

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 3 (3)

2013

СОДЕРЖАНИЕ

БИОЛОГИЯ

- Мазей Ю. А., Цыганов А. Н., Митяева О. А., Бабешко К. В.* Раковинные амебы в сфагновых болотах (по материалам заповедника «Приволжская лесостепь»)..... 3
- Ручин А. Б., Егоров Л. В.* Новые данные по колеоптерофауне Национального парка «Смольный» (Республика Мордовия) 20
- Ручин А. Б., Михайленко А. П.* О находках бескрылой кобылки (*Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758)) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE) в Мордовии 28
- Большаков Л. В., Полумордвинов О. А.* Изученность фауны чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Пензенской области 33

ХИМИЯ

- Васин В. А., Мастерова Ю. Ю.* О региоселективности присоединения фенилазида к некоторым (фенилэтинил)сульфонам..... 46
- Вилкова Н. Г., Волкова Н. В., Козлова Е. П.* Влияние реологических свойств суспензий на структуру пен 54
- Ускова Е. Н., Окина Е. В., Танасейчук Б. С., Епифанова Н. А., Ницев К. Н.* Сорбционно-флуориметрическое определение алюминия и цинка в металлматричных композиционных материалах на основе Al-SiC 64
- Гольдфейн М. Д., Кожевников Н. В.* Химия полимеров как основа некоторых технологий и решения проблем охраны окружающей среды 74

ВСТРЕЧИ И КОНФЕРЕНЦИИ

- Новикова Л. А., Леонова Н. А.* Итоги Международной научной конференции «Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана» 91

UNIVERSITY PROCEEDINGS
VOLGA REGION

NATURAL SCIENCES

№ 3 (3)

2013

CONTENTS

BIOLOGY

- Mazei Yu. A., Tsyganov A. N., Mityaeva O. A., Babeshko K. V.* Testate amoebae in sphagnum bogs (on the data of natural reserve «The Volga region forest-steppe») 3
- Ruchin A. B., Egorov L. V.* New data on coleoptera fauna of the National Park «Smolny» (Republic of Mordovia) 20
- Ruchin A. B., Mikhaylenko A. P.* On findings of *Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE) in the Republic of Mordovia 28
- Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A.* Review of the fauna of lepidoptera (Insecta: Lepidoptera) in Penza region 33

CHEMISTRY

- Vasin V. A., Masterova Yu. Yu.* On regioselectivity of phenylazide addition to some phenylethynyl sulfones 46
- Vilkova N. G., Volkova N. V., Kozlova E. P.* Influence of reological properties of suspensions on foam structure 54
- Uskova E. N., Okina E. V., Tanaseychuk B. S., Epifanova N. A., Nishchev K. N.* Sorption-fluorimetric determination of aluminium and zinc in metal-matrix AlSiC-based composite materials 64
- Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V.* Chemistry of polymers as a basis of some technologies and solution of environmental problems 74

MEETINGS AND CONFERENCES

- Novikova L. A., Leonova N. A.* Results of the International scientific conference «Forest-steppe of Eastern Europe: structure, dynamics and protection» 91

УДК 593.11

Ю. А. Мазей, А. Н. Цыганов, О. А. Митяева, К. В. Бабешко

РАКОВИННЫЕ АМЕБЫ В СФАГНОВЫХ БОЛОТАХ (ПО МАТЕРИАЛАМ ЗАПОВЕДНИКА «ПРИВОЛЖСКАЯ ЛЕСОСТЕПЬ»)¹

Аннотация. *Актуальность и цели.* Раковинные амёбы обильно и разнообразно представлены в моховых биотопах, где могут составлять до половины общей микробной биомассы. Целью работы явилось обобщение материала, касающегося структуры сообществ раковинных амёб в двух сфагновых болотах, расположенных на территории заповедника «Приволжская лесостепь»: озере Светлом и молодом Кунчеровском торфянике. *Материалы и методы.* В озере Светлом пробы были собраны на шести станциях: 1) сфагнум, погруженный в воду, расположенный на самом краю болота на границе с лесом; 2) переходное болото со сформированными кочками вейника сероватого; 3) середина ровной сфагнутой сплавины; 4) край сфагнутой сплавины, обращенный к озеру; 5) донные осадки озера; 6) небольшая сфагновая сплавина с развитым березняком. В Кунчеровском торфянике пробы были отобраны на четырех станциях: 1) в центре сфагнутой сплавины в микробиотопе *Sphagnum magellanicum* Brid.; 2) в центре сфагнутой сплавины в микробиотопе *Sphagnum angustifolium* C. Jens; 3) на краю сфагнутой сплавины в микробиотопе *Sphagnum squarrosum* Pers.; 4) в вейниковой зоне болота. *Результаты.* Сообщество раковинных амёб в молодом болоте имеет ряд особенностей. Специфика проявляется главным образом в видовом составе: доминируют широко распространенные виды *Assulina muscorum*, *Arcella arenaria*, *Phryganella hemisphaerica*, *Euglypha laevis* и отсутствуют типичные сфагнобионты из родов *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Heleopera*. Отмечена низкая гетерогенность вертикальной структуры, так как доминирующие виды обильно представлены на всех горизонтах. В пределах заболоченного озера Светлого можно выделить несколько уровней дифференциации сообщества раковинных амёб, на каждом из которых формируются различные варианты ценозов, различающиеся видовой структурой: в масштабе всего озера – детритное, лесных сфагнумов и сфагнутой сплавины; в масштабе сфагновых биотопов – лесное, открытой сплавины и залесенной сплавины; в пределах открытой сплавины – мелкомасштабная горизонтальная и вертикальная дифференциация. *Выводы.* Закономерности пространственной структуры сфагнобионтных раковинных амёб зависят от возраста болотной экосистемы. В болотах, находящихся на ранних стадиях становления, отсутствуют «ключевые» виды амёб – миксотрофные *Hyalosphenia papilio* и *Heleopera sphagni*, возможно, являющиеся наиболее сильными «организаторами» структуры ценозов раковинных амёб (в том числе и вертикальной) в «зрелых» болотных экосистемах.

Ключевые слова: раковинные амёбы, сфагновые болота, лесостепная зона.

¹ Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (12-04-33118-мол_а_вед).

Yu. A. Mazei, A. N. Tsyganov, O. A. Mityaeva, K. V. Babeshko

**TESTATE AMOEBAE IN SPHAGNUM BOGS
(ON THE DATA OF NATURAL RESERVE
«THE VOLGA REGION FOREST-STEPPE»)¹**

Abstract. *Background.* Testate amoebae are abundant and diverse in moss biotopes and contribute up to 50 % of the total microbial biomass. The purpose of the study was to summarize the data on testate amoebae communities in two Sphagnum bogs: Svetloye Lake and peatland Kuncherovo. *Materials and methods.* In Lake Svetloye the samples were taken at six stations: 1) Sphagnum submerged into water on the border between the forest and the lake; 2) transitory bog with generated reedgrass tussocks; 3) mid of the flat *Sphagnum* quagmire; 4) edge of *Sphagnum* quagmire; 5) lake sediments; 6) small area of *Sphagnum* quagmire with birch forest. In Kuncherovo peatland the samples were taken at four stations: 1) in the mid of *Sphagnum magellanicum* lawn; 2) in the mid of *Sphagnum angustifolium* lawn; 3) on the edge of quagmire, *Sphagnum squarrosum* habitat; 4) fen with reedgrass tussocks. *Results.* Testate amoebae community in a young peatland is characterized by its peculiar species composition with predominance of such widespread species as (*Assulina muscorum*, *Arcella arenaria*, *Phryganella hemisphaerica*, and *Euglypha laevis*) and by the absence of common sphagnobionts from such genera as *Nebela*, *Hyalosphenia*, and *Heleopera*. Vertical heterogeneity of the community structure is weakly manifested as dominant species are abundant in all horizons. Several levels of the community differentiation were determined within Lake Svetloe. The following types of amoeba communities were described within the whole lake: the detritus community, the forest community, and the sphagnum quagmire community. The forest community, the community of open sphagnum quagmire, and the forested quagmire community were distinguished in the sphagnum biotopes. The small-scale horizontal and vertical differentiation was peculiar of the open sphagnum quagmire. *Conclusions.* Patterns of spatial distribution of testate amoebae in Sphagnum are affected by the age of boggy ecosystem. The key species are absent in a peatland at the initial state of its transformation into a bog. They are likely to characterize the upper layers (*Hyalosphenia papilio* and *Heleopera sphagni*), both of which are mixotrophic and, probably, they play a crucial role in shaping all microbial community in «mature» boggy ecosystems.

Key words: testate amoebae, sphagnum bogs, forest-steppe zone.

Раковинные амебы – свободноживущие гетеротрофные протисты, представляющие собой амебоидную клетку, заключенную в раковинку, как правило, с одним или двумя отверстиями для выхода псевдоподий. Эти организмы, имеющие широкое географическое распространение, освоили значительный диапазон местообитаний от водных до почвенных, но особенно обильно и разнообразно представлены в моховых биотопах, где могут составлять до половины общей микробной биомассы [1, 2]. Детальные экологические исследования, в которых анализируются видовой состав, обилие и распределение раковинных амеб в сфагновых болотах, проводятся начиная с первой четверти XX в. Важными аспектами изучения раковинных корненожек в современных работах являются выявление количественных показателей преферендумов отдельных видов по отношению к основным факторам среды (в первую очередь к уровню увлажнения, кислотности, характеру растительности, уровню трофности), а также анализ закономерностей изменения

структуры сообщества раковинных амеб в соответствии с изменением факторов среды [3–15].

В Среднем Поволжье сфагнобионтные раковинные корненожки ранее были предметом специального изучения [16–25]. Настоящая работа – попытка обобщения материала, касающегося структуры сообществ раковинных амеб в двух сфагновых болотах, расположенных на территории ГПЗ «Приволжская лесостепь»: озере Светлом на участке «Верховье Суры» и молодом переходном торфянике на участке «Кунчеровская лесостепь».

Материал и методика

Материал в озере Светлом был собран в июне 2004 г. Площадь озера 2,7 га, максимальная глубина 2,5 м. Озеро окружено переходным тростниковым болотом площадью 10 га, мощность торфа 1 м. В составе растительности болота преобладают вейник сероватый (*Calamagrostis canescans* (Web.) Roth – до 90 %), тростник обыкновенный (*Phragmites australis* (Cav.) Trin. Ex Steud.) и осока береговая (*Carex riparia* Curt.); около 5 % поверхности покрыто березой повислой (*Betula pendula* Roch.) и ивой (*Salix* sp.). В пределах болота встречаются значительные участки сфагновой сплавины, общей площадью до 2 га. Качественные пробы были собраны на шести станциях, расположенных в разных биотопах. Станция «Лес» – сфагнум, погруженный в воду, расположенный на самом краю болота на границе с лесом. Станция «Дет1» – переходное болото со сформированными кочками вейника сероватого с уровнем воды до 1 м. Станция «Сплав1» – достаточно ровная сфагновая сплавина; пробы отбирались в самом центре сплавины. Станция «Сплав2» – самый край сфагновой сплавины, обращенный к озеру. Станция «Дет2» – донные осадки озера (всего несколько точек в разных местах озера). Станция «Сплав3» – небольшая сфагновая сплавина с развитым березняком. Пробы для количественного исследования сообщества отбирались только из сфагновых биотопов («Сплав1–3» и «Лес») следующим образом. Часть сфагновой сплавины выделялась и разрезалась на вертикальные слои 0–3, 3–6, 6–9, 9–15 и 15–25 см. При этом на станции «Сплав1» были отобраны три пробы из разных микроусловий (соответственно станции «Сплав1а», «Сплав1б», «Сплав1в»). Помимо этого, отбирались качественные пробы из грунтовых вод под слоем активно фотосинтезирующего сфагнума.

Материал на участке «Кунчеровская лесостепь» был собран в июле 2006 г. в переходном болоте. Болото площадью 2 га имеет форму круга, с юга и востока окружено хорошо сформированным осинником, с севера и запада – залежью. По краю болота расположена зона ивняка, переходящая в наиболее типичную (занимает около 70 % площади) зону низинного болота, образованную (на 95 %) кочками вейника сероватого (*Calamagrostis canescans* (Web.) Roth). Вейниковая зона обводнена: уровень воды около 1 м, вода достаточно кислая (рН 5,6). В самом центре болота располагается березняк (деревья высотой 3–5 м) с примесью ив и с развитым покровом из сфагновых мхов и пушицы влагалищной (*Eriophorum vaginatum* L.), образующих весьма ровную сплавину (с уровнем залегания грунтовых вод 0–15 см). Изредка встречаются растения, характерные для верховых болот: шейхцерия болотная (*Scheuchzeria palustris* L.), сабельник болотный (*Comarum palustre* L.) и вахта трехлистная (*Menyanthes trifoliata* L.). Вода в пределах сфагновой сплавины

кислая (рН 4,0). Таким образом, изучаемый объект представляет собой экосистему, находящуюся на самом раннем этапе формирования верхового болота.

Пробы были отобраны на четырех станциях, расположенных в типичных биотопах. Станция 1 располагалась в центре сфагновой сплавины в микробиотопе, образованном *Sphagnum magellanicum* Brid. (уровень грунтовых вод 15 см); станция 2 – в центре сфагновой сплавины в микробиотопе *Sphagnum angustifolium* C. Jens (уровень грунтовых вод 7 см, т.е. условия более сухие по сравнению с предыдущей точкой); станция 3 – на краю сфагновой сплавины в микробиотопе *Sphagnum squarrosum* Pers. (сфагнум полностью погружен в воду); станция 4 – в вейниковой зоне болота.

Полученные пробы помещались в пластиковые емкости и фиксировались раствором формалина. Для выделения раковинных амёб из листовых пазух сфагнума проба интенсивно встряхивалась в течение 10 мин. Затем полученная суспензия полностью переносилась в чашку Петри. При микроскопировании под биноклем при увеличении $\times 64$ просматривалась 1/10 части полей зрения чашки Петри. Особи определялись до вида и подсчитывались. В каждой пробе было просчитано не менее 300 экземпляров. Плотность популяций раковинных амёб оценивалась в количестве экземпляров на 1 г сухого веса сфагнума. При необходимости раковинки с помощью пипетки отсаживались на предметное стекло, помещались в каплю глицерина и исследовались под микроскопом при увеличении $\times 300$, что позволяло более детально исследовать тонкие признаки раковинки и осуществлять точную видовую идентификацию. При учете численности проводилось разделение особей на живых и мертвых. Это позволило оценить общее разнообразие сообщества, включающее, помимо трофически активных клеток, и некроценоз, который обычно составляет значительную часть сообществ раковинных амёб [26]. Учет всей совокупности раковинок (включая некроценоз) дает адекватное представление о полном составе населения локального местообитания и отражает полный потенциальный состав сообщества. В результате можно избежать многочисленных трудоемких сезонных учетов для выявления редких малочисленных видов и получить полное представление о видовом составе и структуре сообщества на основе разового отбора проб [26].

Для оценки основных направлений варьирования состава и структуры населения раковинных амёб проводили ординацию сообществ и видов методом главных компонент, а также классификацию локальных сообществ с помощью кластерного анализа на основе матриц индексов сходства Хаккера – Дайса (качественные данные) или Симпсона (количественные данные). Для оценки паттернов вертикальной структуры проводили последовательный кластерный анализ на основе индексов сходства Пианки. Все расчеты проводили с использованием пакетов статистических программ PAST 2.17 и ECOS 1.3.

Результаты и обсуждение

Верховья Суры

В составе микробентосных сообществ донных осадков озера и моховой сплавины обнаружен 51 вид раковинных амёб (табл. 1). Наибольшее количество видов развивается на станциях, расположенных в пределах моховой сплавины (28 видов на ст. «Сплав2», 25 – на ст. «Сплав1», 22 – на ст. «Сплав3»). В детрите на дне озера отмечено 22 вида (ст. «Дет2»), в детри-

те тростникового болота – 16 видов (ст. «Дет1»), в сообществе лесных мхов – 15 видов (ст. «Лес»). Пять видов – *Arcella arenaria*, *A. hemisphaerica intermedia undulata*, *A. vulgaris*, *Centropyxis aculeata* и *Diffflugia parva* – встречены в пяти из шести изученных биотопах. Однако 12 видов (или 23,5 % от общего видового богатства сообщества в озере) обнаружены только в одном биотопе.

Таблица 1

Видовой состав раковинных амёб, обнаруженных в озере Светлом Верхний Суры и переходном торфянике Кунчеровской лесостепи

Таксон	Станции										
	Верховья Суры						Кунчерово				
	Лес	Дет1	Слав1	Слав2	Дет2	Слав3	1	2	3	4	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
АМОЕВОЗОА Lühe, 1913, emend. Cavalier-Smith, 1998											
Подкласс Testacealobosea de Saedeller, 1934											
Отряд Arcellinida Kent, 1880											
Семейство Arcellidae Ehrenberg, 1832											
<i>Arcella arenaria</i> Greeff, 1866	+	+	+	+		+	+	+	+	+	
<i>A. a. compressa</i> Chardez, 1974								+			
<i>A. a. sphagnicola</i> Deflandre, 1928									+		
<i>A. artocrea pseudocatinus</i> Deflandre, 1928			+			+					
<i>A. brasiliensis</i> da Cunha, 1913										+	
<i>A. catinus</i> Penard, 1890			+			+					
<i>A. conica</i> Deflandre, 1928			+	+					+	+	
<i>A. costata</i> Ehrenberg, 1847	+				+						
<i>A. discoides</i> Ehrenberg, 1843									+		
<i>A. discoides foveosa</i> Playfair, 1918	+		+								
<i>A. gibbosa</i> Penard, 1902		+		+	+					+	
<i>A. g. levis</i> Deflandre, 1928									+	+	
<i>A. g. tuberosa</i> Chardez										+	
<i>A. hemisphaerica</i> Perty, 1852									+		
<i>A. intermedia</i> (Deflandre, 1928) Tsyganov et Mazei, 2007	+	+		+	+	+			+	+	
<i>A. mitrata</i> Leidy, 1879		+		+	+				+	+	
<i>A. vulgaris</i> Ehrenberg, 1832		+	+	+	+	+					
<i>A. v. penardi</i> Deflandre, 1928							+				
<i>A. v. undulata</i> Deflandre, 1928									+		
Семейство Centropyxidae Jung, 1942											
<i>Centropyxis aculeata</i> Stein, 1857		+	+	+	+	+				+	
<i>C. aerophila</i> Deflandre, 1929		+			+		+	+	+		
<i>C. a. sphagnicola</i> Deflandre, 1929									+	+	
<i>C. discoides</i> Penard, 1902					+						
<i>C. platystoma</i> (Penard, 1890) Deflandre, 1929										+	
<i>C. sylvatica</i> Penard, 1902	+			+	+	+			+		
<i>Cyclopyxis arcelloides</i> (Penard, 1902) Deflandre, 1929								+		+	
<i>C. eurystoma</i> Deflandre, 1929	+		+	+		+					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>C. kahli</i> Deflandre, 1929					+	+				+
<i>Trigonopyxis arcula</i> Leidy, 1879				+			+	+	+	
<i>T. minuta</i> Schönborn et Peschke, 1988								+	+	
Семейство Plagiopyxidae Bonnet et Thomas, 1960										
<i>Bullinularia indica</i> Penard, 1907			+	+						
<i>B. indica minor</i> Penard, 1911			+	+						
Семейство Diffugiidae Wallich, 1864										
<i>Diffugia brevicola major</i> Cash et Hopkinson, 1909		+								
<i>D. globulosa</i> Dujardin, 1837		+			+	+				+
<i>D. levanderi</i> Playfair, 1918		+			+					
<i>D. parva</i> (Thomas, 1954) Ogden, 1983		+	+	+	+	+			+	+
<i>D. pristis</i> Penard, 1902									+	+
<i>D. pulex</i> Penard, 1902									+	
<i>D. oblonga</i> Ehrenberg, 1838			+		+					
<i>D. claviformis</i> Penard, 1902			+		+					
<i>D. urceolata</i> Carter, 1864		+			+					
<i>Pontigulasia incisa</i> Rhumbler, 1896					+					+
Семейство Lesquereusiidae Ogden, 1979										
<i>Lesqueresia epistomium</i> Penard, 1893									+	+
<i>L. modesta</i> Rhumbler, 1895					+					
<i>L. spiralis</i> Ehrenberg, 1840		+			+				+	
<i>Netzelia tuberculata</i> (Wallich, 1864) Ogden, 1979		+	+		+				+	+
Семейство Heleoperidae Jung, 1942										
<i>Heleopera petricola</i> Leidy, 1879									+	+
<i>Heleopera sphagni</i> Leidy, 1874			+	+	+	+				
Семейство Hyalospheniidae Schultzze, 1877										
<i>Hyalosphenia elegans</i> Leidy, 1879			+	+						
<i>H. papilio</i> Leidy, 1879			+	+	+	+				
Семейство Nebelidae Taranek, 1882										
<i>Nebela galeata</i> Penard, 1902				+		+				
<i>N. militaris</i> Penard, 1902				+						
<i>N. tenella</i> Penard, 1893			+	+		+				
<i>N. tincta</i> Leidy, 1879			+	+		+				
<i>N. tincta major</i> Deflandre, 1936			+	+		+				
Семейство Phryganellidae Jung, 1942										
<i>Phryganella acropodia</i> (Hertwig et Lesser, 1874) Hopkinson, 1909							+	+	+	+
<i>Phryganella hemisphaerica</i> Penard, 1902				+			+	+	+	+
RHIZARIA Cavalier-Smith, 2002										
Подкласс Testacea filosea de Saedeleer, 1934										
Отряд Euglyphida Copeland, 1956										
Семейство Euglyphidae Wallich, 1864										
<i>Assulina muscorum</i> Greeff, 1888	+		+	+		+	+	+	+	+
<i>A. seminulum</i> Ehrenberg, 1848	+		+	+		+				
<i>Euglypha acanthophora</i> Ehrenberg, 1843		+								
<i>E. ciliata</i> Ehrenberg, 1848	+		+	+						
<i>E. compressa</i> Carter, 1864	+									

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
<i>E. cristata</i> Leidy, 1879	+			+		+				
<i>E. laevis</i> Perty, 1849	+		+			+	+	+	+	
<i>E. strigosa</i> Leidy, 1878			+							
<i>E. strigosa heterospina</i> Wailes, 1911	+	+								
<i>E. tuberculata</i> Dujardin, 1841							+	+	+	+
Семейство Trinematidae Hoogenraad et de Groot, 1940										
<i>Corythion dubium</i> Taranek, 1881	+			+		+				
<i>Trinema complanatum</i> Penard, 1890										+
<i>T. c. elongata</i> Decloitre, 1973									+	
<i>T. enchelys</i> (Ehrenberg, 1838) Leidy, 1878								+	+	+
<i>T. lineare</i> Penard, 1890	+									
Incertae sedis Cercozoa: Семейство Amphitrematidae Poche, 1913										
<i>Archerella flavum</i> Archer, 1877				+			+	+	+	
Всего видов	15	16	25	28	22	22	10	13	29	26

По видовому составу сообщества раковинных амёб разделяются на три группы (рис. 1). Первую группу образуют детритные сообщества с характерными видами: *Arcella gibbosa*, *A. mitrata*, *Centropyxis aerophila*, *Diffflugia globulosa*, *D. oblonga*, *D. urceolata*, *Lesquereusia spiralis*, *Netzelia tuberculata*. Вторую группу составляют сообщества сфагновых сплавин с характерными видами: *Hyalosphenia papilio*, *Heleopera spagni*, *H. elegans*, *Nebela tenella*, *Phryganella hemisphaerica*, *Trigonopyxis arcula*, *Bullinularia indica*. Наконец, третья группа – сообщество сфагнумов, расположенных на самом краю озера (лесное сообщество) с характерными видами: *Corhytion dubium*, *Trinema lineare*, *E. cristata*, *Euglypha laevis*, – выдерживающими пониженную увлажненность.

Однако при ординации видов (рис. 2) оказывается, что отчетливых дискретных групп видов выделить не удастся. Первая главная компонента (1ГК) связана с различиями между детритными и сфагновыми сообществами раковинных амёб. При этом, несмотря на имеющиеся различия в видовом составе разных вариантов сообщества, значительное количество видов не проявляет выраженных биотопических предпочтений, что отражает постепенность перехода одного варианта сообщества в другое.

Сообщества в разных участках моховой сплавины отличаются друг от друга. Максимальное обилие раковинных амёб отмечается на станции «Сплав2», расположенной на краю сплавины, что обусловлено массовым развитием *Hyalosphenia papilio*. Здесь же отмечается максимальная доля живых особей в сообществе (рис. 3). Ординация видов методом главных компонент показала, что по характеру распределения организмов отчетливо можно выделить три варианта сообщества (рис. 4): 1) формирующееся в лесных сфагнумах (станция «Лес» с характерными видами *Trinema lineare*, *Corythion dubium*, *E. laevis*); 2) формирующееся на залесенной части сплавины (станция «Сплав3» – *Centropyxis sylvatica*, *Cyclopyxis kahli*, *C. eurystoma*, *Nebela tinctoria*, *Euglypha cristata*); 3) формирующееся в открытой части сплавины (станции «Сплав1а, 1б, 1в, 2» – *Hyalosphaenia papilio*, *H. elegans*, *Heleopera*

sphagni, *Nebela tenella*). С другой стороны, сообщества на разных станциях отличаются друг от друга по обилию доминирующих видов: на станции «Лес» преобладает *Arcella arenaria*, «Сплав1а» – *Nebela tenella*, «Сплав1б» – *Heleopera sphagni*, «Сплав1в и 2» – *Hyalosphenia papilio*, «Сплав3» – *Assulina muscorum* и *Nebela tinctoria major*. На последней станции отмечаются максимальные показатели видового богатства, выравненности и разнообразия.

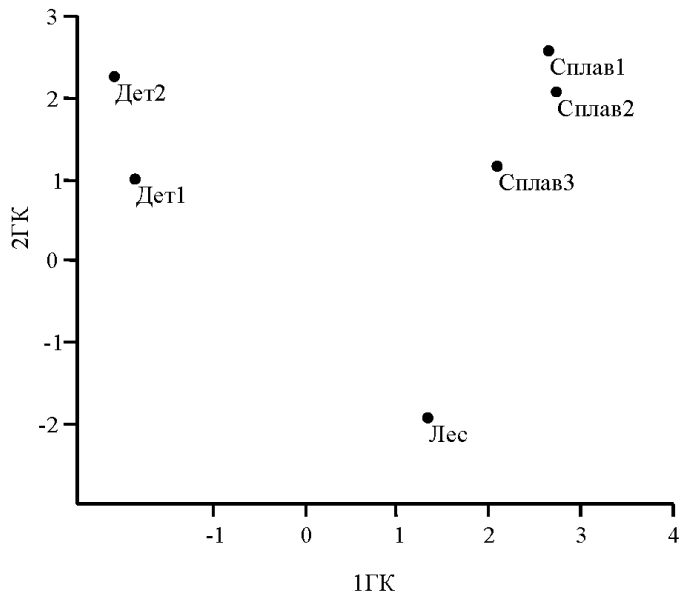


Рис. 1. Результаты ординации сообществ (качественные данные) методом главных компонент: 1ГК – первая главная компонента (объясняет 39,8 % различий между сообществами); 2ГК – вторая главная компонента (22,3 %)

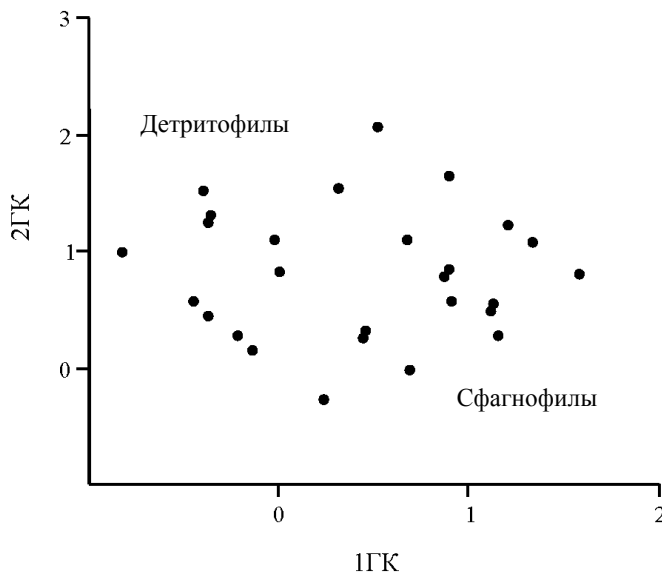


Рис. 2. Результаты ординации видов (качественные данные) методом главных компонент: 1ГК – первая главная компонента (объясняет 34,8 % дисперсии видового состава); 2ГК – вторая главная компонента (20,5 %)

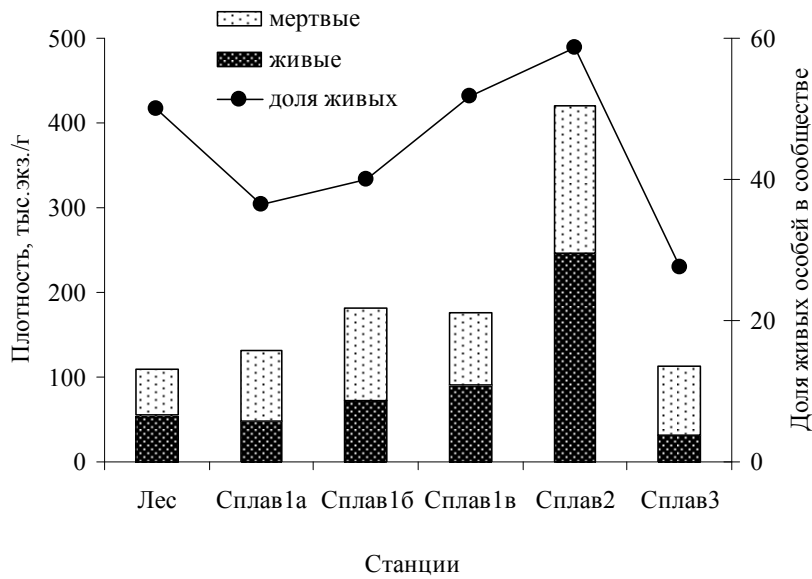


Рис. 3. Плотность и доля живых особей в сообществе раковинных амёб на разных станциях в верхних 9 см сфагнума

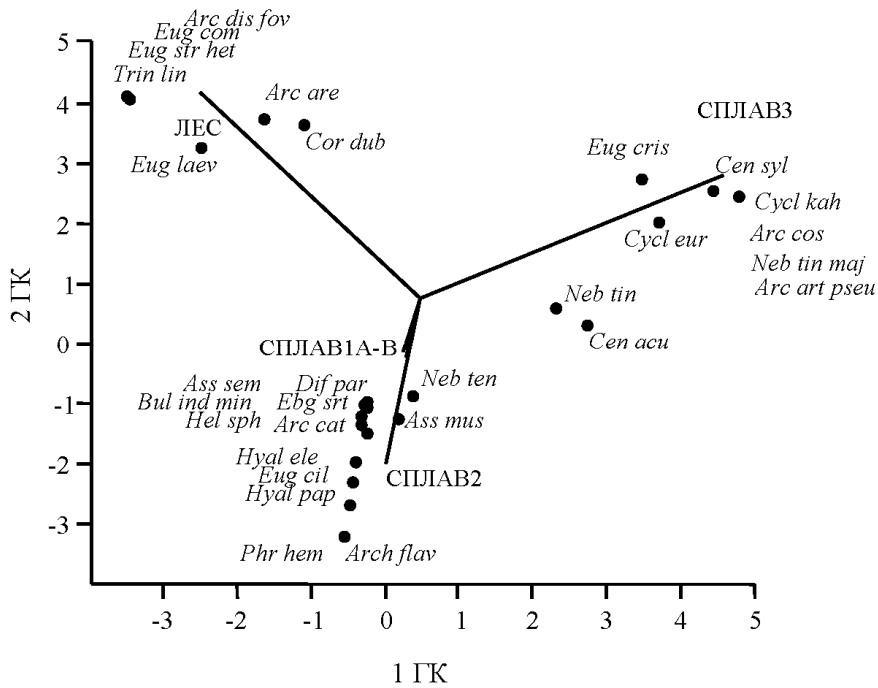


Рис. 4. Результаты ординации видов, обитающих на разных станциях в сфагнумах, (количественные данные) методом главных компонент: 1 ГК – первая главная компонента (объясняет 31,8 % дисперсии видового состава); 2 ГК – вторая главная компонента (22,7 %)

В сфагновых биотопах с глубиной изменяются интегральные характеристики сообщества. Так, увеличиваются общая плотность раковинки и видовое разнообразие, причем последнее связано с возрастанием как видового бо-

гатства, так и выравненности распределения обилий видов. Отмеченные закономерности связаны в первую очередь с увеличением количества пустых раковин в нижних слоях. После отмирания раковинки из верхних слоев, по-видимому, вымываются в более глубокие. В верхних горизонтах отмечаются минимальные значения индекса видового разнообразия, что отражает факт преобладания в сообществе небольшого количества видов. Это в первую очередь виды *Hyalosphenia papilio*, *Heleopera sphagni*, содержащие в цитоплазме фотосинтезирующие симбионты и переносящие кратковременное снижение увлажнения (могут легко инцистироваться). В более глубоких слоях доминируют *Hyalosphenia elegans* и *Nebela tenella* (рис. 5). С глубиной уменьшаются различия между разными станциями. Так, в верхних трех сантиметрах средний индекс Пианки между всеми парами проб составляет $0,28 \pm 0,14$, в слое 3–6 см – $0,56 \pm 0,09$, в слое 6–9 см – $0,75 \pm 0,05$, в слое 9–15 см – $0,68 \pm 0,07$, в слое 15–25 см – $0,87 \pm 0,03$.

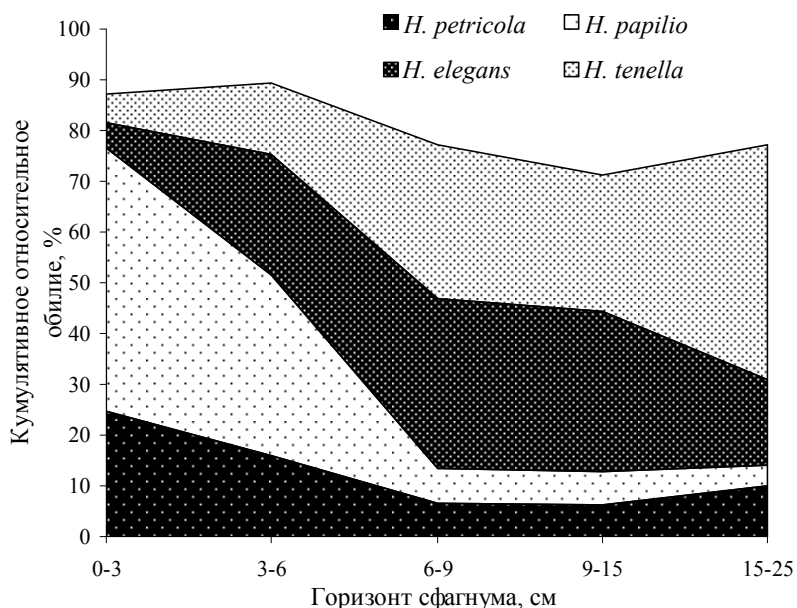


Рис. 5. Изменение относительного обилия доминирующих видов в разных горизонтах сфагнумов

Таким образом, в пределах заболоченного озера можно выделить несколько уровней дифференциации сообщества раковинных амёб, на каждом из которых формируются различные варианты ценозов, различающиеся видовой структурой: в масштабе всего озера – детритное, лесных сфагнумов и сфагновой сплавины; в масштабе сфагновых биотопов – лесное, открытой сплавины и залесенной сплавины, в пределах открытой сплавины – мелко-масштабная горизонтальная и вертикальная дифференциация. По мере уменьшения масштаба и, соответственно, снижения общей гетерогенности биотопа снижается и гетерогенность сообщества раковинных амёб. Так, в максимальном масштабе средний индекс Чекановского между всеми парами проб составляет $0,40 \pm 0,04$, в среднем – $0,52 \pm 0,06$, в минимальном – $0,76 \pm 0,03$.

Кунчеровская лесостепь

В составе сообщества раковинных амёб переходного болота обнаружено 42 вида внутривидовых таксона (см. табл. 1). В сообществах, формирующихся в центральной части сфагнувой сплавины (станции 1 и 2) отмечено минимальное количество (10–13) видов, тогда как в вейниковой части болота (станция 4) и на самом краю сфагнувой сплавины (станция 3) видовое богатство (26–29 видов) значительно выше. Наиболее характерными видами, обнаруженными во всех частях болота, являются *Arcella arenaria*, *Phryganella acropodia*, *Ph. hemisphaerica*, *Assulina muscorum* и *Euglypha tuberculata*.

При классификации сообществ по видовому составу с использованием индекса сходства Хаккера – Дайса (рис. 6,а), чувствительного к общему количеству видов, выделено два варианта сообществ: комплекс сфагнобионтов с низким видовым богатством (станции 1 и 2) и детритофилов (станции 3 и 4). При классификации сообществ с использованием индекса Симпсона, нечувствительного к общему числу видов (рис. 6,б), оказалось, что сообщество в периферической вейниковой части болота (станция 4) представляло собой отдельный вариант, отличающийся от сообщества в сфагнувой части болота. Несмотря на то что ценоз на станции 3 сильно отличался по видовому богатству от ценозов станций 1 и 2, последние были, по сути, его упрощёнными вариантами. Иными словами, все виды, встречающиеся в сфагновых биотопах самого центра сфагнувой сплавины (на станциях 1 и 2), обнаруживались и в сфагнувом биотопе края сплавины (на станции 3), но отсутствовали в сообществе вейниковой части болота (на станции 4).

Локальные сообщества сфагновых биотопов отличались друг от друга по составу доминирующих комплексов видов. В сфагнумах «ядро» сообщества образовано четырьмя видами. В наиболее сухих условиях на станции 1 доминируют *A. muscorum* и *E. laevis*, в более увлажнённом местообитании на станции 2 – *Ph. hemisphaerica*, *A. muscorum* и *A. arenaria*, в полностью погружённом в воду сфагнуме на станции 3 – *A. arenaria*. В детрите, накапливаемомся в грунтовых водах на тех же станциях, структурообразующими являются 12 видов. Характерный комплекс сообщества на станции 1 образован видами *A. muscorum* и *Ph. acropodia*, на станции 2 – *Ph. hemisphaerica*, *A. muscorum* и *E. laevis*, на станции 3 – *D. pristis*, *A. hemisphaerica*, *A. intermedia*, *A. mitrata*.

Максимальное видовое богатство отмечается в сообществе на станции 3, формирующемся на самом краю сфагнувой сплавины. Причем количество обнаруживаемых видов раковинных амёб в сфагнумах (25) несколько больше, чем в детрите (19). Однако выравненность распределения обилий видов (индекс Пиелу) выше и примерно одинаков на станциях 1–3 в детритных сообществах (0,78–0,75), тогда как в сфагновых сообществах этот показатель в целом ниже и различается на разных станциях (минимальные значения (0,36) получены в сообществе на станции 3, максимальные (0,61) – на станции 2). В целом видовое разнообразие выше в детритных сообществах (индекс Шеннона на разных станциях изменяется в пределах 1,26–2,51), чем в сфагновых (1,07–1,40). При этом в локальных сообществах раковинных амёб, формирующихся в детритных местообитаниях, отмечается возрастание видового разнообразия по направлению от центра болота к его периферии. Эта тенденция связана главным образом с ростом видового богатства по направлению к краю сфагнувой сплавины. В локальных сообществах раковин-

ных амёб, формирующихся в сфагномах, видовое разнообразие максимально на среднеувлажненной станции 2 (индекс Шеннона 1,40), что связано в первую очередь с ростом выравненности распределения видов (индекс Пиелу 0,61). Максимальное обилие раковинных амёб отмечено в наиболее ксерофильных условиях на станции 1 (95 тыс. экз./г абс. сухого сфагнома).

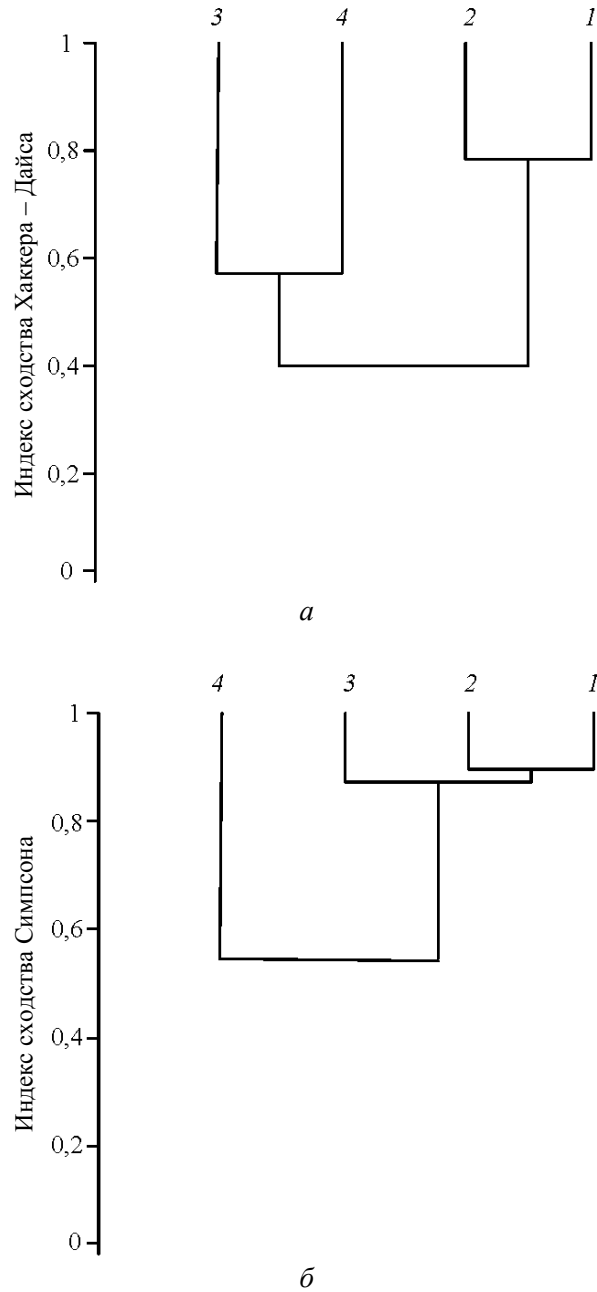


Рис. 6. Дендрограмма сходства сообществ по данным о присутствии-отсутствии видов:
а – индекс сходства Хаккера – Дайса; б – индекс сходства Симпсона;
1–4 – номера станций

В сообществах на всех станциях выражена вертикальная дифференциация сообщества раковинных амёб в сфагномах. Максимальная гомогенность сообщества по вертикали отмечена на станции 1. В этом сообществе на всех горизонтах доминирует один вид – *A. muscorum*. На остальных станциях в составе сообщества происходит смена доминантных видов по вертикали. Наиболее общее представление о характере вертикальной дифференциации дали результаты последовательного кластерного анализа вертикальных состояний сообщества раковинных амёб в сфагновых мхах (рис. 7). В сообществе на станции 1 в верхнем слое 0–3 см (горизонт О_в торфяной почвы верховых болот) доминировали *A. muscorum* и *A. flavum*, в среднем слое 3–9 см (горизонт О₁) преобладали *A. muscorum* и *E. laevis*, в нижнем слое 9–20 см (горизонт О₂) – *A. muscorum*, *E. laevis* и *Ph. hemisphaerica*. В сообществе на станции 2 в слое 0–6 см доминировали *A. muscorum*, *A. arenaria* и *E. laevis*, в слое 6–20 см – *Ph. hemisphaerica*, *A. arenaria* и *A. muscorum*. В сообществе на станции 3 в слое 0–3 см преобладали *A. flavum* и *A. arenaria*, в слое 3–12 см – *A. arenaria*, в слое 12–20 см – *A. arenaria*, *A. hemisphaerica* и *Ph. hemisphaerica*. С глубиной в сообществе раковинных амёб увеличивались обилие организмов, видовое богатство и видовое разнообразие. Выравненность распределения обилий видов имела максимальные значения в самом верхнем и самом нижнем горизонтах.

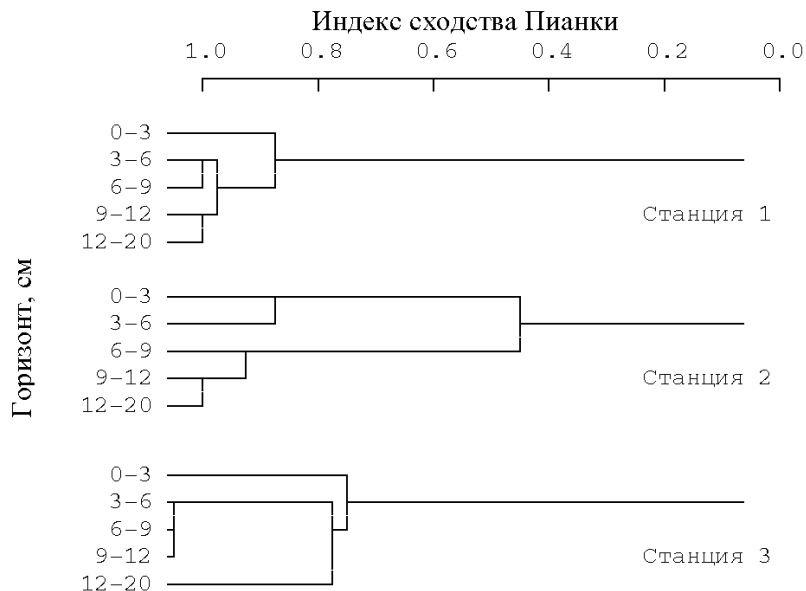


Рис. 7. Дендрограммы последовательного кластерного анализа, отражающие дифференциацию сообществ на разных горизонтах сфагномов

Таким образом, сообщества раковинных амёб в переходном болоте, находящемся на раннем этапе перехода в верховое, имеют ряд особенностей. Специфика проявляется главным образом в видовом составе: доминируют широко распространенные виды *Assulina muscorum*, *Arcella arenaria*, *Phryganella hemisphaerica*, *Euglypha laevis* и отсутствуют типичные сфагнобионты из родов *Nebela*, *Hyalosphenia*, *Heleopera*. Кроме того, отмечена достаточно низкая гетерогенность вертикальной структуры, так как доминирующие виды

обильно представлены на всех горизонтах. Вероятно, это связано с отсутствием в болоте наиболее характерных доминантов верхних слоев сфагнумов – миксотрофных корненожек (*Hyalosphenia papilio* и *Heleopera sphagni*), возможно, являющихся наиболее сильными «организаторами» структуры ценозов раковинных амёб (в том числе и вертикальной) в «зрелых» болотных экосистемах.

Список литературы

1. **Gilbert, D.** The microbial loop at the surface of a peatland: structure, function, and impact of nutrient input / D. Gilbert, C. Amblard, G. Bourdier, A.-J. Francez // *Microb. Ecol.* – 1998. – Vol. 38. – P. 83–93.
2. **Gilbert, D.** Microbial diversity in sphagnum peatlands / D. Gilbert, E. Mitchell // *Peatlands: Evolution and records of environmental and climatic changes* / eds. I. P. Martini, A. Martínez Cortizas, W. Chesworth. – Amsterdam : Elsevier, 2006. – P. 289–320.
3. **Бобров, А. А.** Экология раковинных амёб олиготрофных болот (особенности экологии политипических и полиморфных видов) / А. А. Бобров, Д. Чармен, Б. Уорнер // *Известия РАН. Сер. Биол.* – 2002. – № 6. – С. 738–751.
4. **Booth, R. K.** Testate amoebae as paleoindicators of surface-moisture changes on Michigan peatlands: modern ecology and hydrological calibration / R. K. Booth // *J. Paleolimnol.* – 2002. – Vol. 28. – P. 329–348.
5. **Charman, D. J.** Relationship between testate amoebae (Protozoa:Rhizopoda) and the micro-environmental parameters on a forested peatland in northeastern Ontario / D. J. Charman, B. G. Warner // *Can. J. Zool.* – 1992. – Vol. 70. – P. 2474–2482.
6. **Kishaba, K.** Changes in testate amoebae (Protists) communities in a small raised bog. A 40-year study / K. Kishaba, E. A. D. Mitchell // *Acta protozool.* – 2005. – Vol. 44. – P. 1–12.
7. **Lamentowicz, M.** The ecology of testate amoebae (Protists) in Sphagnum in north-western Poland in relation to peatland ecology / M. Lamentowicz, E. A. Mitchell // *Microb. Ecol.* – 2005. – Vol. 50. – P. 48–63.
8. **Mitchell, E. A. D.** Testate amoebae (Protista) communities in *Hylocomium splendens* (Hedw.) B.S.G. (Bryophyta): relationships with altitude and moss elemental chemistry / E. A. D. Mitchell, L. Bragazza, R. Gerdol // *Protist.* – 2004. – Vol. 155. – P. 423–436.
9. **Opravilová, V.** The variation of testacean assemblages (Rhizopoda) along the complete base-richness gradient in fens: a case study from the Western Carpathians / V. Opravilová, M. Hájek // *Acta Protozool.* – 2006. – Vol. 45. – P. 191–204.
10. **Qin, Y. M.** Ecology of testate amoebae in Dajiuhu peatland of Shennongjia Mountains, China, in relation to hydrology / Y. M. Qin, R. J. Payne, Y. S. Gu, X. Y. Huang, H. M. Wang // *Frontiers of Earth Science.* – 2012. – Vol. 6. – P. 57–65.
11. **Tolonen, K.** Ecology of testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in southern Finland 1. Autecology / K. Tolonen, B. G. Warner, H. Vasander // *Arch. Protistenk.* – 1992. – Bd. 142. – S. 119–138.
12. **Tolonen, K.** Ecology of testaceans (Protozoa: Rhizopoda) in mires in Southern Finland. 2. Multivariate Analysis / K. Tolonen, B. G. Warner, H. Vasander // *Arch. Protistenk.* – 1994. – Bd. 144. – S. 97–112.
13. **Tsyganov, A.** Sphagnum-dwelling testate amoebae in subarctic bogs are more sensitive to soil warming in the growing season than in winter: the results of eight-year field climate manipulations / A. Tsyganov, R. Aerts, I. Nijs, J. H. C. Cornelissen, L. Beyens // *Protist.* – 2012. – Vol. 163. – P. 400–414.
14. **Tsyganov, A.** Flourish or Flush: Effects of simulated extreme rainfall events on Sphagnum-dwelling testate amoebae in a subarctic bog (Abisko, Sweden) / A. Tsyganov, F. Keuper, R. Aerts, L. Beyens // *Microbial ecology.* – 2013. – Vol. 65. – P. 101–110.

15. **Turner, T. E.** Ecology of testate amoebae in moorland with a complex fire history: implications for ecosystem monitoring and sustainable land management / T. E. Turner, G. T. Swindles // *Protist*. – 2012. – Vol. 163. – P. 844–855.
16. **Мазей, Ю. А.** Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб в сфагновом болоте на начальном этапе его становления / Ю. А. Мазей, О. А. Бубнова // *Известия РАН. Сер. Биол.* – 2007. – № 6. – С. 738–747.
17. **Мазей, Ю. А.** Структура сообщества раковинных амёб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в напочвенных сфагномах смешанных лесов Среднего Поволжья / Ю. А. Мазей, О. А. Бубнова // *Вестник зоологии*. – 2008. – № 1. – С. 41–48.
18. **Мазей, Ю. А.** Структура сообщества раковинных амёб в Наскафтымском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) / Ю. А. Мазей, О. А. Бубнова // *Поволжский экологический журнал*. – 2008. – № 1. – С. 39–47.
19. **Мазей, Ю. А.** Раковинные амёбы в сфагновых биотопах заболоченных лесов / Ю. А. Мазей, О. А. Бубнова // *Зоологический журнал*. – 2009. – Т. 88, № 4. – С. 387–397.
20. **Мазей, Ю. А.** Структура сообщества раковинных амёб (Testacealobosea; Testaceafilosea; Amphitremidae) в Чибирлейском моховом болоте (Среднее Поволжье, Россия) / Ю. А. Мазей, О. А. Бубнова, В. А. Чернышов // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2009. – Т. 11, № 1. – Ч. 1. – С. 72–77.
21. **Мазей, Ю. А.** Изменения видовой структуры сообщества раковинных амёб вдоль средовых градиентов в сфагновом болоте, восстанавливаемом после выработки торфа / Ю. А. Мазей, А. Н. Цыганов // *Поволжский экологический журнал*. – 2007. – № 1. – С. 24–33.
22. **Мазей, Ю. А.** Видовой состав, распределение и структура сообщества раковинных амёб мохового болота в Среднем Поволжье / Ю. А. Мазей, А. Н. Цыганов, О. А. Бубнова // *Зоологический журнал*. – 2007. – Т. 86, № 10. – С. 1155–1167.
23. **Мазей, Ю. А.** Структура сообщества раковинных амёб в сфагновом болоте Верхней реки Суры (Среднее Поволжье) / Ю. А. Мазей, А. Н. Цыганов, О. А. Бубнова // *Известия РАН. Сер. Биол.* – 2007. – № 4. – С. 462–474.
24. **Цыганов, А. Н.** Видовой состав и структура сообщества раковинных амёб заболоченного озера в Среднем Поволжье / А. Н. Цыганов, Ю. А. Мазей // *Успехи современной биологии*. – 2007. – Т. 127, № 4. – С. 405–415.
25. **Mazei, Yu. A.** Species composition, spatial distribution and seasonal dynamics of testate amoebae community in sphagnum bog (Middle Volga region, Russia) / Yu. A. Mazei, A. N. Tsyganov // *Protistology*. – 2007. – Vol. 5, № 2–3. – P. 156–206.
26. **Рахлеева, А. В.** К вопросу об оценке численности и видового разнообразия раковинных амёб (Rhizopoda, Testacea) в таежных почвах / А. В. Рахлеева, Г. А. Корганова // *Зоологический журнал*. – 2005. – Т. 84, вып. 12. – С. 1427–1436.

References

1. Gilbert D., Amblard C., Bourdier G., Francez A.-J. *Microb. Ecol.* 1998, vol. 38, pp. 83–93.
2. Gilbert D., Mitchell E. *Peatlands: Evolution and records of environmental and climatic changes*. I. P. Martini, A. Martínez Cortizas, W. Chesworth (eds.). Amsterdam: Elsevier, 2006, pp. 289–320.
3. Bobrov A. A., Charman D., Uorner B. *Izvestiya RAN. Ser. Biol.* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series: Biology]. 2002, no. 6, pp. 738–751.
4. Booth R. K. *J. Paleolimnol.* 2002, vol. 28, pp. 329–348.
5. Charman D. J., Warner B. G. *Can. J. Zool.* 1992, vol. 70, pp. 2474–2482.
6. Kishaba K., Mitchell E. A. D. *Acta protozool.* 2005, vol. 44, pp. 1–12.
7. Lamentowicz M., Mitchell E. A. *Microb. Ecol.* 2005, vol. 50, pp. 48–63.
8. Mitchell E. A. D., Bragazza L., Gerdol R. *Protist.* 2004, vol. 155, pp. 423–436.

9. Opravilová V., Hájek M. *Acta Protozool.* 2006, vol. 45, pp. 191–204.
10. Qin Y. M., Payne R. J., Gu Y. S., Huang X. Y., Wang H. M. *Frontiers of Earth Science.* 2012, vol. 6, pp. 57–65.
11. Tolonen K., Warner B. G., Vasander H. *Arch. Protistenk.* 1992, vol. 142, pp. 119–138.
12. Tolonen K., Warner B. G., Vasander H. *Arch. Protistenk.* 1994, vol. 144, pp. 97–112.
13. Tsyganov A., Aerts R., Nijs I., Cornelissen J. H. C., Beyens L. *Protist.* 2012, vol. 163, pp. 400–414.
14. Tsyganov A., Keuper F., Aerts R., Beyens L. *Microbial ecology.* 2013, vol. 65, pp. 101–110.
15. Turner T. E., Swindles G. T. *Protist.* 2012, vol. 163, pp. 844–855.
16. Mazei Yu. A., Bubnova O. A. *Izvestiya RAN. Ser. Biol.* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series: Biology]. 2007, no. 6, pp. 738–747.
17. Mazei Yu. A., Bubnova O. A. *Vestnik zoologii* [Bulletin of zoology]. 2008, no. 1, pp. 41–48.
18. Mazei Yu. A., Bubnova O. A. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Volga region ecological journal]. 2008, no. 1, pp. 39–47.
19. Mazei Yu. A., Bubnova O. A. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 2009, vol. 88, no. 4, pp. 387–397.
20. Mazei Yu. A., Bubnova O. A., Chernyshov V. A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara scientific center of the Russian Academy of Sciences]. 2009, vol. 11, no. 1, part 1. pp. 72–77.
21. Mazei Yu. A., Tsyganov A. N. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Volga region ecological journal]. 2007, no. 1, pp. 24–33.
22. Mazei Yu. A., Tsyganov A. N., Bubnova O. A. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 2007, vol. 86, no. 10, pp. 1155–1167.
23. Mazei Yu. A., Tsyganov A. N., Bubnova O. A. *Izvestiya RAN. Ser. Biol.* [Proceedings of the Russian Academy of Sciences. Series: Biology]. 2007, no. 4, pp. 462–474.
24. Tsyganov A. N., Mazei Yu. A. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Progress of modern biology]. 2007, vol. 127, no. 4, pp. 405–415.
25. Mazei Yu. A., Tsyganov A. N. *Protistology.* 2007, vol. 5, no. 2–3, pp. 156–206.
26. Rakhleeva A. V., Korganova G. A. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 2005, vol. 84, no. 12, pp. 1427–1436.

Мазей Юрий Александрович

доктор биологических наук, профессор,
кафедра зоологии и экологии,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: yurimazei@mail.ru

Mazei Yuri Alexandrovich

Doctor of biological sciences, professor,
sub-department of zoology and ecology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Цыганов Андрей Николаевич

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра зоологии и экологии,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: andrey.tsyganov@bk.ru

Tsyganov Andrey Nikolaevich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of zoology
and ecology, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Митяева Ольга Александровна

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра экологии, Международный
независимый эколого-политологический
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Калинина, 33а)

E-mail: olgabubnova@mail.ru

Mityaeva Ol'ga Aleksandrovna

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of ecology,
International Independent Ecological-
Political University
(33a Kalinina street, Penza, Russia)

Бабешко Кирилл Владимирович

аспирант, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: fytark@yandex.ru

Babeshko Kirill Vladimirovich

Postgraduate student, Penza State
University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 593.11

Мазей, Ю. А.

Раковинные амёбы в сфагновых болотах (по материалам заповедника «Приволжская лесостепь») / Ю. А. Мазей, А. Н. Цыганов, О. А. Митяева, К. В. Бабешко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 3–19.

А. Б. Ручин, Л. В. Егоров

**НОВЫЕ ДАННЫЕ ПО КОЛЕОПТЕРОФАУНЕ
НАЦИОНАЛЬНОГО ПАРКА «СМОЛЬНЫЙ»
(РЕСПУБЛИКА МОРДОВИЯ)**

Аннотация. Список видов Национального парка «Смольный» (Республика Мордовия) дополняется 40 видами жесткокрылых, из которых восемь являются новыми для Мордовии. С учетом новых данных колеоптерофауна парка составляет 627 видов.

Ключевые слова: жесткокрылые, Coleoptera, фауна, Мордовия.

A. B. Ruchin, L. V. Egorov

**NEW DATA ON COLEOPTERA FAUNA OF THE NATIONAL
PARK «SMOLNY» (REPUBLIC OF MORDOVIA)**

Abstract. The list of species of «Smolny» National park (Republic of Mordovia) is supplemented with 40 types of coleoptera, eight of which are new to Mordovia. Taking into account new data of coleoptera, the fauna of the park amounts 627 types.

Key words: Coleoptera, fauna, Mordovia.

Национальный парк «Смольный» (далее – НП) был образован 7 марта 1995 г. Его площадь составляет 36 385 га. Парк расположен в северо-восточной части Республики Мордовия и находится в ландшафтах смешанных лесов на древнеаллювиальной равнине в левобережье р. Алатырь. Изучение колеоптерофауны на территории НП проводилось рядом исследователей [1–12], но они касались лишь немногих групп насекомых или отдельных, в основном редких, видов. Например, фауна листоедов и куркулионоидных жуков изучена в большей степени [4, 5, 13]. К настоящему моменту с данной ООПТ достоверно известно 587 видов жесткокрылых [14, 15].

Материал для работы собирался преимущественно авторами с использованием общепринятых энтомологических методов полевых исследований [16].

Ниже приводится аннотированный список выявленных таксонов, впервые указываемых для НП. Система Coleoptera и объем таксонов принимаются преимущественно по «Каталогу жесткокрылых Палеарктики» [17–22], надсемейства Curculionoidea – по работе Bouchard et al. [23]. Последовательность названий таксонов внутри семейств – алфавитная. Для каждого вида приведены полные этикеточные данные находок. Названия новых для фауны Республики Мордовия видов помечены звездочкой (*).

**Отряд COLEOPTERA
Серия семейств CARABIFORMIA
Надсемейство CARABOIDEA
Семейство Carabidae**

Agonum piceum (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокское лесничество, 34 кв., 4 км ЮВ д. Калыши, V–VII.2009, берег болота «Ельничное озеро», 2 экз. (на 680 ловушко/суток).

Chlaenius tristis (Schaller, 1783) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 2 км С с. Новые Ичалки, V–VI.2009, старый сосняк, 1 экз. (на 180 ловушко/суток).

Cymindis vaporariorum (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 34 кв., 4 км ЮВ д. Калыши, V–VII.2009, берег болота «Ельничное озеро», 3 экз. (на 680 ловушко/суток).

Dyschirius globosus (Herbst, 1784) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 34 кв., 4 км ЮВ д. Калыши, V–VII.2009, берег болота «Ельничное озеро», 1 экз. (на 680 ловушко/суток).

Licinus depressus (Paykull, 1790) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 4 км СЗ с. Новые Ичалки, V–VII.2009, молодой сосняк, 1 экз. (на 680 ловушко/суток).

Stomis pumicatus (Panzer, 1796) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 4 км ССВ п. Смольный, V–VI.2009, просека под ЛЭП, 1 экз. (на 680 ловушко/суток).

**Pterostichus ovoideus* (Sturm, 1824) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 34 кв., 4 км ЮВ д. Калыши, V–VII.2009, берег болота «Ельничное озеро», 1 экз. (на 680 ловушко/суток).

Подотряд POLYPHAGA
Серия семейств STAPHYLINIFORMIA
Надсемейство HISTEROIDEA
Семейство Histeridae

Paromalus parallelepipedus (Herbst, 1792) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 1 экз.

Надсемейство STAPHYLINOIDEA
Семейство Silphidae

Nicrophorus sepultor (Charpentier, 1825) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, 34 кв., 4 ЮВ д. Калыши, V–VII.2009, берег болота «Ельничное озеро», 2 экз. (на 680 ловушко/суток).

Серия семейств SCARABAEIFORMIA
Надсемейство SCARABAEOIDEA
Семейство Scarabaeidae

Aphodius rufipes (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Барахмановское лесничество, 2 км СВ д. Ташкино, 06.IX.2009, смешанный лес, на свет, 3 экз.

Aphodius rufus (Moll, 1782) Ичалковский р-н: Барахмановское лесничество, 2 км СВ д. Ташкино, 06.IX.2009, смешанный лес, на свет, 1 экз.

Серия семейств ELATERIFORMIA
Надсемейство BUPRESTOIDEA
Семейство Buprestidae

Chrysobothris chrysostigma (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 14.VI.2009, смешанный лес, 1 экз.

Надсемейство BYRRHOIDEA
Семейство Byrrhidae

Byrrhus pustulatus (Forster, 1771) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, сосняк, ловушки Барбера, 1 экз.

Серия семейств CUCUJIFORMIA

Надсемейство BOSTRICOIDEA

Семейство Dermestidae

Dermestes murinus (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, VII.2009, сосняк, ловушки Барбера, 1 экз.

Семейство Ptinidae

**Ptinus bicinctus* (Sturm, 1837) Ичалковский р-н: Львовское лесничество, окр. п. Обрезки, 27.IX.2009, 1 экз.

Надсемейство CLEROIDEA

Семейство Trogossitidae

Grynocharis oblonga (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 14.IV.2009, под корой дуба, 1 экз.

Peltis ferruginea (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 14.IV.2009, под корой сосны, 1 экз.

Надсемейство CUCUJOIDEA

Семейство Nitidulidae

Glischrochilus quadripunctatus (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Львовское лесничество, окр. д. Калыши, 19.IV.2009, под корой сосен, 1 экз.

**Ipidia binotata* (Reitter, 1875) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 2 экз.

Семейство Laemophloeidae

**Cryptolestes pusillus* (Schoenherr, 1817) Ичалковский р-н: Барахмановское лесничество, 2 км СВ д. Ташкино, 13.VI.2009, 1 экз.

Семейство Silvanidae

Dendrophagus crenatus (Paykull, 1799) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 1 экз.

Uleiota planatus (Linnaeus, 1761) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 3 экз.; Львовское лесничество, окр. д. Калыши, 18.IV.2009, под корой сосен, 2 экз.

Семейство Erotylidae

Triplax russica (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз.

Семейство Endomychidae

**Lycoperdina succincta* (Linnaeus, 1767) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз.

Семейство Coccinellidae

Harmonia quadripunctata (Pontoppidan, 1763) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз.

Надсемейство TENEBRIONOIDEA**Семейство Melandryidae**

**Zilora elongata* J.R. (Sahlberg, 1881) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 3 экз.

Семейство Pythidae

Pytho depressus (Linnaeus, 1767) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 18.IV.2009, под корой сосен, 2 экз.

Семейство Tenebrionidae

Tenebrio molitor (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. д. Малые Ичалки, 05.IX.2009, 1 экз.

Надсемейство CHRYSOMELOIDEA**Семейство Cerambycidae**

Alosterna ingrca (Baeckmann, 1902) Ичалковский р-н: Барахмановское лесничество, 2 км СВ д. Ташкино, 13.VI.2009, смешанный лес, на купуре, 2 экз.

Plagionotus detritus (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 14.IV.2009, под корой дуба, 1 экз. (останки).

Pogonocherus fasciculatus (De Geer, 1775) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, ловушки Барбера, 1 экз.

Семейство Chrysomelidae

Cassida prasina (Illiger, 1798) Ичалковский р-н: Александровское лесничество, окр. п. Лесной, IV–V.2008, 1 экз.

Phratora vulgatissima (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Львовское лесничество, окр. д. Обрезки, 27.IX.2009, 1 экз.

**Psylliodes hyoscyami* (Linnaeus, 1758) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз.

Надсемейство CURCULIONOIDEA**Семейство Curculionidae**

Anisandrus dispar (Fabricius, 1792) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, 23.VIII.2009, 1 экз.

Hylastes brunneus (Erichson, 1836) (= *aterrimus* Eggers, 1933) Ичалковский р-н: Львовское лесничество, окр. д. Калыши, 19.IV.2009, под корой сосен, 1 экз.

Hylastes opacus (Erichson, 1836) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз.

**Hypera postica* (Gyllenhal, 1813) (= *variabilis* (Herbst, 1795) nec (Fabricius, 1777)) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, сосняк, ловушки Барбера, 1 экз.

Glocianus punctiger (C.R. Sahlberg, 1835) Ичалковский р-н: Кемлянокое лесничество, окр. п. Смольный, V.2009, смешанный лес, ловушки Барбера, 1 экз., V.2009, сосняк, ловушки Барбера, 1 экз.

Orthotomicus proximus (Eichhoff, 1868) Ичалковский р-н: Львовское лесничество, окр. д. Калыши, 19.IV.2009, под корой сосен, 1 экз.

Таким образом, в список энтомофауны НП «Смольный» добавляется 40 видов жесткокрылых, из которых восемь являются новыми для Мордовии. С учетом новых данных колеоптерофауна НП составляет 627 видов.

Авторы выражают благодарность С. К. Алексееву (Калуга) за определение жужелиц.

Список литературы

1. **Тимралеев, З. А.** Биоразнообразие жуков-герпетобионтов национального парка «Смольный» / З. А. Тимралеев, В. А. Арюков // Изучение природы бассейна реки Оки. – Калуга : Изд-во КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2001. – С. 16–18.
2. **Бардин, О. Д.** Эколого-фаунистический обзор листоедов подсемейств *Cryptoserphalinae* и *Galerucinae* особо охраняемых природных территорий Мордовии / О. Д. Бардин, З. А. Тимралеев // Актуальные проблемы науки и практики : материалы Междунар. науч. конф. – Тольятти : Изд-во Волжск. ун-та, 2004. – С. 266–270.
3. **Андрейчев, А. В.** Об энтомофауне Львовского лесничества / А. В. Андрейчев, Н. Г. Логинова // XXXIII Огаревские чтения : материалы науч. конф. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2005. – Ч. 2. – С. 44–45.
4. **Дмитриева, И. Н.** Особенности биотопического распределения и динамики суточной активности некоторых видов рода *Protapion* (Coleoptera, Arionidae) на севере лесостепи Среднего Поволжья / И. Н. Дмитриева // Роль заповедников лесной зоны в сохранении и изучении биологического разнообразия европейской части России. – Рязань, 2005. – С. 504–512.
5. **Дмитриева, И. Н.** Фауна и особенности экологии долгоносикообразных жуков (Coleoptera, Curculionoidea) на севере лесостепи Приволжской возвышенности / И. Н. Дмитриева. – Чебоксары, 2005. – 180 с.
6. **Бардин, О. Д.** Биоразнообразие жуков-листоедов (Coleoptera, Crysomelidae) Львовского лесничества Национального парка «Смольный» / О. Д. Бардин, З. А. Тимралеев // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2005. – С. 108–109.
7. **Бардин, О. Д.** К фауне и экологии жуков-листоедов (Coleoptera, Chrysomelidae) Республики Мордовия / О. Д. Бардин, З. А. Тимралеев // Зоологический журнал. – 2007. – Т. 86, № 5. – С. 554–560.
8. **Ручин, А. Б.** О редких видах насекомых Национального парка «Смольный» и его охранной зоны / А. Б. Ручин, Г. Ф. Гришуткин, Д. К. Курмаева, А. С. Лапшин // Научные труды Национального парка «Смольный». – Саранск ; Смольный, 2008. – Вып. 1. – С. 181–186.
9. **Ручин, А. Б.** К фауне насекомых двух лесничеств Национального парка «Смольный» (Республика Мордовия) / А. Б. Ручин, Н. Г. Логинова, Д. К. Курмаева // Фауна и экология насекомых. – Ростов н/Д : Изд-во ЦВВР, 2007. – Вып. 1. – С. 24–33.
10. **Ручин, А. Б.** Фауна имаго жужелиц Александровского и Барахмановского лесничеств национального парка «Смольный» / А. Б. Ручин, С. К. Алексеев // Известия Калужского общества изучения природы. Кн. восьмая. – Калуга : Изд-во КГПУ им. К. Э. Циолковского, 2008. – С. 187–193.
11. **Ручин, А. Б.** Материалы к фауне пластинчатоусых (Coleoptera: Geotrupidae и Scarabaeidae) Национального парка «Смольный» / А. Б. Ручин, Г. Ф. Гришуткин // Проблемы биоэкологии и пути их решения (Вторые Ржавитинские чтения). – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 2008. – С. 170–171.
12. **Ручин, А. Б.** О редких насекомых, внесенных в Красную книгу России и распространенных в Мордовии / А. Б. Ручин, Д. К. Курмаева // Энтотомол. обозрение. – 2010. – Т. 89, № 2. – С. 396–402.

13. **Бардин, О. Д.** Эколого-фаунистическая характеристика жуков-листоедов бассейнов Мокши и Суры Республики Мордовия : дис. ... канд. биол. наук / Бардин О. Д. – Саранск, 2005. – 150 с.
14. **Ручин, А. Б.** Список видов насекомых национального парка «Смольный» / А. Б. Ручин // Научные труды Национального парка «Смольный». – Саранск ; Смольный, 2008. – Вып. 1. – С. 151–180.
15. **Егоров, Л. В.** Дополнения к фауне жесткокрылых (Insecta, Coleoptera) национального парка «Смольный» (Республика Мордовия) / Л. В. Егоров, А. Б. Ручин // Вестник Чуваш. гос. пед. ун-та. – 2009. – № 1 (61). – С. 63–69.
16. **Фасулати, К. К.** Полевое изучение наземных беспозвоночных / К. К. Фасулати. – М. : Высш. шк., 1971. – 424 с.
17. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2003. – Vol. 1. – 819 p.
18. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2004. – Vol. 2. – 942 p.
19. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2006. – Vol. 3. – 690 p.
20. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2007. – Vol. 4. – 935 p.
21. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2008. – Vol. 5. – 670 p.
22. Catalogue of Palaearctic Coleoptera / I. Löbl, A. Smetana ed. – Stenstrup : Apollo Books, 2010. – Vol. 6: Chrysomeloidae.– 924 p.
23. Family-group names in Coleoptera (Insecta) / P. Bouchard, Y. Bousquet, A. E. Davies, M. A. Alonso-Zarazaga, J. F. Lawrence, C. H. C. Lyal, A. F. Newton, C. A. M. Reid, M. Schmitt, S. A. Ślipiński, A. B. T. Smith // ZooKeys. – 2011. – Vol. 88. – P. 1–972.

References

1. Timraleev Z. A., Aryukov V. A. *Izuchenie prirody basseyna reki Oki* [Nature study of Oka river basin]. Kaluga: Izd-vo KGPU im. K. E. Tsiolkovskogo, 2001, pp. 16–18.
2. Bardin O. D., Timraleev Z. A. *Aktual'nye problemy nauki i praktiki: materialy Mezhdunar. nauch. konf* [Topical problems of science and practice: proceedings of the International scientific conference]. Tolyatti: Izd-vo Volzhsk. un-ta, 2004, pp. 266–270.
3. Andreychev A. V., Loginova N. G. *XXXIII Ogarevskie chteniya: materialy nauch. konf. Ch. 2* [XXXIII Ogaryovskie readings: proceedings of the scientific conference. Part 2]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2005, pp. 44–45.
4. Dmitrieva I. N. *Rol' zapovednikov lesnoy zony v sokhranении i izuchenii biologicheskogo raznoobraziya Evropeyskoy chasti Rossii* [Significance forest reserve area in preserving and studying of biological diversity of the European part of Russia]. Ryazan', 2005, pp. 504–512.
5. Dmitrieva I. N. *Fauna i osobennosti ekologii dolgonosikoobraznykh zhukov (Coleoptera, Curculionoidea) na severe lesostepi Privolzhskoy vozvysheynosti* [Fauna and peculiarities of ecology of curculio beetles]. Cheboksary, 2005, 180 p.
6. Bardin O. D., Timraleev Z. A. *Bioresursy i bioraznoobrazie ekosistem Povolzh'ya: proshloe, nastoyashchee, budushchee* [Bioresources and biodiversity of Volga region ecosystems: past, present, future]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2005, pp. 108–109.
7. Bardin O. D., Timraleev Z. A. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 2007, vol. 86, no. 5, pp. 554–560.
8. Ruchin A. B., Grishutkin G. F., Kurmaeva D. K., Lapshin A. S. *Nauchnye trudy Nacional'nogo parka «Smol'nyy»* [Proceedings of the National park “Smolny”]. Saransk ; Smol'nyy, 2008, iss. 1, pp. 181–186.
9. Ruchin A. B., Loginova N. G., Kurmaeva D. K. *Fauna i ekologiya nasekomykh* [Fauna and ecology of insects]. Rostov-on-Don: Izd-vo TsVVR, 2007, iss. 1, pp. 24–33.

10. Ruchin A. B., Alekseev S. K. *Izvestiya Kaluzhskogo obshchestva izucheniya prirody. Kn. vos'maya* [Proceedings of Kaluga society of nature study. Book 8]. Kaluga: Izd-vo KGPU im. K. E. Tsiolkovskogo, 2008, pp. 187–193.
11. Ruchin A. B., Grishutkin G. F. *Problemy bioekologii i puti ikh resheniya (Vtorye Rzhavitinskie chteniya)* [Problems of bioecology and solution thereof (Second Rzhavitinskie readings)]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 2008, pp. 170–171.
12. Ruchin A. B., Kurmaeva D. K. *Entomol. obozrenie* [Entomological review]. 2010, vol. 89, no. 2, pp. 396–402.
13. Bardin O. D. *Ekologo-faunisticheskaya kharakteristika zhukov-listoedov basseynov Mokshi i Sury Respubliki Mordoviya: dis. kand. biol. nauk* [Ecological-faunistic characteristics of gold-beetles of Moksha and Sura river basins in the Republic of Mordovia: dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Saransk, 2005, 150 p.
14. Ruchin A. B. *Nauchnye trudy Natsional'nogo parka «Smol'nyy»* [Proceedings of the National park “Smolny”]. Saransk ; Smol'nyy, 2008, iss. 1, pp. 151–180.
15. Egorov L. V., Ruchin A. B. *Vestnik Chuvash. gos. ped. un-ta* [Bulletin of Chuvashia State Pedagogical University]. 2009, no. 1 (61), pp. 63–69.
16. Fasulati K. K. *Polevoe izuchenie nazemnykh bespozvonochnykh* [Field study of ground invertebrates]. Moscow: Vyssh. shk., 1971, 424 p.
17. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2003, vol. 1, 819 p.
18. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2004, vol. 2, 942 p.
19. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2006, vol. 3, 690 p.
20. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2007, vol. 4, 935 p.
21. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2008, vol. 5, 670 p.
22. *Catalogue of Palaearctic Coleoptera*. I. Löbl, A. Smetana ed. Stenstrup: Apollo Books, 2010, vol. 6: Chrysomeloidae. 924 p.
23. Bouchard P., Bousquet Y., Davies A. E., Alonso-Zarazaga M. A., Lawrence J. F., Lyal S. H. C., Newton A. F., Reid C. A. M., Schmitt M., Ślipiński S. A., Smith A. B. T. *ZooKeys*. 2011, vol. 88, pp. 1–972.

Ручин Александр Борисович

доктор биологических наук, доцент,
директор, Мордовский государственный
природный заповедник
имени П. Г. Смидовича
(Россия, Республика Мордовия,
Темниковский район, п. Пушга)

E-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Ruchin Aleksandr Borisovich

Doctor of biological sciences, associate
professor, head of Mordovian National
Park named after P. G. Smidovich
(Pushta, Temnikov region, Republic
of Mordovia, Russia)

Егоров Леонид Валентинович

кандидат биологических наук, доцент,
Государственный природный
заповедник «Присурский»
(Россия, Чувашская Республика,
п. Лесной, 9, г. Чебоксары)

E-mail: platyscelis@mail.ru

Egorov Leonid Valentinovich

Candidate of biological sciences, associate
professor, Prisursky State Nature Reserve
(9 Lesnoy settlement, Cheboksary,
Chuvash Republic, Russia)

УДК 595.7:502.172: 502.211 (470.345)

Ручин, А. Б.

Новые данные по колеоптерофауне Национального парка «Смольный» (Республика Мордовия) / А. Б. Ручин, Л. В. Егоров // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 20–27.

О НАХОДКАХ БЕСКРЫЛОЙ КОБЫЛКИ (*Podisma Pedestris* (Linnaeus, 1758)) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE) В МОРДОВИИ

Аннотация. Приводятся сведения о находках *Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758) в Мордовии. Дается характеристика биотопов и численности вида в местах обитания.

Ключевые слова: бескрылая кобылка, *Podisma pedestris*, фауна, Мордовия.

A. B. Ruchin, A. P. Mikhaylenko

ON FINDINGS OF *Podisma Pedestris* (Linnaeus, 1758) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE) IN THE REPUBLIC OF MORDOVIA

Abstract. Data on *Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758) finding in Mordovia are provided in the abstract. The biotope characteristics and species magnitude in habitats are given.

Key words: *Podisma pedestris*, fauna, Mordovia.

Бескрылая кобылка (*Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758)) – довольно широко распространенный в Палеарктике вид. Она расселена от Атлантического побережья Европы на западе до Центральной Якутии на востоке. На севере ее ареал заходит за Северный полярный круг, а на юге она по горам достигает субтропического пояса. В пределах своего ареала кобылка встречается спорадично, что особенно четко проявляется на юге лесной зоны и в лесостепях Восточно-Европейской равнины, где этот вид обитает локально [1, 2].

До середины XX в. ареал бескрылой кобылки в Восточной Европе включал почти всю область распространения лиственных лесов, доходя по речным долинам до центральной степи [3]. В Поволжье в условиях лесостепи бескрылая кобылка была обычна [4], она отмечалась ранее на севере Московской области [5], однако сейчас ранее известные ее локалитеты утрачены, и ныне она известна лишь с юго-востока области [6]. В Чувашской Республике бескрылая кобылка указана только в одном локалитете – с. Янгильдино Козловского района [7]. В Удмуртской Республике встречается спорадически по всей территории, более обычна в ее южной половине. Тяготеет к теплообеспеченным открытым биотопам с невысоким проективным покрытием: опушки склоновых лесов, суходольные луга на легких почвах, сосновые леса на песках [8]. В Волжско-Камском заповеднике обнаружена в сосняке лишайниково-мшистом [9]. Этот вид единично найден в Воронежской и Белгородской областях [3, 10, 11], в Никольском районе Пензенской области [12], в Мичуринском районе Тамбовской области (Михайленко, Полумордвинов, в печати).

Для территории Мордовии *P. pedestris* впервые упоминалась в [13] по итогам экспедиции 1936 г. (отловлена 13 и 17 августа в Темниковской лесной даче) по изучению энтомофауны Мордовского заповедника. Впоследствии этот вид упоминался в списках С. М. Нисмерчука [14], из которых не совсем

ясно, ловил ли он сам или это упоминание работы предыдущего автора. Нами [15] этот вид также приведен только на основании первичных списков фауны Мордовского заповедника. З. А. Тимралева [16] указал бескрылую кобылку как довольно обычный, но немногочисленный вид в агроценозах. И, правда, *P. pedestris* иногда упоминается как вредитель полей и пастбищ [17], но предпочитает питаться листьями кустарников и разнотравья [18]. Учитывая, что в близких к Мордовии регионах бескрылая кобылка отмечена в основном единичными или немногочисленными находками, причем только в естественных станциях, следует признать, что автор [16, 19] явно неправильно определил данный вид или некритически истолковал сообщения своих коллег.

В 2013 г. после значительного перерыва вид *P. pedestris* обнаружен в нескольких локалитетах на территории Мордовского заповедника. Материал собирался с использованием общепринятых энтомологических методов. Для сборов указываются место находки, дата сбора и общее число изученных экземпляров. Исследованный материал хранится в коллекции Мордовского заповедника (п. Пушта).

Материал. Темниковский р-н: Мордовский заповедник, кв. 373, 15.VII.2013, 2 экз. (Т. Стойко); кв. 357, 04.VIII.2013, 1 экз. (А. Ручин); кв. 338, 21.VII.2013, 5 экз. (А. Ручин).

Все места сборов представляют собой разреженные сосняки разного возраста (от 60 и более лет). Травяной покров редкий, представлен тонкостебельными злаками, изредка включает ландыш, купену лекарственную и другие травы. Кобылка в основном собиралась на дорогах, просеке, на плешинах песка, редко в траве. Численность невысока – от 1 до 25 экз. в одном локалитете на 100 м маршрута.

Таким образом, достоверные находки бескрылой кобылки в Мордовии известны с территории Мордовского заповедника. Не исключено ее местобитание и в других районах (Зубово-Полянский, Теньгушевский) со сходными лесорастительными условиями. Ввиду редкости и невысокой численности необходимо включение данного вида в Красную книгу Мордовии.

Авторы признательны Т. Г. Стойко (Пенза) за помощь в сборе полевого материала.

Список литературы

1. **Сергеев, М. Г.** Зонально-ландшафтное распределение бескрылой кобылки – *Podisma pedestris* L. (Orthoptera, Acrididae) / М. Г. Сергеев, И. А. Ванькова // Евразийский энтомологический журнал. – 2003. – Т. 2, № 3. – С. 157–165.
2. **Елаева, Н. Ф.** Фаунистический анализ прямокрылых юго-западного Забайкалья / Н. Ф. Елаева, О. Д. Доржиева // Вестник Бурятского государственного университета. – 2010. – № 4. – С. 170–173.
3. **Присный, А. В.** Современное состояние фауны короткоусых прямокрылых (Orthoptera, Caelifera) юга Среднерусской равнины / А. В. Присный // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2007. – Т. 3, № 1. – С. 19–29.
4. **Алейникова, М. М.** Азиатская саранча в Татарской АССР / М. М. Алейникова // Известия Казанского филиала АН СССР. Серия биологических и сельскохозяйственных наук. – 1950. – № 2. – С. 209–258.
5. **Крицкая, И. Г.** Саранчовые и кузнечики Московской области / И. Г. Крицкая // Фауна и экология беспозвоночных животных. – 1976. – Ч. 1. – С. 158–161.
6. Красная книга Московской области. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2008. – 828 с.

7. **Олигер, И. М.** Фауна прямокрылых Чувашской АССР / И. М. Олигер // Зоологический журнал. – 1965. – Т. 44, № 1. – С. 46–54.
8. **Адаховский, Д. А.** Материалы по фауне, распространению и экологии прямокрылых насекомых (Orthoptera) Удмуртии / Д. А. Адаховский // Вестник Удмуртского университета. – 2006. – № 10. – С. 119–128.
9. **Кармазина, И. О.** Фауна и экология прямокрылых насекомых (Insecta: Orthoptera) Волжско-Камского государственного природного биосферного заповедника / И. О. Кармазина, Н. В. Шулаев // Ученые записки Казанского государственного университета. – 2009. – Т. 151, кн. 2. – С. 173–180.
10. Красная книга Белгородской области. Редкие и исчезающие растения, грибы, лишайники и животные. – Белгород, 2004. – 532 с.
11. Красная книга Воронежской области. Т. 2. Животные. – Воронеж : МОДЭК, 2011. – 424 с.
12. **Полумордвинов, О. А.** Новые и редкие виды прямокрылых (Insecta, Orthoptera) Пензенской области / О. А. Полумордвинов // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 2013. – Вып. 11 (в печати).
13. **Редикорцев, В. В.** Материалы к энтомофауне Мордовского государственного заповедника / В. В. Редикорцев // Фауна Мордовского государственного заповедника им. П. Г. Смидовича. – М., 1938. – С. 137–146.
14. **Нисмерчук, С. М.** Список видов насекомых, зарегистрированных в период с конца лета и осени / С. М. Нисмерчук // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. – Саранск ; Пушта, 2011. – Вып. VIII. – С. 84–107.
15. Материалы к фауне прямокрылых (Insecta, Orthoptera) Мордовского заповедника / А. Б. Ручин, А. П. Михайленко, В. В. Алексанов, С. К. Алексеев, О. Н. Артаев // Труды Мордовского государственного природного заповедника им. П. Г. Смидовича. – Саранск ; Пушта, 2013. – Вып. XI. – С. 206–217.
16. **Тимралеев, З. А.** Вредные и полезные насекомые зерновых культур юга Нечерноземной зоны России / З. А. Тимралеев. – Саранск : Изд-во Морд. ун-та, 1992. – 184 с.
17. Саранчовые Казахстана, Средней Азии и сопредельных территорий / А. В. Лачининский, М. Г. Сергеев, М. К. Чильдебаев, М. Е. Черняховский, Дж. А. Локвуд, В. Е. Камбулин, Ф. А. Гаппаров // Международная ассоциация прикладной акридологии и Университет Вайоминга. – Ларамы, 2002. – 387 с.
18. **Пшеницына, Л. Б.** Уровень поглощения и утилизации фито-массы степными саранчовыми / Л. Б. Пшеницына // Сибирский экологический журнал. – 1997. – Т. 4, № 3. – С. 263–268.
19. **Тимралеев, З. А.** Биоразнообразие и источники формирования вредной фауны растительного яруса в агроценозах зерновых культур юга Нечерноземья / З. А. Тимралеев // Экологические проблемы и пути их решения в зоне Среднего Поволжья. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1999. – С. 51–53.

References

1. Sergeev M. G., Van'kova I. A. *Evraziatskiy entomologicheskiy zhurnal* [Eurasian entomological journal]. 2003, vol. 2, no. 3, pp. 157–165.
2. Elaeva N. F., Dorzhieva O. D. *Vestnik Buryatskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Buryatia State University]. 2010, no. 4, pp. 170–173.
3. Prisky A. V. *Kavkazskiy entomologicheskiy byulleten'* [Caucasus entomological bulletin]. 2007, vol. 3, no. 1, pp. 19–29.
4. Aleynikova M. M. *Izvestiya Kazanskogo filiala AN SSSR. Seriya biologicheskikh i sel'skokhozyaystvennykh nauk*. [Proceedings of Kazan branch of USSR Academy of Sciences. Series: biological and agricultural sciences]. 1950, no. 2, pp. 209–258.

5. Kritskaya I. G. *Fauna i ekologiya bespozvonochnykh zivotnykh* [Fauna and ecology of invertebrates]. 1976, part 1, pp. 158–161.
6. *Krasnaya kniga Moskovskoy oblasti* [The red book of Moscow region]. Moscow: Tovari-
shchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2008, 828 p.
7. Oliger I. M. *Zoologicheskiy zhurnal* [Zoological journal]. 1965, vol. 44, no. 1,
pp. 46–54.
8. Adakhovskiy D. A. *Vestnik Udmurtskogo universiteta* [Bulletin of Udmurtia Universi-
ty]. 2006, no. 10, pp. 119–128.
9. Karmazina I. O., Shulaev N. V. *Uchenye zapiski Kazanskogo gosudarstvennogo univer-
siteta* [Proceedings of Kazan State University]. 2009, vol. 151, bk. 2. – S. 173–180.
10. *Krasnaya kniga Belgorodskoy oblasti. Redkie i ischezayushchie rasteniya, griby, li-
shayniki i zivotnye* [The red book of Belgorod region. Rare and endangered plant, fun-
gi, lichens and animals]. Belgorod, 2004, 532 p.
11. *Krasnaya kniga Voronezhskoy oblasti. T. 2. Zivotnye* [The red book of Voronezh re-
gion. Volume 2. Animals]. Voronezh: MODEK, 2011, 424 p.
12. Polumordvinov O. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Po-
volzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. Saratov: Izd-vo
Sarat. un-ta, 2013, iss. 11 (v pechati).
13. Redikortsev V. V. *Fauna Mordovskogo gosudarstvennogo zapovednika im. P. G. Smi-
dovicha* [Fauna of Mordovia state nature reserve named after P. G. Smidovich]. Mos-
cow, 1938, pp. 137–146.
14. Nismerchuk S. M. *Trudy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika
im. P. G. Smidovicha* [Proceedings of Mordovia state nature reserve named after
P. G. Smidovich]. Saransk ; Pushta, 2011, vol. VIII, pp. 84–107.
15. Ruchin A. B., Mikhaylenko A. P., Aleksanov V. V., Alekseev S. K., Artaev O. N. *Tru-
dy Mordovskogo gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika im. P. G. Smidovicha*
[Proceedings of Mordovia state nature reserve named after P. G. Smidovich]. Saransk ;
Pushta, 2013, vol. XI, pp. 206–217.
16. Timraleev Z. A. *Vrednye i poleznye nasekomye zernovykh kul'tur yuga Nechernozemnoy
zony Rossii* [Destructive and beneficial insects of cereal crops of the south of non-black
soil area of Russia]. Saransk: Izd-vo Mord. un-ta, 1992, 184 p.
17. Lachininskiy A. V., Sergeev M. G., Chil'debaev M. K., Chernyakhovskiy M. E., Lok-
vud Dzh. A., Kambulin V. E., Gapparov F. A. *Mezhdunarodnaya assotsiatsiya priklad-
noy akridologii i Universitet Vayominga* [International association of applied acridology
and Wyoming University]. Larami, 2002, 387 p.
18. Pshenitsyna L. B. *Sibirskiy ekologicheskiy zhurnal* [Siberian ecological journal]. 1997,
vol. 4, no. 3, pp. 263–268.
19. Timraleev Z. A. *Ekologicheskie problemy i puti ikh resheniya v zone Srednego Po-
volzh'ya* [Ecological problems and solutions in the Middle Volga region]. Saransk:
Izd-vo Mordov. un-ta, 1999, pp. 51–53.

Ручин Александр Борисович

доктор биологических наук, доцент,
директор, Мордовский
государственный природный
заповедник им. П. Г. Смидовича
(Россия, Республика Мордовия,
Темниковский район, п. Пушта)

Ruchin Aleksandr Borisovich

Doctor of biological sciences, associate
professor, head of Mordovian National
Park named after P. G. Smidovich
(Pushta, Temnikov region, Republic
of Mordovia, Russia)

E-mail: sasha_ruchin@rambler.ru

Михайленко Андрей Петрович

инженер-лаборант, специалист по защите растений, Ботанический сад, Московский государственный университет им. М. В. Ломоносова
(Россия, г. Москва, ул. Ленинские Горы, 1)

E-mail: caelifera@yandex.ru

Mikhaylenko Andrey Petrovich

Engineer-laboratory assistant, expert in plant protection, Botanical gardens, Moscow State University named after M. V. Lomonosov
(1 Leninskie Gory, Moscow, Russia)

УДК 595.7 (470.345)

Ручин, А. Б.

О находках бескрылой кобылки (*Podisma pedestris* (Linnaeus, 1758)) (ORTHOPTERA, ACRIDIDAE) в Мордовии / А. Б. Ручин, А. П. Михайленко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 28–32.

Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов

ИЗУЧЕННОСТЬ ФАУНЫ ЧЕШУЕКРЫЛЫХ (INSECTA: LEPIDOPTERA) ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ¹

Аннотация. На территории Пензенской области с конца XIX в. по 2012 г. выявлено 1357 видов чешуекрылых (приблизительно 60–70 % возможного состава фауны). Предлагаются сводка изученности фауны на уровне семейств, отражающая динамику ввода сведений в научный оборот, сомнительные и ошибочные указания. Отмечены уникальные находки для фауны Среднего Поволжья.

Ключевые слова: Пензенская область, насекомые, чешуекрылые, фауна, семейства, уникальные находки, ревизия.

L. V. Bol'shakov, O. A. Polumordvinov

REVIEW OF THE FAUNA OF LEPIDOPTERA (INSECTA: LEPIDOPTERA) IN PENZA REGION¹

Abstract. 1357 species of Lepidoptera (approximately 60–70 % of the entire fauna) were found on the territory of Penza region from the end of the 19th century up to 2012. The paper gives a review of the fauna at the family level reflecting the pace of acquisition of the scientific information, as well as ambiguous and erratic directions. Unique findings for the fauna of the Middle Volga region are mentioned.

Key words: Penza region, insects, Lepidoptera, fauna, family, unique findings, revision.

Введение

История изучения фауны чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Пензенской губернии и области обсуждалась неоднократно [1–3]. Однако ранее приводимые обобщающие сведения были неполны в связи с отдельным анализом небольших групп, а также макро- и микрочешуекрылых, неучетом некоторых малоизвестных публикаций, к тому же успевших устареть. С конца XIX до конца XX в. по рассматриваемой территории было опубликовано несколько работ, включая первый достаточно представительный список макро-чешуекрылых (Macrolepidoptera) Пензенской области [4], авторы которого обычно не учитывали работ предшественников, а при активизации исследований в начале XXI в. появилось значительное число частных работ, приоритет некоторых, опубликованных в одни годы, было затруднительно установить. Однако полная сводка о составе основных макротаксонов чешуекрылых необходима для своевременного учета новых сведений, регулярно вводимых в научный оборот.

В настоящем сообщении мы постарались учесть все известные (найденные) публикации по лепидоптерофауне бывшей губернии и области, уточнить их хронологию, оценить степень достоверности приведенных фактов и составить обобщающую сводку по составу семейств.

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (грант № 12–04–97073–р–поволжье–а).

1. Материал и методы

Макросистема отряда Lepidoptera принята на основе работы В. И. Кузнецова и А. А. Стекольниковой [5] с последующими изменениями [6, 7]. При этом мы пытаемся найти компромисс между системами, предложенными разными авторами по разным группам в условиях отсутствия единых критериев установления статуса макротаксонов и явной тенденции к «формализации» (по существу, деструктивно-профанационному упрощению) макросистемы. В итоге мы отвергаем «модные» на западе такие широкие трактовки семейств, как Elachistidae (s.l.), Pyralidae (s.l.), Crambidae (s.l.), Nymphalidae (s.l.), Drepanidae (s.l.), Erebidae (s.l.), но принимаем Adelidae (s.l.) в связи с однообразным строением их генитальных структур. Мы пока сохраняем статусы таких ставших наиболее дискуссионными в последнее время семейств, как Lymantriidae и Arctiidae, с оговоркой о необходимости дальнейшей ревизии Erebidae [7], но признаем статусы Nolidae и Noctuidae (s. str.) в связи с очевидной их обособленностью, продемонстрированной целым рядом молекулярных исследований. После названия семейства приведено общее число найденных в области видов, затем (в скобках) – динамика их ввода в научный оборот: ссылки на работы сопровождаются числом приведенных видов. Знаком (*) обозначено число новых для области видов, знаком (?) – сомнительных, знаком (!) – явно ошибочных указаний. В конце аннотаций ряда семейств даются комментарии относительно приоритетов публикаций, сомнительных и ошибочно указанных видов.

Отметим, что здесь учитываются только публикации, содержащие новые указания и важнейшие обобщения. Если первичное указание вида носило слишком поверхностный характер, мы цитируем следующую работу с уже не первой, но полноценной аннотацией этого вида. Помимо цитируемых работ, по фауне области было опубликовано немало работ районного значения, экологической и природоохранной направленности, а также широкообобщающих компилятивных сводок, не содержащих принципиальных фаунистических новшеств.

2. Результаты исследований и их обсуждение

Micropterigidae – 1 вид [8];
Eriocraniidae – 3 [2 (2), 8 (1*)];
Hepialidae – 3 [9 (1); 4 (2, 1*); 10 (1); 11 (1*); 12 (1)];
Heliozelidae – 1 [8];
Adelidae (s.l., sensu Kuznetsov et Stekolnikov, 2001) (ранее принимались сем. Incurvariidae и Adelidae (s. str.)) – 11 [2 (3), 13 (5*), 8 (3*)];
Opisthogasteridae – 1 [8];
Psychidae – 8 [4 (7); 2 (1), 13 (1*)];
Tineidae – 18 [2 (3), 13 (4*), 14 (2*), 8 (9*)];
Bucculatricidae – 3 [14];
Gracillariidae – 6 [2 (1), 13 (3*), 14 (1*), 8 (1*)];
Epermeniidae – 2 [14 (1), 8 (1*)];
Ochsenheimeriidae – 2 [15 (1); 2 (1*), 14 (1)];
Ypsolophidae – 11 [2 (4), 13 (1*), 14 (4*), 8 (2*)];
Plutellidae – 1 [16 (1); 17 (1); 2 (1)];
Acrolepiidae – 1 [8];

- Yponomeutidae – 7 [16 (1); 18 (2, 1*); 17 (1); 2 (3, 1*), 14 (2*), 8 (1*); 19 (1*)];
- Argyresthiidae – 1 [2];
- Glyphipterigidae – 2 [8];
- Elachistidae – 2 [8];
- Agonoxenidae – 1 [20];
- Ethmiidae – 3 [2 (1), 13 (1*), 8 (1*)];
- Cryptolechiidae (Amphisbatidae auct.) – 1 [2];
- Depressariidae – 27 [2 (8), 13 (6*), 14 (3*), 8 (10*)];
- Oecophoridae – 3 [8];
- Chimabachidae – 2 [2 (1), 8 (1*)];
- Lypusidae (sensu Dierl, 1996; Bolshakov et al., 2010) – 1 [2, 8];
- Coleophoridae – 13 [17 (1); 2 (2, 1*), 14 (2*), 8 (4*); 21 (6, 5*)];
- Momphidae – 3 [17 (1); 20 (2, 1*); 14 (1*)];
- Blastobasidae – 1 [8];
- Scythrididae – 7 [2 (1), 13 (1*), 14 (1*), 8 (4, 2*); 22 (2*)];
- Gelechiidae – 48 [17 (4); 2 (6*), 14 (9*), 8 (18, 16*); 23 (15, 13*)];
- Cosmopterigidae – 4 [20 (2); 13 (1*), 8 (2, 1*)];
- Chrysopoleiidae – 1 [20];
- Tortricidae – 183 [16 (1); 17 (6*); 2 (59, 56*), 13 (42, 39*), 14 (40, 33*), 8 (48, 47*); 24 (1*)];
- Choreutidae – 2 [14];
- Cossidae – 5 [9 (2); 4 (2); 11 (2*); 12 (1); 1 (1*); 25 (1); 26 (1); 27 (5)];
- Limacodidae – 1 [4];
- Zygaenidae – 18 [9 (3); 4 (9, 6*, 1!); 10 (3, 1*?); 28 (3); 11 (4, 3*); 12 (3); 1 (7, 3*); 25 (1), 29 (1); 26 (4); 30 (18, 3*)]; примечание: указание *Zygaena purpuralis* (Brün.) [4] относится к *Z. minos* (D. et Sch.), этот вид фактически впервые приведен [30]; указание *Z. angelicae* Ochs. [10] не подтверждено; этот вид фактически впервые приведен [1];
- Sesiidae – 3 [9 (1); 4 (3, 2*); 11 (1)];
- Pterophoridae – 18 [17 (3); 2 (8, 6*), 13 (3*), 14 (2*), 8 (5, 4*)];
- Pyralidae (s. str., sensu Kuznetsov et Stekolnikov, 2001) – 12 [2 (6), 13 (2*), 14 (2*), 31 (2*)];
- Phycitidae – 50, 1? [2 (18*), 13 (13, 11*), 14 (6, 5*), 31 (46, 11*, 1?), 8 (3*); 32 (1*), 33 (1*)]; примечание: без учета 1 вида, не поддающегося идентификации [16]; необходима ревизия материала, определенного как «*Hurochalcia lignella* (Hübner, 1796)» [31];
- Pyraustidae (sensu Kuznetsov et Stekolnikov, 2001) – 65 [16 (1); 17 (2*); 2 (25, 23*), 13 (20, 19*), 14 (13, 8*), 31 (61, 9*), 8 (4*)];
- Crambidae (s.str., sensu Kuznetsov et Stekolnikov, 2001) – 28 [17 (1); 2 (19, 18*), 13 (7, 5*), 14 (6, 3*), 31 (28, 1*)];
- Thyrididae – 1 [14, 26];
- Hesperiidae – 18 [9 (1); 34 (1*); 4 (14, 12*); 35 (3); 10 (фактически 6, 1*); 28 (3, 1*?); 11 (7, 2*); 12 (5); 26 (2); 36 (12); 29 (1*)]; примечание: указание *Hesperia comma* (L.) [28] не подтверждено, этот вид фактически впервые приведен [11];
- Papilionidae – 5 [9 (4); 34 (1); 4 (5, 1*); 35 (1); 10 (4); 37 (4); 11 (4); 12 (4); 25 (3); 36 (3); 38 (3)];

Pieridae – 16, 1? [9 (7); 39 (2*); 16 (2); 4 (12, 3*); 35 (5); 10 (11, 1*?); 28 (4, 1!); 11 (4, 2*, 1!); 12 (8); 40 (2, 1*); 1 (2); 41 (1), 38 (1); 25 (1); 42 (3, 1*); 36 (12)]; примечание: виды-двойники рода *Leptidea* разделены после [40]; указания *L. morsei* (Fent.) [11, 28] не подтверждены, этот вид фактически впервые приведен [42]; указание *P. chloridice* (Hbn.) [10] не подтверждено;

Nymphalidae – 41 [9 (15); 4 (32, 18*, 1*?); 35 (5); 10 (21, 1*?); 37 (1); 28 (20, 1*?, 1?); 11 (13, 3*); 43 (1), 25 (4), 29 (2); 12 (19, 1!); 41 (5, 2*); 26 (3, 1*); 36 (29); 29 (1*); 44 (1*)]; примечание: указания *Melitaea aurelia* Nick. [4, 11, 28] не подтверждены, этот вид фактически впервые приведен [44]; указание *Melitaea britomartis* Assm. [28] не подтверждено, это вид фактически впервые приведен [11]; указание *Melitaea diamina* (Lang) [10] не подтверждено, этот вид фактически впервые приведен [11];

Satyridae (sensu Kuznetsov et Stekolnikov, 2001) – 22, 1?, 1! [9 (4, 1?); 4 (13, 10*); 35 (3, 1*); 10 (фактически 12, 1*, 1*?); 28 (9, 2*, 1!); 11 (12, 5*, 1?); 43 (1), 25 (5), 29 (1); 12 (11); 41 (3), 38 (2); 26 (5); 36 (13)]; примечание: не подтверждено указание *Erebia medusa* (D. et Sch.) [9, 11 (цит. предыд.)] – возможно, ошибочное определение в начале XX в.; указание *Coenonympha tullia* (Müll.) [10] в местности, где нет подходящих биотопов, не подтверждено, этот вид фактически впервые приведен [11]; без учета *Hyponephele lupina* (Costa) – явно ошибочное указание в лесном районе [28], где обитает только *H. lycaon* (Rott.);

Riodinidae – 1 [25, 41];

Lycaenidae – 45 [9 (7); 4 (29, 22*); 35 (2); 10 (16, 1*, 2*?); 37 (1); 28 (10); 11 (12, 8*); 45 (40, 3*); 12 (фактически 15); 41 (5, 2*), 38 (4); 25 (10), 46 (1*), 29 (2, 1*); 26 (4); 36 (28)]; примечание: без учета *Polyommatus neglectus* [41], синонима *P. icarus* (Rott.); указание *Phengaris nausithous* (Bgstr.) [10] не подтверждено, этот вид фактически впервые приведен [11]; из статей [45, 11] вторая имеет приоритет, так как статья Барышева была написана по материалам, представленным Полумордвинковым и Монаховым, а поставлена в сборник впереди по алфавиту фамилии автора;

Thyatiridae – 7 [4 (5); 1 (2*); 26 (1)];

Drepanidae – 5 [4 (5); 12 (2); 11 (3); 26 (1)];

Geometridae – 227, 7? [47 (1); 9 (2*); 48 (23*); 49 (82, 60*, ?1*); 50 (4, 2*), 51 (3), 52 (2, 1*), 53 (1, ?1, ?1*); 4 (145, 80*, 5?, 4*?); 35 (13, 3*); 10 (2, 1*, 1?, !?); 28 (2, 1*); 11 (8, 2*); 43 (1); 1 (1*); 26 (1); 54 (227, 50*, 7?)]; примечание: остаются не подтверждены материалом указания *Aspilates gilvaria* (D. et Sch.) [10], *Dysstroma truncata* (Hfn.), *Pennithera firmata* (Hbn.), *Eupithecia extensaria* (Frr.), *Scopula umbelaria* (Hbn.) [4], *Cyclophora porata* (L.) [4, 53], *Eupithecia expallidata* Dbld. [49] (причем указание *P. firmata* крайне сомнительно);

Lasiocampidae – 12 [9 (3); 16 (1); 4 (10, 7*); 37 (1*); 11 (6, 1*); 12 (7); 25 (1)];

Lemoniidae – 2 [37 (1); 11 (1); 26 (2, 1*)];

Saturniidae – 3 [9 (1); 4 (1); 37 (1); 11 (3, 2*); 43 (1), 25 (2)];

Endromidae – 1 [4, 11, 26];

Sphingidae – 18, 1? [9 (8, 1?); 4 (13, 8*); 55 (13, 1*); 35 (1); 10 (2); 37 (3); 56 (6), 11 (8, 1*); 28 (7); 12 (9); 25 (2); 26 (2); 38 (2)]; примечание: первое указание «*Macroglossa bombylifformis* L.» (*Hemaris* sp.) [9] не поддается иденти-

фикации, оба вида рода фактически впервые приведены [4]; *Marumba quercus* (D. et Sch.) остается известен по [9] – скорее всего, исчез;

Notodontidae – 28 [9 (1); 4 (19, 18*); 28 (2); 11 (8, 5*); 12 (8); 1 (3*); 25 (2, 1*), 29 (1); 57 (1)];

Nolidae (ранее принимались в составе Arctiidae и Noctuidae (s.l.)) – 5, 2? [4 (2, 2?); 11 (1); 58 (3*)]; с учетом данных А. Ю. Матова (личное сообщение), в результате ревизии материала О. В. Шлыкова в ЗИН остаются не подтверждены материалом *Meganola albula* (D. et Sch.) и *Bena bicolorana* (Fuessly);

Lymantriidae – 11 [9 (4); 16 (2); 4 (11, 7*); 10 (1); 28 (2)];

Arctiidae (incl. Syntominae) – 38 [9 (5); 4 (31, 27*); 35 (2); 10 (3); 37 (1); 28 (7, 1*); 11 (12, 3*); 12 (9); 1 (1*); 25 (4); 26 (7, 1*); 29 (1)];

Erebidae (sensu Fibiger et Lafontaine, 2005) (ранее принимались в составе Noctuidae (s.l.)) – 30, 2?, 1! [9 (2); 4 (29, 25*, 2*?, 1!); 37 (2); 28 (3); 11 (7); 25 (1); 26 (2); 58 (5*)]; примечание: с учетом данных А. Ю. Матова (личное сообщение), в результате ревизии материала О. В. Шлыкова в ЗИН остаются не подтверждены материалом *Eublemma ostrina* (Hbn.) и *Simplicia rectalis* (Ev.), а *Catocala puerpera* Giorna [4] был ошибочно определен, исправляется (в печати);

Noctuidae – 237, 6? [9 (2); 16 (2, 1*, 2*?); 59 (1*?); 4 (185, 176*, 6*?); 35 (1); 10 (3, 1?); 11 (4); 25 (1); 26 (3); 58 (59, 58*)]; примечание: без учета 2 указаний [16], не поддающихся идентификации, фактически впервые приведенных в [4]; не подтверждены материалом первичное указание *Hydroecia micacea* (Esp.) [59], фактически впервые приведенного в [4], и вторичное – *Peridroma saucia* (Hbn.) [10]; с учетом данных А. Ю. Матова (личное сообщение), в результате ревизии материала О. В. Шлыкова [4] в ЗИН остаются не подтверждены материалом *Acronicta cuspis* (Hbn.), *Brachylomia viminalis* (F.), *Xylena exsoleta* (L.), *Orthosia opima* (Hbn.), *Lacanobia splendens* (Hbn.), *Noctua orbona* (Hfn.).

Заключение

Таким образом, в фауне Пензенской области принимается 1357 видов чешуекрылых (приблизительно 60–70 % возможного состава). Кроме того, 20 видов остаются в числе сомнительных, пока не подтвержденных фактическим материалом или, возможно, исчезнувших после исследований начала XX в. (*Erebia medusa* (D. et Sch.), *Marumba quercus* (D. et Sch.)). Два относительно южных вида (*Hyponephele lupina* (Costa), *Catocala puerpera* (Giorna)) указаны явно ошибочно, но второй из них фактически является пока единственной находкой другого схожего вида.

С высокой степенью полноты (иногда практически исчерпывающе) выявлены составы семейств серий Papilioniformes (=Rhopalocera), Bombyci-formes и отдельных небольших семейств низших чешуекрылых, в меньшей степени – составы остальных макрочешуекрылых, огневкообразных и некоторых молеобразных. Наиболее слабо выявлены составы семейств, включающих самых мелких и скрытноживущих бабочек. Пока не удалось отметить представителей таких семейств, как Nepticulidae, Tischeriidae, Roeslerstammiidae, Douglasiidae, Lyonetiidae, Amphisbatidae (s. str.), Batrachedridae, Alucitidae, которые, вне всяких сомнений, обитают на рассматриваемой территории.

Вместе с тем в Пензенской области после интенсификации исследований с конца XX в. выявлен целый ряд видов, оказавшихся не только новыми для Среднего Поволжья, но и пока не найденными в других областях и республиках этого региона. Таковы молеобразные *Adela violella* (Denis et Schiffmüller, 1775), *Monopis crocicapitella* (Clemens, 1859), *Paraswammerdamia albicapitella* (Scharfenberg, 1805), *Depressaria artemisiae* (Nickerl, 1864), *Hypatopa binotella* (Thunberg, 1794), *Scythris subaerariella* (Stainton, 1867), *Scythris picaepennis* (Haworth, 1828), *Neofaculta infernella* (Herrich-Schäffer, 1854), листовертки *Acleris comariana* (Lienig et Zeller, 1846), *Olethreutes avianus* (Falkovitch, 1959), *Celypha capreolana* (Herrich-Schäffer, 1951), *Lobesia abscisana* (Doubleday, 1849), *Epinotia sordidana* (Hübner, 1824), *Zeiraphera griseana* (Hübner, 1799), *Thiodia sulphurana* (Christoph, 1888), *Notocelia incarnatana* (Hübner, 1800), *Eucosma lacteana* (Treitschke, 1835), *Pelochrista infidana* (Hübner, 1824), *Cydia pactolana* (Zeller, 1840), огневки *Acrobasis consociella* (Hübner, 1813), *Bazaria gilvella* (Ragonot, 1887), *Crambus uliginosellus* (Zeller, 1850), *Talis pulcherrima* (Staudinger, 1870), пяденица *Therapis flavicaria* (Denis et Schiffmüller, 1775), павлиноглазка *Saturnia pyri* (Denis et Schiffmüller, 1775).

Авторы глубоко признательны С. Ю. Синёву, С. В. Барышниковой, А. Л. Львовскому, А. Ю. Матову, В. Г. Миронову (Зоологический институт РАН, Санкт-Петербург), А. В. Свиридову (Зоологический музей МГУ, Москва), В. И. Пискунову (Витебский государственный университет, Республика Беларусь), В. В. Аникину (Саратовский государственный университет), Б. В. Страдомскому (Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону) за разностороннюю помощь в проведении исследований, включая определение сложного материала, С. В. Шибяеву, Д. В. Поликанину, А. Н. Роганину, И. И. Чугляеву, В. А. Чернышову, И. В. Глебову, Е. М. и А. М. Монаховым, С. В. Иванову и М. Г. Щербакову (Пенза) за помощь в сборах материала и организации исследований.

Список литературы

1. **Большаков, Л. В.** Дополнения и уточнения к фауне макрочешуекрылых Пензенской области / Л. В. Большаков, О. В. Полумордвинов, С. В. Шибяев // Russian Entomol. J. – 2004. – Vol. 13 (1–2). – С. 91–95.
2. **Большаков, Л. В.** К фауне микрочешуекрылых (Microlepidoptera) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибяев // Бюл. МОИП. Отдел биол. – 2004. – Т. 109 (5). – С. 26–33.
3. **Стойко, Т. Г.** Анализ материалов по фауне насекомых Пензенской области на 2005 год / Т. Г. Стойко, О. А. Полумордвинов // Известия ПГПУ им. В. Г. Беллинского. Естественные науки. – 2006. – № 1 (5). – С. 92–110.
4. **Шлыков, О. В.** Список чешуекрылых (Macrolepidoptera) Пензенской области / О. В. Шлыков // Энтомол. обозрение. – 1988. – Т. 67 (1). – С. 48–61.
5. **Кузнецов, В. И.** Новые подходы к системе чешуекрылых мировой фауны (на основе функциональной морфологии брюшка) / В. И. Кузнецов, А. А. Стекольников // Тр. Зоол. ин-та. – СПб. : Наука, 2001. – Т. 282. – 462 с.
6. **Львовский, А. Л.** Комментарии к классификации и филогении ширококрылых молей (Lepidoptera, Oecophoridae sensu lato) / А. Л. Львовский // Энтомол. обозрение. – 2011. – Т. 90 (4). – С. 892–912.
7. **Большаков, Л. В.** Дополнения и уточнения к фауне и экологии чешуекрылых (Lepidoptera) Калужской области / Л. В. Большаков, С. К. Алексеев, В. В. Аникин, В. И. Пискунов, С. А. Андреев // Эверсманния. – 2012. – Вып. 31–32. – С. 89–99.

8. К фауне микрочешуекрылых (Lepidoptera) Пензенской области (дополнение 3) / Л. В. Большаков, В. И. Пискунов, С. Ю. Синёв, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибает // Эверсманния. – 2011. – Вып. 25–26. – С. 43–56.
9. **Попов, В. П.** Насекомые (бабочки) / В. П. Попов // Справочная книга Пензенской губернии на 1901 г. – Пенза, 1901. – Т. 2. – С. 39–40.
10. **Добролюбова, Т. В.** Предварительные сведения по фауне насекомых заповедника «Приволжская лесостепь» / Т. В. Добролюбова // Биологическое разнообразие и динамика природных процессов в заповеднике «Приволжская лесостепь». Тр. гос. заповедника «Приволжская лесостепь». – Пенза, 1999. – Вып. 1. – С. 81–88.
11. **Полумордвинов, О. А.** Редкие и требующие охраны чешуекрылые (Insecta, Lepidoptera) Пензенской области. Сообщение 1 (Macrolepidoptera) / О. А. Полумордвинов, Е. М. Монахов // Фауна и экология животных. – Пенза : Изд-во ПГПУ им. В. Г. Белинского, 2002. – Вып. 3. – С. 29–48.
12. **Полумордвинов, О. А.** Фауна. (Чешуекрылые) / О. А. Полумордвинов, А. Е. Барышев // Международный инновационный проект «Ноополис Луговой». Т. 1. Проблемы экологической реабилитации природной среды русской деревни : кол. моногр. ; отв. ред. А. И. Иванов. – М. : Научная книга, 2002. – С. 84–90.
13. **Большаков, Л. В.** Дополнение к фауне микрочешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибает // Бюл. МОИП. Отдел биол. – 2006. – Т. 111 (2). – С. 81–86.
14. **Большаков, Л. В.** К фауне микрочешуекрылых (Lepidoptera) Пензенской области (дополнение 2) / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибает, Ю. Н. Стариков, И. И. Чугляев // Эверсманния. – 2006. – Вып. 7–8. – С. 33–41.
15. **Загуляев, А. К.** Злаковые стеблевые моли. Семейства Ochsenheimeriidae и Eriocottidae / А. К. Загуляев // Фауна СССР. Насекомые чешуекрылые. (Новая серия, № 135). – Л. : Наука, 1988. – Т. 4, вып. 7. – 302 с.
16. **Байшев, И. Ф.** Мирские захребетники. Описание главнейших вредителей с.-х. и болезней культурных растений и мер борьбы с ними / И. Ф. Байшев. – Пенза, 1927. – 109 с.
17. **Синичкина, О. В.** Виды микрочешуекрылых, собранные с помощью ловушки Малеза в Пензенской области / О. В. Синичкина, О. В. Безжонова // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2001. – Вып. 1. – С. 155–156.
18. **Губарева, Г. Г.** Перспективы биологической борьбы с яблоневой молью в сочетании с другими защитными мерами в условиях Пензенской области / Г. Г. Губарева // Экология вредных и полезных насекомых и борьба с вредителями в условиях Пензенской области : тр. кафедры зоологии. – Пенза, 1969. – Т. 76. – С. 5–16.
19. **Большаков, Л. В.** Подтверждение наличия горностаевой моли *Paraswammerdamia albicapitella* (Scharfenberg, 1805) (Lepidoptera: Yponomeutidae) в Европейской России / Л. В. Большаков // Эверсманния. – 2012. – Вып. 31–32. – С. 113.
20. **Синёв, С. Ю.** К фауне некоторых групп гелехиоидных чешуекрылых (Lepidoptera: Gelechioidea) Среднего и Нижнего Поволжья / С. Ю. Синёв // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2005. – Вып. 4. – С. 13–25.
21. **Аникин, В. В.** Новые данные о чехлоносках (Lepidoptera, Coleophoridae) России / В. В. Аникин // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2007. – Вып. 6. – С. 75–79.
22. **Синёв, С. Ю.** Два новых для Поволжья вида мрачных молей (Lepidoptera: Scythrididae) / С. Ю. Синёв, Л. В. Большаков, С. В. Шибает // Эверсманния. – 2008. – Вып. 15–16. – С. 88.
23. **Пискунов, В. И.** Дополнение к фауне выемчатокрылых молей (Lepidoptera: Gelechiidae) Пензенской области (с учетом сборов 2004 года) / В. И. Пискунов, Л. В. Большаков // Эверсманния. – 2005. – Вып. 2. – С. 24–26.

24. **Большаков, Л. В.** *Olethreutes aviana* (Falkovitch, 1959) (Lepidoptera: Tortricidae) – первая находка в Европе / Л. В. Большаков, С. В. Шибаев // Эверсманния. – 2006. – Вып. 6. – С. 62.
25. **Полумордвинов, О. А.** Отряд чешуекрылые – Lepidoptera / О. А. Полумордвинов, С. В. Шибаев, А. М. Монахов, А. Е. Барышев, Е. М. Монахов, В. М. Великовианенко, А. Н. Роганин, Ю. Н. Стариков, Т. Г. Стойко, Д. В. Поликанин, Д. Н. Подгорнов // Красная книга Пензенской области. Т. 2. Животные. – Пенза : Пензенская правда. – 2005. – Т. 2. – С. 32–70.
26. Аннотированный перечень таксонов и популяций животных, нуждающихся в особом внимании к их состоянию в природной среде // Красная книга Пензенской области. Т. 2. Животные. – Пенза : Пензенская правда. – 2005. – Т. 2. – С. 193–199.
27. **Полумордвинов, О. А.** Древооточцы (Lepidoptera, Cossidae) Пензенской области / О. А. Полумордвинов // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2012. – Вып. 10. – С. 67–81.
28. **Киреев, Е. А.** Дополнение к фауне чешуекрылых (Lepidoptera) участка «Верховье Суры» заповедника «Приволжская лесостепь» / Е. А. Киреев // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2001. – Вып. 1. – С. 50–51.
29. **Полумордвинов, О. А.** Новые виды чешуекрылых насекомых (Insecta, Lepidoptera), предлагаемых к внесению в Красную книгу Пензенской области / О. А. Полумордвинов, Д. В. Поликанин, И. И. Чугляев, Д. Н. Подгорнов, Ю. Н. Стариков // Состояние редких видов животных Пензенской области : материалы ведения КК Пензенской области (Животные, 2005). – Пенза : Т-сервис, 2008. – С. 11–18.
30. **Большаков, Л. В.** Пестрянки (Lepidoptera: Zygaenidae) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибаев // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2010. – Т. 6 (2). – С. 179–184.
31. **Большаков, Л. В.** Огневки (Lepidoptera: Pyraloidea) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шибаев // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2009. – Т. 5 (1). – С. 91–110.
32. **Синёв, С. Ю.** *Nyctegretis triangulella* Ragonot, 1901 (Lepidoptera: Phycitidae) – новый для Европейской России вид узкокрылой огневки / С. Ю. Синёв, Л. В. Большаков // Эверсманния. – 2005. – Вып. 2. – С. 33.
33. **Синёв, С. Ю.** *Bazaria gilvella* (Ragonot, 1887) – новый для фауны России вид узкокрылых огневок (Lepidoptera: Pyraloidea: Phycitidae) / С. Ю. Синёв, Л. В. Большаков // Эверсманния. – 2010. – Вып. 21–22. – С. 97.
34. **Токарский, А.** Список бабочек Саратовской губернии. Ч. 1 / А. Токарский, Б. Диксон // Тр. Саратов. общ. любителей естествознания. – Саратов, 1904. – Т. IV, № 3 (за 1903). – С. 87–108.
35. **Ануфриев, Г. А.** Об энтомофауне государственного природного заповедника «Приволжская лесостепь» / Г. А. Ануфриев, С. В. Бочаров, Д. В. Потанин // Науч. тр. гос. природ. заповедника «Присурский». – Чебоксары, 1999. – Т. 2. – С. 8–14.
36. **Полумордвинов, О. А.** Материалы к фауне и экологии булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Hesperioidea и Papilionidae) бассейна реки Белой (Кузнецкого района Пензенской области) / О. А. Полумордвинов, С. В. Иванов // Биоразнообразие: Проблемы и перспективы сохранения : материалы Междунар. науч. конф., посв. 135-летию И. И. Спрыгина (г. Пенза, 13–16 мая 2008 г.). – Пенза, 2008. – Ч. II. – С. 286–287.
37. **Стойко, Т. Г.** Редкие виды насекомых (Insecta) в г. Пензе и его окрестностях / Т. Г. Стойко, О. А. Полумордвинов // Актуальные вопросы мониторинга экосистем антропогенно-нарушенных территорий : тез. докл. Всерос. науч.-практ. конф. (г. Ульяновск, 13–15 декабря 2000 г.). – Ульяновск, 2000. – С. 57–59.
38. **Полумордвинов, О. А.** Новые сведения о находках беспозвоночных животных Красной книги Пензенской области / О. А. Полумордвинов, С. В. Шибаев //

- Состояние редких видов животных Пензенской области : материалы ведения КК Пензенской области. – Пенза : Т-сервис, 2008. – С. 24–30.
39. **Спрыгин, И. И.** Материалы к описанию степи около д. Поперечной Пензенского уезда и заповедного участка на ней / И. И. Спрыгин // Работы по изучению Пензенских заповедников. – Пенза, 1923. – Вып. 1. – С. 43–45.
 40. **Большаков, Л. В.** *Leptidea reali* Reissinger, 1989 (Lepidoptera: Pieridae) – новый вид для средней полосы Европейской России / Л. В. Большаков // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 2003. – Т. 108 (5). – С. 18–22.
 41. **Полумордвинов, О. А.** Новые и интересные находки булавоусых чешуекрылых (Lepidoptera, Rhopalocera) на территории Пензенской области / О. А. Полумордвинов, С. В. Шibaев // Экологические и фаунистические исследования в Поволжье : материалы конф. «Эколога-фаунистические исследования в Поволжье». – Ульяновск : Изд-во УлГПУ, 2004. – С. 111–114.
 42. **Большаков, Л. В.** Нахождение *Leptidea morsei* (Fenton, 1882) (Lepidoptera: Pieridae) в Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов // Эверсманния. – 2006. – Вып. 5. – С. 36–37.
 43. **Полумордвинов, О. А.** Неожиданные находки чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) на территории Пензенской области / О. А. Полумордвинов, А. Е. Барышев, С. В. Шibaев // Зоологические исследования регионов России и сопредельных территорий : материалы Междунар. науч. конф. – Н. Новгород : Изд-во НГПУ, 2002. – С. 43–44.
 44. **Большаков, Л. В.** Первые находки *Melitaea (Mellicta) aurelia* Nickerl, 1850 (Lepidoptera: Nymphalidae) в Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов // Эверсманния. – 2011. – Вып. 25–26. – С. 88.
 45. **Барышев, А. Е.** Видовой состав голубянок (Lepidoptera, Lycaenidae) Пензенской области / А. Е. Барышев // Фауна и экология животных. – Пенза : ПГПУ им. В. Г. Белинского, 2002. – Вып. 3. – С. 20–25.
 46. **Полумордвинов, О. А.** Идентификация и распространение *Polyommatus elena* Stradomsky et Arzanov, 1999 (Lepidoptera: Lycaenidae) / О. А. Полумордвинов, Б. В. Страдомский, Ю. Г. Арзанов // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2005. – Т. 1 (1). – С. 87–88.
 47. **Генко, Н.** О повреждениях, причиненных пяденицею сосновым лесам в бассейне реки Суры / Н. Генко // Лесной журнал. – СПб., 1889. – Т. XIX (1). – С. 65–73.
 48. **Антонова, Е. М.** Состав и особенности фауны пядениц (Lepidoptera, Geometridae) лесостепи Пензенской области / Е. М. Антонова // VII Междунар. симп. по энтомофауне Средней Европы : тез. докл. (г. Ленинград, 19–24 сентября 1977 г.). – Л. : Наука, 1977. – С. 8–9.
 49. **Antonova, E. M.** Die Geometriden – Fauna der Osteuropäischen Waldsteppe und ihre Besonderheiten (Pensaer Gebiet) / E. M. Antonova // VII Междунар. симп. по энтомофауне Средней Европы : тез. докл. (г. Ленинград, 19–24 сентября 1977 г.). – Л., 1979. – С. 244–246.
 50. **Антонова, Е. М.** [Geometridae] / Е. М. Антонова // Ареалы насекомых европейской части СССР. Атлас. Карты 21–72. – Л. : Наука, 1980. – С. 28–33.
 51. **Антонова, Е. М.** [Geometridae] / Е. М. Антонова // Ареалы насекомых европейской части СССР. Атлас. Карты 73–125. – Л. : Наука, 1981. – С. 32–35.
 52. **Антонова, Е. М.** [Geometridae] / Е. М. Антонова // Ареалы насекомых европейской части СССР. Атлас. Карты 126–178. – Л. : Наука, 1982. – С. 32–35.
 53. **Антонова, Е. М.** [Geometridae] / Е. М. Антонова // Ареалы насекомых европейской части СССР. Атлас. Карты 179–221. – Л. : Наука, 1984. – С. 41–43.
 54. **Большаков, Л. В.** Пяденицы (Lepidoptera, Geometridae) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов, С. В. Шibaев // Кавказский энтомологический бюллетень. – 2008. – Т. 4 (1). – С. 101–120.
 55. **Полумордвинов, О. А.** Материалы по фауне семейства Sphingidae Пензенской области / О. А. Полумордвинов, Т. Г. Стойко // Изучение и охрана биологии

- ческого разнообразия природных ландшафтов Русской равнины : материалы Междунар. науч. конф. – Пенза, 1999. – С. 257–258.
56. **Полумордвинов, О. А.** Редкие виды бражников (Lepidoptera, Sphingidae) Пензенской области / О. А. Полумордвинов, Е. М. Монахов // ПОЛЕ. Научно-популярный экологический вестник. ПГПУ им. В. Г. Белинского. – Пенза : ПГПУ им. В. Г. Белинского, 2001. – Вып. 4. – С. 15–19.
57. **Полумордвинов, О. А.** Хохлатка Сиверса – *Odontosia sieversii* (Ménétriés, 1856) (Lepidoptera, Notodontidae) в Среднем Поволжье / О. А. Полумордвинов // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – 2010. – Вып. 8. – С. 112–114.
58. **Свиридов, А. В.** Виды совок (Lepidoptera: Noctuidae s. l.), новые для различных регионов России. 3 / А. В. Свиридов, М. В. Усков, Л. Е. Лобкова, С. П. Решетников, В. В. Проклов, Д. Е. Татаренко, Е. В. Шутова, А. Р. Мосягина, А. В. Муханов, О. А. Полумордвинов, С. В. Шibaев, И. В. Кузнецов, А. Е. Блинушов, В. А. Буртнев, Р. Н. Ишин, Л. В. Большаков, С. А. Рябов, В. С. Окулов // Эверсманния. – 2009. – Вып. 17–18. – С. 81–99.
59. **Дюкин, С. В.** Материалы к биологии болотной совки в Пензенской области / С. В. Дюкин // Материалы по изучению природы Среднего Поволжья. – Куйбышев : Куйбышевское краевое изд-во, 1935. – Вып. 1. – С. 112–118.

References

1. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. V., Shibaev S. V. *Russian Entomol. J.* 2004, vol. 13 (1–2), pp. 91–95.
2. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Byul. MOIP. Otdel biol.* [Bulletin of the Moscow Society of Nature Investigators. Biology division]. 2004, vol. 109 (5), pp. 26–33.
3. Stoyko T. G., Polumordvinov O. A. *Izvestiya PGPU im. V. G. Belinskogo. Estestvennyye nauki* [Proceedings of Penza State Pedagogical University named after V. G. Belinsky. Natural Sciences]. 2006, no. 1 (5), pp. 92–110.
4. Shlykov O. V. *Entomol. Obozrenie* [Entomological review]. 1988, vol. 67 (1), pp. 48–61.
5. Kuznetsov V. I., Stekol'nikov A. A. *Tr. Zool. in-ta.* [Proceedings of the Zoological Institute]. Saint Petersburg: Nauka, 2001, vol. 282, 462 p.
6. L'vovskiy A. L. *Entomol. obozrenie* [Entomological review]. 2011, vol. 90 (4), pp. 892–912.
7. Bol'shakov L. V., Alekseev S. K., Anikin V. V., Piskunov V. I., Andreev S. A. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2012, iss. 31–32, pp. 89–99.
8. Bol'shakov L. V., Piskunov V. I., Sinev S. Yu., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2011, iss. 25–26, pp. 43–56.
9. Popov V. P. *Spravochnaya kniga Penzenskoy gubernii na 1901 g.* [Reference book of Penza province of 1901]. Penza, 1901, vol. 2, pp. 39–40.
10. Dobrolyubova T. V. *Biologicheskoe raznoobrazie i dinamika prirodnnykh protsessov v zapovednike «Privolzhskaya lesostep'»*. *Tr. gos. zapovednika «Privolzhskaya lesostep'»* [Biological diversity of natural processes in “Privolzhskaya lesostep” nature reserve]. Penza, 1999, iss. 1, pp. 81–88.
11. Polumordvinov O. A., Monakhov E. M. *Fauna i ekologiya zhivotnykh* [Fauna and ecology of animals]. Penza: Izd-vo PGPU im. V. G. Belinskogo, 2002, iss. 3, pp. 29–48.
12. Polumordvinov O. A., Baryshev A. E. *Mezhdunarodnyy innovatsionnyy projekt «Noopolis Lugovoy»*. *T. 1. Problemy ekologicheskoy reabilitatsii prirodnoy sredy russkoy derevni: kol. monogr.; otv. red. A. I. Ivanov* [International innovative project “Noopolis lugovoy”. Volume 1. Problems of ecological rehabilitation of natural environment of the Russian rural area: collective monograph: editor-in-chief A. I. Ivanov]. Moscow: Nauchnaya kniga, 2002, pp. 84–90.
13. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Byul. MOIP. Otdel boil.* [Bulletin of the Moscow Society of Nature Investigators. Biology division]. 2006, vol. 111 (2), pp. 81–86.

14. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V., Starikov Yu. N., Chuglyayev I. I. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2006, iss. 7–8, pp. 33–41.
15. Zagulyayev A. K. *Fauna SSSR. Nasekomye cheshuekrylye. (Novaya seriya, № 135)* [Fauna of USSR. Lepidopterous insects. (New series, № 135)]. Leningrad: Nauka, 1988, vol. 4, no. 7, 302 p.
16. Bayshev I. F. *Mirskie zakhrebetniki. Opisanie glavneyshikh vreditely s.-kh. i bolezney kul'turnykh rasteniy i mer bor'by s nimi* [Rural area parasites. Description of main pests in agriculture and cultivated plants diseases and measures against thereof]. Penza, 1927, 109 p.
17. Sinichkina O. V., Bezzhonova O. V. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2001, iss. 1, pp. 155–156.
18. Gubareva G. G. *Ekologiya vrednykh i poleznykh nasekomykh i bor'ba s vreditelyami v usloviyakh Penzenskoy oblasti: tr. kafedry zoologii* [Ecology of destructive and beneficial insects and pest control in Penza region: proceedings of the sub-department of zoology]. Penza, 1969, vol. 76, pp. 5–16.
19. Bol'shakov L. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2012, iss. 31–32, pp. 113.
20. Sinev S. Yu. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2005, iss. 4, pp. 13–25.
21. Anikin V. V. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2007, iss. 6, pp. 75–79.
22. Sinev S. Yu., Bol'shakov L. V., Shibaev S. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2008, iss. 15–16, p. 88.
23. Piskunov V. I., Bol'shakov L. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2005, iss. 2, pp. 24–26.
24. Bol'shakov L. V., Shibaev S. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2006, iss. 6, p. 62.
25. Polumordvinov O. A., Shibaev S. V., Monakhov A. M., Baryshev A. E., Monakhov E. M., Velikoivanenko V. M., Roganin A. N., Starikov Yu. N., Stoyko T. G., Polikanin D. V., Podgornov D. N. *Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. T. 2. Zhivotnye* [The red book of Penza region. Volume 2. Animals]. Penza: Penzenskaya pravda, 2005, vol. 2, pp. 32–70.
26. *Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. T. 2. Zhivotnye* [The red book of Penza region. Volume 2. Animals]. Penza: Penzenskaya pravda, 2005, vol. 2, pp. 193–199.
27. Polumordvinov O. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2012, iss. 10, pp. 67–81.
28. Kireev E. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2001, iss. 1, pp. 50–51.
29. Polumordvinov O. A., Polikanin D. V., Chuglyayev I. I., Podgornov D. N., Starikov Yu. N. *Sostoyanie redkikh vidov zhivotnykh Penzenskoy oblasti: materialy vedeniya KK Penzenskoy oblasti (Zhivotnye, 2005)* [Condition of rare animal species in Penza region: materials of the red book of Penza region (Animals, 2005)]. Penza: T-servis, 2008, pp. 11–18.
30. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Kavkazskiy entomologicheskiy byulleten'* [Caucasus entomological bulletin]. 2010, vol. 6 (2), pp. 179–184.
31. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Kavkazskiy entomologicheskiy byulleten'* [Caucasus entomological bulletin]. 2009, vol. 5 (1), pp. 91–110.
32. Sinev S. Yu., Bol'shakov L. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2005, iss. 2, pp. 33.
33. Sinev S. Yu., Bol'shakov L. V. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2010, iss. 21–22, p. 97.
34. Tokarskiy A., Dikson B. *Tr. Saratov. obshch. lyubiteley estestvoznaniya* [Proceedings of the Saratov Society Natural Science Lovers]. Saratov, 1904, vol. IV, no. 3 (za 1903), pp. 87–108.
35. Anufriev G. A., Bocharov S. V., Potanin D. V. *Nauch. tr. gos. prirod. zapovednika «Prisurskiy»* [Proceedings of the state nature reserve “Prisursky”]. Cheboksary, 1999, vol. 2, pp. 8–14.

36. Polumordvinov O. A., Ivanov S. V. *Bioraznoobrazie: Problemy i perspektivy sokhraneniya: materialy Mezhdunar. nauch. konf., posv. 135-letiyu I. I. Sprygina (g. Penza, 13–16 maya 2008 g.)* [Biodiversity: Problems and preservation perspectives: proceedings of the International scientific conference commemorating 135th jubilee of I. I. Sprygin (Penza, 13–16 May 2008)]. Penza, 2008, part II, pp. 286–287.
37. Stoyko T. G., Polumordvinov O. A. *Aktual'nye voprosy monitoringa ekosistem antropogenno-narushennykh territoriy: tez. dokl. Vseros. nauch.-prakt. konf. (g. Ulyanovsk, 13–15 dekabrya 2000 g.)* [Topical problems of ecosystem monitoring in area impacted by men: theses of reports of the All-Russian scientific and practical conference (Ulyanovsk, 13–15 December 2000)]. Ulyanovsk, 2000, pp. 57–59.
38. Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Sostoyanie redkikh vidov zhyvotnykh Penzenskoy oblasti: materialy vedeniya KK Penzenskoy oblasti* [Condition of rare animal species in Penza region: materials of the red book of Penza region]. Penza: T-servis, 2008, pp. 24–30.
39. Sprygin I. I. *Raboty po izucheniyu Penzenskikh zapovednikov* [Papers on Penza nature reserves study]. Penza, 1923, iss. 1, pp. 43–45.
40. Bol'shakov L. V. *Byul. MOIP. Otd. boil.* [Bulletin of the Moscow Society of Nature Investigators. Biology division]. 2003, vol. 108 (5), pp. 18–22.
41. Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Ekologicheskie i faunisticheskie issledovaniya v Povolzh'e: materialy konf. «Ekologo-faunisticheskie issledovaniya v Povolzh'e»* [Ecological and faunistic research in Volga region: proceedings of the conference “Ecological and faunistic research in Volga region”]. Ulyanovsk: Izd-vo UIGPU, 2004, pp. 111–114.
42. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2006, iss. 5, pp. 36–37.
43. Polumordvinov O. A., Baryshev A. E., Shibaev S. V. *Zoologicheskie issledovaniya regionov Rossii i sopredel'nykh territoriy: materialy Mezhdunar. nauch. konf.* [Zoological research of Russian regions and neighbouring areas: proceedings of the International scientific conference]. Nizhny Novgorod: Izd-vo NGPU, 2002, pp. 43–44.
44. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2011, iss. 25–26, p. 88.
45. Baryshev A. E. *Fauna i ekologiya zhyvotnykh* [Fauna and ecology of animals]. Penza: PGPU im. V. G. Belinskogo, 2002, iss. 3, pp. 20–25.
46. Polumordvinov O. A., Stradomskiy B. V., Arzanov Yu. G. *Kavkazskiy entomologicheskyy byulleten'* [Caucasus entomological bulletin]. 2005, vol. 1 (1), pp. 87–88.
47. Genko N. *Lesnoy zhurnal* [Forest journal]. Saint Petersburg, 1889, vol. XIX (1), pp. 65–73.
48. Antonova E. M. *VII Mezhdunar. simp. po entomofaune Sredney Evropy: tez. dokl. (g. Leningrad, 19–24 sentyabrya 1977 g.)* [VII International simposiums on entomofauna of Middle Europe: theses of reports (Leningrad, 19–24 September 1977)]. Leningrad: Nauka, 1977, pp. 8–9.
49. Antonova E. M. *VII Mezhdunar. simp. po entomofaune Sredney Evropy: tez. dokl. (g. Leningrad, 19–24 sentyabrya 1977 g.)* [VII International simposiums on entomofauna of Middle Europe: theses of reports (Leningrad, 19–24 September 1977)]. Leningrad: Nauka, 1979, pp. 244–246.
50. Antonova E. M. *Arealny nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR. Atlas. Karty 21–72* [Natural habitat of insects of the European part of USSR. Atlas. Maps 21–72]. Leningrad: Nauka, 1980, pp. 28–33.
51. Antonova E. M. *Arealny nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR. Atlas. Karty 73–125* [Natural habitat of insects of the European part of USSR. Atlas. Maps 73–125]. Leningrad: Nauka, 1981, pp. 32–35.
52. Antonova E. M. *Arealny nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR. Atlas. Karty 126–178* [Natural habitat of insects of the European part of USSR. Atlas. Maps 126–178]. Leningrad: Nauka, 1982, pp. 32–35.

53. Antonova E. M. *Arealy nasekomykh evropeyskoy chasti SSSR. Atlas. Karty 179–221* [Natural habitat of insects of the European part of USSR. Atlas. Maps 179–221]. Leningrad: Nauka, 1984, pp. 41–43.
54. Bol'shakov L. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Kavkazskiy entomologicheskii byulleten'* [Caucasus entomological bulletin]. 2008, vol. 4 (1), pp. 101–120.
55. Polumordvinov O. A., Stoyko T. G. *Izuchenie i okhrana biologicheskogo raznoobraziya prirodnykh landshaftov Russkoy ravniny: materialy Mezhdunar. nauch. konf.* [Study and protection of biological diversity of natural landscapes of the Russian plain: proceedings of the International scientific conference]. Penza, 1999, pp. 257–258.
56. Polumordvinov O. A., Monakhov E. M. *POLE. Nauchno-populyarnyy ekologicheskii vestnik. PGPU im. V. G. Belinskogo* [Popular science ecological bulletin. Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinsky]. Penza: PGPU im. V. G. Belinskogo, 2001, iss. 4, pp. 15–19.
57. Polumordvinov O. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitologic research in Volga region]. 2010, iss. 8, pp. 112–114.
58. Sviridov A. V., Uskov M. V., Lobkova L. E., Reshetnikov S. P., Proklov V. V., Tatarenko D. E., Shutova E. V., Mosyagina A. R., Mukhanov A. V., Polumordvinov O. A., Shibaev S. V., Kuznetsov I. V., Blinushov A. E., Burtnev V. A., Ishin R. N., Bol'shakov L. V., Ryabov S. A., Okulov V. S. *Eversmanniya* [Eversmannia]. 2009, iss. 17–18, pp. 81–99.
59. Dyukin S. V. *Materialy po izucheniyu prirody Srednego Povolzh'ya* [Materials of Penza region nature study]. Kuybyshev: Kuybyshevskoe kraevoe izd-vo, 1935, iss. 1, pp. 112–118.

Большаков Лавр Валерьевич

Председатель Тульского отделения
Русского энтомологического общества
(Россия, г. Тула, ул. Октябрьская, 26)

E-mail: l.bol2012.@yandex.ru

Bol'shakov Lavr Valer'evich

Chairman of the Tula branch of the Russian
Entomological Society
(26 October street, Tula, Russia)

Полумордвинов Олег Александрович

магистрант, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: entomol-penza@yandex.ru

Polumordvinov Oleg Aleksandrovich

Master degree student, Penza State
University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 595.782 + 595.783

Большаков, Л. В.

Изученность фауны чешуекрылых (Insecta: Lepidoptera) Пензенской области / Л. В. Большаков, О. А. Полумордвинов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 33–45.

УДК 547.791.3

В. А. Васин, Ю. Ю. Мастерова

О РЕГИОСЕЛЕКТИВНОСТИ ПРИСОЕДИНЕНИЯ ФЕНИЛАЗИДА К НЕКОТОРЫМ (ФЕНИЛЭТИНИЛ)СУЛЬФОНАМ

Аннотация. *Актуальность и цели.* Важнейший подход к получению соединений 1,2,3-триазольного ряда, многие из которых проявляют высокую биологическую активность и другие практически полезные свойства, основан на использовании реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения алкил- и арилазидов к активированным электроноакцепторной группой ацетиленам. В случае дизамещенных ацетиленов возможно образование двух региоизомерных продуктов. Для прогресса в понимании факторов, влияющих на региохимический результат, необходимо расширение ассортимента как реагентов, так и субстратов. Цель исследования состояла в изучении региоселективности присоединения фенилазида к малоизученным сульфониламещенным ацетиленам. *Материалы и методы.* В качестве субстратов были использованы метил-, *n*-толил- и *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфоны, различающиеся по стерическому объему сульфонильного заместителя. Реакции проводили в среде сухого диэтилового эфира при 20 °С в течение 10 дней, используя трехкратный избыток реагента, который добавлялся в реакционную смесь двумя равными порциями с интервалом 4–5 дней. Состав продуктов контролировался методами тонкослойной хроматографии и ЯМР ¹H и ¹³C. *Результаты.* В каждой реакции был получен один из двух возможных продуктов циклоприсоединения – 4-сульфонилзамещенный 1*H*-1,2,3-триазол (выход 51–54 %). Продукты выделяли кристаллизацией. Их строение устанавливали методами ИК-, ЯМР-спектроскопии и масс-спектрометрии. Один из продуктов получен также встречным синтезом – конденсацией соответствующего β-кетосульфона с фенилазидом по реакции Димрота. Наш результат по региоселективности присоединения отличается от результатов реакций тех же и родственных сульфониламещенных ацетиленов с иными органическими азидами, где наблюдалось образование двухкомпонентных смесей изомерных 1,2,3-триазолов. *Выводы.* Образование единственного продукта в реакциях фенилазида с изученными сульфониламещенными ацетиленами может быть объяснено влиянием электронного эффекта фенильной группы в азиде. Оно свидетельствует о существенном влиянии природы реагента на региоселективность 1,3-диполярного циклоприсоединения. Этот вывод дополняет известный в литературе факт определяющей роли электронных и стерических эффектов заместителей в активированных ацетиленовых, отвечающих за региохимический результат реакции.

Ключевые слова: ацетиленовые сульфоны, фенилазид, 1,3-диполярное циклоприсоединение, 1,2,3-триазол, β-кетосульфен, конденсация Димрота.

V. A. Vasin, Yu. Yu. Masterova

ON REGIOSELECTIVITY OF PHENYL AZIDE ADDITION TO SOME PHENYLETHYNYL SULFONES

Abstract. *Background.* Compounds of 1,2,3-triazole row display high biological activity and other practically useful characteristics. The most important way to build

a 1,2,3-triazole system is based on 1,3-dipolar cycloaddition of alkyl- and aryl-azides to acetylenes activated by electron-withdrawing group. In the case of disubstituted acetylenes the formation of two regioisomeric products is possible. To make progress in comprehending the factors influencing regiochemical result, it is necessary to expand the range of both reagents and substrates. The purpose of the study was to examine the regioselectivity of phenylazide addition to insufficiently explored sulfonyl-substituted acetylenes. *Materials and methods.* We used methyl-, *n*-tolyl- and *n*-chlorophenyl (phenylethynyl)sulfones, which are different in steric volume of sulfonyl substituent, as substrates. The reactions were carried out in dry diethyl ether at 20 °C for 18–20 days using a triple excess of the reagent, which was added to the mixture by two equal portions at interval of 10 days. The reaction was controlled by TLC and ¹H and ¹³C NMR. *Results.* In each reaction the one of two potential cycloaddition products, namely, 4-sulfonyl-substituted 1*H*-1,2,3-triazole, was obtained (51–54 % yield). The products were isolated by crystallization. Their structure is confirmed by the methods of IR, ¹H and ¹³C NMR spectroscopy and mass spectrometry. One of the products was also obtained by the counter synthesis based on the reaction of the corresponding β-ketosulfone with phenylazide (the Dimroth condensation). The regioselectivity of the addition obtained in the experiment differs from the results of the reactions between the same and related sulfonyl-substituted acetylenes with other organic azides, in which the formation of double-component mixtures of isomeric 1,2,3-triazoles was observed. *Conclusions.* The formation of the single product in the reactions of phenylazide with the studied sulfonyl-substituted acetylenes can be explained by the influence of electronic effect of the phenyl group in the azide. It indicates considerable influence of a reagent nature on regioselectivity of 1,3-dipolar cycloaddition. This conclusion adds new details to the well-known fact about the significant role of electronic and steric effects of substituents in activated acetylenes responsible for the regiochemical result of the reaction.

Key words: acetylenic sulfones, phenylazide, 1,3-dipolar cycloaddition, 1,2,3-triazole, β-ketosulfone, Dimroth condensation.

Введение

Соединения 1,2,3-триазольного ряда представляют значительный интерес благодаря их практически полезным свойствам, в том числе проявлению различного вида биологической активности [1]. Развитие современных методов «click»-химии [2–4] открыло экономичный и эффективный путь к получению разнообразных производных 1,2,3-триазола. Тем не менее классический метод формирования системы 1,2,3-триазола, базирующийся на использовании реакций 1,3-диполярного циклоприсоединения алкил- и арилазидов к активированным ацетиленам [5–7], по-прежнему востребован и широко применяется на практике. Вместе с тем многие важные препаративные и региохимические аспекты создания системы триазола этим методом остаются до настоящего времени еще недостаточно изученными.

Так, в частности, на примере реакций органических азидов с высокорекреационноспособными диполярофилами – сульфонилзамещенными ацетиленами – ранее было показано, что региоселективность 1,3-циклоприсоединения определяется как электроноакцепторным эффектом сульфонильной группы, так и стерическим влиянием второго заместителя у связи C≡C алкина [8]. Однако влияния электронного и пространственного строения реагента – алкил(арил)азида – на региоселективность в этом процессе не выявлено.

Обсуждение результатов

В настоящей работе с целью получения дополнительной информации, способствующей прогрессу в понимании факторов, влияющих на региоселек-

тивность 1,3-диполярного циклоприсоединения органических азидов к активированным электроноакцепторным заместителем ацетиленам, мы изучили взаимодействие фенилазида с метил(фенилэтинил)сульфоном **1a**, а также его аналогами – *n*-толил- и *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфонами **1б** и **1в**, различающимися стерическими объемами заместителей при тройной связи C≡C. Укажем, что ранее [9–11] уже сообщалось о реакциях фенилазида с терминальными и дизамещенными ацетиленами, содержащими при тройной связи трифторметильную, сложноэфирную и некоторые другие функциональные группы. При этом были получены как смеси региоизомеров, так и продукты, отвечающие региоспецифичному присоединению. Следует заметить также, что поведение фенилазида несколько отличается от поведения алкилазидов в схожих превращениях по региохимическому результату [11].

Реакции фенилазида с ацетиленами **1a–в** проводили в среде сухого диэтилового эфира при 20 °С в течение 18–20 дней, используя трехкратный избыток реагента, который добавлялся в реакционную смесь двумя равными порциями с интервалом 10 дней. В каждом случае был получен один из двух возможных региоизомеров – 4-сульфонилзамещенный 1*H*-1,2,3-триазол **2** (схема 1). Конверсия ацетиленов **1** составила около 70 %.

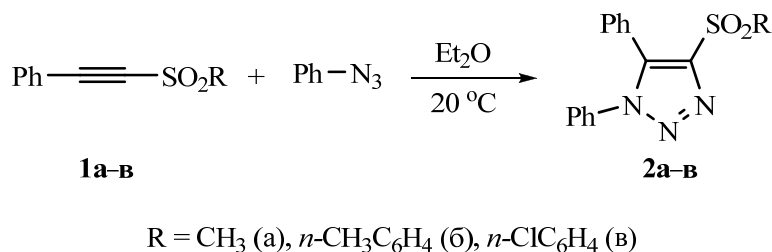


Схема 1

Соединения **2a–в** выделены в индивидуальном виде кристаллизацией. Их структура подтверждается методами ИК, ЯМР ¹H, ¹³C-спектроскопии и масс-спектрометрии. В частности, в пользу приписываемого строения свидетельствуют данные эксперимента NOE, в ходе которого не обнаружено взаимодействия протонов CH₃-групп в соединениях **2a,б** с атомами водорода фенильного кольца при атоме азота. В ИК-спектрах присутствуют характеристические полосы поглощения фрагмента N=N триазольного цикла (1590–1560 см⁻¹) и две интенсивные полосы, соответствующие симметричным и антисимметричным валентным колебаниям сульфо-группы (~ 1150 и 1300 см⁻¹) [12]. В масс-спектрах всех соединений отчетливо обнаруживается пик молекулярного иона.

При доказательстве строения аддукта **2a** нами использован также встречный синтез. При этом мы исходили из сульфокетона **3**, который вводился во взаимодействие с фенилазидом в ДМСО при 35–40 °С по методу [13, 14] (конденсация Димрота). Выход триазола **2a**, идентичного по своим характеристикам продукту 1,3-диполярного циклоприсоединения, составил 86 % (схема 2).

Полученный нами результат указывает на значительную роль заместителя в азиде в определении региоселективности 1,3-диполярного циклоприсоединения, поскольку в реакции соединения **1б** с азидом, содержащим элек-

троноакцепторную группу, наблюдалось образование двух региоизомеров в соизмеримых количествах [15]. Оба возможных изомера получались и в реакции бензилазида с родственными этинилсульфонами [8]. Мы считаем, что в нашем случае важен не стерический, а электронный фактор заместителя, ответственный за распределение электронной плотности в реагенте. Следует отметить также, что на региоселективность присоединения не оказывает влияния некоторое различие в стерических объемах сульфонильных заместителей в диполярофилах **1а–в**.

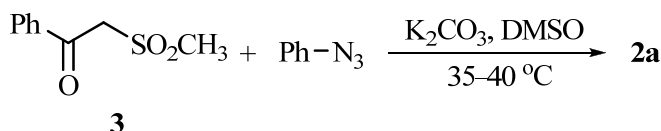


Схема 2

Вопрос об орбитальном контроле региоселективности циклоприсоединения арилазидов к ацетиленам, активированным сложноэфирной группой, уже поднимался в литературе; в пользу такого предположения приводятся результаты квантово-химических расчетов граничных молекулярных орбиталей взаимодействующих соединений [16–17]. Учитывая, что сульфонильная группа по сравнению со сложноэфирной является более сильным акцептором, можно ожидать повышенную вероятность проявления орбитального контроля региоселективности в случае реагирования диполярофилов **1а–в** с арилазидами.

Заключение

Таким образом, высокая региоселективность циклоприсоединения фенилазида к сульфониламещенным ацетиленам обеспечивает удобный подход к 4-сульфониламещенным 1,2,3-триазиолам. Последние могут рассматриваться в качестве перспективных предшественников других функционально замещенных триазолов, которые можно получить за счет реакций, проходящих под влиянием сульфонильной группы или с ее участием.

Экспериментальная часть

Спектры ЯМР ^1H и ^{13}C растворов соединений в CDCl_3 записаны на спектрометрах JNM-ECX400 фирмы Jeol и Bruker AMX-400 (400 и 100 МГц соответственно). Химические сдвиги в спектрах ЯМР ^1H и ^{13}C измерены относительно остаточного сигнала растворителя (δ_{H} 7,26 и δ_{C} 77,0 м. д.) как внутренних стандартов. ИК-спектры получены на фурье-спектрометре ИнфраЛИОМ ФТ-02 в таблетках КВг. Элементные анализы выполнены на CHNS-анализаторе VarioMICRO. Масс-спектры получены с использованием системы KONIK RBK-HRGC5000B-MSQ12 фирмы KONIXBERT HI-TECH, S.A. Ионизация электронным ударом, $U_{\text{ион}}$ 70 эВ. Аналитическую ТСХ проводили на адсорбенте Sorbfil, элюент – легкий петролейный эфир – ацетон, 3:1; проявление в йодной камере.

Этинилсульфоны **1а,б** получены по литературной методике [18], *n*-хлорфенил(фенилэтинил)сульфон **1в** с т. пл. 103–104 °С – по методике [19], фенилазид – по методике [20].

Реакция (фенилэтинил)сульфонов 1а–в с фенилазидом. Общая методика. К раствору 1,5 ммоль одного из соединений 1а–в в 15 мл сухого диэтилового эфира прибавляют раствор 0,268 г (2,25 ммоль) фенилазида в 5 мл того же растворителя. После выдерживания реакционной смеси в плотно закрытом сосуде при 20 °С в течение 10 дней добавляют еще 0,268 г (2,25 ммоль) фенилазида в 5 мл сухого диэтилового эфира и оставляют вновь при 20 °С на 8–10 дней. Контроль за ходом реакции осуществляют методом ТСХ. Затем растворитель удаляют в вакууме. Кристаллизацией остатка из этанола получают соединения 2а–в.

4-Метилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2а). Выход 0,229 г (51 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 158–159 °С (с разл.). ИК-спектр, ν , см^{-1} : 517, 552, 687, 783, 953, 1150 (ν_s SO₂), 1316 (ν_{as} SO₂), 1447, 1493, 1593 (N=N), 2928. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3,34 (3H, с, CH₃); 7,28–7,30 (2H, м, H Ph); 7,35–7,48 (8H, м, H Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 43,4 (CH₃); 123,7, 125,2, 128,7, 129,5, 130,0, 130,3, 130,6, 135,3, 138,2, 145,1 (C Ph, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 299 [M]⁺ (19,2), 271 [M-N₂]⁺ (18,6), 192 (91,1), 180 (33,3), 165 (36,8), 115 (27,2), 105 (45,4), 89 (98,0), 77 (100), 63 (79,9), 51 (96,2). Найдено, %: С 59,96; Н 4,42; N 14,12; S 10,68. C₁₅H₁₃N₃O₂S. Вычислено, %: С 60,18; Н 4,38; N 14,04; S 10,71.

4-п-Толилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2б). Выход 0,29 г (52 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 176–177 °С (с разл.). ИК-спектр, ν , см^{-1} : 540, 586, 671, 779, 1084, 1154 (ν_s SO₂), 1319 (ν_{as} SO₂), 1447, 1497, 1597 (N=N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 2,40 (3H, с, CH₃); 7,22 (2H, д, $J = 7,3$ Гц, H Ar); 7,26–7,28 (4H, м, H Ar); 7,33–7,41 (5H, м, H Ar); 7,45–7,49 (1H, м, H Ar); 7,77 (2H, д, $J = 8,2$ Гц, H Ar). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 21,6 (CH₃); 124,3, 125,1, 128,2, 128,5, 129,4, 129,7, 129,8, 130,4, 130,4, 135,4, 137,6, 138,5, 144,8, 146,1 (C Ar, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 375 [M]⁺ (3,2), 283 [M-C₆H₄CH₃]⁺ (18,6), 192 (88,9), 180 (72,6), 165 (76,8), 105 (52,5), 91 (100), 77 (98,4), 65 (82,5), 51 (86,8). Найдено, %: С 67,10; Н 4,67; N 11,05; S 8,68. C₂₁H₁₇N₃O₂S. Вычислено, %: С 67,18; Н 4,56; N 11,19; S 8,54.

4-п-Хлорфенилсульфонил-1,5-дифенил-1H-1,2,3-триазол (2в). Выход 0,32 г (54 %). Бесцветные кристаллы, т. пл. 154–155 °С. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 586, 644, 687, 772, 826, 1084, 1161 (ν_s SO₂), 1323 (ν_{as} SO₂), 1497, 1581 (N=N). Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д. (J , Гц): 7,22 (2H, д, $J = 7,1$ Гц, H Ar); 7,26 (2H, д, $J = 7,1$ Гц, H Ar); 7,34–7,50 (8H, м, H Ar); 7,80 (2H, д, $J = 8,5$ Гц, H Ar). Спектр ЯМР ¹³C, δ , м. д.: 124,1, 125,2, 128,8, 129,6, 129,7, 130,0, 130,5, 130,8, 135,4, 139,0, 139,1, 140,7, 145,6 (C Ar, C-4, C-5). Масс-спектр, m/z ($I_{\text{отн}}$, %): 397 [M]⁺ (3,0), 395 [M]⁺ (9,0), 302 (35,2), 192 (36,3), 180 (5,3), 165 (10,8), 111 (16,5), 89 (100), 77 (28,0), 63 (12,0), 51 (24,1). Найдено, %: С 60,72; Н 3,51; N 10,53; S 7,88. C₂₀H₁₄ClN₃O₂S. Вычислено, %: С 60,68; Н 3,56; N 10,61; S 8,10.

2-Метилсульфонил-1-фенилэтанон (3). Раствор 0,54 г (3 ммоль) (фенилэтинил)сульфона 1а в 30 мл 95 %-го водного этанола в присутствии каталитических количеств HgSO₄ (35 мг) и конц. H₂SO₄ (0,1 мл) нагревают до кипения в течение 25 ч (ср. [21]). Растворитель удаляют в вакууме, продукт очищают кристаллизацией из этанола. Получают 0,48 г (81 %) соединения 3. Бесцветные кристаллы, т. пл. 107–108 °С. Лит.: т. пл. 107,5–108 °С [22]. ИК-спектр, ν , см^{-1} : 486, 590, 741, 964, 1119, 1138 (ν_s SO₂), 1215, 1281, 1300 (ν_{as} SO₂), 1597, 1670 (C=O), 3012. Спектр ЯМР ¹H, δ , м. д.: 3,14 (3H, с, CH₃);

4,61 (2H, с, CH₂); 7,49–7,53 (2H, м, H Ph); 7,62–7,66 (1H, м, H Ph); 7,97–7,99 (2H, м, H Ph). Спектр ЯМР ¹³C, δ, м. д.: 41,9 (CH₃); 61,2 (CH₂); 129,1, 129,3, 134,8, 135,6 (C Ph); 189,4 (C=O). Найдено, %: C 54,45; H 5,14; S 16,10. C₉H₁₀O₃S. Вычислено, %: C 54,53; H 5,08; S 16,18.

Реакция сульфокетона (3) с фенилазидом. К суспензии 0,848 г (8,0 ммоль) тонко растертого безводного Na₂CO₃ в 15 мл сухого ДМСО добавляют 0,396 г (2,0 ммоль) сульфокетона **3** в 5 мл сухого ДМСО. При перемешивании по каплям прибавляют 0,476 г (4,0 ммоль) фенилазида. Реакционную смесь перемешивают и нагревают при 35–40 °С в течение 25 ч, затем выливают в воду (250 мл). Выпавший осадок отфильтровывают, промывают водой, сушат на воздухе, затем в вакуум-эксикаторе. Получают 0,545 г (86 %) триазола **2a** с т. пл. 158–159 °С (с разл.).

Список литературы

1. **Кривопапов, В. П.** 1,2,3-Триазол и его производные. Развитие методов формирования триазольного кольца / В. П. Кривопапов, О. П. Шкурко // Успехи химии. – 2005. – Т. 74, вып. 4. – С. 369–410.
2. **Binder, W. H.** 'Click' Chemistry in Polymer and Materials Science / W. H. Binder, R. Sachsenhofer // Macromolecular Rapid Communications. – 2007. – Vol. 28, № 1. – P. 15–54.
3. **Meldal, M.** Cu-Catalyzed Azide–Alkyne Cycloaddition / M. Meldal, C. W. Tornøe // Chemical Reviews. – 2008. – Vol. 108, № 8. – P. 2952–3015.
4. **Finn, M. G.** Copper-catalyzed azide–alkyne cycloaddition (CuAAC) and beyond: new reactivity of copper(I) acetylides / M. G. Finn, V. Fokin // Chemical Society Reviews. – 2010. – Vol. 39, № 4. – P. 1302–1315.
5. **L'Abbe, G.** Decomposition and Addition Reactions of organic Azides / G. L'Abbe // Chem. Rev. – 1969. – Vol. 69, № 3. – P. 345–363.
6. **Huisgen, R.** In 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry / R. Huisgen ; ed. A. Padwa / Wiley-Interscience. – N. Y., 1984. – Vol. 1. – P. 1–176.
7. **Lwowsky, W.** In: 1,3-Dipolar Cycloaddition Chemistry / W. Lwowsky ; ed. A. Padwa // Wiley Inter Science. – N. Y., 1984. – Vol. 1. – Ch. 4. – P. 621–627.
8. **Gao, D.** 1,3-Dipolar Cycloadditions of Acetylenic Sulfones in Solution and on Solid Supports / D. Gao, H. Zhai, M. Parvez, T. G. Back // Journal of Organic Chemistry. – 2008. – Vol. 73, № 20. – P. 8057–8068.
9. **Bastide, J.** Cycloaddition dipolaire-1,3 aux alcynes / J. Bastide, J. Hamelin, F. Texier, Y. V. Quang // Bull. Soc. Chim. Fr. – 1973. – № 9/10. – P. 2871–2887.
10. **Meazza, G.** Aryl trifluoromethyl-1,2,3-triazoles / G. Meazza, G. J. Zanardi // J. Fluorine Chem. – 1991. – Vol. 55, № 2. – P. 199–206.
11. **Abu Orabi, S. T.** Dipolar Cycloadditions of Organic Azides with some Compounds / S. T. Abu Orabi, M. A. Atfah, I. Jibril, F. M. Mari'I, Ali A. Al-Sheikh // Journal Heterocyclic Chem. – 1989. – Vol. 26, № 5. – P. 1461–1468.
12. **Преч, Э.** Определение строения органических соединений. Таблицы спектральных данных / Э. Преч, Ф. Бюльманн, К. Афвольтер. – М. : Мир ; Бином. Лаборатория знаний, 2006. – 438 с.
13. **Cottrell, I. F.** An improved procedure for the preparation of 1-benzyl-1*H*-1,2,3-triazoles from azides / I. F. Cottrell, D. Hands, P. G. Houghton, G. R. Humphrey, S. H. B. Wright // Journal of Heterocyclic Chemistry. – 1991. – Vol. 28, № 2. – P. 301–304.
14. **Pokhodylo, N. T.** (Arylsulfonyl)acetones and -acetonitriles: New Activated Methylenic Building Blocks for Synthesis of 1,2,3-Triazoles / N. T. Pokhodylo, V. S. Matiychuk, M. D. Obushak // Synthesis. – 2009. – № 14. – P. 2321–2323.
15. **Hlasta, D. J.** Steric Effects on the Regioselectivity of an Azide–Alkyne Dipolar Cycloaddition Reaction: The Synthesis of Human Leukocyte Elastase Inhibitors / D. J. Hlasta

- ta, J. H. Ackerman // *Journal of Organic Chemistry*. – 1994. – Vol. 59, № 21. – P. 6184–6189.
16. **Molteni, G.** Regioselectivity of aryl azide cycloaddition to methyl propiolate in aqueous media: experimental evidence versus local DFT HSAB principle / G. Molteni, A. Ponti // *ARKIVOC*. – 2006. – Vol. 16. – P. 49–56.
17. **Molteni, G.** Arylazide Cycloaddition to Methyl Propiolate: DFT-Based Quantitative Prediction of Regioselectivity / G. Molteni, A. Ponti // *Chemistry – A European Journal*. – 2003. – Vol. 9, № 12. – P. 2770–2774.
18. **Truce, W. E.** Adducts of sulfonyl iodides with acetylenes / W. E. Truce, G. C. Wolf // *Journal of Organic Chemistry*. – 1971. – Vol. 36, № 13. – P. 1727–1732.
19. **Vasin, V. A.** Reactions of (phenylethynyl)sulfones with tricyclo[4.1.0.^{02,7}]heptanes / V. A. Vasin, Yu. Yu. Masterova, V. V. Razin, N. V. Somov // *Canadian Journal of Chemistry*. – 2013. – Vol. 91, № 6. – P. 465–471.
20. Синтезы органических препаратов. – М. : Ин. лит., 1949. – Сб. 3. – С. 433.
21. **Михайлова, В. Н.** Реакция гидратации 1- и 3-арилсульфонил-1-пропинов и арилсульфонилалленов / В. Н. Михайлова, А. Д. Булат, В. П. Юревич, Л. А. Ежова // *Журнал органической химии*. – 1988. – Т. 24, вып. 9. – С. 1948–1952.
22. **Truce, W. E.** The Preparation of β -Keto Sulfones by the Claisen Condensation / W. E. Truce, R. H. Knospe // *Journal of the American Chemical Society*. – 1955. – Vol. 77, № 19. – P. 5063–5067.

References

1. Krivopalov V. P., Shkurko O. P. *Uspekhi khimii* [Progress of chemistry]. 2005, vol. 74, no. 4, pp. 369–410.
2. Binder W. H., Sachsenhofer R. *Macromolecular Rapid Communications*. 2007, vol. 28, no. 1, pp. 15–54.
3. Meldal M., Tornøe C. W. *Chemical Reviews*. 2008, vol. 108, no. 8, pp. 2952–3015.
4. Finn M. G., Fokin V. *Chemical Society Reviews*. 2010, vol. 39, no. 4, pp. 1302–1315.
5. L'Abbe G. *Chem. Rev.* 1969, vol. 69, no. 3, pp. 345–363.
6. Huisgen R. *Wiley-Interscience*. New York, 1984, vol. 1, pp. 1–176.
7. Lwowsky W. *Wiley Inter Science*. New York, 1984, vol. 1, part 4, pp. 621–627.
8. Gao D., Zhai H., Parvez M., Back T. G. *Journal of Organic Chemistry*. 2008, vol. 73, no. 20, pp. 8057–8068.
9. Bastide J., Hamelin J., Texier F., Quang Y. V. *Bull. Soc. Chim. Fr.* 1973, no. 9/10, pp. 2871–2887.
10. Meazza G., Zanardi G. J. *J. Fluorine Chem.* 1991, vol. 55, no. 2, pp. 199–206.
11. Abu Orabi S. T., Atfah M. A., Jibril I., F. M. Mari'I, Ali A. Al-Sheikh *Journal Heterocyclic Chem.* 1989, vol. 26, no. 5, pp. 1461–1468.
12. Prech E., Byul'mann F., Affol'ter K. *Opređenje stroenija organičeskikh soedinenij. Tablitsy spektral'nykh dannykh* [Determination of the structure of organic compounds. Tables of spectral data]. Moscow: Mir ; Binom. Laboratoriya znaniy, 2006, 438 p.
13. Cottrell I. F., Hands D., Houghton P. G., Humphrey G. R., Wright S. H. B. *Journal of Heterocyclic Chemistry*. 1991, vol. 28, no. 2, pp. 301–304.
14. Pokhodylo N. T., Matiychuk V. S., Obushak M. D. *Synthesis*. 2009, no. 14, pp. 2321–2323.
15. Hlasta D. J., Ackerman J. H. *Journal of Organic Chemistry*. 1994, vol. 59, no. 21, pp. 6184–6189.
16. Molteni G., Ponti A. *ARKIVOC*. 2006, vol. 16, pp. 49–56.
17. Molteni G., Ponti A. *Chemistry – A European Journal*. 2003, vol. 9, no. 12, pp. 2770–2774.
18. Truce W. E., Wolf G. C. *Journal of Organic Chemistry*. 1971, vol. 36, no. 13, pp. 1727–1732.
19. Vasin V. A., Masterova Yu. Yu., Razin V. V., Somov N. V. *Canadian Journal of Chemistry*. 2013, vol. 91, no. 6, pp. 465–471.

20. *Sintezy organicheskikh preparatov* [Synthesis of organic preparations]. Moscow: In. lit., 1949, coll. 3, p. 433.
21. Mikhaylova V. N., Bulat A. D., Yurevich V. P., Ezhova L. A. *Zhurnal organicheskoy khimii* [Journal of organic chemistry]. 1988, vol. 24, no. 9, pp. 1948–1952.
22. Truce W. E., Knospe R. H. *Journal of the American Chemical Society*. 1955, vol. 77, no. 19, pp. 5063–5067.

Васин Виктор Алексеевич

доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой органической
химии, Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: vasin@mrsu.ru

Vasin Viktor Alekseevich

Doctor of chemical sciences, professor,
head of sub-department of organic
chemistry, Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Мастерова Юлия Юрьевна

аспирант, Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: orgchem@mrsu.ru

Masterova Yuliya Yur'evna

Postgraduate student, Mordovia State
University named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

УДК 547.791.3

Васин, В. А.

О региоселективности присоединения фенилазида к некоторым (фенилэтинил)сульфонам / В. А. Васин, Ю. Ю. Мастерова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 46–53.

ВЛИЯНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ СВОЙСТВ СУСПЕНЗИЙ НА СТРУКТУРУ ПЕН

Аннотация. *Актуальность и цели.* Устойчивость пен, стабилизированных твердыми частицами, может объясняться формированием структуры еще на стадии получения исходных суспензий. Целью нашей работы являются изучение изменения напряжения сдвига в суспензиях, содержащих кремнезем марки LudoxHS-40, гидрофобизованный гексиламином, и анализ изменения свойств пен, полученных из указанных дисперсных систем. *Материалы и методы.* Для приготовления пен, стабилизированных частицами кремнезема, использовали катионный ПАВ гексиламин. Для стабилизации пен и пенных пленок использовался кремнезем двух видов: Аэросил-380 и Ludox HS-40. Напряжение сдвига определяли методом тангенциального смещения пластины. Кратность пен определяется методом, основанным на измерении электропроводности. Для исследования устойчивости тонких слоев пен прикладывали внешнее давление. Для характеристики устойчивости использовали процент (D , %) разрыва определенной площади пенного слоя в течение 30 мин. *Результаты.* Напряжение сдвига равно нулю в свежеприготовленных суспензиях, однако спустя 30 мин после приготовления наблюдается зависимость изменения деформации от приложенной нагрузки. Добавление в суспензии электролита (5 ммоль/л NaCl) приводит к уменьшению напряжения сдвига. Возрастание напряжения сдвига в суспензиях приводит к росту устойчивости пен, полученных на их основе. При одинаковой степени гидрофобизации более крупные частицы кремнезема образуют более прочные гелевые структуры уже в исходной суспензии. Уменьшение степени гидрофобизации при одинаковом массовом содержании твердой фазы и увеличении размера твердых частиц снижает прочность геля. В пенах, полученных из суспензий с высоким массовым содержанием людокса, наблюдается замедление синерезиса, обусловленное повышением эффективной вязкости суспензий при увеличении концентрации твердой фазы. *Выводы.* Наблюдаемая зависимость изменения деформации от приложенной нагрузки, полученная через 30 мин от момента образования суспензий, указывает на процесс структурирования в них. При изменении концентрации гексиламина для всех исследуемых суспензий имеется область с максимальным значением напряжения сдвига. Пены, полученные из суспензий с большим напряжением сдвига, характеризуются замедлением синерезиса и большей устойчивостью. Высокие значения напряжения сдвига в исходных суспензиях, вызванные в большей степени концентрацией твердых частиц, а не их гидрофобизацией, не являются достаточным условием получения устойчивой пены.

Ключевые слова: суспензии, пены, реология, напряжение сдвига, синерезис.

N. G. Vilkova, N. V. Volkova, E. P. Kozlova

INFLUENCE OF REOLOGICAL PROPERTIES OF SUSPENSIONS ON FOAM STRUCTURE

Abstract. *Background.* Foam firmness, stabilized by solid particles, may be explained by formation of the structure as far back as at the stage of obtaining initial suspensions. The work is aimed at examining the changes in shear stress in suspensions composed of Ludox HS-40 silica, hydrophobized by hexylamine, and at ana-

lyzing the changes of properties of foams, produced from the stated disperse systems. *Materials and methods.* To prepare the foams, stabilized by silica particles, cationic SAS (surface active substance) hexylamine was used. To stabilize the foams and foam films the researchers used silica of two types: Aerosil-380 and Ludox HS-40. The shear stress was determined by the method of lamina tangential displacement. Multiplication of the foams was determined by the method based on electrical conduction measurement. To examine the stability of foam's thin layers external pressure was applied. To characterize the stability the researchers used the percentage (D , %) of disruption of a certain area of a foam layer during 30 minutes. *Results.* In makeup suspensions the shear stress is zero, however in 30 minutes after preparation one may observe a dependency of deformation changes on the imposed load. Addition of the electrolyte (5 millimole/litre NaCl) into the suspension leads to shear stress decrease. Shear stress increase in the suspensions leads to stability increase of foam, produced on the basis thereof. Provided equal degree of hydrophobization, larger particles of silica create more stable gel structures already in the initial suspension. Decrease of hydrophobization degree, provided equal mass content of the solid phase, increase of the size of solid particles decreases gel strength. In foams, produced from suspensions with high mass content of ludox, one may observe syneresis deceleration caused by effective viscosity increase in suspensions provided increased concentration of the solid phase. *Conclusions.* The observed dependence of deformation changes on the imposed load, obtained in 30 minutes after the suspension formation, indicates the structuring process advancing in the suspensions. Provided changes of hexylamine concentration in all suspensions under analysis there is an area with maximum value of shear stress. The foams produced from suspensions with high shear stress are characterized by syneresis deceleration and high stability. High values of shear stress in the initial suspensions, caused, to the great degree, by the concentration of solid particles, but not by hydrophobization thereof, appear to be an insufficient condition for the stable foam obtainment.

Key words: suspension, foam, rheology, shear stress, syneresis.

Зависимость напряжения сдвига в суспензиях кремнезема марки Аэросил-380 (далее – аэросил) от концентрации твердой фазы при высокой степени гидрофобизации поверхности частиц была изучена ранее в работах [1, 2]. Было установлено, что увеличение содержания твердых частиц в исходной суспензии приводит к росту значений напряжения сдвига. В частности, напряжение сдвига τ_c для 6 %-х суспензий в 9 раз превышает τ_c для суспензий с содержанием кремнезема 4 % и почти в 40 раз – для 2 %-х суспензий. Отметим, что полученные в данной работе значения напряжений сдвига относятся к свежеприготовленным суспензиям, а частицы аэросила, как было установлено, в процессе коагуляции могут образовывать крупные агрегаты (более 50 мкм). Известно, что свойства дисперсионной среды (вязкость, напряжение сдвига) могут существенно изменяться с течением времени, что является причиной образования структурированных дисперсных систем (например, твердообразных и твердых пен). Особый интерес представляет изучение реологических свойств суспензий, стабилизированных частицами кремнезема марки LudoxHS-40 нанометрических размеров, при изменении концентрации твердой фазы и степени гидрофобизации твердых частиц. Ранее было показано, что изолированные пенные пленки, полученные из суспензий, содержащих такие гидрофобизованные частицы, могут изменять свою толщину (h) от бислойных размеров (8,9 мкм) до 25 мкм [3].

Таким образом, данные исследования необходимы для объяснения различной устойчивости пен и пенных пленок, стабилизированных твердыми частицами, как в гравитационном поле, так и под действием приложенных перепадов давления. Результаты таких исследований необходимы и для получения новых пенных материалов.

В связи с этим целью работы являются изучение изменения напряжения сдвига в исходных и с течением времени в суспензиях, содержащих гидрофобизованный кремнезем марки LudoxHS-40, и анализ изменения свойств пен, полученных из указанных дисперсных систем.

Методы исследования

Для приготовления пен, стабилизированных частицами кремнезема, использовали катионный ПАВ гексилламин (99 %, Merck), «т». Для стабилизации пен и пенных пленок использовался кремнезем двух видов: а) Аэросил-380 – порошок с диаметром частиц 12 нм; б) 41 %-й (в пересчете на SiO₂) золь марки Ludox HS-40 (далее – людокс) с диаметром частиц 15 нм. Частицы аэросила агрегированы в исходном (порошкообразном) состоянии, и полидисперсные агрегаты присутствовали во всех дисперсиях кремнезема независимо от краевых углов. Средний размер образующихся агрегированных частиц аэросила был равен 3–30 мкм.

Для исследования устойчивости пен в раствор пенообразователя вводился электролит NaCl, «ч.д.а.», прокаленный для удаления из него органических примесей при 500 °С.

Напряжение сдвига определяли методом тангенциального смещения пластины [4]. В суспензию помещали рифленую металлическую пластину, закрепленную посредством жесткой металлической проволоки с коромыслом торсионных весов. Оставляли систему в покое в течение 10 мин. Прикладывали с помощью торсионных весов определенную нагрузку и фиксировали расстояние, пройденное пластиной в суспензии, с помощью катетометра (так как суспензии были непрозрачными, наблюдали смещение проволоки, посредством которой пластинка прикреплялась к коромыслу весов). Результаты опыта выражали графически в координатах: ε – деформация, равная расстоянию, пройденному пластиной, мм; P – нагрузка, Н/м².

Кратность пен определяется методом, основанным на измерении электропроводности пены [5], пригодным в широком диапазоне кратностей. В этом случае кратность связана с электрическим сопротивлением столба пены и сопротивлением раствора пенообразователя того же объема зависимостью

$$n = \frac{R_F}{R_0 B} = \frac{R_F A}{\rho_{el} H B}, \quad (1)$$

где R_F – электрическое сопротивление столба пены; A – площадь поперечного сечения столба пены; ρ_{el} – удельное сопротивление раствора пенообразователя; H – высота слоя пены; B – коэффициент формы, равный 1,5–3 в зависимости от распределения жидкости между каналами и пленками пены. В пене средней кратности ($n = 30–150$) при небольших временах жизни $B = 2–2,2$ [5].

Для исследования устойчивости тонких слоев пен небольшое количество пены (объемом 0,2 мл) помещали на пористую керамическую пластину с диаметром пор 20–1,4 мкм, пропитанную раствором пенообразователя,

и закрывали образец пены стеклянной пластиной [6]. Пористую пластину покрывали фильтровальной бумагой для предотвращения проникновения в нее твердых частиц. Пространство под пористой пластиной подсоединяли к емкости с пониженным по сравнению с атмосферным давлением, которое измеряли U-образным воздушным манометром с точностью 0,05 атм или вакуумметром (до 70 кПа) с точностью 2,5 кПа. Высоту слоя пены (1,5 мм) задавали с помощью стеклянных пластин. Для характеристики устойчивости использовали процент (D , %) разрушения определенной площади пенного слоя в течение 30 мин.

Результаты и обсуждение

Известно, что устойчивость пен, стабилизированных твердыми частицами, определяется процессами гелеобразования в дисперсионной среде. Особое значение это явление приобретает в пенах, стабилизированных твердыми частицами, со степенью гидрофобизации, соответствующей краевому углу в 30° и более.

Увеличение напряжения сдвига (через 30–60 мин) или формирование в исходной суспензии структур, не разрушающихся под действием приложенной нагрузки, может служить объяснением устойчивости пен, стабилизированных гидрофобизованными частицами. Были изучены суспензии, полученные из людокса с малой (0,5 %) концентрацией твердой фазы. Установлено, что напряжение сдвига было равно нулю в свежеприготовленных суспензиях, содержащих 0,5 %-й людокс, при изменении концентрации гексилamina от 11 до 66 ммоль/л и, соответственно, при увеличении степени гидрофобизации частиц n_g от 2,2 до 13,2 ммоль/г. В этих же суспензиях наблюдали процесс структурообразования при их выдерживании на воздухе в течение 30–60 мин в закрытых сосудах. Зависимости деформации от приложенной нагрузки имеют вид, представленный на рис. 1, а, б.

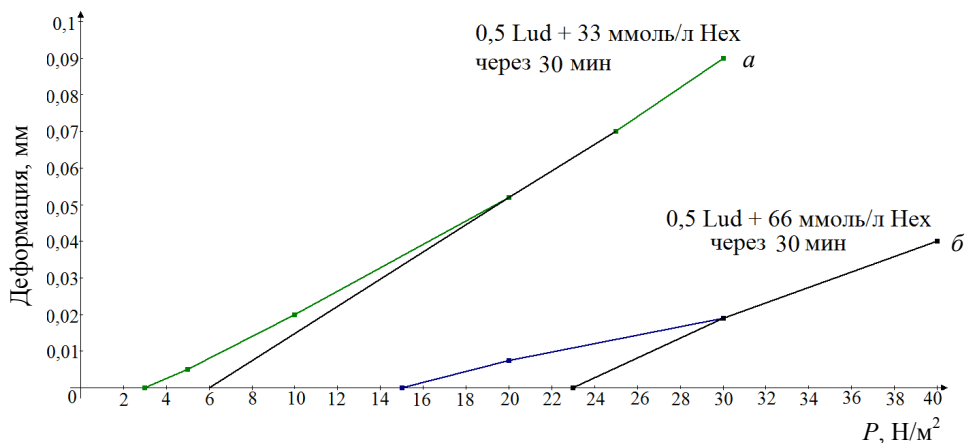


Рис. 1. Зависимости деформации от приложенной нагрузки в суспензиях, содержащих 0,5 %-й людокс и гексилamin в концентрации: а – 33 ммоль/л; б – 66 ммоль/л

Рассчитанные с помощью представленных на рис. 1 зависимостей напряжения сдвига составили 0,015 и 0,056 Н/м² для суспензий, содержащих 0,5 %-й людокс и гексилamin в количестве 33 и 66 ммоль/л соответственно.

Отметим, что в суспензиях с концентрацией людокса 0,5 % (через 20–30 мин от начала их образования) при увеличении концентрации гидрофобизатора напряжение сдвига достигает некоторого максимального значения и убывает при увеличении степени гидрофобизации (табл. 1, № 1–3).

Таблица 1
Изменение напряжения сдвига для суспензий, содержащих 0,5 %-й людокс с различной концентрацией гексиламина, с электролитом и без него

№	Концентрация гексиламина, ммоль/л	Напряжение сдвига τ , Н/м ²
1	33	0,015
2	66	0,056
3	132	0,046
4	132	0,043
5	33	0,012
6	66	0,015
7	132	0,037

Примечание. № 1–3 – суспензия через 30–60 мин от момента приготовления; № 4 – свежеприготовленная суспензия; № 5–7 суспензия с добавкой электролита (5 ммоль/л NaCl).

Как видно из приведенной таблицы, повышение концентрации гексиламина до 132 ммоль/л приводило к снижению напряжения сдвига до 0,046 Н/м². Подобное снижение напряжения сдвига наблюдали ранее для суспензий, содержащих 2 и 20 % людокса при увеличении концентрации гидрофобизатора [3]. Например, в суспензиях с концентрацией твердых частиц 2 % напряжение сдвига достигает максимального значения 0,074 Н/м² при степени гидрофобизации частиц 2,15 ммоль/г и уменьшается до 0,017 Н/м² при увеличении степени гидрофобизации до 3,19 ммоль/г. Подобную закономерность наблюдали и в суспензиях людокса с 20 %-й концентрацией твердых частиц. В этом случае максимальное значение напряжения сдвига (0,35 Н/м²) достигалось при концентрации гексиламина 70 ммоль/л и соответствующей степени гидрофобизации 0,35 ммоль/г. При концентрации гексиламина 90 ммоль/г наблюдали уменьшение напряжения сдвига до 0,01 Н/м². Наблюдаемое в суспензиях людокса уменьшение напряжения сдвига при увеличении степени гидрофобизации частиц может быть обусловлено уменьшением эффективной вязкости указанных дисперсных систем при определенной степени гидрофобизации твердых частиц. Эффективная вязкость может уменьшаться на несколько порядков вследствие уменьшения взаимодействия между частицами. В данном случае коагуляция частиц не сопровождается образованием единой пространственной структуры в течение указанного интервала времени. Отметим, что в изученной суспензии состава 0,5 %-й людокс + 132 ммоль/л гексиламина через 20–30 мин от начала ее приготовления наблюдали также оседание агрегированных частиц. Необходимо подчеркнуть, что осадок, образованный крупными агрегатами частиц, может в дальнейшем (через несколько месяцев) образовать высоковязкую гелевую структуру.

Добавление электролита (5 ммоль/л NaCl) и выдерживание исходной суспензии на воздухе в закрытых сосудах в течение 20–30 мин во всех опытах приводили к уменьшению напряжения сдвига (см. табл. 1).

На рис. 2 представлена зависимость деформации от нагрузки для свежеприготовленной суспензии, содержащей людокс и гексиламин (степень гидрофобизации 2,2 ммоль/г, см. рис. 1,а), и для этой же суспензии через 30 мин (см. рис. 1,б).

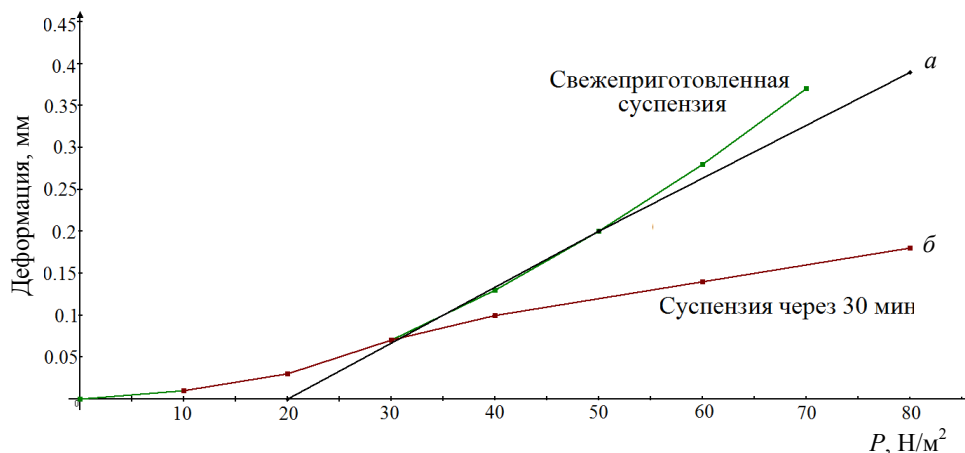


Рис. 2. Зависимость деформации от нагрузки ($P \cdot 10^{-6}$ Н) для суспензии состава 2 %-й людокс + 43 ммоль/л гексиламина, степень гидрофобизации 2,2 ммоль/г: а – для свежеприготовленной суспензии; б – для суспензии через 30 мин после формирования

Как видно, в суспензиях, содержащих гидрофобизованный кремнезем Ludox HS-40 с более высокой концентрацией твердых частиц и, соответственно, более низкой степенью гидрофобизации поверхности $n_g = 2,2$ ммоль/г, напряжение сдвига составило $0,06$ Н/м². Важно подчеркнуть, что в суспензии, содержащей 2 %-й аэросил (размер частиц 3–30 мкм) и приблизительно такой же степени гидрофобизации частиц (2,4 ммоль/г), напряжение сдвига было равно $0,2$ Н/м². Таким образом, при одинаковой степени гидрофобизации более крупные частицы кремнезема образуют более прочные гелевые структуры уже в исходной суспензии. Уменьшение степени гидрофобизации при одинаковом массовом содержании твердой фазы и увеличении размера твердых частиц снижает прочность геля: в суспензии состава 2 %-й аэросил + 8,25 ммоль/л гексиламина снижение степени гидрофобизации до 0,41 ммоль/г приводит к сокращению напряжения сдвига до $0,024$ Н/м². Как показано ранее, подобное изменение деформации сдвига при изменении степени гидрофобизации частиц наблюдали и для суспензии состава 0,5 %-й людокс + гексиламин (см. табл. 1).

Как видно из рис. 2,б, характер зависимости деформации от напряжения сдвига меняется уже через 30 мин после формирования суспензии состава 2 %-й людокс + 43 ммоль/л гексиламина. В этом случае деформация монотонно возрастает при увеличении нагрузки до $81 \cdot 10^{-6}$ Н, разрушения структуры при достижении определенной величины напряжения сдвига не наблюдали. Отметим, что подобное возрастание деформации при увеличении нагрузки наблюдали и в суспензиях 2 %-го аэросила + 8,25 ммоль/л гексиламина с меньшей степенью гидрофобизации частиц (0,41 ммоль/г) и большими (по сравнению с частицами людокса) радиусами агрегатов. Зависимости измене-

ния деформации от приложенной нагрузки, полученные для суспензий кремнезема различного состава через 20–30 мин от момента их образования, подтверждают предположение о возможности формирования гелевых структур как в исходных суспензиях, так и в пенах, полученных из них в течение указанного времени.

Было изучено изменение свойств пен, полученных из золь людокс с концентрациями твердых частиц 0,5–2 % при изменении степени их гидрофобизации. Известно, что одним из важных технологических параметров пен является объемная доля жидкости в них f , или кратность – величина, обратная объемной доле жидкости. На рис. 3 представлено изменение кратности в пенах из 1 %-го и 20 %-го людокса с добавкой одинакового количества гидрофобизатора (11 ммоль/л гексилamina).

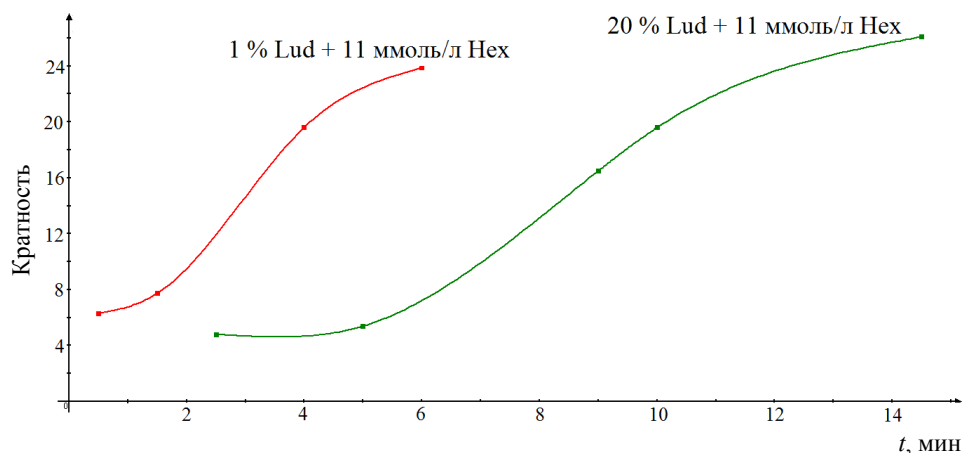


Рис. 3. Изменение кратности в пене ($H = 1$ см) (из суспензий, содержащих 1 %-й или 20 %-й людокс) под действием приложенных перепадов 0,03 и 0,02 атм соответственно

Кинетические кривые, определяющие зависимость кратности от времени, отличаются временем установления максимальной кратности. При этом в пенах, полученных из суспензий с более высоким (20 %) массовым содержанием людокса, максимальная кратность устанавливается медленнее по сравнению с пенами, полученными из суспензий с содержанием людокса 1 %. Замедление синерезиса обусловлено повышением эффективной вязкости суспензий при увеличении концентрации твердой фазы. Ранее показано, что увеличение концентрации твердой фазы в исходной суспензии в 8 раз (от 1,25 до 10 %) приводит к увеличению объемной вязкости суспензии в 1,5 раза (от 1,13 до 1,64 Па · с) [7].

Подобные закономерности наблюдаются и для изменения кратности пен, полученных из суспензий, содержащих 0,5–20 %-й людокс с добавками гексилamina, под действием приложенных перепадов давления.

В табл. 2 показаны максимальные значения кратности, которые устанавливаются в пенах, полученных из суспензий людокса, с различным соотношением количества кремнезема и гидрофобизатора. Как видно из приведенной таблицы, пены, полученные из суспензии состава 20 %-й людокс + 11 ммоль/л гексилamina + 0,005 моль/л NaCl при малой (0,055 ммоль/г)

степени гидрофобизации твердых частиц, имеют низкую кратность. Это может быть обусловлено быстрым послойным разрушением пенного слоя. В более устойчивых пенах кратность составляет 70–90. Отметим, что незначительное увеличение степени гидрофобизации частиц при неизменной концентрации твердой фазы может сильно изменить свойства пены. В частности, пены, полученные из суспензии состава 0,5 %-й людокс + 11 ммоль/л гексиламина + 0,005 моль/л NaCl, достигают кратности 70 и имеют структуру, близкую к полиэдрической. Напротив, кратность пен, полученных из суспензии состава 0,5 %-й людокс + 22 ммоль/л гексиламина + 0,005 моль/л NaCl, не превышает 20. Такие пены имеют шаровую структуру.

Таблица 2

Изменение кратности пен, полученных из суспензий людокса
разной степени гидрофобизации

Состав суспензии	Кратность пен	Степень гидрофобизации, ммоль/г
0,5 %-й людокс + 11 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	70	2,2
0,5 %-й людокс + 22 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	16	4,4
0,5 %-й людокс + 44 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	4	8,8
2 %-й людокс + 11 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	70	0,55
5 %-й людокс + 11 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	90	0,22
20 %-й людокс + 11 ммоль/л гексиламина + + 0,005 моль/л NaCl	24	0,055

Необходимо отметить, что для всех изученных систем максимальная устойчивость пен соответствует максимальному напряжению сдвига в исходной суспензии.

Выводы

1. Напряжение сдвига равно нулю в свежеприготовленных суспензиях, содержащих 0,5 %-й людокс, даже при значительной степени гидрофобизации частиц, равной 13,2 ммоль/г.

2. Зависимости изменения деформации от приложенной нагрузки, полученные для суспензий кремнезема различного состава через 30 мин от момента их образования, указывают на процесс структурирования в исходных суспензиях. Добавление в суспензии электролита (5 ммоль/л NaCl) приводит к уменьшению напряжения сдвига. При изменении концентрации гексиламина установлено, что для всех исследуемых суспензий имеется область с максимальным значением напряжения сдвига.

3. Структурирование с течением времени в суспензиях, содержащих 0,5 %-й людокс, наблюдали при степени гидрофобизации поверхности частиц не менее 6,6 ммоль/г (что соответствует краевому углу 40°). В суспензиях аэросила с большими размерами частиц процессы структурирования с тече-

нием времени происходят уже при степенях гидрофобизации их поверхности 0,41 ммоль/г (что соответствует краевому углу 28°).

4. Пены, полученные из суспензий с большим напряжением сдвига, характеризуются замедлением синерезиса и большей устойчивостью. Высокие значения напряжения сдвига в исходных суспензиях, вызванные в большей степени концентрацией твердых частиц, а не их гидрофобизацией, не являются достаточным условием получения устойчивой пены.

Список литературы

1. **Kruglyakov, P. M.** About mechanism of foam stabilization by solid particles / P. M. Kruglyakov, S. I. Elaneva, N. G. Vilkoval, S. I. Karakashev // *Advances in Colloid and Interface Science*. – 2011. – № 165. – P. 108–117.
2. **Нуштаева, А. В.** Влияние модифицирующей добавки (гексилamina) на реологические свойства суспензий кремнезема / А. В. Нуштаева, А. А. Шумкина, Н. В. Волкова // *Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского*. – 2012. – № 29. – С. 358–362.
3. **Vilkova, N. G.** Foam films stabilized by solid particles / N. G. Vilkoval, S. I. Elaneval, P. M. Kruglyakov, S. I. Karakashev // *Mendelev Commuval*. – 2011. – № 21. – P. 344–345.
4. Руководство к практическим работам по коллоидной химии / О. Н. Григоров, И. Ф. Карпова, З. П. Козьмина, К. П. Тихомолова, Д. А. Фридрихсберг, Ю. М. Чернобережский. – М. : Химия, 1964. – 326 с.
5. **Exerova, D.** Foam and foam films. Theory, Experiment, Applications / D. Exerova, P. M. Kruglyakov // *Elsevier Science*. – Amsterdam, 1998. – 220 с.
6. **Kruglyakov, P. M.** Emulsion stabilized by solid particles: influence of the capillary pressure, in: *Emulsions: Structure, Stability and Interactions* / P. M. Kruglyakov, A. V. Nushtaeva ; ed. D. N. Petsev. – Amsterdam : Elsevier, 2004. – P. 641–676.
7. **Вилкова, Н. Г.** Влияние температуры на устойчивость пен, стабилизированных твердыми частицами, в зависимости от вязкости исходных суспензий / Н. Г. Вилкова, С. И. Каракашев, И. Ю. Теплов // *Современные проблемы естествознания : сб. докл. Междунар. науч.-практ. конф. (23–25 октября 2012 г.)*. Пензенский государственный университет архитектуры и строительства. – Пенза, 2012. – С. 3–11.

References

1. Kruglyakov P. M., Elaneva S. I., Vilkoval N. G., Karakashev S. I. *Advances in Colloid and Interface Science*. 2011, no. 165, pp. 108–117.
2. Nushtaeva A. V., Shumkina A. A., Volkova N. V. *Izvestiya PGPU im. V. G. Belinskogo* [Bulletin of Penza State Pedagogical University named after V. G. Belinsky]. 2012, no. 29, pp. 358–362.
3. Vilkoval N. G., Elaneval S. I., Kruglyakov P. M., Karakashev S. I. *Mendelev Commuval*. 2011, no. 21, pp. 344–345.
4. Grigorov O. N., Karpova I. F., Koz'mina Z. P., Tikhomolova K. P., Fridrikhsberg D. A., Chernoberezhskiy Yu. M. *Rukovodstvo k prakticheskim rabotam po kolloidnoy khimii* [Guidelines to practical work in colloid chemistry]. Moscow: Khimiya, 1964, 326 p.
5. Exerova D., Kruglyakov P. M. *Elsevier Science*. Amsterdam, 1998, 220 p.
6. Kruglyakov P. M., Nushtaeva A. V. *Emulsion stabilized by solid particles: influence of the capillary pressure, in: Emulsions: Structure, Stability and Interactions*. Amsterdam: Elsevier, 2004, pp. 641–676.
7. Vilkoval N. G., Karakashev S. I., Teplov I. Yu. *Sovremennye problemy estestvoznaniya: sb. dokl. Mezhdunar. nauch.-prakt. conf. (23–25 oktyabrya 2012 g.)* *Penzenskiy gosudarstvennyy universitet arkhitektury i stroitel'stva* [Modern problems of the natural science: collected papers of the International scientific and practical conference (23–25 October 2012). Penza State University of Architecture and Construction]. Penza, 2012, pp. 3–11.

Вилкова Наталья Георгиевна

доктор химических наук, профессор,
кафедра физики и химии, Пензенский
государственный университет
архитектуры и строительства
(Россия, г. Пенза, ул. Г. Титова, 28)

E-mail: kpyotr10@pguas.ru

Волкова Наталия Валентиновна

кандидат биологических наук, доцент,
заведующая кафедрой химии и теории
и методики обучения химии, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: balikovan@mail.ru

Козлова Елена Павловна

студентка, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: balikovan@mail.ru

Vilkova Natal'ya Georgievna

Doctor of chemical sciences, professor,
sub-department of physics and chemistry,
Penza State University of Architecture
and Construction
(28 G. Titov street, Penza, Russia)

Volkova Nataliya Valentinovna

Candidate of biological sciences, associate
professor, head of sub-department
of chemistry and theory and methods
of teaching chemistry, Penza State
University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Kozlova Elena Pavlovna

Student, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

УДК 544.77.022.822

Вилкова, Н. Г.

Влияние реологических свойств суспензий на структуру пен /
Н. Г. Вилкова, Н. В. Волкова, Е. П. Козлова // Известия высших учебных
заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). –
С. 54–63.

Е. Н. Ускова, Е. В. Окина, Б. С. Танасейчук,
Н. А. Епифанова, К. Н. Ницев

СОРБЦИОННО-ФЛУОРИМЕТРИЧЕСКОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНИЯ И ЦИНКА В МЕТАЛЛОМАТРИЧНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛАХ НА ОСНОВЕ Al-SiC

Аннотация. *Актуальность и цели.* Алюминий является одним из основных составляющих компонентов металломатричных композиционных материалов на основе Al-SiC, в то время как цинк, наряду со множеством других микрокомпонентов, вводится в виде примесей вместе с силициновой составляющей композита, поэтому разработка экспрессных и точных методик определения макро- и микрокомпонентов без предварительного разделения является актуальной аналитической задачей. *Материалы и методы.* В качестве модифицированного сорбента, полученного методом импрегнирования, использовали силохром С-60 с иммобилизованными группами 4,5-дифенил-2(2-гидрокси-фенил)имидазола. Исследование свойств полученного материала проводилось комплексом физико-химических методов анализа с использованием следующего оборудования. Элементный состав и брутто-формула синтезированного реагента подтверждены с помощью CHNSCI-анализатора Vario Micro Cube (Elementar). Спектры поглощения были сканированы на спектрофотометре UV-1800 (SHIMADZU) в диапазоне длин волн от 200 до 350 нм, рН растворов измеряли на рН-иономере «АНИОН-4154» со стеклянным рН-чувствительным электродом ЭСЛ-003. ИК-спектры модифицированного сорбента сняты на фурье-спектрометре ИнфраЛЮМ Фт-02. Измерение сигнала атомной абсорбции проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре АА-7000 (SHIMADZU) в непламенном режиме. Спектры флуоресценции получены с использованием спектрофлуориметра RF-5301 (SHIMADZU). Исследование поверхностной структуры модифицированных сорбентов проводилось на растворяемом электронном микроскопе Quanta 200i 3D при увеличении от 100 до 6000 раз. *Результаты.* Изучены условия комплексообразования 4,5-дифенил-2(2-гидрокси-фенил)имидазола с ионами алюминия (III) и цинка (II) в растворах, получены спектры поглощения реагента и его комплексов с указанными металлами. Установлено, что 4,5-дифенил-2(2-гидрокси-фенил)имидазол в фазе сорбента взаимодействует с ионами Al(III) и Zn(II) – прочные комплексы. Модифицирование носителей в большинстве случаев улучшает сорбцию в 1,5–2 раза. Для всех изученных металлов и сорбентов подобраны оптимальные условия сорбции. Показано, что в процессе сорбции на поверхности модифицированных сорбентов с группами 4,5-дифенил-2(2-гидрокси-фенил)имидазола образуются флуоресцирующие комплексы Al-Im ($\lambda_{\max} = 440$ нм), Zn-Im ($\lambda_{\max} = 455$ нм). Разработана методика сорбционно-флуориметрического определения цинка (II) в металломатричных композиционных материалах на основе Al-SiC. Правильность разработанной методики проверена методом «введено–найдено» и сравнением с результатами контрольного метода (атомно-абсорбционной спектроскопии). *Выводы.* Установлено, что разработанная методика сорбционно-флуориметрического определения алюминия и цинка может быть успешно использована для определения макро- и микроколичеств металлов в составе объектов сложного состава.

Ключевые слова: нековалентная иммобилизация, сорбция, сорбционно-флуориметрический метод, алюминий (III), цинк (II), металломатричные композиционные материалы.

E. N. Uskova, E. V. Okina, B. S. Tanaseychuk,
N. A. Epifanova, K. N. Nishchev

SORPTION-FLUORIMETRIC DETERMINATION OF ALUMINIUM AND ZINC IN METAL-MATRIX AlSiC-BASED COMPOSITE MATERIALS

Abstract. *Background.* Aluminum is one of the main components of AlSiC-based metal-matrix composite materials. Zinc, along with many other microcomponents, is injected in the form of impurities with silumin component of the composite. That is why developing express and precise methods of determining macro- and micro-components without prior separation is a relevant analytical task. *Materials and methods.* We used Silohrom C-60 with immobilized groups of 4,5-diphenyl-2-(2-hydroxyphenyl)imidazole as a modified sorbent obtained by the method of impregnation. Then we applied a set of physical and chemical methods of analysis to study the properties of the obtained material. The CHNSCI - Analyzer «Vario Micro Cube» (Elementar) was used to confirm the structure of elements and the brutto-formula of synthesized reagent. We diagnosed the absorption spectrum using the UV-1800 Spectrophotometer (SHIMADZU) in the wavelength range from 200 to 350 nm. The pH of solutions was measured using the pH-Ionometer «ANION 4154» with pH-sensitive glass electrode ECL-003. IR-spectra of the modified sorbent were scanned using the Fourier Spectrometer INFRALUM FT-02. The signal of atomic absorption was measured using the atomic absorption spectrophotometer AA-7000 (SHIMADZU) in a flameless mode. The fluorescence spectra were obtained using RF-5301 Spectrofluorimeter SHIMADZU. The study of the modified sorbent surface structure was carried out on a scanning electron microscope Quanta 200i 3D with an increase from 100 to 6000 times. *Results.* The conditions of the complexation of 4,5-diphenyl-2-(2-hydroxyphenyl)imidazole with ions of aluminum(III) and zinc(II) in solutions were determined. We obtained the spectra of absorption of reagent and its complexes with metals. It was found out that 4,5-diphenyl-2-(2-hydroxyphenyl)imidazole in the sorbent phase interacts with ions of Al(III) and Zn(II) and forms stable complexes. The optimum conditions of sorption for all the metals were found. It was shown that the fluorescent complexes of Al-Im ($\lambda = 440$ nm), Zn-Im ($\lambda = 455$ nm) are formed in the process of sorption on the surface of the modified sorbents with the groups of 4,5-diphenyl-2-(2-hydroxyphenyl)imidazole. The method of Sorption-Fluorimetric Determination of zinc(II) in AlSiC-based Metal-matrix Composite Materials was established. The correctness of this method was confirmed by the «Put-Found» method and by comparing the results with the results of the Atomic Absorption Spectroscopy method. *Conclusions.* The method of Sorption - Fluorimetric Determination of aluminium and zinc can be successfully used for determination of macro- and microquantity of metals in multicomponent objects.

Key words: non-covalent immobilization, sorption, sorption-fluorimetric method, aluminum(III), zinc(II), metal-matrix composite materials.

Введение

Поиск простых подходов к получению новых материалов как для целей сорбционного концентрирования, так и разделения по-прежнему остается актуальной аналитической задачей, причем развитие методов концентрирования и разделения, создание новых чувствительных и селективных методов определения неорганических и органических соединений тесно связаны с использованием иммобилизованных аналитических реагентов. Именно приме-

нение сорбции на ионообменных и комплексообразующих сорбентах для данных целей представляется наиболее эффективным, поэтому поиск новых селективных и экономически выгодных сорбентов для аналитических целей является на сегодняшний день актуальной проблемой [1, 2]. Производные имидазола широко используются как органические аналитические реагенты благодаря своим комплексообразующим свойствам, которые обусловлены существованием неподеленной электронной пары у атома азота в цикле, связанного с атомом водорода, а наличие гидроксильной группы облегчает образование комплексов. Имидазол, его производные и их комплексы способны к флуоресценции, что может быть использовано для количественного определения.

Различные производные имидазола также широко исследуются в качестве перспективных химических модификаторов различных полимерных и неорганических сорбентов-носителей, что связано с высокой избирательностью и эффективностью формирующихся структур при количественном концентрировании элементов. Особенностью структуры имидазола является наличие пространственно разнесенных функциональных группировок различных типов, одна из которых может выполнять роль якорной, обеспечивающей закрепление модификатора на поверхности сорбента-основы, в то время как другая функциональная группа остается свободной и непосредственно участвует в образовании комплекса с ионами металлов.

Одной из наиболее перспективных областей применения модифицированных сорбентов является их использование для сорбционно-флуориметрического определения ионов металлов, образующих с реагентом, иммобилизованным на поверхности сорбента, устойчивые комплексы [3–6], что наиболее актуально при анализе объектов сложного состава, ярким примером которых могут служить композиционные материалы на основе Al-SiC, имеющие сложный элементный состав, причем компоненты находятся в макро- и микроколичествах.

1. Синтез реагента-модификатора и приготовление растворов

Был синтезирован органический аналитический реагент, представленный на рис. 1: 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазол (*Im*).

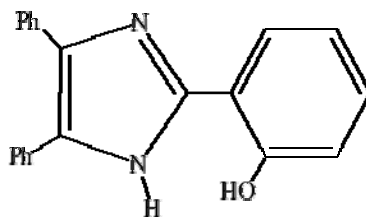


Рис. 1. Структура 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазола

Смесь 0,0031 моль *o*-гидроксибензальдегида, 0,0031 моль бензила, 0,06 моль ацетата аммония и 30,0 мл ледяной уксусной кислоты кипятили в течение 1,5 ч, после чего соединяли с 50,0 мл водного раствора аммиака. Выпавший осадок отфильтровывали, промывали на фильтре водой, сушили на воздухе и перекристаллизовывали из этанольного раствора.

Элементный состав и брутто-формула синтезированного реагента подтверждены с помощью CHNSCI-анализатора Vario Micro Cube (Elementar).

Растворы *Im* готовили растворением рассчитанной навески реагента в этаноле. Растворы ионов изучаемых металлов ($C_{\text{исх}} = 100,0$ мкг/мл) готовили растворением навески соответствующей соли в дистиллированной воде с добавлением небольшого количества соответствующей кислоты. Растворы более низких концентраций готовили кратным разбавлением исходных растворов. Для создания и поддержания pH использовались 0,2 М растворы уксусной кислоты и аммиака в различных соотношениях. Все реагенты имели квалификацию не ниже «ч.д.а.».

2. Методы исследования

Исследование свойств проводилось комплексом физико-химических методов анализа, включающих спектрофотометрию, ионометрию, атомно-абсорбционную спектроскопию.

Измерение оптической плотности растворов и сканирование спектров поглощения комплексов металлов с *Im* было проведено на спектрофотометре UV-1800 (SHIMADZU) в диапазоне длин волн от 200 до 350 нм. Величину pH контактирующих с сорбентом растворов контролировали с помощью универсального иономера «АНИОН-4154» с индикаторным стеклянным электродом ЭСЛ-003. Структура поверхности сорбентов исследована на растровом электронном микроскопе Quanta 200i 3D при увеличении от 100 до 6000 раз. ИК-спектры модифицированного сорбента сняты на фурье-спектрометре ИнфраЛЮМ Фт-02. Измерение сигнала атомной абсорбции проводилось на атомно-абсорбционном спектрофотометре AA-7000 (SHIMADZU) в неплammenном режиме.

3. Исследование поглощающей способности 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазола и его комплексов с Al(III) и Zn(II)

Для этанольных растворов реагента характерны спектры поглощения с двумя максимумами при 211,0 и 317,0 нм. Таким образом, молекулярная форма *Im* бесцветна. Поскольку реагент обладает заметными протолитическими свойствами, была исследована зависимость его поглощающей способности от pH, для чего были получены зависимости оптической плотности растворов *Im* от кислотности среды при разных длинах волн, соответствующих максимумам светопоглощения различных форм. Установлено, что при изменении pH практически не наблюдается сдвигов максимумов светопоглощения. Можно отметить, что для *Im* в кислой среде уменьшается интенсивность поглощения второго пика по сравнению с интенсивностью пика в щелочной среде. Величина первой константы диссоциации для *Im*, определенная в расчетном и графическом вариантах, составила $3,98 \cdot 10^{-3}$.

Для установления возможности комплексообразования и определения состава комплексов ионов Al(III) с *Im* было произведено сканирование спектров поглощения растворов ($C = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л) с варьируемыми соотношениями Al(III) с *Im* в диапазоне длин волн от 250,0 до 600,0 нм при ранее подобранном оптимальном значении pH 5,0. Результаты представлены на рис. 2.

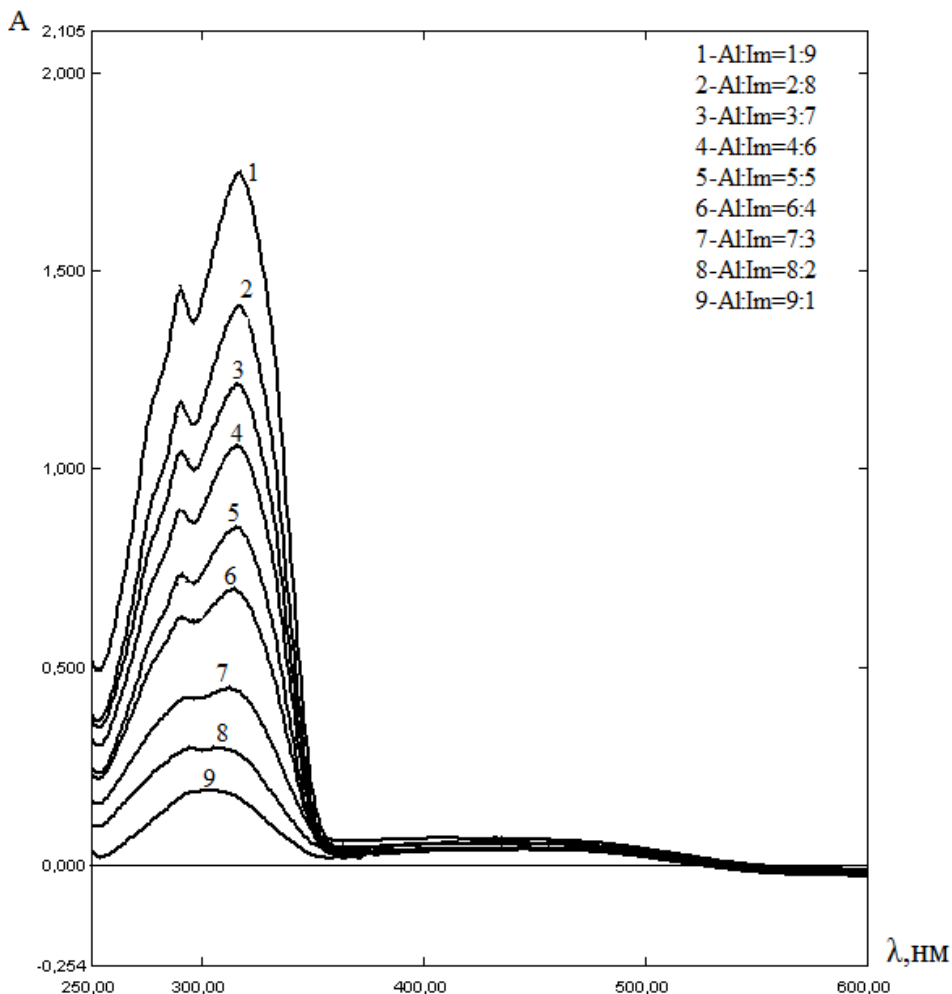


Рис. 2. Спектры поглощения растворов Al(III) с *Im*
 ($C = 1 \cdot 10^{-5}$ моль/л, $\lambda = 250,0-600,0$ нм, pH 5,0):
 1 – Al-*Im* = 1:9; 2 – Al-*Im* = 2:8; 3 – Al-*Im* = 3:7; 4 – Al-*Im* = 4:6; 5 – Al-*Im* = 5:5;
 6 – Al-*Im* = 6:4; 7 – Al-*Im* = 7:3; 8 – Al-*Im* = 8:2; 9 – Al-*Im* = 9:1

Образование комплекса Al-*Im* с высокой поглощающей способностью происходит при достаточном избытке реагента.

Аналогичным образом была исследована возможность образования комплекса Zn(II) с *Im*, в результате чего было установлено, что образование активно поглощающего комплекса наблюдается в более кислой, чем для алюминия, среде (при pH 3,0) при молярных соотношениях Zn-*Im* 1:2.

4. Модификация поверхности силохрома С-60 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазолом

Нековалентная иммобилизация *Im* на поверхности силохрома С-60 проводилась методом импрегнирования. В силу низкой растворимости *Im* в воде происходило его прочное закрепление на дефектах поверхности сорбента-носителя (рис. 3), препятствующее обратному переходу модификатора в раствор в процессе сорбционного извлечения ионов металлов из раствора.

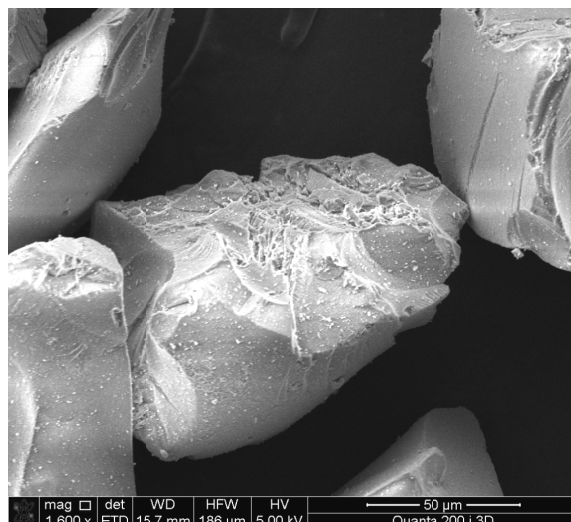


Рис. 3. Изображение зерен модифицированного сорбента

Рассчитанная емкость по модификатору составила 60 мкмоль/г.

5. Определение оптимальных условий сорбционного извлечения ионов алюминия (III) и цинка (II) из растворов модифицированным сорбентом

Для определения оптимальной величины кислотности контактирующего с сорбентом раствора была исследована зависимость степени сорбционного извлечения ионов алюминия (III) и цинка (II) от pH буферированных стандартных растворов Al(III). Количественное извлечение ионов алюминия из раствора наблюдалось в диапазоне pH 4,5–5,0, в то время как переход ионов цинка (II) из раствора в твердую фазу сорбента происходил в более кислых средах при pH 3,0–3,5.

Время контакта сорбента с насыщающими растворами ионов исследованных металлов было определено в статическом режиме при постоянном встряхивании навески сорбента с фиксированным объемом растворов солей алюминия и цинка при ранее определенных значениях pH. В результате были получены зависимости степени сорбционного извлечения ионов металлов – R – от времени контакта фаз. Установлено, что время контакта сорбента с насыщающим раствором при извлечении ионов алюминия составляло 35 мин, а для ионов цинка – 25 мин.

6. Флуоресцентные свойства комплексов Al(III) и Zn(II) с 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазолом

Исследуемые комплексы Al(III) и Zn(II) с *Im* обладают флуоресцентными свойствами как в растворах, так и в фазе сорбента. Было установлено, что возбуждение флуоресценции комплекса Al-*Im* в твердой фазе наблюдалось при длине волны 340,0 нм, а для комплекса Zn-*Im* – при длине волны 331,0 нм. Эмиссия флуоресценции, относительная интенсивность которой прямо пропорциональна содержанию иона-комплексобразователя в контактирующем растворе, наблюдалась при 440,0 и 455,0 нм для комплексов Al-*Im* и Zn-*Im* соответственно.

7. Методика сорбционно-флуориметрического определения ионов Al(III) и Zn(II)

Для проведения сорбционно-флуориметрического определения ионов исследуемых металлов готовились серии стандартных растворов в концентрационных диапазонах линейности градуировочных графиков зависимостей относительной интенсивности сигнала флуоресценции от концентрации стандартных растворов солей алюминия и цинка при оптимальных значениях pH. Для проведения сорбционного извлечения использовались навески сорбента массой 0,1 г. После проведения сорбции при постоянном механическом перемешивании растворов с навеской сорбента в течение времени установления сорбционного равновесия отделяли сорбент от раствора и высушивали его при комнатной температуре до воздушно-сухого состояния.

Для снятия спектров флуоресценции подготовленные сорбенты закрепляли на поверхности предметных стекол, контролируя площадь и толщину нанесения.

Достоверность результатов разработанной методики контролировалась анализом стандартных растворов Al(III) и Zn(II) по схеме «введено–найдено», результаты определения приведены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Определение содержания Al(III) в модельных растворах сорбционно-флуориметрическим методом ($n = 3, P = 0,95$)

Номер образца	Введено	Найдено		S_r
	Концентрация Al(III), мкг/мл	Концентрация Al(III), мкг/мл	Средняя концентрация Al(III), мкг/мл	
1	2,00	2,03	2,05	0,021
		2,06		
		2,07		
2	5,00	4,82	5,03	0,036
		5,11		
		5,15		
3	8,00	8,11	8,07	0,022
		8,04		
		8,06		

Таблица 2

Определение содержания Zn(II) в модельных растворах сорбционно-флуориметрическим методом ($n = 3, P = 0,95$)

Номер образца	Введено	Найдено		S_r
	Концентрация Zn(II), мкг/мл	Концентрация Zn(II), мкг/мл	Средняя концентрация Zn(II), мкг/мл	
1	2,00	2,10	2,22	0,044
		2,50		
		2,40		
2	4,00	4,20	4,20	0,36
		4,30		
		4,10		
3	5,00	4,80	5,10	0,073
		4,90		
		5,50		

Разработанная методика дает адекватные результаты определения ионов алюминия и цинка в растворах в исследованных концентрационных диапазонах.

8. Определение содержания алюминия и цинка в ММКМ Al-SiC

Методика сорбционно-флуориметрического определения алюминия и цинка была протестирована на реальных объектах сложного элементного состава – образцах опытных партий ММКМ Al-SiC, произведенных на ОАО «Электровыпрямитель» (Республика Мордовия, г. Саранск). Особенностью данных объектов является наличие значительного числа контролируемых микропримесей (железа, цинка, меди, марганца и др.) на фоне высоких содержания алюминия.

Навески образцов растворяли в 0,1 М растворе соляной кислоты при нагревании, затем отфильтровывали нерастворимую фракцию карбида кремния и в фильтрате, доведенном до постоянного объема, определяли содержание алюминия и цинка, используя разработанную методику сорбционно-флуориметрического определения.

Результаты определения содержания алюминия и цинка в образцах ММКМ Al-SiC с использованием тестируемой методики и контрольного метода (атомно-абсорбционной спектроскопии) приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты определения содержания алюминия и цинка
в ММКМ Al-SiC ($n = 3, P = 0,95$)

Номер партии ММКМ	Сорбционно-флуориметрический метод		Атомно-абсорбционная спектроскопия		Сорбционно-флуориметрический метод		Атомно-абсорбционная спектроскопия	
	Массовая доля Al, %	Δ	Массовая доля Al, %	Δ	Массовая доля Zn, %	Δ	Массовая доля Zn, %	Δ
1	20,39	0,50	21,84	0,05	0,59	0,01	0,60	0,05
2	24,70	0,10	24,48	0,10	0,55	0,02	0,52	0,03
3	23,20	0,30	23,52	0,05	0,51	0,01	0,51	0,01
4	23,31	0,10	23,35	0,1	0,58	0,01	0,60	0,01

Выводы

Разработанная методика позволяет определять отдельные компоненты в составе объектов сложного состава без предварительного разделения за счет ее селективности, обусловленной различием длин волн возбуждения и эмиссией флуоресценции образующихся комплексов ионов металла с 4,5-дифенил-2(2-гидроксифенил)имидазолом, а также оптимальным значением кислотности среды, соответствующей максимальной устойчивости комплекса в фазе сорбента.

Список литературы

1. Кузнецова, О. В. Применение иммобилизованных органических реагентов в сорбционно-оптических и химических тест-методах : автореф. дис. ... канд. хим. наук / Кузнецова О. В. – М., 2000. – 23 с.
2. Татаева, С. Д. Концентрирование и определение меди, свинца и кадмия с использованием модифицированных азосоединениями анионитов / С. Д. Татаева,

- У. Г. Бюрниева, Р. З. Зейналов, Р. Г. Гамзаев // Журнал аналитической химии. – 2011. – Т. 66, № 4. – С. 373–377.
3. **Лосев, В. Н.** Низкотемпературное сорбционно-люминесцентное определение платины с использованием силикагеля, химически модифицированного дитиокарбаминатными группами / В. Н. Лосев, Е. В. Елсуфьев, А. К. Трофимчук, А. В. Легенчук // Журнал аналитической химии. – 2012. – Т. 67, № 9. – С. 860–865.
4. **Амелин, В. Г.** Твердофазно-флуориметрическое определение алюминия (III), Ве(II) и Ga(III) с использованием динамического концентрирования на реагентных целлюлозных матрицах / В. Г. Амелин, Н. С. Алешин, О. И. Абраменкова // Журнал аналитической химии. – 2011. – Т. 66, № 8. – С. 824–828.
5. **Климов, В. В.** Флуоресцентное определение микрограммовых количеств алюминия в солях свинца / В. В. Климов, О. С. Дидковский, В. Н. Козаченко // Химия и химическая технология. – 1962. – Т. 28, № 6. – С. 652–653.
6. **Алешин, Н. С.** Твердофазная флуоресценция в химических тест-методах анализа : автореф. дис. ... канд. хим. наук / Алешин Н. С. – Саратов, 2011. – 23 с.

References

1. Kuznetsova O. V. *Primenenie immobilizovannykh organicheskikh reagentov v sorbtionno-opticheskikh i khimicheskikh test-metodakh: avtoref. dis. kand. khim. nauk* [Application of immobilized organic agents in sorption-optical and chemical test-methods: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of chemical sciences]. Moscow, 2000, 23 p.
2. Tataeva S. D., Byurnieva U. G., Zeynalov R. Z., Gamzaev R. G. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of analytical chemistry]. 2011, vol. 66, no. 4, pp. 373–377.
3. Losev V. N., Elsufov E. V., Trofimchuk A. K., Legenchuk A. V. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of analytical chemistry]. 2012, vol. 67, no. 9, pp. 860–865.
4. Amelin V. G., Aleshin N. S., Abramenkova O. I. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [Journal of analytical chemistry]. 2011, vol. 66, no. 8, pp. 824–828.
5. Klimov V. V., Didkovskiy O. S., Kozachenko V. N. *Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya* [Chemistry and chemical technology]. 1962, vol. 28, no. 6, pp. 652–653.
6. Aleshin N. S. *Tverdofaznaya fluorestsentsiya v khimicheskikh test-metodakh analiza: avtoref. dis. kand. khim. nauk* [Solid-state fluorescence in chemical test-methods of analysis: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of chemical sciences]. Saratov, 2011, 23 p.

Ускова Елена Николаевна

кандидат химических наук, доцент,
кафедра аналитической химии,
Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: uskova-en@yandex.ru

Uskova Elena Nikolaevna

Candidate of chemical sciences, associate
professor, sub-department of analytical
chemistry, Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Окина Екатерина Викторовна

кандидат химических наук, доцент,
кафедра аналитической химии,
Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевикская, 68)

E-mail: aka22@yandex.ru

Okina Ekaterina Viktorovna

Candidate of chemical sciences, associate
professor, sub-department of analytical
chemistry, Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Танасейчук Борис Сергеевич

доктор химических наук, профессор,
кафедра органической химии,
Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевистская, 68)

E-mail: inst-phys-chem@adm.mrsu.ru

Епифанова Наталья Анатольевна

кандидат технических наук, доцент,
кафедра аналитической химии,
Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевистская, 68)

E-mail: epifanovana@mail.ru

Нищев Константин Николаевич

кандидат физико-математических наук,
доцент, директор Института физики
и химии, Мордовский государственный
университет им. Н. П. Огарева
(Россия, г. Саранск,
ул. Большевистская, 68)

E-mail: inst-phys-chem@adm.mrsu.ru

Tanaseychuk Boris Sergeevich

Doctor of chemical sciences, professor,
sub-department of analytical chemistry,
Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Epifanova Natal'ya Anatol'evna

Candidate of technical sciences, associate
professor, sub-department of analytical
chemistry, Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

Nishchev Konstantin Nikolaevich

Candidate of physical and mathematical
sciences, associate professor, head
of the Institute of physics and chemistry,
Mordovia State University
named after N. P. Ogarev
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

УДК 543.426:543.544-414.7

Ускова, Е. Н.

Сорбционно-флуориметрическое определение алюминия и цинка в металломатричных композиционных материалах на основе Al-SiC / Е. Н. Ускова, Е. В. Окина, Б. С. Танасейчук, Н. А. Епифанова, К. Н. Нищев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 64–73.

ХИМИЯ ПОЛИМЕРОВ КАК ОСНОВА НЕКОТОРЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЯ ПРОБЛЕМ ОХРАНЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Аннотация. В статье представлены новые кинетические закономерности полимеризации виниловых мономеров в гомофазных и гетерофазных условиях в присутствии добавок солей переходных металлов, азонитрилов, пероксидов, стабильных нитроксильных радикалов и анион-радикалов, ароматических аминов и нитрозосоединений, эмульгаторов и растворителей разной природы. Установлены механизмы изученных процессов в целом и элементарных стадий, определены их основные кинетические характеристики, разработаны научные основы регулирования процессов синтеза полимеров, позволяющие оптимизировать некоторые производственные технологии и решать важнейшие проблемы охраны окружающей среды.

Ключевые слова: полимеризация, кинетика, механизм, мономер, полимер, инициатор, ингибитор, эмульгатор, окружающая среда.

М. D. Gol'dfeyn, N. V. Kozhevnikov

CHEMISTRY OF POLYMERS AS A BASIS OF SOME TECHNOLOGIES AND SOLUTION OF ENVIRONMENTAL PROBLEMS

Abstract. The paper deals with new kinetic regularities of polymerization of vinyl monomers in homophase and heterophase conditions in the presence of transitive metal salt additives, azonitriles, peroxides, stable nitroxyl radicals and anion-radicals, aromatic amines and nitroso- compounds, emulsifiers and solvents of various kinds. We studied the mechanism of the whole process, as well as elementary stages. The kinetic characteristics of these processes were determined. Scientific principles of regulating polymer synthesis processes were elaborated. It allows us to optimize some industrial technologies and solve most important problems of environment protection.

Key words: polymerization, kinetics, mechanism, monomer, polymer, initiator, inhibitor, emulsifier, environment.

Введение

Одним из направлений развития химии является создание и широкое применение синтетических полимерных материалов. Это приводит к возникновению новых экологических проблем, связанных с загрязнением окружающей среды самими этими материалами, а также отходами их производства и синтеза мономеров. Представленные результаты исследований кинетики и механизма полимеризации виниловых мономеров, протекающей в различных физико-химических условиях, указывают на то, что они могут быть использованы при научном обосновании оптимизации технологических режимов синтеза мономеров и полимеров, а также при решении как региональных, так и глобальных экологических проблем.

1. Методы экспериментальных исследований

Для получения достоверных экспериментальных данных и их интерпретации использовали такие физико-химические и аналитические методы, как дилатометрия, вискозиметрия, ультрафиолетовая и инфракрасная спектроскопия, электронный парамагнитный резонанс, электронная микроскопия, жидкостная и газожидкостная хроматография, а также некоторые методы химического анализа (бромирование и иодометрическое титрование). Для анализа свойств полимерных дисперсий использовали метод спектра мутности, а эффективность флокулянтов оценивали по скорости осаждения взвешенных в воде частиц специальных имитаторов (оксид меди) и гравиметрически. Полимеризация проводилась на воздухе и в бескислородных условиях.

2. Результаты и их обсуждение

2.1. Гомо- и сополимеризация акрилонитрила в водном растворе роданида натрия [1–5]

Известно, что при получении волокнообразующих полимеров на основе акрилонитрила (АН) в результате полимеризации в том или ином растворителе образуется прядильный раствор, готовый для формирования из него волокна. В качестве растворителей в этих случаях применяют некоторые органические растворители или водные растворы неорганических солей. В работе было проведено сравнительное изучение кинетики и механизма полимеризации АН в диметилформамиде (ДМФА) и в водном растворе роданида натрия (ВРРН), иницированной динитрилом азоизомасляной кислоты (ДАК) и вновь синтезированными азонитрилами (азобисцианопентанол, азобисциановалерьяновая кислота, азобисдиметилэтиламидоксим). Оказалось, что скорость полимеризации в ВРРН значительно выше по сравнению с реакцией в ДМФА, несмотря на то, что скорость иницирования в присутствии всех указанных азонитрилов значительно меньше, чем в ДМФА. Относительно низкая скорость иницирования в ВРРН связана с усилением «клеточного эффекта» (из-за более высокой вязкости водно-солевого растворителя), со способностью воды образовывать водородные связи (что снижает эффективность иницирования), а также со снижением константы распада инициатора вследствие его донорно-акцепторного взаимодействия с растворителем. Обнаружено, что отношение констант скоростей реакций роста и обрыва цепи $k_p / k_o^{0,5}$ в ВРРН превышает эту величину для ДМФА почти в 10 раз. Этому соответствует и значительно более высокая молекулярная масса образующегося полимера. Указанные различия обусловлены влиянием вязкости среды на k_o , а также образованием водородных связей с нитрильными группами концевого звена макрорадикала и присоединяющегося мономера. Однако основной вклад в увеличение k_p вносит роданид натрия, который образует комплексы с переносом заряда с молекулой АН или его радикалом, приводя к их активации.

Кинетика сополимеризации АН с метилакрилатом (МА) или винилацетатом (ВА) в ВРРН в качественном отношении аналогична гомополимеризации АН в идентичных условиях. Вместе с тем начальная скорость реакции, молекулярная масса сополимера, эффективная энергия активации ($E_{эф}$), порядки по инициатору и суммарной концентрации мономеров отличаются.

Так, снижение $E_{эф}$ обусловлено присутствием более реакционного мономера (МА), а в системе АН–ВА – влиянием неконцевых мономерных звеньев в макрорадикалах на константу скорости перекрестного обрыва цепи. Для рассмотренных бинарных систем определены константы сополимеризации, значения которых указывают на более высокое содержание МА в сополимере по сравнению с исходной смесью мономеров. То же наблюдается и в случае сополимеризации АН с ВА.

Получению синтетического ПАН-волокна типа «нитрон» предшествует образование прядильного раствора путем сополимеризации АН с МА (или ВА) и итаконовой кислотой. В качестве третьего мономера используются также акриловая или метакриловая кислоты, метилсульфонат. При введении в реакционную систему третьего мономера скорость процесса и молекулярная масса сополимера снижаются, что позволяет считать эти сомомеры своеобразными малоэффективными ингибиторами. При сополимеризации тройных мономерных систем на основе АН в ВРРН (51,5 %) скорость зарождения цепи увеличивается с ростом суммарной концентрации мономеров. При этом порядок реакции инициирования относительно суммарной концентрации мономеров изменяется от 0,5 до 0,8 в зависимости от степени замедляющего влияния третьего мономера. Кроме того, показано, что АН в трехкомпонентной системе принимает менее активное участие в реакции зарождения цепи, чем при гомо- и сополимеризации его с МА или с ВА.

Таким образом, полученные результаты позволяют регулировать кинетику сополимеризации и строение образующегося сополимера, что является одним из способов химической модификации синтетического волокна.

2.2. Влияние серной кислоты на полимеризацию (мет)акриловых эфиров [5, 6]

Серная кислота является одним из компонентов синтеза акриловых и метакриловых мономеров и вызывает их преждевременную полимеризацию в условиях синтеза. Для выяснения механизма протекающих при этом процессов исследована полимеризация (мет)акриловых эфиров в присутствии серной кислоты при повышенных температурах без освобождения мономера от растворенного в нем кислорода воздуха, что обычно соответствует промышленным условиям.

Полимеризации акриловых и метакриловых мономеров на воздухе предшествуют индукционные периоды, обусловленные ингибирующим действием кислорода. Химизм ингибирования заключается в сополимеризации мономера с кислородом с образованием малоактивных пероксидных радикалов. Продуктом сополимеризации являются полимерные пероксиды, представляющие собой чередующийся сополимер «мономер – кислород». Введение в реакционную среду серной кислоты резко уменьшает период индукции и увеличивает скорость полимеризации. Установлено образование комплексов мономер–кислота, состав которых зависит от соотношения концентраций компонентов. Серная кислота, не связанная в комплекс с мономером, выступает в роли ингибитора, приводя к появлению экстремальных зависимостей для скорости и индукционного периода.

Кинетические исследования полимеризации показали значительное увеличение в присутствии кислоты скорости распада полимерных перокси-

дов, которые вносят основной вклад в реакцию иницирования полимеризации на воздухе. Кроме того, происходит увеличение отношения констант $k_p / k_o^{0,5}$, что связано с уменьшением k_o (из-за повышения вязкости) и с ростом k_p вследствие активации мономера, происходящей в результате его протонирования кислотой. Эффективная энергия активации термической полимеризации в присутствии серной кислоты равна 50–55 кДж/моль, что позволяет проводить реакцию при относительно низких температурах. С ростом концентрации кислоты происходит значительное увеличение не только скорости, но и молекулярной массы образующегося полимера. Таким образом, полимеризацию акриловых и метакриловых мономеров в присутствии серной кислоты можно рассматривать как эффективный способ синтеза полимеров, позволяющий получать высокомолекулярные продукты с большими скоростями, а в случае проведения реакции на воздухе – с малыми индукционными периодами.

2.3. Влияние солей металлов переменной валентности [5, 7]

Установлено, что в определенном интервале концентраций добавки стеаратов железа (СЖ), меди (СМ), кобальта (СК), цинка (СЦ) и свинца (СС) увеличивают скорость полимеризации стирола и метилметакрилата (ММА) по сравнению с термополимеризацией. По иницирующей активности они могут быть расположены в следующий ряд: СС < СК < СЦ < СЖ < СМ. Уменьшение величин эффективной энергии активации, энергии активации реакции иницирования и кинетического порядка реакции по мономеру указывает на активное участие мономера в реакции зарождения цепи. Данные ИК-спектроскопии позволили сделать вывод об образовании промежуточного комплекса мономер–стеарат, способного распадаться на активные радикалы, приводящие к иницированию полимеризации. Показана возможность использования систем пероксид бензоила (ПБ)–СЖ (или СМ) для эффективного иницирования полимеризации. При этом обнаружена концентрационная инверсия каталитических свойств стеаратов, которая зависит от концентрации соли и степени превращения. Эффективность ускоряющего влияния с повышением температуры уменьшается; большей иницирующей активностью обладает система ПБ–СЖ. Показано, что иницирование происходит за счет стеаратных радикалов, образованных при распаде комплекса, состоящего из одной молекулы ПБ и двух молекул стеарата.

Обнаружено явление концентрационной и температурной инверсии каталитических свойств хлоридов золота, платины, осмия и палладия при термической и иницированной полимеризации стирола и ММА. Механизм двойственного действия солей благородных металлов обусловлен конкуренцией иницирующего влияния комплексов мономера с коллоидными частицами металлов и реакции ингибирования, протекающей путем переноса лиганда.

2.4. Стабильные радикалы в кинетике полимеризации виниловых мономеров [5, 8–19]

Лаборатория химической физики Саратовского государственного университета является ведущим научным центром России, где проводятся работы по влиянию стабильных радикалов на кинетику и механизм полимеризации мономеров винилового ряда. Свободные радикалы представляют собой

нейтральные или заряженные частицы с одним или несколькими неспаренными электронами. В отличие от обычных (короткоживущих) радикалов у стабильных (долгоживущих) радикалов реакционные центры делокализованы по системе сопряженных связей или экранированы боковыми заместителями. Именно этим обусловлена высокая стабильность многих классов ароматических и неароматических нитроксильных радикалов (иминоксидов), а также некоторых ион-радикалов.

Показано, что анион-радикальные комплексы тетрацианхинодиметана (ТЦХМ) эффективно ингибируют термическую и иницированную ДАК полимеризацию виниловых мономеров – стирола, метилметакрилата (ММА), МА, АН и других, вызывая ярко выраженные периоды индукции (полимеризация проводилась в растворе ацетонитрила или диметилформамида). Ингибирование осуществляется по механизму рекомбинации, а также переноса электрона на растущий радикал (при наличии у него достаточно высокого сродства к электрону). Реакция электронного переноса приводит к возникновению нейтрального ТЦХМ, который может взаимодействовать с полимерными радикалами, обрывая реакционные цепи, или, реагируя с электронодонорным растворителем (ДМФА), регенерировать ингибитор. Анион-радикалы ТЦХМ^{-•} в растворе находятся как в виде свободных ионов, так и ионных пар, обладающих различной реакционной способностью. Они взаимодействуют и с молекулами мономера, приводя к зарождению новых активных центров.

Интересной особенностью анион-радикальных комплексов ТЦХМ является способность реагировать с некоторыми инициаторами перекисного типа, образуя эффективную иницирующую систему. В присутствии таких инициаторов анион-радикалы ТЦХМ^{-•} теряют свои ингибирующие свойства и увеличивают скорость полимеризации. На примере пероксида бензоила (ПБ) установлен механизм иницирующего действия системы пероксид – анион-радикалы ТЦХМ^{-•}, согласно которому между анион-радикалом и молекулой ПБ происходит реакция одноэлектронного переноса с последующими реакциями между образующимися нейтральным ТЦХМ и бензоатным анионом, а также бензоатным радикалом и еще одним анион-радикалом ТЦХМ^{-•}. Свободные радикалы, иницирующие полимеризацию, образуются при окислительно-восстановительном взаимодействии продуктов вышеуказанных процессов с молекулами пероксида, обладающего достаточно высоким сродством к электрону (ПБ, пероксид лаурила). В противном случае (как, например, в присутствии пероксида кумила) анион-радикал только ингибирует полимеризацию.

Принципиально новый тип нитроксильных парамагнетиков представляют иминоксильные радикалы, которые очень устойчивы на воздухе и довольно легко синтезируются в химически чистом состоянии. Органические парамагнетики применяются для интенсификации химических процессов, повышения селективности каталитических систем, улучшения качества продукции при производстве анаэробных герметиков, эпоксидных смол и полиолефинов. Они нашли применение в биофизических и молекулярно-биологических исследованиях в качестве спиновых меток и зондов, в судебно-медицинской диагностике, аналитической химии, для повышения адгезии поли-

мерных покрытий, при изготовлении кино- и фотоматериалов, в приборостроении, в нефтепромысловой геофизике и дефектоскопии твердых тел, в качестве эффективных ингибиторов полимеризации, процессов термо- и фотоокисления различных материалов, в том числе полимеров.

В работе проведены систематические исследования ингибирующего влияния большого числа стабильных нитроксильных радикалов (ароматических азотоксидов и иминоксидов) на кинетику и механизм полимеризации виниловых мономеров. Эффективность нитроксидов как акцепторов свободных радикалов стимулировала их применение для изучения механизма полимеризации методом ингибирования. Обычно нитроксиды успевают прореагировать только с частью радикалов, образованных при распаде азонитрилов, а при иницировании пероксидами вообще не реагируют с первичными радикалами. Установлено, что в присутствии азонитрилов иминоксиды обрывают цепи как путем рекомбинации, так и диспропорционирования. Кроме того, возможен отрыв атома водорода от иминоксида активным радикалом, приводящий к образованию соответствующего нитрозосоединения, который дополнительно ингибирует полимеризацию, приводя к регенерации нитроксильного радикала.

Взаимодействие иминоксидов с пероксидами зависит от типа растворителя. Так, в мономерах винилового ряда происходит индуцированный распад пероксида бензоила с образованием гетероциклического оксида (нитрона) и бензойной кислоты. В отличие от иминоксидов ароматические нитроксиды в мономерной среде взаимодействуют с пероксидами с образованием нерадикальных продуктов.

Нитроксильные радикалы на основе имидазолина обладают преимуществами по сравнению с обычными азотоксидами, которые выражаются в их устойчивости в кислых средах (благодаря наличию иминной или нитронной функциональных групп), а также в возможности комплексообразования и циклометаллирования без участия радикального центра.

2.5. Стабилизация мономеров [5, 20–28]

Практическое значение ингибиторов часто связано с их применением для стабилизации мономеров и предотвращения различных спонтанных и нежелательных полимеризационных процессов. В промышленных условиях полимеризация может происходить в присутствии кислорода воздуха и, следовательно, активными центрами цепной реакции являются пероксидные радикалы MOO^{\bullet} . В этих случаях для стабилизации мономеров используют соединения с подвижными атомами водорода, например, фенолы и ароматические амины. Они ингибируют полимеризацию только в присутствии кислорода, т.е. являются антиоксидантами. В качестве ингибиторов полимеризации (мет)акрилатов, протекающей в атмосфере воздуха, были исследованы ароматические амины, известные как стабилизаторы полимеров: диметилди-(*n*-фениламинофеноксид)силан, диметилди-(*n*-β-нафтиламинофеноксид)силан, 2-окси-1,3-ди-(*n*-фениламинофеноксид)пропан, 2-окси-1,3-ди-(*n*-β-нафтил-аминофеноксид)пропан. Указанные соединения оказались значительно более эффективными стабилизаторами по сравнению с широко применяемым гидрохиноном (ГХ), о чем свидетельствуют высокие значения стехиометрических коэффициентов ингибирования (в 3–5 раз больше, чем у ГХ). Обнаружено, что

ингибирование термической полимеризации эфиров акриловой и метакриловой кислот при относительно высоких температурах (100 °С и больше) характеризуется резким увеличением индукционных периодов при превышении некоторой критической концентрации ингибитора $[X]_{кр}$. Это обусловлено тем, что при проведении полимеризации на воздухе необходимо учитывать образование полимерных пероксидов в результате сополимеризации мономеров с кислородом. Распад полипероксидов происходит и во время индукционного периода и может рассматриваться как вырожденное разветвление. Для цепных разветвленных реакций характерно наличие критических явлений. Однако в ранних работах при описании ингибирования термоокислительной полимеризации вырожденные разветвления цепи на полимерных пероксидах не учитывались. Из полученных результатов следует, что величина критической концентрации ингибитора $[X]_{кр}$ может являться одной из основных характеристик его эффективности.

Ингибирование спонтанной полимеризации (мет)акрилатов необходимо не только при хранении мономеров, но и в условиях их синтеза, который проводится в присутствии серной кислоты. В данном случае стабилизация еще более актуальна, так как серная кислота дезактивирует многие ингибиторы и, кроме того, способна интенсифицировать процесс образования полимера. Концентрационная зависимость периодов индукции в этих условиях имеет ярко выраженный нелинейный характер. Причем, в отличие от полимеризации в массе, в присутствии серной кислоты распад полимерных пероксидов наблюдается и при относительно низких температурах, а величины $[X]_{кр}$ для исследованных аминов примерно в 10 раз меньше, чем у гидрохинона. Методом электронного парамагнитного резонанса в растворах исследуемых аминов, содержащих серную кислоту, обнаружены продукты радикальной природы. Анализ структуры сигнала ЭПР указывает на частичное превращение ароматического амина в стабильный катион-радикал, что придает ему способность ингибировать полимеризацию и в отсутствие кислорода воздуха.

Одним из распространенных способов промышленного синтеза ММА является его получение из ацетонциангидрина. Процесс проводят в присутствии серной кислоты в несколько стадий, в течение которых происходят образование и взаимное превращение различных мономеров. Отдельные стадии синтеза были смоделированы реакционными системами, содержащими не только ММА, но и метакриламид и метакриловую кислоту, а также воду и серную кислоту в различных соотношениях. Так как при этом возникали как гомогенные, так и гетерогенные системы, ингибирование изучали и в статических, и в динамических условиях. Оказалось, что указанные выше ароматические амины эффективно подавляют полимеризацию на разных стадиях синтеза и очистки ММА. Их преимущества перед гидрохиноном сильнее проявляются в присутствии серной кислоты в гомогенных условиях, а в двухфазных реакционных системах – при перемешивании. Кроме того, применение ингибиторов полимеризации в наибольшей степени необходимо в динамических условиях на стадии эфировизации.

Применение стабилизаторов мономеров для предотвращения различных спонтанных полимеризационных процессов предполагает в дальнейшем освобождение мономера от ингибитора перед его переработкой в полимер. Обычно это достигается ректификацией мономера, часто с предварительной

экстракцией или химической дезактивацией ингибитора, что требует больших энергетических затрат, приводит к большим потерям мономера и дополнительному загрязнению окружающей среды. Оптимальным решением проблемы была бы разработка такого способа стабилизации, при котором ингибитор эффективно подавляет полимеризацию в период хранения мономера, но практически не оказывает негативного действия на нее на стадии синтеза полимера. Одним из возможных вариантов является использование ингибиторов с низкой растворимостью в мономере. При хранении мономера, когда скорость инициирования полимеризации мала, количество растворенного ингибитора может оказаться достаточным для стабилизации. Кроме того, по мере расходования ингибитора возможна его постоянная подпитка за счет дополнительного растворения ранее нерастворенного вещества. В качестве таких малорастворимых ингибиторов были исследованы аммонийная соль N-нитрозо-N-фенилгидроксиламина (купферон), а также некоторые купферонаты. Изучены растворимость этих соединений в акрилатах, ее зависимость от степени обводненности мономеров, влияние количества ингибитора и времени его растворения на последующую полимеризацию. Установлено, что различия в действии купферонатов обусловлены их растворимостью в мономерах, различной устойчивостью в растворе и способностью к дезактивации. Все это приводит к снижению влияния ингибитора на полимеризацию мономера при его переработке в полимер.

Другим вариантом решения указанной проблемы является использование в качестве ингибитора полимеризации веществ, которые дезактивируются при введении в реакционную среду инициатора полимеризации или даже усиливают его действие. В роли такого ингибитора могут быть использованы анион-радикальные комплексы тетрацианхинодиметана. Как показали наши исследования (см. раздел 2.4), они выступают в роли эффективного ингибитора полимеризации виниловых мономеров, но при добавлении некоторых пероксидных инициаторов (например, ПБ) реакция протекает без индукционного периода и со значительно более высокой скоростью, намного превышающей ее увеличение, обусловленное дополнительным иницирующим действием этого инициатора.

2.6. Некоторые особенности кинетики и механизма эмульсионной полимеризации [26–41]

Одним из методов синтеза полимеров является эмульсионная полимеризация, которая позволяет проводить процесс с высокой скоростью и с образованием полимера, обладающего большой молекулярной массой, получать высококонцентрированные латексы с относительно низкой вязкостью, использовать полимерные дисперсии при их переработке без выделения полимера из реакционной смеси и значительно повышать огнестойкость продукта. Вместе с тем кинетика и механизм полимеризации в эмульсии отличаются неоднозначностью, что обусловлено такими специфическими факторами, как многофазность реакционной системы и многообразие кинетических параметров, величины которых зависят не только от реакционной способности реагентов, но и от характера их распределения по фазам, топокимии реакций, способа и механизма нуклеации и стабилизации частиц. Полученные результаты, указывающие на несоответствие классическим представлениям, могут

быть охарактеризованы следующими эффектами: 1) рекомбинация радикалов в водной фазе, приводящая к уменьшению числа частиц и к формированию поверхностно-активных олигомеров, способных выполнять роль эмульгатора; 2) наличие нескольких растущих радикалов в полимерно-мономерных частицах, обуславливающее возникновение гель-эффекта и увеличение скорости полимеризации при высоких степенях превращения; 3) уменьшение числа латексных частиц с ростом конверсии, которое связано с их флокуляцией на разных стадиях полимеризации; 4) увеличение количества частиц в ходе реакции при использовании эмульгаторов, растворимых в мономере, а также вследствие формирования «собственного» эмульгатора (олигомеров).

В роли стабилизаторов дисперсных частиц обычно используют поверхностно-активные вещества – эмульгаторы различной химической природы, которые довольно устойчивы, плохо разрушаются под влиянием природных факторов и загрязняют окружающую среду. Была показана принципиальная возможность синтеза безэмульгаторных латексов. В отсутствие эмульгатора (но в условиях эмульсионной полимеризации) с использованием инициаторов персульфатного типа (например, персульфата аммония) частицы акрилатных латексов могут стабилизироваться концевыми ионизированными группами макромолекул. Ион-радикалы $\cdot M_nSO_4^-$, возникающие в водной фазе реакционной среды, при достижении критической длины цепи выпадают из раствора, образуя первичные частицы, которые флокулируют до образования агрегатов с плотностью заряда, обеспечивающей их устойчивость. Кроме того, вследствие рекомбинации радикалов в водной фазе образуются олигомерные молекулы, обладающие свойствами поверхностно-активных веществ и способные создавать мицеллоподобные структуры. Затем мономер и олигомерные радикалы абсорбируются этими «мицеллами», где и происходит рост цепей. При этом в отсутствие специально вводимого эмульгатора наблюдаются все основные кинетические закономерности эмульсионной полимеризации, а отличия касаются только стадии генерации частиц и механизма их стабилизации, которая может быть усилена при сополимеризации гидрофобных мономеров с высокогидрофильными сомономерами. Увеличение температуры приводит к росту скорости полимеризации и числа латексных частиц в образующейся дисперсии, уменьшению их размеров и количества образующегося коагулюма, а также к улучшению стабильности дисперсии.

Учет указанных факторов, влияющих на кинетику и механизм эмульсионной полимеризации (как в присутствии, так и в отсутствие эмульгатора), позволил объяснить влияние сомономеров на процессы образования полимерных дисперсий на основе (мет)акрилатов. Оказалось, что изменение некоторых из условий проведения реакции влияет на характер воздействия других. Так, увеличение концентрации метакриловой кислоты (МАК) при ее сополимеризации с метилакрилатом при относительно малых скоростях иницирования приводит к снижению скорости, числа частиц и увеличению количества коагулюма. При высоких же скоростях иницирования число частиц в дисперсии в присутствии МАК возрастает и улучшается их стабильность. Те же эффекты обнаружены и при безэмульгаторной полимеризации бутилакрилата, когда при высоких температурах его частичная замена на МАК приводит к лучшей стабилизации дисперсии, росту скорости реакции и числа частиц (в то время как в присутствии эмульгатора наблюдалось их уменьше-

ние). Аналогичные эффекты обнаружены и в случае АН, который ухудшает стабильность дисперсии при относительно низких температурах, но повышает при высоких. Причем увеличение концентрации АН в тройной мономерной системе с высоким содержанием МАК приводит к росту числа частиц и к возрастанию стабильности дисперсии и при относительно низких температурах.

С целью изучения возможности синтеза дисперсий, частицы которых содержат реакционноспособные полимерные молекулы со свободными кратными $C=C$ связями, исследована эмульсионная сополимеризация акриловых мономеров и несопряженных диенов. Использование таких латексов для аппретирования тканей и некоторых других материалов создает предпосылки химического соединения наносимого вещества и обрабатываемой поверхности, что позволяет получать прочные несмываемые покрытия. Исследованы кинетика и механизм эмульсионной сополимеризации этилакрилата (ЭА) и бутилакрилата (БА) с аллилакрилатом (АлА) (инициаторы – персульфат аммония (ПСА) или система ПСА – тиосульфат натрия). Найдены константы сополимеризации АлА с ЭА ($r_{\text{АлА}} = 1,05$; $r_{\text{ЭА}} = 0,8$) и АлА с БА ($r_{\text{АлА}} = 1,1$; $r_{\text{БА}} = 0,4$). Определены степени ненасыщенности сополимера и звеньев АлА в сополимере. Оказалось, что первая величина линейно возрастает при увеличении содержания АлА в реакционной системе, а вторая (равная 70–75 %) практически не зависит от условий синтеза. Это указывает на примерное равенство скоростей взаимодействия радикала АлА с акриловой связью «своего» и «чужого» мономеров, что хорошо согласуется с найденными значениями констант сополимеризации. Отсутствие зависимости степени ненасыщенности аллилакрилатных звеньев от температуры указывает на равенство энергий активации реакций взаимодействия радикала АлА с собственной аллильной двойной связью (циклизация) и с акрильной двойной связью сомомера.

Изучена также эмульсионная сополимеризация многокомпонентных мономерных систем на основе БА, включающих водорастворимые мономеры (АН, МАК) и несопряженный диен β -акрилоксиэтилмалеат (АОЭМ). Сополимеризация с АОЭМ зависит от условий проведения реакции. Например, в системах, не содержащих МАК, АОЭМ уменьшает скорость полимеризации. В присутствии МАК скорость процесса при больших конверсиях увеличивается с ростом концентрации АОЭМ, который способствует усилению гелевого эффекта из-за частичного сшивания цепей в полимерно-мономерных частицах по боковым группам с $C=C$ связями. Двойные связи сохраняются преимущественно в малеиновой группе молекул АОЭМ. Степень ненасыщенности звеньев диена в сополимере зависит от состава мономеров, концентрации АОЭМ и температуры. В системе БА – АОЭМ увеличение концентрации диена приводит к росту степени ненасыщенности. Это означает, что радикал диена присоединяется к «своему» мономеру с более высокой скоростью, чем к БА ($r_{\text{АОЭМ}} = 7,7$). Увеличение ненасыщенности звеньев диена в системах, содержащих МАК, указывает на то, что радикал АОЭМ• взаимодействует с МАК с более высокой скоростью, чем с БА, в связи с чем вероятность циклизации уменьшается, степень ненасыщенности полимера повышается, а замедляющее действие диена на полимеризацию снижается. Для увеличения содержания реакционноспособных групп полимерных молекул на поверхности латексных частиц предложено проводить затравочную

полимеризацию с введением АОЭМ в зону реакции после окончания формирования полимерно-мономерных частиц.

2.7. Композиции для получения жесткого пенополиуретана [28, 42–44]

В области физико-химии полимеров проведены исследования, связанные с выполнением решений Монреальского Протокола (1987 г.), согласно которому необходимо существенно снизить производство и потребление хлорфторуглеродов (ХФУ – фреонов) и даже заменить озоноразрушающие вещества на озонобезопасные. Наши исследования касались замены трихлорфторметана (фреон-11), который длительное время использовали в качестве вспенивателя при синтезе жесткого пенополиуретана (ППУ), являющегося теплоизоляцией в холодильных камерах и строительных конструкциях. На основе экспериментально полученных зависимостей кинетических параметров процесса вспенивания (время старта, время структурирования и время окончания подъема пены), величин плотности и коэффициента теплопроводности опытных образцов пенопласта от концентрации компонентов реакционной смеси и физико-химических условий синтеза ППУ были найдены оптимальные составы (рецептуры) композиций, содержащие вместо фреона-11 озонобезопасную азеотропную смесь дихлортрифторэтана и дихлорфторэтана, озоноразрушающие потенциалы которых более чем в 10 раз меньше по сравнению с фреоном-11. Важным преимуществом этих разработок является то, что их практическая реализация не требует принципиального изменения известных технологических приемов и использования новых химических реагентов.

2.8. Научные основы синтеза высокомолекулярного флокулянта [27, 28, 44, 45]

С возрастающими объемами потребления воды и снижением ее качества (в связи с антропогенным воздействием) связана проблема очистки природных и промышленных сточных вод от различных загрязнений, в том числе от взвешенных и коллоидно-дисперсных частиц. Известно, что для этих целей могут быть использованы флокулянты, которые представляют собой высокомолекулярные соединения, обладающие способностью адсорбироваться на дисперсных частицах с образованием быстро осаждающихся агрегатов. Наибольшую активность из них имеет полиакриламид (ПАА). В связи с тем, что во многих странах (в том числе и в России) наблюдается дефицит акриламида (АА), нами были разработаны модификации синтеза ПАА-флокулянта путем использования АН и серной кислоты и проведения реакций гидролиза и полимеризации. В присутствии радикального инициатора полимеризации и серной кислоты АН участвует одновременно в этих двух процессах, и по мере образования АА из АН начинается их совместная полимеризация. Необходимые свойства полимера получены при полимеризации АН в водном растворе серной кислоты до определенной конверсии с последующим гидролизом полимеризата (двухстадийная схема синтеза) или при достижении оптимального соотношения скоростей этих реакций, протекающих в одну стадию. Исследовано влияние природы и концентрации инициатора, содержания серной кислоты, температуры и продолжительности реакций на количество и молекулярную массу полимера, содержащегося в конечном

продукте, его водорастворимость и флокулирующие свойства. Требуемая конверсия мономера на первой стадии синтеза по двухстадийной схеме определяется концентрациями АН и водного раствора серной кислоты. При одностадийном синтезе изменение температуры и изменение количества мономера примерно в равной степени воздействуют на скорости реакций гидролиза и полимеризации и не оказывают большого влияния на состав сополимера. Изменение же концентрации кислоты или инициатора преимущественно воздействует на одну из реакций, влияя не только на молекулярную массу, но и на состав макромолекул, что приводит к экстремальным зависимостям флокулирующей активности от этих факторов и облегчает выбор оптимальных условий получения флокулянта.

Заключение

Статья содержит основные результаты научных исследований, связанных с разработкой новых концепций химической физики полимеров в охране окружающей среды. Научная новизна полученных данных состоит в развитии теории радикально-цепных процессов образования полимеров на основе изучения брутто-кинетики радикальной полимеризации виниловых мономеров, установления механизмов элементарных реакций зарождения, роста и обрыва цепи, определения параметров реакционной способности мономеров, инициаторов и ингибиторов в условиях гомо- и сополимеризации в массе, растворе и эмульсии в присутствии и в отсутствие кислорода. Практическое значение выполненных работ включает разработку новых методов регулирования полимеризации на ее начальных стадиях и при глубоких степенях превращения, разработку научных основ экологически безопасных технологий.

Список литературы

1. **Гольдфейн, М. Д.** Полимеризация акрилонитрила в водном растворе роданистого натрия / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, Э. А. Рафиков // Высокомолек. соед. А. – 1975. – Т. 17, № 10. – С. 2282–2287.
2. **Гольдфейн, М. Д.** Соплимеризация акрилонитрила и метилакрилата в водном растворе роданистого натрия / М. Д. Гольдфейн, Э. А. Рафиков, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1977. – Т. 19, № 2. – С. 275–280.
3. **Гольдфейн, М. Д.** Влияние метилсульфоната и итаконовой кислоты на сополимеризацию акрилонитрила и метилакрилата в водном растворе роданистого натрия / М. Д. Гольдфейн, Э. А. Рафиков, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1977. – Т. 19, № 11. – С. 2557–2562.
4. **Гольдфейн, М. Д.** Кинетика и механизм процессов получения волокнообразующих полимеров на основе акрилонитрила / М. Д. Гольдфейн, Б. А. Зюбин // Высокомолек. соед. А. – 1990. – Т. 32, № 11. – С. 2243–2263.
5. **Гольдфейн, М. Д.** Кинетика и механизм регулирования процессов образования полимеров / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, А. В. Трубников. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1989. – 178 с.
6. **Кожевников, Н. В.** Полимеризация акриловых мономеров в присутствии серной кислоты / Н. В. Кожевников, А. В. Трубников, А. Д. Степухович, Н. М. Ларина // Высокомолек. соед. А. – 1984. – Т. 26, № 4. – С. 687–693.
7. **Гольдфейн, М. Д.** Кинетика и механизм радикальной полимеризации виниловых мономеров : учеб. пособие / М. Д. Гольдфейн. – Саратов : Изд-во Саратов. ун-та, 1986. – 139 с.
8. **Степухович, А. Д.** Влияние комплекса 7,7,8,8-тетрацианхинодимерана на иницированную динитрилом азоизомасляной кислоты полимеризацию стирола в раст-

- воре диметилформаида / А. Д. Степухович, Н. В. Кожевников, Л. Т. Леонтьева // Высокомолек. соед. А. – 1974. – Т. 16, № 7. – С. 1522–1529.
9. **Кожевников, Н. В.** Исследование влияния литиевого комплекса 7,7,8,8-тетрацианхинодиметана на радикальную полимеризацию стирола / Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1986. – Т. 28, № 4. – С. 675–683.
10. **Кожевников, Н. В.** Влияние литиевого комплекса 7,7,8,8-тетрацианхинодиметана на радикальную полимеризацию акриловых мономеров / Н. В. Кожевников // Изв. вузов. Химия и хим. технол. – 1987. – Т. 30, № 4. – С. 103–106.
11. **Степухович, А. Д.** Исследование влияния анион-радикала 7,7,8,8-тетрацианхинодиметана на инициированную перекисью бензоила полимеризацию метилметакрилата в диметилформаида / А. Д. Степухович, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1976. – Т. 18, № 4. – С. 872–878.
12. **Кожевников, Н. В.** Исследование совместного влияния некоторых инициаторов перекисного типа и анион-радикалов тетрацианхинодиметана на полимеризацию метилметакрилата в растворе / Н. В. Кожевников, А. Д. Степухович // Высокомолек. соед. А. – 1980. – Т. 22, № 5. – С. 963–971.
13. **Гольдфейн, М. Д.** Влияние свободных стабильных радикалов на кинетику и механизм полимеризации некоторых виниловых мономеров / М. Д. Гольдфейн, Э. А. Рафиков, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1975. – Т. 17, № 8. – С. 1671–1677.
14. **Трубников, А. В.** Ингибирование полимеризации виниловых мономеров азотокисными и иминокислыми радикалами / А. В. Трубников, М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1978. – Т. 20, № 11. – С. 2448–2454.
15. **Трубников, А. В.** Механизм ингибирования стабильными азотокислыми радикалами полимеризации виниловых мономеров, инициированной перекисью бензоила / А. В. Трубников, М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. А. – 1983. – Т. 25, № 10. – С. 2150–2156.
16. **Розанцев, Э. Г.** Стабильные радикалы в кинетике радикальной полимеризации виниловых мономеров / Э. Г. Розанцев, М. Д. Гольдфейн, А. В. Трубников // Успехи химии. – 1986. – Т. 55, вып. 11. – С. 1881–1897.
17. **Розанцев, Э. Г.** Органические парамагнетики / Э. Г. Розанцев, М. Д. Гольдфейн, В. Ф. Пулин. – Саратов : Изд-во Сарат. ун-та, 2000. – 340 с.
18. **Rozantsev, E. G.** Some Conceptions of Organic Paramagnetics / E. G. Rozantsev, M. D. Goldfein // Oxidation Communications. – 2008. – Vol. 31, № 2. – P. 241–263.
19. **Rozantsev, E. G.** Organic Paramagnetics as Antioxidants / E. G. Rozantsev, M. D. Goldfein // Polymers Reseach Journal. – N. Y. : Nova Science Publishers, Inc., 2008. – Vol. 2, № 1. – P. 5–28.
20. **Гольдфейн, М. Д.** Новые стабилизаторы мономеров акрилового ряда / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, А. В. Трубников // Высокомолек. соед. Б. – 1983. – Т. 25, № 4. – С. 268–271.
21. **Кожевников, Н. В.** Ингибирование полимеризации метилметакрилата в присутствии серной кислоты / Н. В. Кожевников // Высокомолек. соед. Б. – 1988. – Т. 30, № 8. – С. 613–616.
22. **Гольдфейн, М. Д.** Кинетика и механизм ингибированной полимеризации виниловых мономеров / М. Д. Гольдфейн, Г. П. Гладышев // Успехи химии. – 1988. – Т. 57, вып. 11. – С. 1888–1912.
23. **Гольдфейн, М. Д.** Ингибирование полимеризации при синтезе метилметакрилата / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, А. В. Трубников // Химическая промышленность. – 1989. – № 1. – С. 20–22.
24. **Кожевников, Н. В.** Ингибирование полимеризации акриловых мономеров купфером и его производными / Н. В. Кожевников, Б. А. Зюбин, Т. В. Цыганова, Л. В. Айзенберг // Изв. вузов. Химия и хим. технол. – 1989. – Т. 32, № 11. – С. 98–102.

25. **Goldfein, M. D.** Kinetics and Mechanism of the Inhibited Polymerization of Vinyl Monomers / M. D. Goldfein, G. P. Gladyshev, A. V. Trubnikov // *Polymer Yearbook*. – 1996. – № 13. – P. 163–190.
26. **Kozhevnikov, N. V.** Macromolecular Chemistry and Environmental Problems / N. V. Kozhevnikov, M. D. Goldfein, N. I. Kozhevnikova // *Journal of the Balkan Tribological Association*. – 2008. – Vol. 14, № 4. – P. 560–571.
27. **Кожевников, Н. В.** Решение некоторых экологических проблем полимерной химии / Н. В. Кожевников, Н. И. Кожевникова, М. Д. Гольдфейн // *Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер.* – 2010. – Т. 10. – Сер. Химия. Биология. Экология. – Вып. 2. – С. 34–42.
28. **Goldfein, M. D.** Fundamentals of General Ecology, Life Safety and Environment Protection / M. D. Goldfein, A. V. Ivanov, N. V. Kozhevnikov. – N. Y. : Nova Science Publishers, Inc., 2010. – 251 p.
29. **Кожевников, Н. В.** Кинетические особенности эмульсионной гомо- и сополимеризации метилакрилата с некоторыми водорастворимыми мономерами / Н. В. Кожевников, М. Д. Гольдфейн, Б. А. Зюбин, А. В. Трубников // *Высокомолек. соед. А.* – 1991. – Т. 33, № 6. – С. 1272–1280.
30. **Гольдфейн, М. Д.** Кинетика и механизм процессов образования полимерных эмульсий на основе (мет)акрилатов / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников, А. В. Трубников // *Высокомолек. соед. А.* – 1991. – Т. 33, № 10. – С. 2035–2049.
31. **Кожевников, Н. В.** Кинетика эмульсионной полимеризации метилметакрилата и его сополимеризации с акрил- и метакриламидом / Н. В. Кожевников, М. Д. Гольдфейн // *Высокомолек. соед. А.* – 1991. – Т. 33, № 11. – С. 2398–2404.
32. **Кожевников, Н. В.** Эмульсионная сополимеризация акриловых мономеров с аллилакрилатом / Н. В. Кожевников, Б. А. Зюбин, Д. В. Симонцев // *Высокомолек. соед. А.* – 1992. – Т. 34, № 7. – С. 46–51.
33. **Goldfein, M. D.** Kinetics and Mechanism of Formation of Polymer Emulsions Based on (Methyl)Acrylates / M. D. Goldfein, N. V. Kozhevnikov, A. V. Trubnikov // *Polymer Yearbook*. – 1995. – № 12. – P. 89–104.
34. **Кожевников, Н. В.** Эмульсионная сополимеризация многокомпонентных систем акриловых мономеров / Н. В. Кожевников, Б. А. Зюбин, Д. В. Симонцев // *Высокомолек. соед. А.* – 1995. – Т. 37, № 5. – С. 758–763.
35. **Кожевников, Н. В.** Кинетика эмульсионной сополимеризации бутилакрилата с водорастворимыми мономерами в отсутствие эмульгатора / Н. В. Кожевников, М. Д. Гольдфейн, Н. В. Терехина // *Химическая физика*. – 1997. – Т. 16, № 12. – С. 97–102.
36. **Кожевников, Н. В.** Эмульсионная сополимеризация метилакрилата в присутствии и в отсутствие эмульгатора / Н. В. Кожевников, М. Д. Гольдфейн, Н. В. Терехина // *Изв. вузов. Химия и хим. технол.* – 1997. – Т. 40, № 3. – С. 78–83.
37. **Кожевников, Н. В.** Эмульсионная полимеризация метилметакрилата и его сополимеризация с гидрофильными мономерами / Н. В. Кожевников, Н. В. Терехина, М. Д. Гольдфейн // *Изв. вузов. Химия и хим. технол.* – 1998. – Т. 41, № 4. – С. 83–87.
38. **Kozhevnikov, N. V.** Emulsion Copolymerization of Butyl Acrylate with Watersoluble Monomers in the Absence of Emulsifier / N. V. Kozhevnikov, M. D. Goldfein, A. V. Trubnikov // *Inter. Journal Polymer Mater.* – 2000. – Vol. 46. – P. 95–105.
39. **Kozhevnikov, N. V.** Emulsion Polymerization of (Meth)Acrylates: Characteristics of Kinetics and Mechanism / N. V. Kozhevnikov, M. D. Goldfein, A. V. Trubnikov, N. I. Kozhevnikova // *Journal of the Balkan Tribological Association*. – 2007. – Vol. 13, № 3. – P. 379–386.
40. **Кожевников, Н. В.** Некоторые особенности кинетики и механизма эмульсионной полимеризации метилакрилата / Н. В. Кожевников, Н. И. Кожевникова, М. Д. Гольдфейн // *Изв. вузов. Химия и хим. технол.* – 2010. – Т. 53, вып. 2. – С. 64–68.

41. **Кожевников, Н. В.** Кинетика и механизм эмульсионной сополимеризации метилакрилата с некоторыми гидрофильными мономерами / Н. В. Кожевников, М. Д. Гольдфейн, Н. И. Кожевникова // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. – 2012. – Т. 12. – Сер. Химия. Биология. Экология. – Вып. 2. – С. 3–8.
42. **Гольдфейн, М. Д.** Разработка экологически безопасных технологий в Саратовском государственном университете / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников // Проблемы региональной экологии. – 2005. – № 4. – С. 92–95.
43. **Гольдфейн, М. Д.** Концепции химической физики как научные основы реализации безопасности жизнедеятельности / М. Д. Гольдфейн // Изв. Саратов. ун-та. Нов. сер. – 2009. – Т. 9. – Сер. Химия. Биология. Экология. – Вып. 2. – С. 79–83.
44. **Гольдфейн, М. Д.** Безопасность жизнедеятельности и эколого-экономические проблемы природопользования : учеб. пособие / М. Д. Гольдфейн, А. В. Иванов, Н. В. Кожевников. – М. : Изд-во РГТЭУ, 2008. – 405.
45. **Kozhevnikov, N. V.** One-stage Synthesis of Polymer Flocculant on Acrylonitrile Basis / N. V. Kozhevnikov, M. D. Goldfein, N. I. Kozhevnikova // Journal of the Balkan Tribological Association. – 2007. – Vol. 13, № 4. – P. 536–541.

References

1. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V., Rafikov E. A. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1975, vol. 17, no. 10, pp. 2282–2287.
2. Gol'dfeyn M. D., Rafikov E. A., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1977, vol. 19, no. 2, pp. 275–280.
3. Gol'dfeyn M. D., Rafikov E. A., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1977, vol. 19, no. 11, pp. 2557–2562.
4. Gol'dfeyn M. D., Zyubin B. A. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1990, vol. 32, no. 11, pp. 2243–2263.
5. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V. *Kinetika i mekhanizm regulirovaniya protsessov obrazovaniya polimerov* [Kinetics and mechanism of polymer formation processes regulation]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1989, 178 p.
6. Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V., Stepukhovich A. D., Larina N. M. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1984, vol. 26, no. 4, pp. 687–693.
7. Gol'dfeyn M. D. *Kinetika i mekhanizm radikal'noy polimerizatsii vinilovykh monomero-rov: ucheb. posobie* [Kinetics and mechanism of free radical polymerization of vinyl monomers: tutorial]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 1986, 139 p.
8. Stepukhovich A. D., Kozhevnikov N. V., Leont'eva L. T. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1974, vol. 16, no. 7, pp. 1522–1529.
9. Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1986, vol. 28, no. 4, pp. 675–683.
10. Kozhevnikov N. V. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnol* [University proceedings. Chemistry and chemical technology]. 1987, vol. 30, no. 4, pp. 103–106.
11. Stepukhovich A. D., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1976, vol. 18, no. 4, pp. 872–878.
12. Kozhevnikov N. V., Stepukhovich A. D. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1980, vol. 22, no. 5, pp. 963–971.
13. Gol'dfeyn M. D., Rafikov E. A., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1975, vol. 17, no. 8, pp. 1671–1677.
14. Trubnikov A. V., Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1978, vol. 20, no. 11, pp. 2448–2454.
15. Trubnikov A. V., Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. A.* [High-molecular compound A]. 1983, vol. 25, no. 10, pp. 2150–2156.
16. Rozantsev E. G., Gol'dfeyn M. D., Trubnikov A. V. *Uspekhi khimii* [Progress of chemistry]. 1986, vol. 55, no. 11, pp. 1881–1897.
17. Rozantsev E. G., Gol'dfeyn M. D., Pulin V. F. *Organicheskie paramagnetiki* [Organic paramagnetics]. Saratov: Izd-vo Sarat. un-ta, 2000, 340 p.

18. Rozantsev E. G., Goldfein M. D. *Oxidation Communications*. 2008, vol. 31, no. 2, pp. 241–263.
19. Rozantsev E. G., Goldfein M. D. *Polymers Reseach Journal*. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2008, vol. 2, no. 1, pp. 5–28.
20. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V. *Vysokomolek. soed. B*. [High-molecular compound B]. 1983, vol. 25, no. 4, pp. 268–271.
21. Kozhevnikov N. V. *Vysokomolek. soed. B*. [High-molecular compound B]. 1988, vol. 30, no. 8, pp. 613–616.
22. Gol'dfeyn M. D., Gladyshev G. P. *Uspekhi khimii* [Progress of chemistry]. 1988, vol. 57, no. 11, pp. 1888–1912.
23. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V. *Khimicheskaya promyshlennost'* [Chemical industry]. 1989, no. 1, pp. 20–22.
24. Kozhevnikov N. V., Zyubin B. A., Tsyganova T. V., Ayzenberg L. V. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnol.* [University proceedings. Chemistry and chemical technology]. 1989, vol. 32, no. 11, pp. 98–102.
25. Goldfein M. D., Gladyshev G. P., Trubnikov A. V. *Polymer Yearbook*. 1996, no. 13, pp. 163–190.
26. Kozhevnikov N. V., Goldfein M. D., Kozhevnikova N. I. *Journal of the Balkan Tribological Association*. 2008, vol. 14, no. 4, pp. 560–571.
27. Kozhevnikov N. V., Kozhevnikova N. I., Gol'dfeyn M. D. *Izv. Sarat. un-ta. Nov. ser.* [Proceedings of Saratov University. New series]. 2010, vol. 10, Ser. Chemistry. Biology. Ecology, iss. 2, pp. 34–42.
28. Goldfein M. D., Ivanov A. V., Kozhevnikov N. V. *Fundamentals of General Ecology, Life Safety and Environment Protection*. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2010, 251 p.
29. Kozhevnikov N. V., Gol'dfeyn M. D., Zyubin B. A., Trubnikov A. V. *Vysokomolek. soed. A*. [High-molecular compound A]. 1991, vol. 33, no. 6, pp. 1272–1280.
30. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V. *Vysokomolek. soed. A*. [High-molecular compound A]. 1991, vol. 33, no. 10, pp. 2035–2049.
31. Kozhevnikov N. V., Gol'dfeyn M. D. *Vysokomolek. soed. A*. [High-molecular compound A]. 1991, vol. 33, no. 11, pp. 2398–2404.
32. Kozhevnikov N. V., Zyubin B. A., Simontsev D. V. *Vysokomolek. soed. A*. [High-molecular compound A]. 1992, vol. 34, no. 7, pp. 46–51.
33. Goldfein M. D., Kozhevnikov N. V., Trubnikov A. V. *Polymer Yearbook*. 1995, no. 12, pp. 89–104.
34. Kozhevnikov N. V., Zyubin B. A., Simontsev D. V. *Vysokomolek. soed. A*. [High-molecular compound A]. 1995, vol. 37, no. 5, pp. 758–763.
35. Kozhevnikov N. V., Gol'dfeyn M. D., Terekhina N. V. *Khimicheskaya fizika* [Chemical physics]. 1997, vol. 16, no. 12, pp. 97–102.
36. Kozhevnikov N. V., Gol'dfeyn M. D., Terekhina N. V. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnol.* [University proceedings. Chemistry and chemical technology]. 1997, vol. 40, no. 3, pp. 78–83.
37. Kozhevnikov N. V., Terekhina N. V., Gol'dfeyn M. D. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnol.* [University proceedings. Chemistry and chemical technology]. 1998, vol. 41, no. 4, pp. 83–87.
38. Kozhevnikov N. V., Goldfein M. D., Trubnikov A. V. *Inter. Journal Polymer Mater.* 2000, vol. 46, pp. 95–105.
39. Kozhevnikov N. V., Goldfein M. D., Trubnikov A. V., Kozhevnikova N. I. *Journal of the Balkan Tribological Association*. 2007, vol. 13, no. 3, pp. 379–386.
40. Kozhevnikov N. V., Kozhevnikova N. I., Gol'dfeyn M. D. *Izv. vuzov. Khimiya i khim. tekhnol.* [University proceedings. Chemistry and chemical technology]. 2010, vol. 53, no. 2, pp. 64–68.

41. Kozhevnikov N. V., Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikova N. I. *Izv. Sarat. un-ta. Nov. ser.* [Proceedings of Saratov University. New series]. 2012, vol. 12, Ser. Chemistry. Biology. Ecology, iss. 2, pp. 3–8.
42. Gol'dfeyn M. D., Kozhevnikov N. V. *Problemy regional'noy ekologii* [Problems of regional ecology]. 2005, no. 4, pp. 92–95.
43. Gol'dfeyn M. D. *Izv. Sarat. un-ta. Nov. ser.* [Proceedings of Saratov University. New series]. 2009, vol. 9, Ser. Chemistry. Biology. Ecology, iss. 2, pp. 79–83.
44. Gol'dfeyn M. D., Ivanov A. V., Kozhevnikov N. V. *Bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti i ekologo-ekonomicheskie problemy prirodoopol'zovaniya: ucheb. posobie* [Life safety and ecological-economic problems of nature management: tutorial]. Moscow: Izd-vo RGTEU, 2008, 405.
45. Kozhevnikov N. V., Goldfein M. D., Kozhevnikova N. I. *Journal of the Balkan Tribological Association*. 2007, vol. 13, no. 4, pp. 536–541.

Гольдфейн Марк Давидович

доктор химических наук, профессор,
заведующий кафедрой охраны
окружающей среды и безопасности
жизнедеятельности, Саратовский
государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского
(Россия, г. Саратов,
ул. Астраханская, 83)

E-mail: GoldfeinMD@info.sgu.ru

Gol'dfeyn Mark Davidovich

Doctor of chemical sciences, professor,
head of sub-department of environmental
protection and safety, Saratov
State University named after
N. G. Chernyshevsky
(83 Astrakhanskaya street, Saratov,
Russia)

Кожевников Николай Владимирович

доктор химических наук, доцент,
профессор, кафедра охраны
окружающей среды и безопасности
жизнедеятельности, Саратовский
государственный университет
им. Н. Г. Чернышевского
(Россия, г. Саратов,
ул. Астраханская, 83)

E-mail: KozevnikovNV@info.sgu.ru

Kozhevnikov Nikolay Vladimirovich

Doctor of chemical sciences, associate
professor, professor, sub-department
of environmental protection and safety,
Saratov State University
named after N. G. Chernyshevsky
(83 Astrakhanskaya street, Saratov,
Russia)

УДК 542(952+978):628.34

Гольдфейн, М. Д.

Химия полимеров как основа некоторых технологий и решения проблем охраны окружающей среды / М. Д. Гольдфейн, Н. В. Кожевников // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 3 (3). – С. 74–90.

ВСТРЕЧИ И КОНФЕРЕНЦИИ

Л. А. Новикова, Н. А. Леонова

ИТОГИ МЕЖДУНАРОДНОЙ НАУЧНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ «ЛЕСОСТЕПЬ ВОСТОЧНОЙ ЕВРОПЫ: СТРУКТУРА, ДИНАМИКА И ОХРАНА»

Проблематика научных докладов, представленных и обсужденных в рамках работы конференции «Лесостепь Восточной Европы: структура, динамика и охрана», посвященной 140-летию со дня рождения Ивана Ивановича Спрыгина (г. Пенза, 10–13 июня 2013 г.), затрагивает весь комплекс биологических исследований: общие вопросы геоботаники, фитоценологии, классификацию и типологию растительности, экологию растений и животных, териологию, орнитологию, энтомологию, почвенную зоологию, а также ландшафтную организацию территории.

В рамках работы конференции обсуждались вопросы разработки подходов к районированию европейской части России, истории формирования лесостепи, изучения динамических проблем лесостепи, применения ландшафтных исследований к изучению лесостепи с использованием новых технологий, установления особенностей ее биологического разнообразия.

Выработанные в результате работы конференции соглашения имеют важное теоретическое значение для решения фундаментальных и прикладных проблем взаимоотношений степного и лесного биокомплексов в условиях лесостепной зоны.

В ходе работы конференции подчеркивалось, что наиболее актуальными проблемами (задачами) по данному направлению с точки зрения мировой науки являются:

- 1) критерии выделения лесостепной зоны;
- 2) установление биологического разнообразия лесостепи Восточной Европы, изучение закономерностей его формирования и поддержания;
- 3) развитие и оптимизация существующей сети особо охраняемых природных территорий (ООП) для полноценного сохранения биологического разнообразия региона;
- 4) формирование, освоение и охрана лесостепных ландшафтов;
- 5) рациональное использование компонентов лесостепи (лесов, степей и кустарников) в условиях интенсивного антропогенного воздействия.

Наиболее сложной и важной проблемой, обсуждаемой на конференции, являлось установление статуса лесостепи и ее границ. В настоящее время между исследователями лесостепи продолжается дискуссия, начавшаяся еще в конце XIX в., о сущности лесостепного ландшафта, его возрасте и происхождении, причинах безлесья степей и «наступлении леса на степь или степи на лес». Спорным является и вопрос о статусе лесостепной зоны: одни авто-

ры включают ее в состав степной зоны, другие – лесной, третьи рассматривают в качестве самостоятельной природной зоны.

В ходе работы конференции большинство исследователей высказалось за целесообразность выделения лесостепи в самостоятельную природную зону, необходимость уточнения ее границ, а также подзонального разделения. Поскольку наибольшую протяженность эта зона имеет именно в России, а также Украине, эти вопросы особенно актуальны для русских и украинских ученых. В Западной Европе (Венгрии, Румынии и Чехии) степи занимают незначительные площади и, безусловно, являются объектами детальных исследований, особенно в связи с искусственным восстановлением степей. Однако именно в России и Украине они имеют наибольшую протяженность и тесно связаны с проблемами районирования этих территорий. Проблема еще больше усложняется в связи с интенсивным антропогенным воздействием, которое постоянно испытывает лесостепь.

Подчеркивая самостоятельность лесостепи как природной зоны, исследователи отмечают наличие в ней зональных типов растительности: луговых степей и широколиственных лесов. Некоторые исследователи считают, что зональным типом растительности в лесостепи необходимо также выделять и лесостепные кустарники, которые в настоящее время очень мало изучены в связи с их плохой сохранностью в естественных условиях. Эти сообщества довольно хорошо представлены в заповеднике «Приволжская лесостепь» в Пензенской области.

Участники конференции констатировали сложную организацию лесостепной зоны, отмечая многообразие вариантов взаимоотношений и пространственного перераспределения лесного и степного (травянистого) типов растительности.

Лесостепная зона отличается большим разнообразием сообществ. В работе конференции обсуждались варианты формирования и функционирования луговых степей, экотонных сообществ, лесов, галофитной, болотной, водной растительности.

Бурное обсуждение в рамках работы конференции вызвал вопрос типизации растительности лесостепи. Было предложено рассматривать все неплакорные типы растительности (травяные и лесные) не как «эдафические», а как «экологические варианты» зональных типов растительности. Более или менее разработанными были признаны критерии выделения/разделения остепненных лугов и луговых степей. Однако ученые не достигли единого мнения в вопросе типизации травяной растительности лесостепной зоны на южных склонах: считать ли степные сообщества типологически настоящими степями, проникающими из более южных зон, согласно «Правилу предварения» В. А. Алехина (1951 и др.) или же относить их к экологическому (эдафическому) варианту луговых степей (значительно более ксерофильному, чем зональные луговые степи).

Необходимость подзонального разделения лесостепной зоны, выделения в ней северной и южной подзон понимается и принимается большинством участников конференции. Подтверждениями правильности такого разделения являются результаты ландшафтных исследований на территории Республики Мордовия и Пензенской области. Создание детальных ландшафтных карт в других регионах в пределах лесостепи позволит уточнить границы этих подзон.

Большое число ученых как в России, так и за рубежом уделяет внимание вопросам, связанным с изучением видового разнообразия, биологических особенностей и распространения растений и животных в лесостепной зоне. В рамках работы конференции исследователями были представлены результаты научно-практической деятельности по разработке, совершенствованию и применению научных основ сохранения видового разнообразия флоры и фауны лесостепи.

Особенно ценными являются изучение флор и фаун отдельных регионов, ценных биологических объектов, детальные исследования редких видов растений и животных и их популяций, а также адаптаций видов к условиям лесостепи.

В рамках работы ботанических секций были представлены и обсуждены результаты исследований флористического состава, структуры и динамики как отдельных компонентов лесостепных ландшафтов, так и лесостепных комплексов в целом. В настоящее время все большее внимание уделяется изучению разнообразия лишено- и микобиоты лесостепной зоны.

В ходе работы зоологической секции отмечалось, что в России ведется активная работа по описанию видового разнообразия различных групп организмов: простейших, наземных моллюсков, насекомых, рыб, амфибий, птиц, млекопитающих. Были представлены новые данные о распространении и границах ареалов некоторых видов рыб, грызунов, насекомых и рукокрылых в лесостепной зоне. В результате данной работы пополнен список видов животных лесостепной зоны Восточной Европы, а также выявлены местообитания редких видов и разработаны предложения по организации заповедного режима этих территорий.

Участники конференции отметили целесообразность применения методов генетического анализа для изучения видового разнообразия и закономерностей распространения видов.

Признаны актуальными в настоящее время вопросы генезиса, освоения и охраны лесостепных ландшафтов. В ходе работы конференции были затронуты проблемы изучения формирования ландшафтов отдельных регионов лесостепи, их структурно-динамические особенности, варианты природопользования лесостепных ландшафтов. Значительный интерес представляет возможность использования палеоботанических данных для реконструкции изменений климата и растительности европейской части России.

Участники конференции отметили необходимость введения новых методов картографирования ландшафтов, в том числе и GIS-технологий.

В ходе дискуссий исследователи установили, что динамические процессы, которые в последние десятилетия протекают в лесостепной зоне в Украине и России, имеют сходные этапы и направления. Наблюдается мезофитизация растительного покрова (замещение луговых степей остепненными лугами), которая сопровождается сильватизацией (распространением кустарников и деревьев). Это, безусловно, является следствием изменений климата: наряду с повышением температуры отмечается и значительное увеличение осадков, что способствует развитию лигнозных форм. Исследователями подчеркивается, что в силу отсутствия полноценного зоологического компонента лесостепи складываются условия, не способствующие сохранению луговых степей. Наиболее полно и ярко эти процессы наблюдаются в за-

поведниках, где отсутствует какая-либо хозяйственная деятельность. Одни авторы считают эту смену растительности закономерным филогенетическим процессом, другие – восстановительной сукцессией, а третьи – резерватной сукцессией в отсутствие животных.

Ученые расходятся и в подходах к решению проблемы сохранения лесостепи: одни считают недопустимым какое-либо искусственное воздействие и предлагают проследить формирование лесостепных экосистем на сохранившихся степных участках, другие обосновывают необходимость имитации воздействия животных через отчуждение растительной массы (сенокосение, умеренный выпас и палы).

Все исследователи сходятся во мнении, что выбор режимов сохранения луговых степей (особенно в заповедниках) должен быть очень ответственным, так как все режимы имеют свои достоинства и свои недостатки, о которых нельзя забывать. Решение вопроса о режимах, безусловно, должно проводиться на основе постоянного мониторинга за состоянием растительности (на основе периодических (желательно через 10 лет) геоботанических картирований растительности заповедников).

Вопросам оптимизации охраны компонентов лесостепи посвящены многие работы российских и зарубежных ученых – изучению состояния популяций отдельных редких видов, способов охраны редких сообществ и создания современных систем ООПТ.

Значительное количество докладов (приблизительно 30 % от общего числа) было представлено молодыми учеными (в возрасте до 35 лет), что свидетельствует о достаточно хорошей кадровой обеспеченности и нормальном протекании процесса преемственности поколений.

В работе конференции приняли участие школьники, студенты, магистранты, аспиранты и учителя общеобразовательных школ и гимназий, сотрудники заповедников, вузов и академических институтов.

Большая часть представленных работ выполнена с применением классических методов геоботанических и экологических исследований (наблюдение, описание и др.), что не требует значительных вложений в оборудование. Это свидетельствует о достаточно низкой обеспеченности современным оборудованием, которое могло бы дополнить классические методы и значительно улучшить понимание вышеперечисленных задач.

В вопросах изучения лесостепной зоны значительная роль уже с конца XIX в. и до настоящего времени принадлежит российским ученым. Это, прежде всего, решение проблем районирования и картографирования лесостепной зоны Евразии, изучение структуры всех компонентов лесостепи, развитие популяционного (демографического) подхода к изучению видов, сообществ и биосферы в целом, анализ динамических процессов в лесостепи в связи с изменением климата, под влиянием антропогенного фактора и, напротив, в условиях абсолютной заповедности, установление процессов восстановления луговых степей после уничтожения и разработка методов их реставрации.

В рамках работы конференции были представлены 19 результатов исследований, выполненных при финансовой поддержке РФФИ (что составляет 18 % от числа заслушанных докладов и около 9 % от общего числа представленных работ).

Более половины работ, поддержанных фондом, посвящены изучению видового разнообразия лесостепи, особенностям распространения, современного состояния и охраны редких видов растений и животных лесостепной зоны. В ряде работ анализируются динамические процессы, наблюдаемые в сообществах лесостепи в условиях заповедного режима и под действием антропогенного воздействия. Представляется очень важным и актуальным изучение современной структуры ландшафтов лесостепи и вопросов разработки подходов к районированию европейской части России.

Поддержанные фондом исследования являются актуальными и соответствуют задачам (проблемам) лесостепной зоны, отмеченным в процессе работы конференции, а также представлениям современной российской и мировой науки.

Новикова Любовь Александровна

доктор биологических наук, профессор,
кафедра ботаники, физиологии
и биохимии растений, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: la_novikova@mail.ru

Novikova Lyubov' Aleksandrovna

Doctor of biological sciences, professor,
sub-department of botany, physiology
and biochemistry of plants, Penza State
University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Леонова Наталья Алексеевна

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра ботаники, физиологии
и биохимии растений, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: na_leonova@mail.ru

Leonova Natal'ya Alekseevna

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of botany,
physiology and biochemistry of plants,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Вниманию авторов!

Редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» приглашает специалистов опубликовать на его страницах оригинальные статьи, содержащие новые научные результаты в области биологии, химии, географии, истории естествознания, а также обзорные статьи по тематике журнала.

Статьи, ранее опубликованные, а также принятые к опубликованию в других журналах, редколлегией не рассматриваются.

Редакция принимает к рассмотрению статьи, подготовленные с использованием текстового редактора Microsoft Word for Windows версий не выше 2003.

Необходимо представить статью в электронном виде (VolgaVuz@mail.ru, дискета 3,5", CD-диск) и дополнительно на бумажном носителе в двух экземплярах.

Оптимальный объем рукописи 10–14 страниц формата А4. Основной шрифт статьи – Times New Roman, 14 pt через полуторный интервал. Тип файла в электронном виде – RTF.

Статья **обязательно** должна сопровождаться индексом УДК, краткой аннотацией и ключевыми словами **на русском и английском языках**.

Рисунки и таблицы должны быть размещены в тексте статьи и представлены в виде отдельных файлов (растровые рисунки в формате TIFF, BMP с разрешением 300 dpi, векторные рисунки в формате Corel Draw с минимальной толщиной линии 0,75 pt). Рисунки должны сопровождаться подрисовочными подписями.

Формулы в тексте статьи выполняются в редакторе формул Microsoft Word Equation, версия 3.0 и ниже. Символы греческого и русского алфавитов должны быть набраны прямо, нежирно; латинского – курсивом, нежирно; обозначения векторов и матриц – прямо, жирно; цифры – прямо, нежирно. Наименования химических элементов набираются прямо, нежирно. Эти же требования **необходимо** соблюдать и в рисунках. Допускается вставка в текст специальных символов (с использованием шрифтов Symbol).

В списке литературы **нумерация источников** должна соответствовать **очередности ссылок** на них в тексте ([1], [2], ...). Номер источника указывается в квадратных скобках. В списке указываются:

- для книг – фамилия и инициалы автора, название, город, издательство, год издания, том, количество страниц;
- для журнальных статей, сборников трудов – фамилия и инициалы автора, название статьи, полное название журнала или сборника, серия, год, том, номер, выпуск, страницы;
- для материалов конференций – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, время и место проведения конференции, город, издательство, год, страницы.

В конце статьи допускается указание наименования программы, в рамках которой выполнена работа, или наименование фонда поддержки.

К материалам статьи **должна** прилагаться информация для заполнения учетного листа автора: фамилия, имя, отчество, место работы и должность, ученая степень, ученое звание, адрес, контактные телефоны (желательно сотовые), e-mail.

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается.

Рукопись, полученная редакцией, не возвращается.

Редакция оставляет за собой право проводить редакторскую и допечатную правку текстов статей, не изменяющую их основного смысла, без согласования с автором.

Статьи, оформленные без соблюдения приведенных выше требований, к рассмотрению не принимаются.