (J, Гц): 1,30 т (3H, CH₃CH₂, J 7,5), 3,00 кв (2H, CH₃CH₂, J 7,5), 4,00 с (3H, OCH₃), 7,41-7,51 + 7,83-7,87 м (5H, C₆H₅). ИК-спектр (ваз. масло), ν, см⁻¹: 3176 ν_{NH}, 1729 ν_{C=O}, 1571 ν_{CC} + ν_{N=N}, 1284, 1248, 1210, 1198 δ_{пл CH}, 1060, 1040.

Метилловый эфир 4-(4-метилфенил)диазо-5-этилпиразол-3-карбоновой кислоты (2д).

Выход: 0,68 г (83 %), т. пл. 118-120 °С. Спектр ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м.д., (J, Гц): 1,29 т (3H, CH₃CH₂, J 7,5), 2,41 с (3H, CH₃), 2,99 кв (2H, CH₃CH₂, J 7,5), 3,99 с (3H, OCH₃), 7,27 д (2H, C₆H₄, J 8,1), 7,76 д (2H, C₆H₄, J 8,1). ИК-спектр (ваз. масло), ν, см⁻¹: 3202 ν_{NH}, 3088 ν_{CH}, 1718 ν_{C=O}, 1598 ν_{CC} + ν_{N=N}, 1280, 1237, 1210, 1145 δ_{пл CH}, 1028, 950.

Метилловый эфир 4-(4-нитрофенил)диазо-5-этилпиразол-3-карбоновой кислоты (2е).

Выход: 0,54 г (59 %), т. пл. 180-182 °С. Спектр ЯМР ¹H (CDCl₃), δ, м.д., (J, Гц): 1,34 т (3H, CH₃CH₂, J 7,5), 3,00 кв (2H, CH₃CH₂, J 7,5), 3,91 с (3H, OCH₃), 7,97 д (2H, C₆H₄, J 9,0), 8,44 д (2H, C₆H₄, J 9,0). ИК-спектр (ваз. масло), ν, см⁻¹: 3222 ν_{NH}, 3106 ν_{CH}, 1703 ν_{C=O}, 1607, 1589, 1562, 1508 ν_{CC} + ν_{N=N}, 1347 ν_{sNO₂}, 1317, 1290, 1246, 1218 δ_{пл CH}, 1129, 1106, 1095, 1035, 959.

Этиловый эфир 4-(4-нитрофенил)диазо-5-фурилпиразол-3-карбоновой кислоты

(2ж). Выход: 0,60 г (56 %), т. пл. 120-122 °С. Спектр ЯМР ¹H (DMCO-*d*₆), δ, м.д., (J, Гц): 1,31 т (3H, CH₃CH₂O, J 7,2), 4,35 кв (2H, CH₃CH₂O, J 7,2), 6,75-6,76 м (1H, C₄H₃O), 7,33-7,34 м (1H, C₄H₃O), 7,99-8,07 м (2H, C₆H₄ + 1H, C₄H₃O), 8,42-8,48 м (2H, C₆H₄), 10,37 уш.с. (1H, NH). ИК-спектр (CHCl₃), ν, см⁻¹: 1728 ν_{C=O}, 1677, 1668, 1608 ν_{CC} + ν_{N=N}, 1528, 1464, 1401, 1345 ν_{sNO₂}, 1107, 860. УФ-спектр (*изо*-пропанол), λ, нм: 270 (lg ε = 4,71), 322 (lg ε = 4,56), 393 (lg ε = 4,57). Масс-спектр, *m/z* (*I*_{отн}, %), приведены ионы с *I*_{отн} > 5%: 355 [M]⁺ (12), 280 (7), 233 [M – C₆H₄NO₂]⁺ (39), 161 (39), 133 (15), 131 (7), 122 [C₆H₄NO₂]⁺ (24), 119 (7), 106 (30), 105 (23), 104 (7), 103 (12), 94 [C₄H₃OC = NH]⁺ (40), 93 (16), 92 [M – C₄H₃O – C₆H₄NO₂ – CO₂C₂H₅]⁺ (10), 90 (8), 79 (6), 78 (19), 77 (56), 76 (94), 75 (78), 74 (20), 68 (7), 66 (10), 65 [C₃N₂H]⁺ (21), 64 [C₃N₂]⁺ (32), 63 (35), 62 (11), 55 (9), 54 (8), 53 (24), 52 (21), 51 [C₄H₃]⁺ (51), 50 (71), 46 [NO₂]⁺ (7), 45 [OC₂H₅]⁺ (12), 44 [COO]⁺ (7), 43 (33), 42 (20), 41 (18), 40 (15), 39 [C₃H₃]⁺ (100), 38 (28).

Список ссылок

1. Иванский В.И. Химия гетероциклических соединений. М.: Высшая школа, 1978. 559 с.
2. Пименова Е.В., Воронина Е.В. Антимикробная активность пиразолов и пиридазинов, полученных взаимодействием 4-арил-3-арилгидразоно-2,4-диоксобутановых кислот и их эфиров с гидразинами // Химико-фармацевтический журнал. 2001. Т. 35. № 11. С. 18–20.
3. Левенец Т.В., Козьминых В.О., Козьминых Е.Н. Синтез и структура 3-арилгидразоно-2,4-диоксоалканоев // Известия высших учебных заведений. Химия и химическая технология. Иваново: ИГХТУ, 2013. Т. 56. № 2. С. 22–25.
4. Сильверстейн Р., Вебстер Ф., Кимл Д. Спектрометрическая идентификация органических соединений: пер. с англ. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2012. 557 с.

Электронное научное издание

**ВЕСТНИК ПЕРМСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
ГУМАНИТАРНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОГО УНИВЕРСИТЕТА**

Серия № 2

Физико-математические и естественные науки

ВЫПУСК 1, 2013

Электронный научный журнал

Ответственный редактор
Полежаев Денис Александрович
Ответственный секретарь
Селиванов Алексей Евгеньевич

Редактор *М.Н. Афанасьева*
Компьютерная верстка *С.С. Дубровских*

Свидетельство о государственной аккредитации вуза
№ 1806 от 11.03.2009
Изд. лиц. ИД № 03857 от 30.01.2001
Подписано в печать 18.06.2013. Формат 60х90 1/8
Набор компьютерный. Усл. печ. л. 13,5. Уч.-изд. л. 10,0

Редакционно-издательский отдел
Пермского государственного гуманитарно-педагогического университета
614990, г. Пермь, ГСП, ул. Сибирская, 24, корп. 2, оф.71
тел. (342) 238-63-12
e-mail: rio@pspu.ru