

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 1 (21)

2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### ЗООЛОГИЯ

- Хабиллов Т. К., Таджибаева Д. Э.* Первые находки индийского подковоноса (*Rhinolophus lepidus*, Chiroptera) на территории Таджикистана ..... 3
- Магеррамов С. Г. оглы, Сейидов М. А. оглы.* О распространении иксодовых клещей вида *Dermacentor marginatus* Šulze 1776 в Нахичеванской Автономной Республике ..... 11

### ЭКОЛОГИЯ

- Леонова Н. А.* Растительность лесостепных ландшафтов водно-ледниковых равнин в границах Пензенской области ..... 19
- Чаус Б. Ю.* Индикация химического загрязнения воды рек Южного Урала с использованием высшей водной растительности ..... 31
- Якушов В. Д.* Динамика численности мелких млекопитающих средней Енисейской тайги в 2016–2017 гг. .... 43
- Сафаров А. М., Шайдулина Г. Ф., Афанасьева Е. С.* Построение моделей изменения концентрации веществ в атмосферном воздухе (на примере г. Стерлитамака) ..... 54
- Сультимова Т. Д., Свирина М. М., Стоянова Л. Г.* Исследование возможности применения *Lactococcus lactis* K-205 в качестве антибактериального компонента ..... 66

### ФИЗИОЛОГИЯ

- Ловцова Л. Г., Гулий О. И., Древо Я. Б., Козлов С. В., Смутнев П. В.* Влияние селеноорганических соединений на клинические и метаболические проявления у мышей линии BALb/c при отравлении кобальтом ..... 74
- Мельникова Н. А., Седова Д. Г., Уланова Т. В., Агеносова О. Г., Евстифеева И. А.* Исследование роли мембранных структур в процессах неспецифической адаптации тромбоцитов к воздействию низкоинтенсивного гелий-неонового лазера в условиях модельного эксперимента ..... 83

**UNIVERSITY PROCEEDINGS  
VOLGA REGION**

**NATURAL SCIENCES**

№ 1 (21)

2018

**CONTENTS**

**ZOOLOGY**

- Khabilov T. K., Tadzhibaeva D. E.* First discoveries of the indian horseshoe bat (*Rhinolophus lepidus*, Chiroptera) in Tajikistan ..... 3
- Magerramov S. G. ogly, Seyidov M. A. ogly.* On dissemination of ticks of the *Dermacentor marginatus* Šulze 1776 species in the Nakhchivan Autonomous Republic ..... 11

**ECOLOGY**

- Leonova N. A.* Forest-steppe landscape vegetation of water-glacial plains within Penza region ..... 19
- Chaus B. Yu.* Indication of chemical water pollution of rivers in the South Ural using the higher aquatic flora..... 31
- Yakushov V. D.* Dynamics of the number of small mammals in the middle Yenisey tayga in 2016–2017 ..... 43
- Safarov A. M., Shaydulina G. F., Afanas'eva E. S.* Construction of models of substance concentration changing in the atmospheric air (by the example of Sterlitamak)..... 54
- Sul'timova T. D., Svirina M. M., Stoyanova L. G.* A study of the applicability of *Lactococcus lactis* K-205 strain as an antibacterial component ..... 66

**PHYSIOLOGY**

- Lovtsova L. G., Guliy O. I., Drevko Ya. B., Kozlov S. V., Smutnev P. V.* The influence of self-organic compounds on clinical and metabolic manifestations in male BALb/c lines at cobalt coverage ..... 74
- Mel'nikova N. A., Sedova D. G., Ulanova T. V., Agenosova O. G., Evstifeeva I. A.* A research of the role of membrane structures in processes of nonspecific adaptation of thrombocytes to the influence of a low-intensive helium-neon laser in the conditions of a model experiment ..... 83

УДК 599.4 [575.31]

DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-1

Т. К. Хабилов, Д. Э. Таджибаева

## ПЕРВЫЕ НАХОДКИ ИНДИЙСКОГО ПОДКОВОНОСА (*RHINOLOPHUS LEPIDUS*, CHIROPTERA) НА ТЕРРИТОРИИ ТАДЖИКИСТАНА

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Целью данного исследования являлось выявление особенностей распространения и биологии *Rhinolophus lepidus* Blyth, 1844 и *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797) в Таджикистане и на смежных территориях.

*Материалы и методы.* Материалами послужили сведения, полученные в ходе собственных полевых исследований, данные литературы и коллекции рукокрылых, хранящиеся в музее Института генофонда растительного и животного мира АН Республики Узбекистан (г. Ташкент).

*Результаты.* Впервые на территории Таджикистана установлено обитание *Rh. lepidus*. Вид обнаружен в трех локалитетах: в долине р. Зеравшан на северном склоне одноименного хребта (Центральный Таджикистан), на юго-западной оконечности Кураминского хребта (крайний север Таджикистана) и в Ромитском ущелье на Гиссарском хребте (юг Таджикистана). В ходе исследований изучены некоторые особенности биологии этого вида. Впервые на территории Средней Азии найдена его колония, численностью около 20 особей. Установлено, что *Rh. lepidus* симпатрично обитает с *Rh. hipposideros*. Проведено морфологическое сравнение двух видов, которое демонстрирует их отличие по ряду внешних признаков.

*Выводы.* На основе полученных данных можно заключить, что два близких вида *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros* на территории Таджикистана обитают симпатрично. Ареал первого охватывает Зеравшанский, Кураминский и Гиссарский хребты, в то время как второго – Кураминский, Ишкашимский хребты и Дарваз.

**Ключевые слова:** рукокрылые, *Rhinolophus lepidus*, *Rhinolophus hipposideros*, распространение, Таджикистан.

T. K. Khabilov, D. E. Tadzhibaeva

## FIRST DISCOVERIES OF THE INDIAN HORSESHOE BAT (*RHINOLOPHUS LEPIDUS*, CHIROPTERA) IN TAJIKISTAN

### Abstract.

*Background.* The aim of the present research was studied the biology and distribution a new species *Rhinolophus lepidus* Blyth, 1844 with sympatric species *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797) in Tajikistan and Central Asia.

*Materials and methods.* Materials for this work was obtained during our field research in northern Tajikistan in 2015–2016 years, museum collection in Tashkent National Institute of Plants and Animals Gene fund and the literature data.

*Results.* In Tajikistan for the first time founded a new species of bats – *Rh. lepidus*, that are distributed now only in three points: in Zerafshan river valley (Central Tajikistan) – in the north slope of Zerafshan mountain range (Shing); in the north of Tajikistan (on the border with Uzbekistan) – in the north slope of Kurama mountain range (Zarnisor); in the south of Tajikistan – on Gissar mountains – Magov (Romit valley). Hibernation in Tajikistan are described for the first time in Central Asia like colony from 20 individuals that we find in old mine in Magov.

*Conclusions.* In Tajikistan *Rh. lepidus* distributed now only in Zerafshan, Kurama and Gissar mountain ranges, the same time, the other sympatric species *Rh. hipposideros* (Borkhausen, 1797) founded in Kurama, Darvaz and Ishkashim mountain ranges.

**Key words:** Chiroptera, Tajikistan, *Rhinolophus lepidus*, *Rhinolophus hipposideros*.

До 2000 г. на территории Средней Азии *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797) рассматривался как целостный вид. Первые упоминания на сомнительный статус некоторых его экземпляров из Киргизии приводятся на основе кариологических исследований Зима с соавторами [1, 2], а также морфологических признаков Горачеком и Зима [3]. В 2000 г. Горачек с соавторами [4] предлагают относить все эти экземпляры к разновидности группы *Rh. lepidus*, приводя для них два названия, относящиеся к соответствующим популяциям, *Rh. lepidus* и *Rh. kirgizorum*. В 2011 г. Бенда с соавторами [5] часть добытых зверьков из ряда пунктов Южной Киргизии и Узбекистана на основании морфологического анализа идентифицируют как *Rhinolophus lepidus* Blyth, 1844. Таким образом, было показано, что здесь, как и в остальной части ареала, охватывающей Афганистан, Северный Пакистан и Кашмир, оба вида обитают симпатрично. Находки *Rh. lepidus* в Южной Киргизии, вероятно, являются самыми северо-восточными в ареале, а старые данные, относящиеся к находкам *Rh. hipposideros* на территории Таджикистана, Узбекистана и Киргизии, требуют дополнительного пересмотра [5].

Целью исследования было выявление особенностей распространения и биологии на территории Таджикистана двух близких видов *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros*.

### Материалы и методы

Материалом для работы послужили сведения, полученные в ходе собственных полевых исследований, из литературных источников, а также из коллекционных фондов Института генофонда растительного и животного мира АН Республики Узбекистан (г. Ташкент), откуда мы получили 28 экземпляров *Rh. hipposideros*. В зимнее и летнее время для поиска зверьков проводили осмотр различных подземелий (штольни, естественные пещеры), а также осуществляли отлов с помощью паутинных сетей. Для идентификации животных использовали ранее описанные признаки [5]. Виды *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros* демонстрируют хорошие различия по размерам тела, строению носовых придатков, сегментам крыла, строению черепа и зубной системы [5]. Нами в Таджикистане также были добыты зверьки этих двух видов. Помимо указанных различий (рис. 1, 2), описаны другие их специфические признаки. В частности, у *Rh. lepidus* окраска спины рыжевато-палевая, а у *Rh. hipposideros* – серая. Кроме того, явные отличия касаются и длины хвоста, который заметно больше у *Rh. hipposideros*, чем у *Rh. lepidus*.

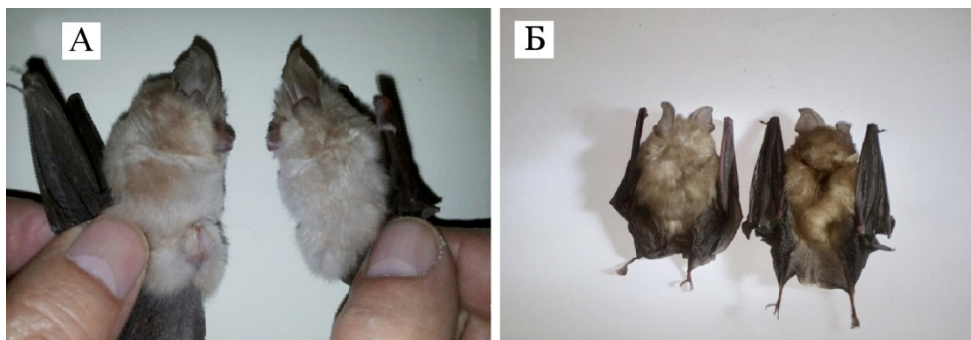


Рис. 1. *Rhinolophus hipposideros* (А и Б слева, колл. авторов – самец № 13) и *Rhinolophus lepidus* (А и Б – справа, колл. авторов – самец № 12), добытые в Таджикистане: А – вид сбоку, Б – вид со спины

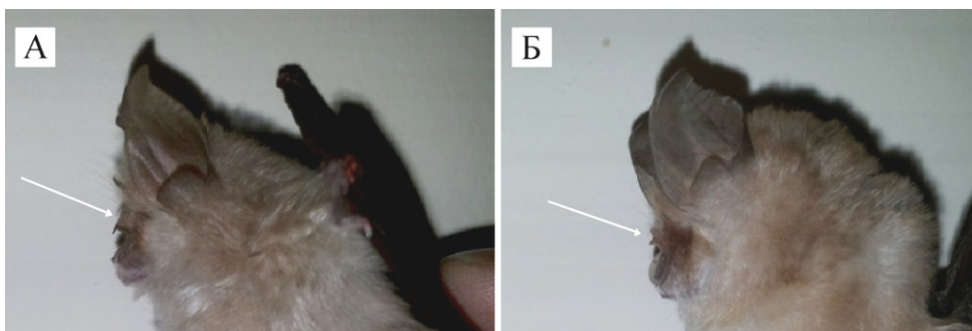


Рис. 2. *Rhinolophus hipposideros* (А, колл. авторов – самец № 13) и *Rhinolophus lepidus* (Б – справа, колл. авторов – самец № 13). Стрелками обозначены кожно-хрящевые выросты (верхний выступ седла) вокруг ноздрей

Все спиртовые экземпляры *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros*, указанные в статье, хранятся в Институте естественных наук Худжандского государственного университета имени академика Б. Гафурова (Таджикистан).

### Результаты и их обсуждение

В Северном Таджикистане, по данным Т. К. Хабилова [6], *Rh. hipposideros* повсюду редок. Здесь его добывали в горах Могол-Тау в окрестностях кишлака Уч-Теппа (12.05.1979 – 1 самец), на Кураминском хребте в окрестностях пос. Алтын-Топкана (04.12.1977 – 1 самка, 17.12.1978 – 1 самка, 01.04.1979 – 1 самец, 15.02.1980 – 1 самка, 14.03.1981 – 3 самки), в окрестностях пос. Чол-Ата (05.05.1983 – 3 самца и 1 самка, 13.05.1983 – 1 самец и 1 самка), в с. Гудосе (03.03.1979 – 3 самца), на северном склоне Туркестанского хребта в окрестностях кишлака Чорку (26.03.1978 – 1 самец), на южном склоне этого же хребта, в долине реки Зеравшан в кишлаке Томин (6 взрослых самок, 3 молодых самца и 3 самки), в кишлаке Путхин (12.08.1978 – 1 молодой самец), в д. Дар-Дар (16.08.1978 – 1 самка и 1 самец), в кишлаке Зоосун (19.08.1978 – 1 самка), в равнинной части Северного Таджикистана на берегу р. Ак-Су у кишлака Метар («Мазори Лангар») (15.05.1979 – 1 самка), а также наблюдался по долине Зеравшана у кишлаков Ёри, Майката и Зоосун [6].

В юго-западном Таджикистане *Rh. hipposideros* известен из ряда населенных пунктов в окрестностях г. Душанбе (Гулистан, Варзоб, Кондара, Ромит) и Вахшской долины (Ганджино). В Горном Бадахшане этот вид добыт в г. Хороге и в урочище минеральный источник Гарм-Чашм.

В целом *Rh. hipposideros*, будучи широко распространенным в Таджикистане, нигде не образует значительных скоплений, является малочисленным и занесен во второе издание Красной книги Таджикистана [7].

В 2016 и 2017 гг. нами был предпринят ряд полевых исследований с целью получения новых данных о распространении и биологии этого вида. Так, 16.10.2015 в местечке под названием «Дахони об», расположенном на р. Шинг в окрестностях одноименного кишлака Зеравшанской долины, была осмотрена штольня. Это искусственное подземелье имеет длину 350 м и состоит из 12 параллельных боковых ходов различной протяженности (от 5 до 20 м). Микроклиматический режим здесь достаточно влажный, во многих местах центрального хода есть участки с каплепадом, но везде без явных сквозняков. В ходе осмотра в пещере были обнаружены 52 зверька трех видов: *Rh. bocharicus* Kast. et Akim. 1917 (36 особей), *Rh. ferrumequinum* Schreber, 1877 (12 особей) и *Rh. lepidus* (4 особи).

Животные всех трех видов находились в оцепенении. *Rh. lepidus* размещались в двух левых боковых ходах (10-м и 11-м) почти в конце штольни. Два из них (самец и самка) висели рядом друг с другом на высоте примерно 3 м внутри круглой скважины диаметром 15–20 см на границе стены и потолка.

Повторное обследование штольни в местечке «Дахони об» было проведено 02.02.2016 учителем школы № 11 кишлака Шинг Рукнидинном Облокуловым. При осмотре им обнаружено всего 47 зверьков. Из этого числа 44 особи были *Rh. bocharicus* и *Rh. ferrumequinum*, которые образовывали общее тесное скопление в 7-м левом боковом ходе подземелья. Оставшимися зверьками оказались самцы *Rh. lepidus*, которые найдены в 10-м и 11-м боковых входах. Там, где они располагались, было тепло и душно, а в том месте, где локализовалось большое скопление *Rh. bocharicus* и *Rh. ferrumequinum*, отмечалась более низкая температура воздуха.

Штольня «Дахони об» была еще раз нами осмотрена 22.09.2016. В 7-м боковом ходе найдены два самца *Rh. lepidus*. Один из них оказался этого года рождения с хорошо заметными на крыльях хрящевыми метакарпальными прослойками, а второй – взрослый самец. В 8-м боковом ходу на полу было обнаружено скопление помета, предположительно от колонии *Rh. lepidus*. Непосредственно над этим местом в потолке располагалась вертикальная скважина диаметром 30–40 см, где находились три особи этого вида, поймать которых не удалось. Следует отметить, что в отличие от обнаруженных здесь же спящих *Rh. ferrumequinum*, *Myotis davidii* (Kuhl, 1817) и *Barbastella darjelingensis* (Hodgson, 1855), все *Rh. lepidus* были активными и слетали с мест при их освещении.

В табл. 1 и 2 приведены средние значения промеров тела и некоторые размеры крыла *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros*, добытых нами на Зеравшанском и Кураминском хребтах.

Таблица 1

Средние значения промеров тела *Rhinolophus lepidus*  
и *Rhinolophus hipposideros* с Зеравшанского и Кураминского хребтов

Промеры	<i>n</i>	<i>M</i>	min	max
<b><i>Rh. lepidus</i></b>				
<i>L</i>	7	41,1	33,6	44,5
<i>R</i>	7	40,9	40,2	42,2
<i>Au</i>	7	14,9	13,5	17,6
<i>Pl</i>	7	6,9	6,3	8,0
<i>C</i>	7	18,4	15,6	21,2
<i>P</i>	5	7,0	5,22	9,10
<b><i>Rh. hipposideros</i></b>				
<i>L</i>	7	37,9	35,6	40,8
<i>R</i>	7	38,0	37,5	39,0
<i>Au</i>	7	13,8	9,0	16,0
<i>Pl</i>	7	6,5	5,3	7,4
<i>C</i>	6	26,2	24,5	27,9
<i>P</i>	6	4,1	3,6	5,0

**Примечание.** Обозначения: *L* – длина тела; *R* – длина предплечья; *Au* – высота уха; *Pl* – длина ступни (без когтя среднего пальца); *C* – длина хвоста; *P* – масса тела; *n* – размер выборки; *M* – среднее значение; min – минимальное значение; max – максимальное значение.

Таблица 2

Размеры крыла у тела *Rhinolophus lepidus* и *Rhinolophus hipposideros*  
с Зеравшанского и Кураминского хребтов

Номер	Место	Пол	lпр	McIII	PhIII <sup>1</sup>	PhIII <sup>2</sup>	PhIII <sup>3</sup>	McIV	PhIV <sup>1</sup>	PhIV <sup>2</sup>	PhIV <sup>3</sup>	IIIfr	IVfr
<b><i>Rh. lepidus</i></b>													
№ 9	Зр. хр.	см.	40,8	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
№ 10	Зр. хр.	сам.	40,3	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
№ 11	Зр. хр.	см.	40,2	26,5	11,2	8,2	–	27,4	8,2	10,5	–	–	–
№ 12	Зр. хр.	см.	40,2	29,3	11,6	16,0	3,0	29,3	8,8	8,8	–	0,957	–
№ 22	Кр. хр.	сам.	42,2	28,5	11,9	15,0	1,9	30,3	8,5	9,6	1,3	0,989	1,561
<b><i>Rh. hipposideros</i></b>													
№ 13	Кр. хр.	см.	37,9	23,0	13,8	–	1,9	27,5	7,0	9,6	0,3		1,627
№ 14	Кр. хр.	см.	37,5	22,1	11,7	14,5	0,3	27,4	6,5	11,9	0,3	0,756	1,465
№ 15	Кр. хр.	см.	38,7	24,7	12,8	13,6	0,5	28,2	6,5	11,0	0,26	0,918	1,587
№ 25	Кр. хр.	см.	38,0	24,1	11,6	18,0	0,1	26,8	7,3	10,0	0,3	0,811	1,522
№ 27	Кр. хр.	см.	39,0	28,7	12,0	12,4	0,3	27,4	6,2	10,7	0,2	1,161	1,602
№ 28	Кр. хр.	см.	37,8	21,8	11,2	16,4	0,2	25,0	5,5	10,5	0,2	0,784	1,543

**Примечание.** Обозначения: Зр. хр. – Зеравшанский хребет; Кр. хр. – Кураминский хребет; см. – самец; сам. – самка; McIII – длина метакарпальной кости третьего пальца; PhIII<sup>1</sup> – длина проксимальной фаланги третьего пальца; PhIII<sup>2</sup> – длина медиальной фаланги третьего пальца; PhIII<sup>3</sup> – длина дистальной фаланги третьего пальца;

McIV – длина метакарпальной кости четвертого пальца; PhIV<sup>1</sup> – длина проксимальной фаланги четвертого пальца; PhIV<sup>2</sup> – длина медиальной фаланги четвертого пальца; PhIV<sup>3</sup> – длина дистальной фаланги четвертого пальца; III Fg – отношение длины метакарпальной кости третьего пальца к сумме длины всех фаланг третьего пальца; IV Fg – отношение длины метакарпальной кости четвертого пальца к сумме длины всех фаланг четвертого пальца.

В окрестностях пос. Зарнисор (бывший пос. Алтын-Топкан) на Курминском хребте в зоне арчового леса (1590 м над уровнем моря) 05.02.2016 нами была осмотрена штольня № 2. Подземелье имеет несколько боковых ходов, диаметром около 2 м и протяженностью до 500 м. В пещере достаточно сухо и лишь на некоторых участках просачивающаяся через потолок и стены вода образует натеки. В центральном ходе имеет место сквозняк. Температура воздуха здесь +6 ... +8,5 °С. При осмотре штольни обнаружены 2 самца и 1 самка *Rh. hipposideros*. Один самец зимовал в небольшом разломе стены первого бокового хода, другой – на потолке центрального хода, а самка – в разломе на высоте около трех метров почти в конце штольни.

15.02.2016 в пос. Зарнисор (высота 1300 м над уровнем моря) местным жителем А. В. Пастуховым была осмотрена другая штольня. Здесь были найдены самка *Rh. lepidus* и еще один подковонос, определить вид которого не удалось. Позже 26.02.2016 нами было повторно исследовано это же подземелье. На этот раз в нем найден 1 самец *Rh. hipposideros* и 2 самца *Rh. ferrumtequium*. При осмотре у всех трех зверьков семенники были увеличены. В этот же день 26.02.2016 нами была обследована еще одна небольшая штольня в окрестностях пос. Зарнисор в зоне арчового леса на высоте 2000 м над уровнем моря. Температура воздуха в ней была +9,5 °С. В одном из боковых проходов на удалении примерно 50 м от входа был обнаружен самец *Rh. hipposideros*. Зверек находился в оцепенении. При осмотре семенники у него были также увеличены.

12.05.2016 в кишлаке Зингирах, что примерно в 10 км от с. Калай-Хумб Горного Бадахшана, на склоне горы в большой полости под скалой, имеющей несколько выходов, обнаружено 10 особей *Rh. hipposideros*. При отлове сеткой попалась самка этого вида, находящаяся на ранней стадии беременности (масса тела – 4 г).

В заброшенной штольне, находящейся в окрестностях кишлака Магов Ромитского ущелья Гиссарского хребта, 18.05.2016 было найдено скопление *Rh. lepidus* численностью около 20 особей. Это первая достоверная находка колонии этого вида на территории Средней Азии.

На юге Таджикистана 30.05.2016 в окрестностях пос. Гарм-Чашмы нами осмотрена небольшая пещера длиной 5 м и шириной 3 м. Вход в нее достаточно небольшой, высотой 1,7 м, у самого входа капает вода, часть пещеры внутри освещена. Здесь в широкой расщелине потолка добыт 1 самец *Rh. hipposideros*. В момент поимки зверек не спал и был активен.

Наконец, в нашем распоряжении оказался список из 28 особей *Rh. hipposideros*, хранящихся в коллекционных фондах Института генофонда растительного и животного мира АН Республики Узбекистан (г. Ташкент), любезно предоставленный сотрудником этого же учреждения М. В. Грициной. Судя по морфологическим промерам, приведенным для каждого экземпляра,



всех зверьков можно условно отнести к двум размерным группам, соответствующим *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros*. Для более точного установления видовой принадлежности этих экземпляров необходимо проведение подробного морфологического, а по возможности и молекулярно-генетического анализа всех образцов.

Таким образом, в ходе наших исследований на территории Таджикистана впервые найден новый вид – *Rh. lepidus*. Его обитание установлено пока в трех локалитетах: на северном склоне Зеравшанского хребта, на юго-западной оконечности Кураминского хребта и на юге Таджикистана на Гиссарском хребте. Указанные находки являются самыми северо-восточными в ареале этого вида. Во многих местах *Rh. lepidus* встречается симпатрично с *Rh. hipposideros*. Оба вида обнаружены совместно на зимовках в одних и тех же убежищах. По ряду морфологических признаков они демонстрируют хорошие отличия (см. рис. 2, табл. 1 и 2). Обнаружение в одной из штолен молодого зверька и скопление помета может свидетельствовать о том, что на территории Таджикистана *Rh. lepidus* в летнее время образуют небольшие колонии из размножающихся самок.

Дальнейшие подробные исследования Таджикистана и смежных с ним территорий позволят выявить более детальные особенности биологии и распространения *Rh. lepidus* и *Rh. hipposideros*.

#### Библиографический список

1. Standard karyology of eighteen species of bats (Rhinolophidae, Vespertilionidae, Molossidae) from Eurasia / J. Zima, J. Červený, I. Horáček, A. Červená, K. Průcha, M. Macholán, S. N. Rybin // *Myotis*. – 1991. – № 29. – P. 31–33.
2. Comparative karyology of rhinolophid bats (Chiroptera: Rhinolophidae) / J. Zima, M. Volleth, I. Horáček, J. Červený, A. Červená, K. Průcha, M. Macholán // *Prague Studies in Mammalogy* / eds. I. Horáček, V. Vohralík. – Praha : Charles University Press, 1992. – P. 229–236.
3. **Horáček, I.** Evolutionary divergence in the lesser horseshoe bat / I. Horáček, J. Zima // VIIIth European Bat Research Symposium. 12–16 August 1996, Veldhoven, The Netherlands. Programme, Abstracts, List of Participants / eds. P. Lina, C. Smeenk. – Veldhoven : Bat Research Agency, 1996. – 112 p.
4. **Horáček, I.** Bats of the Palearctic region: a taxonomic and biogeographic review / I. Horáček, V. Hanak, J. Gaisler // *Proceedings of the VIIIth European Bat Research Symposium. Vol. I. Approaches to Biogeography and Ecology of Bats* / ed. B. W. Woloszyn. – Krakow : Chiropterological Information Center : Institute of Systematics and Evolution of Animals PAS, 2000. – 280 p.
5. **Benda, Petr.** Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean and Middle East. Part 9. Bats from Transcaucasia and West Turkestan in collection of the National Museum, Prague / Petr Benda, Vladimír Hanák, Jaroslav Červený // *Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovacaе*. – 2011. – № 75. – P. 159–222.
6. **Хабиллов, Т. К.** Фауна Республики Таджикистан. Т. XX, ч. VII. Млекопитающие. Рукокрылые / Т. К. Хабиллов. – Душанбе : Дониш, 1992. – С. 57–60.
7. Красная книга Республики Таджикистан. Животный мир и растения. – Душанбе, 2015. – 519 с.

#### References

1. Zima J., Červený J., Horáček I., Červená A., Průcha K., Macholán M., Rybin S. N. *Myotis*. 1991, no. 29, pp. 31–33.
2. Zima J., Volleth M., Horáček I., Červený J., Červená A., Průcha K., Macholán M. *Prague Studies in Mammalogy*. Praha: Charles University Press, 1992, pp. 229–236.

3. Horáček I., Zima J. *VIIIth European Bat Research Symposium. 12–16 August 1996, Veldhoven, The Netherlands. Programme, Abstracts, List of Participants*. Veldhoven: Bat Research Agency, 1996, 112 p.
4. Horáček I., Hanák V., Gaisler J. *Proceedings of the VIIIth European Bat Research Symposium. Vol. I. Approaches to Biogeography and Ecology of Bats*. Chiropterological Information Center: Institute of Systematics and Evolution of Animals PAS, 2000, 280 p.
5. Benda Petr, Hanák Vladimír, Červený Jaroslav. *Acta Societatis Zoologicae Bohemoslovacae*. 2011, № 75, pp. 159–222.
6. Khabilov T. K. *Fauna Respubliki Tadjikistan. T. XX, ch. VII. Mlekopitayushchie. Rukokrylye* [The fauna of the Republic of Tajikistan. Vol. XX, part VII. Mammals. Chiroptera]. Dushanbe: Donish, 1992, pp. 57–60.
7. *Krasnaya kniga Respubliki Tadjikistan. Zhivotnyy mir i rasteniya* [The Red Book of the Republic of Tajikistan. Flora and Fauna]. Dushanbe, 2015, 519 p.

---

**Хабиллов Толибджон Кадырович**

доктор биологических наук, профессор,  
директор Института естественных наук,  
Худжандский государственный  
университет имени академика  
Б. Гафурова (Республика Таджикистан,  
г. Худжанд, проезд Мавлонбекова, 1)

E-mail: tk.khabilov@gmail.com

**Khabilov Tolibdzhon Kadyrovich**

Doctor of biological sciences, professor,  
director of the Institute of Natural Sciences,  
Khujand State University named after  
academician B. Gafurov (1 Mavlonbekova  
lane, Khujand, the Republic of Tajikistan)

**Таджибаева Дилбар Эргашовна**

научный сотрудник, Институт  
естественных наук, Худжандский  
государственный университет  
имени академика Б. Гафурова  
(Республика Таджикистан, г. Худжанд,  
проезд Мавлонбекова, 1)

E-mail: dil.tadzhibaeva@gmail.com

**Tadzhibaeva Dilbar Ergashovna**

Researcher, the Institute of Natural  
Sciences, Khujand State University  
named after academician B. Gafurov  
(1 Mavlonbekova lane, Khujand,  
the Republic of Tajikistan)

---

УДК 599.4 [575.31]

**Хабиллов, Т. К.**

**Первые находки индийского подковоноса (*Rhinolophus lepidus*, Chiroptera) на территории Таджикистана / Т. К. Хабиллов, Д. Э. Таджибаева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 3–10. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-1.**

**О РАСПРОСТРАНЕНИИ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ  
ВИДА *Dermacentor marginatus* Šulze 1776  
В НАХИЧЕВАНСКОЙ АВТОНОМНОЙ РЕСПУБЛИКЕ**

**Аннотация.**

Представлены данные о встречаемости в Нахичеванской АР четырех из шести родов (*Hyalomma*, *Ripicephalus*, *Dermacentor*, *Haemaphysalis*) клещей семейства Ixodidae. Выяснено, что в Нахичеванской АР распространены 16 видов иксодовых клещей. На теле сельскохозяйственных животных обнаруживаются 15 видов, из которых четыре являются доминантными (*Hu. asiaticum*, *Hu. anatolicum*, *Rh. bursa*, *D. Marginatus*). Ареал клеща *Dermacentor marginatus* охватывает практически всю территорию Нахичеванской АР, а частота встречаемости его составляет 9,9 % в общих и 61,4 % в родовых сборах. *Dermacentor marginatus* является третьим видом по широте распространения и относится к доминирующим видам иксодовых клещей в Нахичеванской АР. Этот вид регистрируется почти на всех высотах, начиная от низменного пояса до горных ландшафтов (2600 м и выше над уровнем моря). Характерными станциями распространения *Dermacentor marginatus* в Нахичеванской АР являются станции среднего и верхнего горностепного, горнолесного и кустарникового поясов. В горных районах этот вид проявляет активность со второй половины апреля, и до конца мая интенсивность заклещеванности отар достигает уровня 60–70 %, а экстенсивность зараженности каждого животного до 16 экземпляров. Второй пик заклещеванности скота в горных районах менее выражен и начинается с конца августа и продолжается до конца сентября, когда заклещеванность отар составляет 25–30 %, а экстенсивность зараженности каждого животного достигает 8,8 экземпляра. В низких и средних предгорных, а также в верхних низменных поясах нападение этого вида клещей на животных менее выражено. В низком предгорном поясе наибольшая заклещеванность животных этим видом клещей наблюдается с апреля, и заклещеванность отар составляет 25–28,4 %. Немного выше этот показатель отмечается в среднем предгорном поясе – до 40 %. Экстенсивность зараженности домашних животных в низменных районах составляет 10,3 экземпляра, а в предгорных – 13,0 экземпляра. В низких высокогорных поясах *D. marginatus* начинает проявлять активность с первой декады мая и продолжает ее до конца августа. Наибольшая заклещеванность отмечается во второй декаде июля (40,0 %), при этом и экстенсивность заклещевания составляет 10,2 экземпляра.

**Ключевые слова:** иксодофауна, клещи, инвазия, географический пояс, Нахичевань.

S. G. ogly Magerramov, M. A. ogly Seyidov

**ON DISSEMINATION OF TICKS  
OF THE *Dermacentor marginatus* Šulze 1776 SPECIES  
IN THE NAKHCHIVAN AUTONOMOUS REPUBLIC**

**Abstract.**

The article states that the Nakhchivan Autonomous Republic is a habitat for 4 out of 6 genera of the Ixodidae family: *Hyalomma*, *Ripicephalus*, *Dermacentor*

and *Haemaphysalis*, and it has been found out that 16 species of these 4 ixodidae ticks parasitize in the Nakhchivan AR. 15 species of these types of ticks parasitize on the body of agricultural animals. 4 species: *Hy.asiaticum*, *Hy. anatolicum*, *Rh. bursa*, *D. marginatus* are considered the dominant species. The range of the species *Dermacentor marginatus* occupies almost the entire territory of the Nakhchivan Autonomous Republic and is 9,9 % of the total and 61,4 % of the generic harvest *Dermacentor marginatus* occupy the third place through extensive distribution and are considered dominant species. This species is recorded from low-lying belts up to 2600 m and even higher above sea level. The middle and upper mountain-steppe, mountain forest and shrubby belts are common for this species in Nakhchivan AR. In the mountainous regions, this species begins to be activated from the second half of April and after that it increases in quantity and until the end of May the intensity of the infecting of flocks reaches 60–70,6 %, and the extensiveness of each infected animal is 16 specimens. The second peak in the mountainous areas is weaker but begins from the end of August and continues until the end of September, at this time the intensity of the infecting of flocks reaches 25–30 %, and extensiveness of each infected animal is 8,8 specimens. In the low foothill, as well as medium and the upper low-lying belts, the infecting of animals with these species is weaker than other belts, compared to the mountainous areas. In these belts, the attack of this type of ticks on animals begins in April and the percentage of infecting of flocks is 25–28,4 %. In the foothills it is up to 40 %. The intensity of infecting for low-lying belts is 10,3 specimens, and in the foothills 13,0 specimens. In the low-high altitude belts of *D. marginatus*, activation begins from the first decade of May and continues until the end of August. The greatest infecting of flocks in these areas is observed in the second decade of July (40,0 %) and the number of ticks for each infected animal is 10,2 specimens.

**Key words:** ixodofauna, ticks, infection, geographic zones, Nakhchivan.

### **Введение**

Иксодовые клещи являются временными кровососущими паразитами наземных позвоночных, причем подавляющее большинство их паразитируют на млекопитающих. Значительно реже хозяевами иксодовых клещей служат рептилии и птицы.

Роль иксодовых клещей в хранении, передаче возбудителей инфекционных и паразитарных болезней животных и человека общеизвестна. Они являются переносчиками возбудителей туляремии, энцефалита, чумы, весенне-летнего риккетсиозного клещевого сыпного тифа человека, энцефаломиолита лошадей, бруцеллеза овец. Отдельные клещи способствуют поддержанию природного туляремийного очага путем распространения возбудителя среди грызунов и от последних на домашних животных. Многие из них являются специфическими переносчиками возбудителей кровепаразитарных болезней сельскохозяйственных и диких животных, вызываемых простейшими эндоглобулярными паразитами [1]. Иксодовые клещи также являются переносчиками возбудителей спирохетоза крупного рогатого скота.

В связи с вышесказанным очевидно, что при разработке оздоровительных мероприятия примерительно к той или иной географической зоне следует исходить из зональных эпизоотологических и эпидемиологических особенностей болезни [2]. Признание этого положения послужило основанием для изучения видового состава клещей-переносчиков возбудителей ряда ин-

фекционных и паразитарных болезней животных и человека в каждом конкретном районе Азербайджанской Республики.

Для правильного проведения противоклещевых и противокровепаразитарных мероприятий необходимо подробно знать фауны иксодовых клещей. При этом следует иметь в виду, что фауна иксодовых клещей Нахичеванской АР по сравнению с другими регионами Республики изучена недостаточно. Исследование данной проблемы в Автономной Республике имеет важное теоретическое и практическое значение в том аспекте, что это болезнь наносит огромный экономический ущерб животноводству и замедляет работу по количественному увеличению и качественному улучшению поголовья животных. Иксодовые клещи рода *Dermacentor Koch.* – одна из наиболее важных групп иксодид с точки зрения эпидемиологии и эпизоотологии. Большинство видов паразитов домашнего скота нередко присасываются и к человеку. Почти все массовые и широко распространенные виды этого рода являются переносчиками возбудителей болезней человека и животных самой разной этиологии. Высокая численность иксодовых клещей и их вредоносное значение давно вызывают особое внимание акариологов, вследствие чего отдельные вопросы биологии наиболее массовых видов хорошо изучены [4]. В настоящее время род иксодовых клещей *Dermacentor Koch.* включает более 30 видов. Клещи рода *Dermacentor Koch.* распространены на всех континентах земного шара. К характерным морфологическим признакам рода *Dermacentor Koch.* относится наличие светлых эмалевых пигментов в виде пятен различной формы и размеров, лучше всего выраженных на спинном щитке и в меньшей мере на ногах и хоботке. Форма эмалевых пятен и их количество весьма значительно варьируют в пределах одной популяции [5]. Можно предположить, что белый пигмент спинного щитка, характерный для рода *Dermacentor Koch.*, также является следствием происхождения этих клещей из мест с пониженной влажностью воздуха и повышенной инсоляцией.

### Материалы и методы

Для изучения биоэкологического распределения иксодовых клещей рода *Dermacentor Koch.* на территории Нахичеванской АР мы провели сборы изучаемого рода иксодид в различных поясах и станциях. В природе голодных иксодовых клещей всех фаз развития собрали на маршрутах в разных биотопах непосредственно с растительности и почвы. Сборы клещей проводили в солнечную погоду в утренние часы при отсутствии росы и при слабом ветре, в пасмурные дни – в дневные часы. Иксодовых клещей вылавливали по общепринятой методике – на флажок из фланелевой ткани, насаженной на деревянное древко. С сельскохозяйственных животных клещей собирали на частных подворьях, фермах и пастбищах в присутствии хозяина или ответственного лица. Коров осматривали во время утренней или вечерней дойки. С целью предотвращения различных инфекционных и вирусных заболеваний при снятии иксодовых клещей с животных надевали на руки тонкие резиновые перчатки. Снятых клещей складывали в пробирки: напившихся крови – не более 10 штук в одну пробирку, недавно прикрепившихся и не успевших насосать кровь – по 20 штук. В пробирки вкладывали этикетки с указанием даты, количества осмотренных животных, места их сбора. Собранный

полевой материал исследовали в лаборатории паразитологии Нахичеванского научного центра ветеринарии.

### Результаты и обсуждение

В 2015–2016 гг. для изучения фауны иксодовых клещей Нахичеванской АР нами обследовано 14 207 особей домашних животных, относящихся к восьми видам, из которых заклещеванными оказались 5512 (38,8 %) голов. С них собрано 30 025 особей иксодовых клещей в стадии имаго или в среднем по 2,1 особи клещей на каждое обследованное и 5,4 особи на каждое заклещеванное животное. При определении видового состава собранных клещей нами уточнено, что в Нахичеванской АР паразитируют четыре рода (*Hyalomma*, *Ripicephalus*, *Dermacentor* и *Haemaphysalis*) из шести семейств *Ixodoidea*. Выяснено, что в Нахичеванской АР распространено 16 видов иксодовых клещей. Из указанных видов иксодовых клещей на теле сельскохозяйственных животных паразитируют 15 видов. Четыре вида из них (*Hu. asiaticum*, *Hu. Anatolicum*, *Rh. bursa*, *D. marginatus*) являются доминирующими.

Ареал клеща *Dermacentor marginatus* охватывает практически всю территорию Нахичеванской АР, а частота встречаемости его составляет 9,9 % в общих и 61,4 % в родовых сборах (табл. 1). В наших сборах, произведенных по Нахичеванской АР, *Dermacentor marginatus* обнаружен в основном в горной, среднем и верхнем предгорном и низком высокогорном поясе. В малых количествах этот клещ регистрируется в сборах из низких предгорных и низменных поясов Автономной Республики.

*Dermacentor marginatus* входит в группу доминирующих видов и является третьим по широте распространения видом клещей в республике. В Шахбузском, Джульфинском и Ордубадском районах Нахичеванской АР этот вид клеща был зарегистрирован в начале мая. Характерными станциями его распространения являются средний и верхний горностепной, горнолесной и кустарниковый пояса на высоте 1000–2300 м над уровнем моря. Единичные экземпляры этого вида могут встречаться на высотах выше 2600 м. Так, нами зарегистрировано паразитирование этого вида в летних пастбищах Канлыгел, Салварты, Гелинкая и др. В меньшем количестве этот вид встречается в лесокустарниковой и степной полосе предгорных поясов и в Приараксинской низменности.

По нашим данным в Нахичеванской АР половозрелые клещи этого вида в горных районах начинают проявлять сезонную активность со второй половины апреля, увеличивая свою численность. К концу мая интенсивность заклещеванности отар достигает 60,0–70,6 %. В это время наибольшее количество клещей в среднем на одно заклещеванное животное может достигать 16,0 особей. Начиная со второй половины июня процент заклещевания животных уменьшается до 3,5–4,5 особи и не изменяется до первой декады августа. Интенсивность заклещеванности не увеличивается более чем на 1–1,2 экземпляра на одно животное. После этого заклещевание животных постепенно увеличивается и до конца сентября достигает 25–30 %. В это время интенсивность заклещеванности составляет 8,8 экземпляра на одно животное (рис. 1). С конца октября к началу зимнего периода заклещевание животных значительно снижается или встречается очень редко. В зимние месяцы клещи встречаются только в единичных экземплярах.

Таблица 1

Результаты сбора иксодовых клещей в Нахичеванской АР Азербайджана

Роды клещей	ВЕСНА			ЛЕТО			ОСЕНЬ			ЗИМА			ВСЕГО		
	Количество клещей	Процентное отношение к сезонному сбору	Процентное отношение к годовому сбору	Количество клещей	Процентное отношение к сезонному сбору	Процентное отношение к годовому сбору	Количество клещей	Процентное отношение к сезонному сбору	Процентное отношение к годовому сбору	Количество клещей	Процентное отношение к сезонному сбору	Процентное отношение к годовому сбору	Количество клещей	Процентное отношение к сезонному сбору	Процентное отношение к годовому сбору
Hyalomma	10226	58,0	34,0	4312	70,6	14,4	2422	47,1	8,1	380	35,1	1,2	17340	57,8	100,0
Rhipicephalus	3872	21,8	12,9	893	14,6	3,0	547	10,7	1,8	184	17,0	0,6	5496	18,3	100,0
Dermacentor	2065	11,6	6,9	600	9,8	2,0	1696	33,0	5,6	470	43,4	1,6	4831	16,1	100,0
Haemaphysalis	1532	8,6	5,1	306	5,0	1,0	471	9,2	1,6	49	4,5	0,2	2358	7,8	100,0

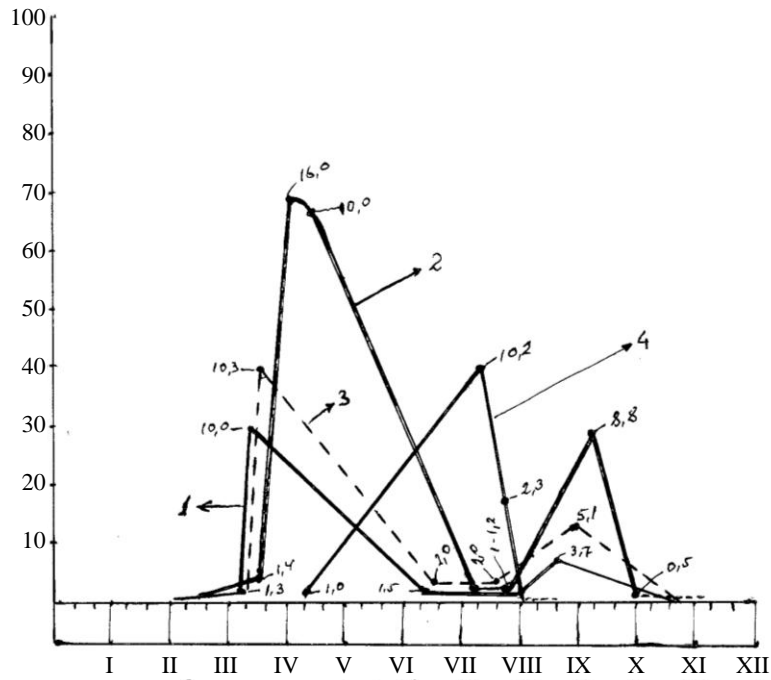


Рис. 1. Динамика поражения (количество клещей в среднем на одно зараженное животное) домашних животных клещами *D. marginatus* в различных районах Нахичеванской АР Азербайджана: 1 – Приараксинская низменность; 2 – горностепная зона; 3 – предгорье; 4 – низкое высокогорье

В низко- и среднепредгорных, а также верхних низменных зонах нападения этого вида клещей на животных более редки, чем в других поясах. В этих зонах наибольшее заклещевание домашних животных начинается с апреля месяца и составляет 25–28,4 %. Немного выше этот показатель в предгорной части республики – до 40 %. Интенсивность заклещевания животных в апреле в низменных районах составляет 10,3 экземпляра, а в предгорных – 13,0 экземпляра. В низких высокогорных районах *D. marginatus* проявляет активность с первой декады мая и до конца августа. Наибольшая заклещеванность отмечается во второй декаде июля (40,0 %) при интенсивности заклещевания составляет 10,2 экземпляра.

Таким образом, сезон паразитирования *D. marginatus* в верхних предгорных и горных районах имеет два пика активности, а в низких предгорных, низменных районах, а также низких высокогорных поясах – только один пик активности. В первом случае весенний подъем активности начинается с апреля и продолжается до конца июня, а осенний подъем является более слабым, наступает с конца августа и продолжается до конца ноября. Именно с этим связаны и обычно наблюдаемые в году две вспышки кровепаразитарных заболеваний домашних животных. Приведенные выше данные сильно зависят от метеорологических условий, так как все виды клещей очень чувствительны к ним. При изменении климата изменяются и сроки сезона паразитирования *D. marginatus*.



**Библиографический список**

1. **Бижанова, Н. З.** Распространение пироплазмидозов крупного рогатого скота в Кизилюртовском районе Дагестана / Н. З. Бижанова // Известия Дагестанского государственного педагогического университета. Естественные и точные науки. – 2013. – № 1. – С. 22–23.
2. Фауна иксодовых клещей и особенности их экологии / С. Ш. Абдулмагомедов, Р. А. Нуратинов, Р. М. Бакриева, Г. М. Магомедшапиев, Ш. Г. Абдурахманов // Юг России: экология, развитие. – 2012. – Т. 7, № 3. – С. 35–38.
3. **Бекулов, М. К.** Распространение иксодовых клещей – переносчиков пироплазмидозов животных в Кабардино-Балкарской Республике / М. К. Бекулов // Труды Всероссийского института гельминтологии имени К. И. Скрябина. – М., 2005. – Т. 41. – С. 73–76.
4. **Померанцев, Б. Н.** Иксодовые клещи (Ixodidae) / Б. Н. Померанцев // Фауна СССР. Паукообразные. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1950. – Т. 4, вып. 2. – 224 с.
5. **Seyidov, M. A.** Naxçıvan Muxtar Respublikasının iksodofaunasında dominant gənə növləri və onların yayılması / M. A. Seyidov. – Naxçıvan: Qeyrət, 2014. – Səh. 115–117.

**References**

1. Bizhanova N. Z. *Izvestiya Dagestanskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta. Estestvennye i tochnye nauki* [Proceedings of Dagestan State Pedagogical University. Natural and exact sciences]. 2013, no. 1, pp. 22–23.
2. Abdulmagomedov S. Sh., Nuratinov R. A., Bakrieva R. M., Magomedshapiev G. M., Abdurakhmanov Sh. G. *Yug Rossii: ekologiya, razvitie* [The South of Russia: ecology, development]. 2012, vol. 7, no. 3, pp. 35–38.
3. Bekulov M. K. *Trudy Vserossiyskogo instituta gel'mintologii imeni K. I. Skryabina* [Proceedings of the All-Russian Institute of Helminatology named after K. I. Skryabin]. Moscow, 2005, vol. 41, pp. 73–76.
4. Pomerantsev B. N. *Fauna SSSR. Paukoobraznye* [The fauna of USSR. Araneidan]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1950, vol. 4, iss. 2, 224 p.
5. Seyidov M. A. *Naxçıvan Muxtar Respublikasının iksodofaunasında dominant gənə növləri və onların yayılması* [Types and dissemination of dominant ticks in the Nakhchivan Autonomous Republic]. Nakhchivan: Qeyrət, 2014, pp. 115–117.

**Магеррамов Салех Гейдар оглы**

доктор биологических наук, профессор,  
ректор Нахичеванского государственного  
университета (Азербайджанская  
Республика, Нахичеванская Автономная  
Республика, г. Нахичевань,  
Университетский городок);  
член-корреспондент НАН Азербайджана

E-mail: salehmaharramov@mail.ru

**Magerramov Salekh Geydar ogly**

Doctor of biological sciences, professor,  
Rector of Nakhchivan State University  
(University Campus, Nakhchivan,  
Azerbaijan); Correspondent member  
of ANSA

**Сейидов Мирвасиф Адил оглы**

соискатель, кафедра ветеринарной  
медицины, Нахичеванский  
государственный университет  
(Азербайджанская Республика,  
Нахичеванская Автономная Республика,  
г. Нахичевань, Университетский городок)

E-mail: vasifseyidov59@gmail.com

**Seyidov Mirvasif Adil ogly**

Applicant, sub-department of veterinary  
medicine, Nakhchivan State University  
(University Campus, Nakhchivan,  
Azerbaijan)

УДК 619: 576.895.421

**Магеррамов, С. Г. оглы**

**О распространении иксодовых клещей вида *Dermacentor marginatus* Šulze 1776 в Нахичеванской Автономной Республике / С. Г. оглы Магеррамов, М. А. оглы Сейидов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 11–18. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-2.**

УДК 581.55

DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-3

*Н. А. Леонова*

## РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОСТЕПНЫХ ЛАНДШАФТОВ ВОДНО-ЛЕДНИКОВЫХ РАВНИН В ГРАНИЦАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Данные о растительном покрове лесостепных ландшафтов водно-ледниковых равнин в границах Пензенской области немногочисленны. Целью нашей работы является характеристика приуроченности основных типов растительных сообществ к элементам рельефа.

*Материалы и методы.* Исследования проводили на крайнем северо-западе области на пробных площадях размером 100 м<sup>2</sup>. Проведены подробные геоботанические описания. При анализе структуры сообществ учитывали соотношение эколого-ценотических групп видов (ЭЦГ) в составе растительного покрова.

*Результаты.* Леса преобладают в лесостепных ландшафтах водно-ледниковых равнин. Отмечена приуроченность выделенных классификационных единиц к типам местности.

*Выводы.* Суффозионные западины и межзападинные пространства на водоразделах заняты лесами (сосняками, березняками, осинниками) с доминированием в травяно-кустарничковом ярусе бореальных видов. На междуречьях с маломощными флювиогляциальными отложениями формируются сообщества с высоким участием видов неморальной ЭЦГ.

**Ключевые слова:** водно-ледниковые равнины, эколого-ценотические группы, ландшафт, сосняки, березняки, широколиственные леса, осинники, черноольшаники.

*N. A. Leonova*

## FOREST-STEPPE LANDSCAPE VEGETATION OF WATER-GLACIAL PLAINS WITHIN PENZA REGION

### **Abstract.**

*Background.* The data on forest-steppe landscape vegetation of water-glacial plains within Penza region are scarce. This publication aims to make public the data on the association of the main types of plant communities with the elements of the relief.

*Materials and methods.* Investigations were carried in the northwest region in Zemetchinsky district. The study of the floristic composition and structure of deciduous forests was carried at block and stationary studies on plots of 100 m<sup>2</sup>. The structural diversity of the communities was evaluated by the ratio of ecologic-coenotic groups of species in the composition of vegetation.

*Results.* The current vegetation cover of the Oka-Don plain in the Penza region is mainly represented by forests. The confinement of the allocated classification units to the types of terrain is noted.

*Conclusions.* At watersheds, landscapes of the suffusion depressions and lithogenic landscapes of intersubdominal spaces are occupied by forests (pine forests, birch forests, aspen) with domination in the grass of boreal species. On undulating watersheds terrain, composed of low-power fluvioglacial deposits, communities with high participation of nemoral species are formed.

**Key words:** water-glacial plain, ecologic-coenotic groups, landscape, pine, birch, deciduous forests, aspen and alder forests.

### Введение

Лесостепные ландшафты водно-ледниковых равнин расположены в крайней части Окско-Донской равнины (в границах Земетчинского района). Абсолютные отметки высот не превышают 180 м. Преобладают водораздельные типы местности двух типов [1, 2].

Почвенный покров ландшафтов представлен сочетаниями подзолистых, дерново-подзолистых, болотно-подзолистых, торфяно-болотных, светло-серых и серых лесных, пойменных почв.

В ранее опубликованной работе [3] отмечалось, что в растительном покрове изучаемой территории широко распространены производные леса – березовые (42,5 %) и осиновые (18,9 %), сосновые леса занимают более четверти территории, широколиственные – 10,2 %. Реже встречаются липняки (0,45 %), кленовики (из клена остролистного 0,01 %). По берегам родников, ручьев, малых рек формируются леса из ольхи черной (1,7 %), около болот – ивовые заросли (0,03 %).

Цель данной работы – обнаружение данных о приуроченности основных типов растительных сообществ к элементам рельефа водно-ледниковых равнин в границах Пензенской области.

### Материалы и методы

Сбор материала осуществлялся на пробных площадях (ПП) размером 100 (10 × 10) м<sup>2</sup>. Всего было сделано более 800 описаний.

Названия сосудистых растений приведены по материалам С. К. Черепанова [4].

Классификация растительности осуществлялась по доминантному принципу с учетом ценотических групп видов. По доминантам древостоя выделяли формации. Группы ассоциаций выделяли по преобладанию в составе травяно-кустарничкового яруса восьми ЭЦГ: неморальная (Nm), бореальная (Br), нитрофильная (Nt), олиготрофная (Og), боровая (Pn), степная (St), лугово-опушечная (Md), водно-болотная (Wt).

Выделены формации и группа формаций: сосняки – эдификатор древостоя *Pinus sylvestris*, осинники – леса с преобладанием *Populus tremula*, березняки – леса доминированием *Betula pendula* и *B. pubescens*, ольшаники (черноольшаники) – леса с доминированием *Alnus glutinosa* и группа формаций широколиственных лесов – леса с преобладанием *Quercus robur*, *Tilia cordata*, *Fraxinus excelsior*.

### Результаты и обсуждение

Современный растительный покров водно-ледниковых равнин в границах области представлен в основном лесами. Луговая растительность приурочена к долинам рек, склонам оврагов.

Значительная часть водораздельных территорий распахана и преобразована в сельхозугодья (часть из которых в настоящее время заброшена). Лесистость территории составляет около 40 %. Наблюдается естественное зарастание залежей *Betula pendula* и *Pinus sylvestris*.

Доминируют водораздельные типы местности [1, 2]: 1-й тип – слабодренируемые междуречья, сложенные мощной толщей флювиогляциальных отложений и 2-й тип – междуречные пространства, сложенные маломощными флювиогляциальными отложениями.

На рис. 1–5 представлены схемы и карты распределения растительных сообществ по выделенным типам местности.

Современные сосняки встречаются только в пределах 1-го типа местности. На их долю приходится до 25 % лесопокрытой площади, из них треть – имеют искусственное происхождение.

По доминированию ЭЦГ в напочвенном покрове современных сосновых лесов были выделены следующие группы ассоциаций: сосняки бореальные – *Pineta boreo-herbosa* (P-Br), неморально-бореальные – *Pineta nemoro-boreo-herbosa* (P-Nm\_Br), неморальные – *Pineta nemoro-herbosa* (P-Nm), бореальные с высоким участием боровых видов – *Pineta pine-boreo-herbosa* (P-Pn\_Br), бореально-боровые – *Pineta boreo-pine-herbosa* (P-Br\_Pn).

В древостое *Pinus sylvestris*, *Betula pendula* *B. pubescens*, *Populus tremula*, *Quercus robur* особенностью формации является наличие зеленых мхов, образующих в двух группах ассоциаций из пяти (сосняках бореальных и бореальных с высоким участием боровых видов) достаточно сформированный ярус и единично отмечающихся в неморально-бореальных.

*Pineta boreo-herbosa* широко распространена на водораздельных поверхностях между суффозионными западинами (см. рис. 1, 2). Группу бореальных сосняков образуют ассоциации с преобладанием *Molinia caerulea* (*Pinetum molinosum*) и *Vaccinium myrtillus* (*Pinetum myrtillosum*). Высокая мозаичность в степени увлажненности и пестрота почв обуславливают большое разнообразие экологических условий местообитаний, что в свою очередь приводит к разнообразию состава и структуры сообществ и выделению помимо отмеченных ассоциаций также *Pinetum pteridoso-moliniosum*, *Pinetum rubuso nessensi-moliniosum*, *Pinetum molinoso-myrtillosum*, *Pinetum vaccinoso-myrtillosum*, *Pinetum calamagrostidoso arundinacii-myrtillosum*. Только в составе бореальных сосняков отмечаются очень редкие для Пензенской области виды – *Rubus nessensis*, *Ledum palustre*, *Calluna vulgaris*.

*Pineta nemoro-boreo-herbosa* характерна для водораздельных склонов северной, восточной, западной экспозиций (см. рис. 1, 2) и достаточно широко представлена на рассматриваемой территории. Группу неморально-бореальных сосняков образуют ассоциации: *Pinetum herboso-moliniosum* и *Pinetum herbosum*.

*Pineta nemoro-herbosa* редко встречается на Окско-Донской равнине в границах Пензенской области на слабопологих водораздельных склонах (см. рис. 1, 2). Группу сосняков неморальных образует ассоциация *Quercetosum-Pinetum caricosum*. Это наиболее нарушенные (среди всех сосняков) антропогенным воздействием леса (рубками разной интенсивности).

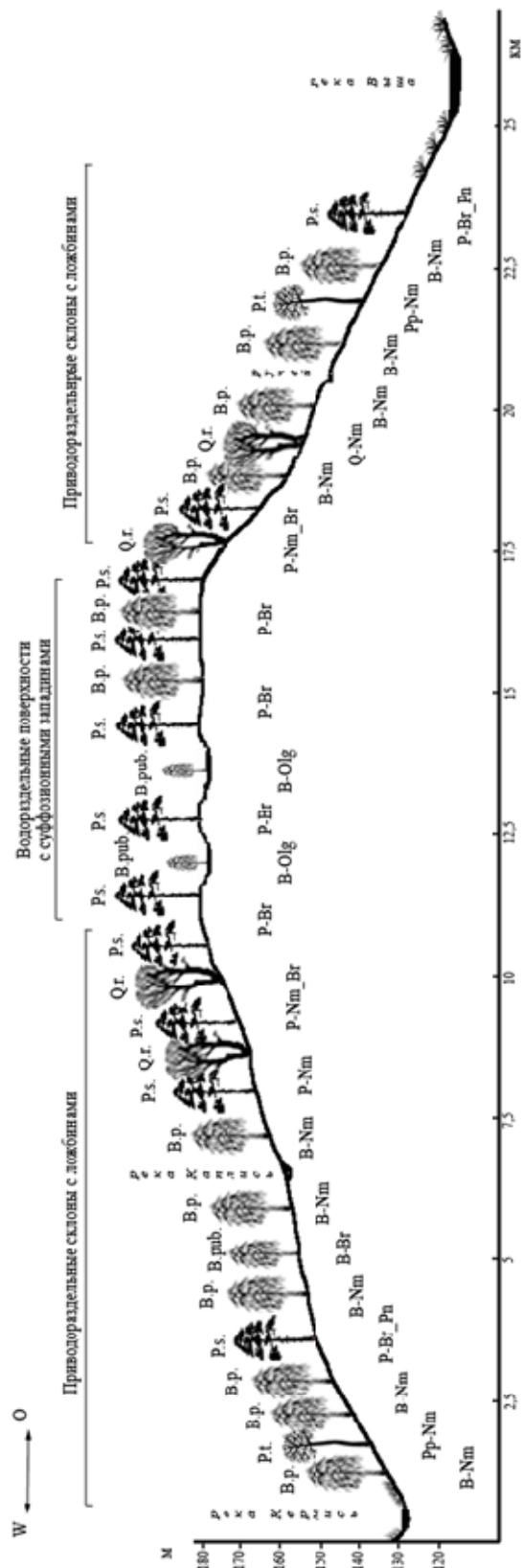


Рис. 1. Схема распределения групп ассоциаций основных формаций лесов по профилю с востока на запад в пределах 1-го типа местности.

Виды деревьев и кустарников: Q.r. – *Quercus robur*; P.s. – *Pinus silvestris*; B.pub. – *Betula pendula*; V.pub. – *Betula pubescens*; P.t. – *Populus tremula*.

Группы ассоциаций: P.Br – сосняки boreальные (*Pineta boreo-herbosa*); P-Nm.Br – сосняки неморально-боральные (*Pineta nemoro-boreo-herbosa*); P-Nm – сосняки неморальные (*Pineta nemoro-herbosa*); P.Br.Pn – сосняки boreально-боровые (*Pineta boreo-pine-herbosa*); B-Nm – березняки неморальные (*Betuleta nemoro-herbosa*); B.Br – березняки boreальные (*Betuleta boreo-herbosa*); B-Olg – березняки олигофранные (*Betuleta oligotropho-herbosa*); Pp-Nm – осинники неморальные (*Tremuleta nemoro-herbosa*)

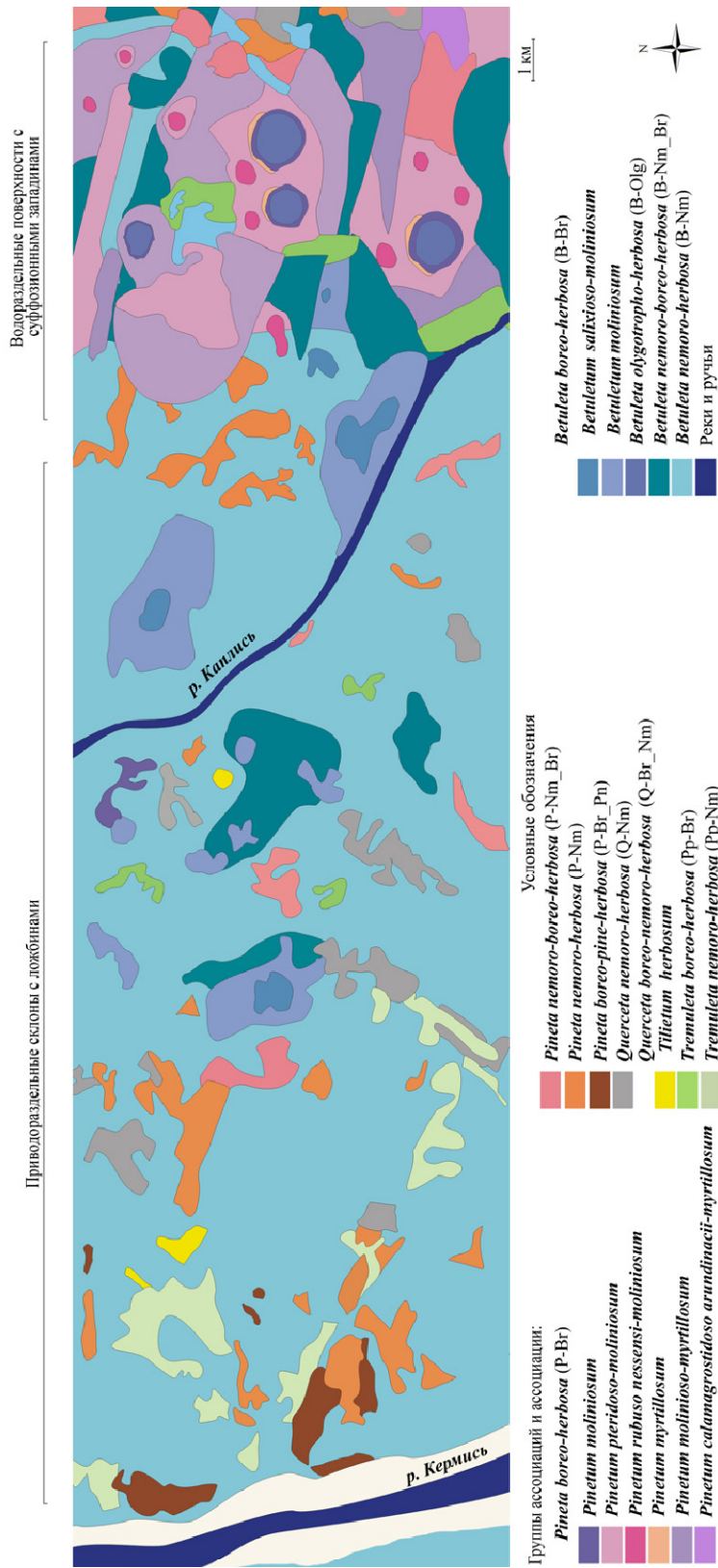


Рис. 2. Карта распределения ассоциаций и групп ассоциаций основных формаций лесов в пределах 1-го типа местности

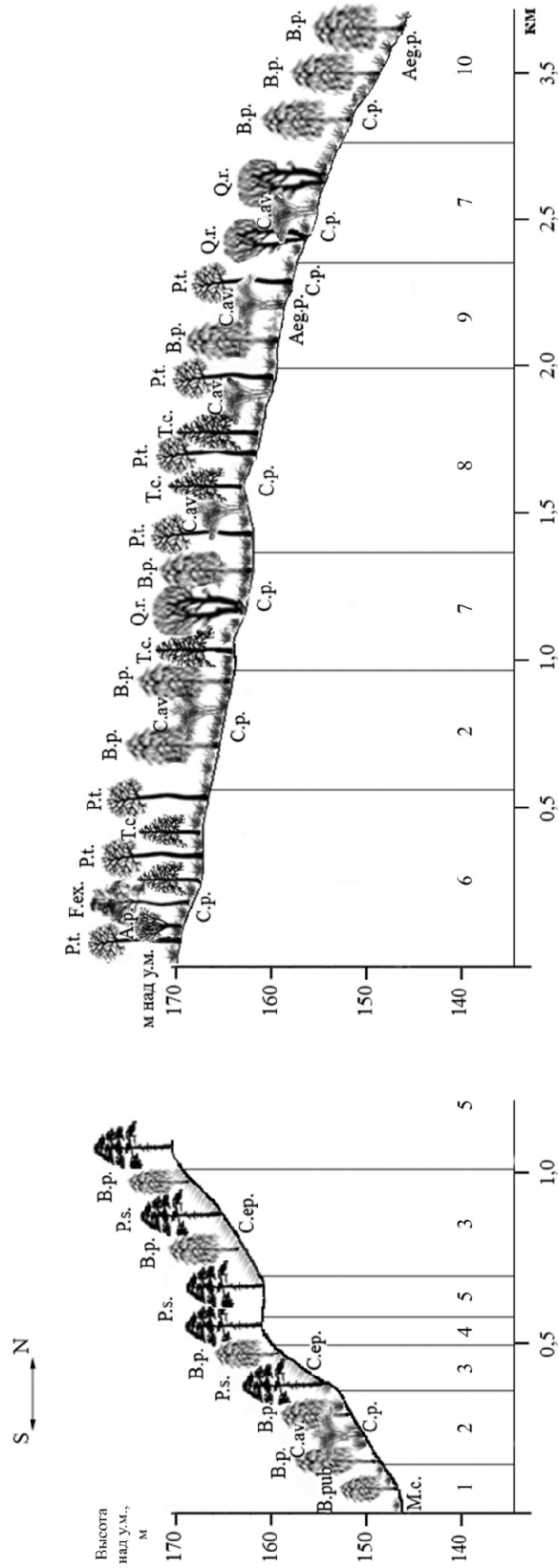


Рис. 3. Схема распределения ассоциаций по профилю с севера на юг в пределах приводораздельных склонов.

Ассоциации: 1 – *Betuletum molinosum* (B-Br); 2 – *Betuletum coryloso-caricosum pilosae* (B-Br\_Nm); 3 – *Pinetum calamagrostidosum epigeios* (P-Br\_Pn); 4 – *Pinetum cladinoso-hylocomiosum* (P-Pn\_Br); 5 – *Pinetum hylocomiosum* (P-Pn\_Br); 6 – *Tremuletum caricosum pilosae* (Pp-Nm); 7 – *Quercetum coryloso-caricosum pilosae* (Q-Nm); 8 – *Tremuletum coryloso-caricosum pilosae* (Pp-Nm); 9 – *Tremuletum coryloso-aegopodioso-caricosum pilosae* (Pp-Nm); 10 – *Betuletum aegopodioso-caricosum pilosae* (B-Nm).

Виды деревьев, кустарников и трав: Q.r. – *Quercus robur*; P.s. – *Pinus silvestris*; B.pen. – *Betula pendula*; C.a. – *Corylus avellana*; C.p. – *Carex pilosa*; Aeg.p. – *Aegopodium podagraria*; M.c. – *Molinia caerulea*



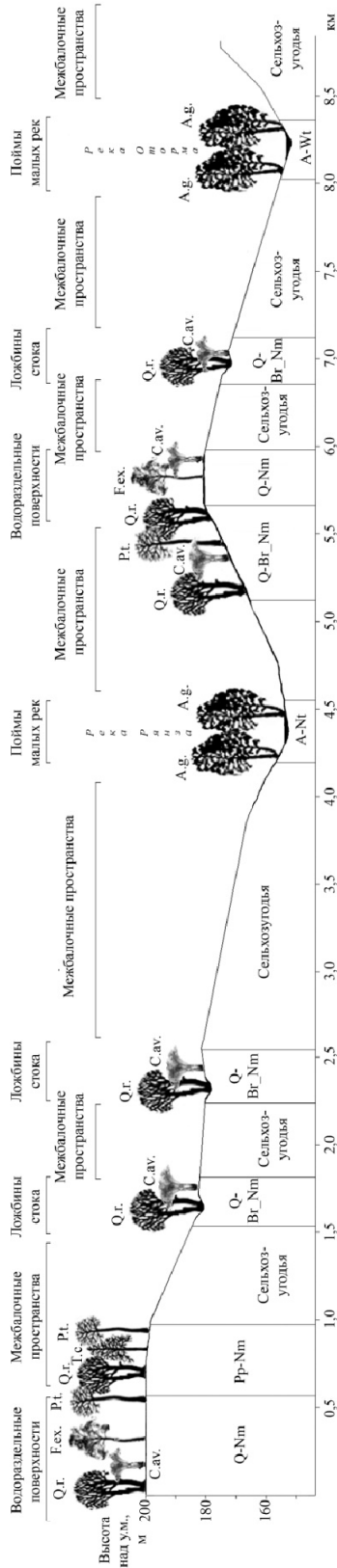


Рис. 4. Схема распределения групп ассоциации лесов по профилю с северо-востока на юго-запад в пределах 2-го типа местности.

Виды деревьев и кустарников: Q.g. – *Quercus robur*; P.t. – *Populus tremula*; F.ex. – *Fraxinus excelsior*; T.c. – *Tilia cordata*; A.g. – *Alnus glutinosa*; C.av. – *Corylus avellana*.

Группы ассоциаций: Q-Nm – широколиственные леса неморальные (*Querceta nemoro-herbosa*); Q-Br\_Nm – широколиственные леса бореально-неморальные (*Querceta boreo-nemoro-herbosa*); Pp-Nm – осинники неморальные (*Tremuleta nemoro-herbosa*); A-Nt – черноольшаники нитрофильные (*Alneta nitropho-herbosa*); A-Wt – черноольшаники водно-болотные (*Alneta aquo-uiginoso-herbosa*)

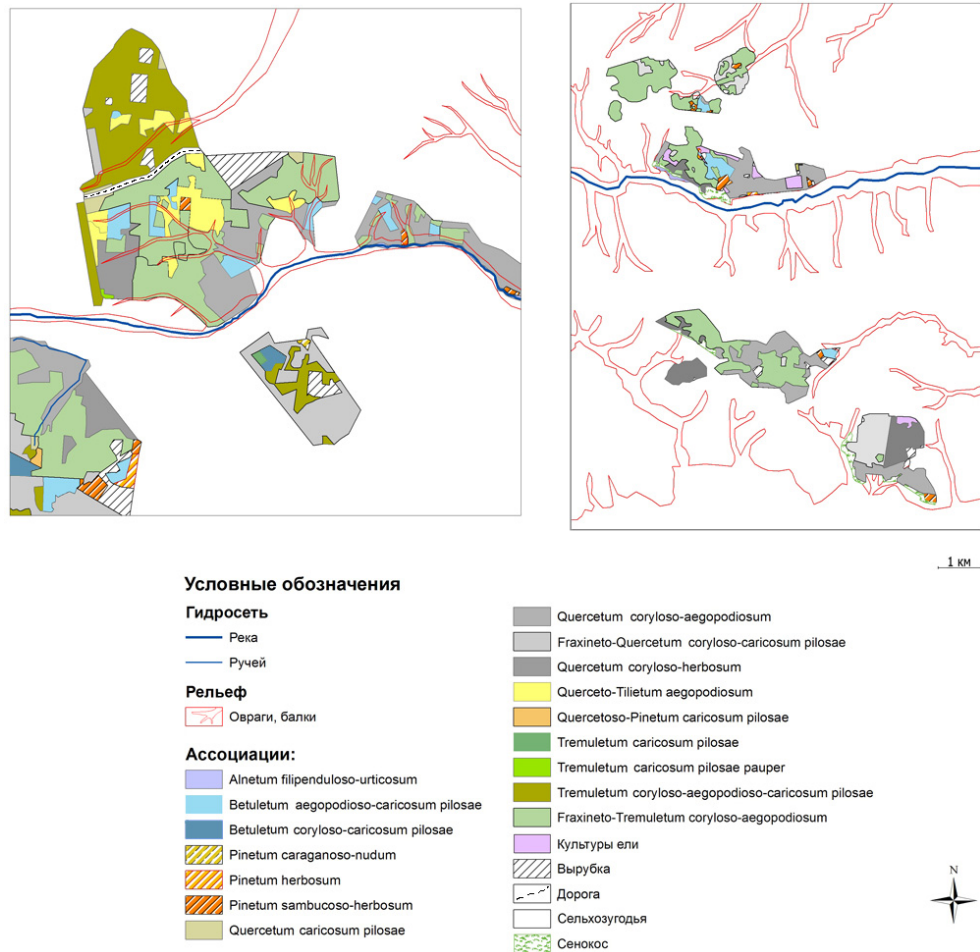


Рис. 5. Карта распределения ассоциаций основных формаций лесов в пределах 2-го типа местности

*Pineta pine-boreo-herbosa* редка на рассматриваемой территории, занимает небольшие по площади территории склонов южной экспозиции (см. рис. 3). Эта группа ассоциаций является переходной от бореальных сосняков к бореально-боровым. Отличительной особенностью *Pineta pine-boreo-herbosa* является доминирование в напочвенном покрове зеленых мхов и *Cladonia rangiferina*, а также наличие имматурного подроста *Pinus sylvestris*. Растительные сообщества, относящиеся к этой группе ассоциаций, встречаются среди бореально-боровых сосняков, т.е. представлены фрагментами ассоциаций *Pinetum hylocomiosum* и *Pinetum cladinoso-hylocomiosum*.

*Pineta boreo-pine-herbosa* встречается достаточно редко, приурочена к водораздельным поверхностям и верхним частям склонов южной экспозиции (см. рис. 3). В эту группу ассоциаций отнесены сообщества, формирующиеся, как правило, после низовых пожаров, и сосняки культурного происхождения. Растительные сообщества представлены ассоциациями: *Pinetum calamagrostidosum epigeios*, *Pinetum poeoso angustifoli-calamagrostidosum epigeios*, *Pinetum herbosum*, *Pinetum sambucoso-herbosum* и *Pinetum caraga-*

*noso-nudum*. Сообщества культурного происхождения представлены двумя ассоциациями: *Pinetum sambucoso-herbosum*, *Pinetum caraganoso-nudum* и не имеют строгой приуроченности к рельефу.

Широколиственные леса в ландшафтах водно-ледниковых равнин менее распространены, чем сосновые, распространены в пределах 2-го типа местности. В группе формаций выделены следующие группы ассоциаций: широколиственные леса неморальные – *Querceta nemoro-herbosa* (Q-Nm), широколиственные леса бореально-неморальные – *Querceta boreo-nemoro-herbosa* (Q-Br\_Nm), широколиственные леса лугово-неморальные – *Querceta prato-nemoro-herbosa* (Q-Md\_Nm).

*Querceta nemoro-herbosa* характерна для водораздельных поверхностей 2-го типа местности (см. рис. 4, 5), в пределах 1-го типа местности встречается по склонам разных экспозиций небольшими площадями (см. рис. 1, 2). Выделены ассоциации: *Quercetum caricosum pilosae*, *Quercetum acerioso-caricosum pilosae*, *Quercetum coryloso-caricosum pilosae*, *Fraxineto-Quercetum coryloso-caricosum pilosae*.

*Querceta boreo-nemoro-herbosa* встречается преимущественно в пределах 2-го типа местности по понижениям, очень редко – на приводораздельных склонах 1-го типа местности (см. рис. 1–5). Группа образована ассоциациями: *Quercetum coryloso-herbosum*, *Fraxineto-Quercetum coryloso-herbosum*, *Quercetum coryloso-aegopodiosum*, *Querceto-Tilietum coryloso-aegopodiosum*, *Tilietum herbosum*.

*Querceta prato-nemoro-herbosa* отмечена в пределах 2-го типа местности (см. рис. 4, 5). Образовалась в результате выборочных рубок неморальных широколиственных лесов, выпаса крупного рогатого скота, что привело к осветлению нижних ярусов, вытаптыванию напочвенного покрова и внедрению луговых видов. Выделена одна ассоциация – *Quercetum herbosum*.

Осинники имеют широкое распространение в лесостепных ландшафтах водно-ледниковых равнин. Формируются после вырубки дубрав и сосняков. В целом осиновые леса занимают значительные площади в пределах 2-го типа местности (см. рис. 4, 5). Выделены следующие группы ассоциаций: осинники неморальные – *Tremuleta nemoro-herbosa* (Pr-Nm), осинники бореальные – *Tremuleta boreo-herbosa* (Pr-Br).

*Tremuleta nemoro-herbosa* встречаются по всей территории Окско-Донской равнины в границах области (см. рис. 1–5) и являются наиболее распространенными растительными сообществами среди осиновых лесов этой территории.

*Tremuleta boreo-herbosa* приурочена к водораздельным пространствам и водораздельным склонам 1-го типа местности (см. рис. 1, 2), занимает небольшие площади. Группу характеризуют следующие ассоциации: *Tremuletum herboso-moliniosum* и *Tremuletum moliniosum*.

Березовые леса (из *Betula pendula*, *B. pubescens*) преобладают в ландшафтах водно-ледниковых равнин в границах области (см. рис. 1–5). Формируются по вырубкам, заброшенным залежам, сенокосам, гарям.

*Betuleta boreo-herbosa* объединяет растительные сообщества, достаточно широко представленные в пределах 1-го типа местности (см. рис. 1, 2): формируются по периферии заболоченных понижений, травяных болот.

Группу образуют ассоциации: *Betuletum molinosum* и *Betuletum salixiosum-molinosum*.

Растительные сообщества с содоминированием в травяно-кустарничковом ярусе неморальных и бореальных видов отнесены нами к двум группам: березняки неморально-бореальные – *Betuleta nemoro-boreo-herbosa* и березняки бореально-неморальные – *Betuleta boreo-nemoro-herbosa*. Ассоциации этих групп имеют сходный видовой состав и структуру со своими основными группами – бореальной и неморальной и, очевидно, являются поэтапным переходом от бореальных березняков к неморальным: В-Br – В-Nm\_Br – В-Br\_Nm – В-Nm.

Неморально-бореальные березняки (В-Nm\_Br) встречаются часто на водораздельных поверхностях и приводораздельных склонах 1-го типа местности (см. рис. 1, 2). Их образование связано с рубками бореальных сосняков. Отмеченные березняки представлены ассоциацией *Betuletum myrtillosum*.

Растительные сообщества бореально-неморальной группы (В-Br\_Nm) достаточно редки на рассматриваемой территории, занимают небольшие площади в пределах 2-го типа местности (см. рис. 4, 5). Группу образуют сообщества ассоциации *Betuletum coryloso-caricosum pilosae*.

*Betuleta nemoro-herbosa* преобладает в ландшафтах водно-ледниковых равнин (см. рис. 1–5). Для сообществ свойственны признаки дубовых лесов, после рубок которых они и образовались. Представлены одной ассоциацией: *Betuletum aegopodioso-caricosum pilosae*.

*Betuleta olygotropho-herbosa* объединяет растительные сообщества, приуроченные к суффозионным понижениям на водораздельных поверхностях 1-го типа местности (см. рис. 1, 2).

Группу олиготрофных березняков образуют следующие ассоциации: *Betuletum caricoso omskiani-eriphoriosum vaginati*, *Betuletum caricoso lasiocarpi-eriphoriosum vaginati*, *Betuletum calamagrostiosum canescens*, *Betuleta herboso-calamagrostiosum canescens*.

Черноольшаники встречаются в поймах рек, ручьев во всех ландшафтах водно-ледниковых равнин модельной территории (см. рис. 1–5).

По доминированию ЭЦГ в напочвенном покрове выделены следующие группы ассоциаций: ольшаники нитрофитные – *Alneta nitropho-herbosa* (A-Nt), ольшаники неморально-нитрофитные – *Alneta nemoro-nitropho-herbosa* (A-Nm\_Nt), ольшаники водно-болотные – *Alneta aqua-uliginoso-herbosa* (A-Wt).

*Alneta nitropho-herbosa* – самая большая по числу описаний группа. Группу нитрофитных осинников образуют следующие ассоциации: *Alnetum matteuccioso-urticosum*, *Alnetum deschampsiosum*, *Alnetum filipenduloso-urticosum*, *Alnetum urticoso-scirposum sylvatici*.

*Alneta nemoro-nitropho-herbosa* занимает приподнятые участки пойм лесных рек в пределах 1-го типа местности (см. рис. 1, 2). Группу образуют следующие ассоциации: *Alnetum aegopodioso-urticosum* и *Alnetum herboso-urticosum*.

*Alneta aqua-uliginoso-herbosa* приурочена к поймам малых рек 2-го типа местности (см. рис. 4, 5), а также участки, непосредственно примыкающие к урезу воды. Сообщества группы редко встречаются на рассматриваемой

территории. В состав этой группы входят следующие ассоциации: *Alnetum herboso-caricosum pseudocyperusi* и *Alnetum caricoso acutii-phragmitosum*.

### Заключение

Интенсивная хозяйственная деятельность в ландшафтах водно-ледниковых равнин в границах области преобразовала растительный покров. Значительные площади (особенно в пределах 2-го типа местности) распаханы и преобразованы в сельхозугодья.

Суффозионные западины и межзападинные пространства на водоразделах (1-й тип местности) заняты лесами (сосняками, березняками, осинниками) с доминированием в травяно-кустарничковом ярусе бореальных видов.

На междуречьях с маломощными флювиогляциальными отложениями (2-й тип местности) формируются сообщества с высоким участием видов неморальной ЭЦГ.

Сосняки бореальные являются редкими для области. В их составе произрастают очень редкие для области виды – *Rubus nessensis*, *Ledum palustre*, *Calluna vulgaris*.

### Библиографический список

1. **Леонова, Н. А.** Бореальные сосняки Окско-Донской равнины в пределах Пензенской области / Н. А. Леонова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2014. – № 2 (6). – С. 57–67.
2. **Артемова, С. Н.** Морфологическая структура ландшафтов Окско-Донской равнины в пределах Пензенской области / С. Н. Артемова, Н. А. Леонова // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. Естественные науки. – 2011. – № 25. – С. 644–650.
3. **Леонова, Н. А.** Растительный покров и редкие животные Окско-Донской равнины в пределах Пензенской области / Н. А. Леонова, В. Ю. Ильин // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 1 (17). – С. 71–87.
4. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.

### References

1. Leonova N. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2014, no. 2 (6), pp. 57–67.
2. Artemova S. N., Leonova N. A. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta im. V. G. Belinskogo. Estestvennye nauki* [Proceedings of Penza State Pedagogical University named after V. G. Belinsky. Natural sciences]. 2011, no. 25, pp. 644–650.
3. Leonova N. A., Il'in V. Yu. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2017, no. 1 (17), pp. 71–87.
4. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshogo SSSR)* [Vascular plants of Russia and adjacent territories (in the former USSR area)]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p.

***Леонова Наталья Алексеевна***

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра общей биологии и биохимии,  
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 general  
biology and biochemistry, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

---

УДК 581.55

**Леонова, Н. А.**

**Растительность лесостепных ландшафтов водно-ледниковых равнин в границах Пензенской области / Н. А. Леонова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 19–30. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-3.**

## ИНДИКАЦИЯ ХИМИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ РЕК ЮЖНОГО УРАЛА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВЫСШЕЙ ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* В настоящее время качество природных вод в основном оценивается физико-химическими методами по кратности превышения предельно допустимой концентрации содержания в них поллютантов. Но ряд гидрохимических анализов относительно дорог, и не всегда они дают интегральную оценку биологического качества вод. Поэтому актуальной задачей является изучение отклика водной биоты на антропогенное загрязнение природных водотоков для индикации содержания поллютантов в водах и замене ряда химических анализов на более дешевые биологические анализы. Цель работы – анализ возможности использования высшей водной растительности для индикации антропогенного загрязнения вод в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала.

*Материалы и методы.* Анализ постоянства (в долях единицы) 12 видов из группы высшей водной растительности проводился в районах 17 государственных водопостов, находящихся на реках, протекающих по территории Южного Урала с 2007 по 2016 г. В качестве химических характеристик на створах использовались показатели содержания в речных водах соединений марганца, никеля и железа, нефтепродуктов, фенолов, азота аммонийного, меди, цинка, сульфатов, хлоридов, азота нитритного.

*Результаты.* Впервые изучена динамика встречаемости видов водных растений на изученных участках рек Южного Урала. Выявлены сильные положительные и отрицательные корреляционные связи между постоянством некоторых видов водных растений с рядом гидрохимических показателей. Рассчитаны линейные регрессионные модели для возможности индикации концентрации поллютантов в речных водах по показателю встречаемости ряда видов из группы высшей водной растительности.

*Выводы.* Сочетание гидробиологических и гидрохимических анализов, по-видимому, позволит выявлять наиболее влияющие на водную флору поллютанты, что очень важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработать рекомендации по замене ряда химических анализов на более дешевые биологические анализы.

**Ключевые слова:** высшая водная растительность, Южный Урал, постоянство видов, гидрохимические поллютанты, индикация.

*B. Yu. Chaus*

## INDICATION OF CHEMICAL WATER POLLUTION OF RIVERS IN THE SOUTH URAL USING THE HIGHER AQUATIC FLORA

### Abstract.

*Background.* Now the quality of natural waters is generally estimated by physical and chemical methods on frequency rate of excess of maximum-permissible

concentration of maintenance of pollutant at them. But a number of hydrochemical analyses concerning roads and not always they give an integral assessment of biological quality of waters. Therefore, a relevant task is studying of a response of a water biota to anthropogenic pollution of natural water currents for indication of maintenance of pollutant in waters and replacement of a number of chemical analyses by cheaper biological analyses. The work purpose – the analysis of a possibility of use of the higher aquatic flora for indication of anthropogenic pollution of waters during environmental monitoring of the rivers of South Ural.

*Materials and methods.* The analysis of constancy (in unit shares) 12 views from group of the highest water vegetation was carried out in regions of 17 state water posts which are on the rivers flowing across the territory of South Ural from 2007 to 2016. The content indexes of such compounds in river waters as manganese, nickel and iron, oil products, phenols, nitrogen ammoniyny, coppers, zincum, sulfates, chlorides, a nitrite nitrogen were used as chemical characteristics on alignments.

*Results.* It is the first time when the dynamics of water plant species occurrence in the studied sections of rivers of the South Ural has been studied. The strong positive and negative correlative connections between constancy of some species of water plants with a number of hydrochemical parameters are revealed. The linear regression models for a possibility of indication of concentration of pollutant in river waters on an index of occurrence of a number of views from group of the highest water vegetation are calculated.

*Conclusions.* The combination of hydrobiological and hydrochemical analyses, apparently, will allow to reveal the pollutant who are most influencing water flora that is very important for acceptance of the technology solutions on a sewage disposal dumped to the rivers of South Ural and to develop recommendations about replacement of a number of chemical analyses by cheaper biological analyses.

**Key words:** higher aquatic florar, South Ural, constancy of types, hydrochemical pollutants, indication.

### **Введение**

Контроль качества вод рек осуществляется в настоящее время в основном посредством химических и физико-химических методов. Однако ряд гидрохимических анализов относительно дорог, и не всегда они дают интегральную оценку биологического качества вод. Этим недостатков лишены биологические методы (биоиндикация и биотестирование) оценки качества вод [1], для реализации которых разработано большое количество индексов и приемов, хорошо проанализированных в [2, 3] и в ряде других публикаций. Однако большинство из используемых показателей заканчиваются констатацией уровня загрязнения водного объекта по принципу – «чисто», «грязно» и т.п., но проблема влияния на биоту поллютантов, поступающих в поверхностные воды со сточными водами, остается открытой. Решение этой проблемы, по-видимому, будет возможным лишь при объединении гидрологических, физико-химических и биологических подходов, используемых в ходе экологического мониторинга вод. Создание долговременных региональных баз данных не только по результатам гидрологических и гидрохимических, но и гидробиологических исследований позволит выявить региональные индикаторные виды и степень их реагирования на сбрасываемые в воды химические вещества и их соединения. Подобную работу, очевидно, можно организовать в районах государственных водопостов (а не на произвольно выбранных участках рек), где систематически проводятся гидрологические и гидрохимические наблюдения.



Южный Урал и прилегающие к нему территории обладают хорошо развитой гидрологической сетью. Водная растительность тесно связана с гидрологическими особенностями водоема, размерами и морфометрией котловины, химическим составом вод, характером и распределением донных отложений и рядом других факторов [4]. Исходя из этого, можно отметить, что в реках Южного Урала необходима первоочередная работа по изучению характера распределения высшей водной растительности. Как, например, показали ранее проведенные исследования [5], для реки Белой в верхнем и среднем ее течениях характерна нимфеидно-элодеидная зона. Здесь прибрежно-водные макрофиты образуют разнообразные по структуре и биотопической приуроченности сообщества. Наряду с одноярусными ассоциациями нимфеидов и элодеидов встречаются двухярусные группировки, состоящие из ценобионтов двух этих зон. На ряде створов нимфеиды вместе с элодеидами образуют довольно значительные заросли, которые, по-видимому, являются мощным биофильтром, задерживающим взвешенные частицы, биогенные вещества и органику [6].

Цель данной работы – анализ возможности использования высшей водной растительности для индикации антропогенного загрязнения вод в ходе экологического мониторинга рек Южного Урала.

Для достижения цели с 2007 по 2016 г. решались следующие задачи:

– анализ постоянства представителей прибрежной высшей водной растительности (ВВР) в районах 17 государственных водопостов, находящихся на реках, протекающих по территории Южного Урала:

– анализ связи встречаемости видов ВВР с гидрохимическими показателями.

### Материалы и методы

Анализ динамики встречаемости представителей прибрежной ВВР в районах 17 государственных водопостов (рис. 1), находящихся на реках Южного Урала, осуществлялся в летнюю межень с 2007 по 2016 г.

На каждом створе исследования проводились на 10 участках (расстояние между участками составляло 100–150 м) с песочно-галечным грунтом.

Для оценки постоянства (встречаемости) видов на биотопах вычислялся показатель « $P$ » (доля) – отношение числа участков, на которых был встречен изучаемый вид, к общему числу участков на створе (в нашем исследовании  $n = 10$ ).

Категории постоянства видов определялись по материалам учебника А. С. Степановских [7]. В зависимости от значения постоянства вида на створе определялись следующие категории: постоянные виды – ( $P > 0,5$ ); добавочные виды – ( $P = 0,25–0,5$ ); случайные виды – ( $P < 0,25$ ). Определение видовой принадлежности ВВР проводилось непосредственно на створе по «Определителю высших растений Башкирской АССР» (1988, 1989) [8]. Сверка латинских названий растений проводилась по материалам С. К. Черепанова (1995) [9].

В качестве гидрохимических показателей использовались данные по среднегодовому содержанию в речных водах соединений марганца (Mn), никеля (Ni) и железа (Fe), нефтепродуктов (Н/п), фенолов (Фен), азота аммонийного ( $\text{NH}_4$ ), меди (Cu), цинка (Zn) [10].

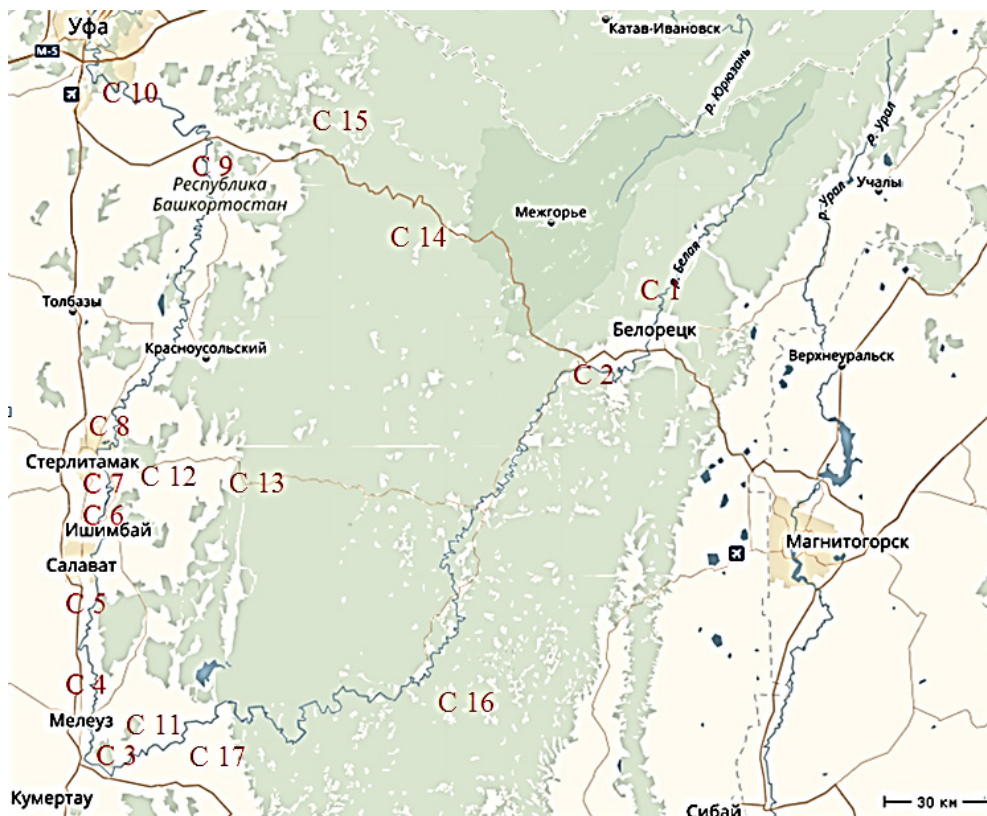


Рис. 1. Места расположения створов С1-С17 на реках Южного Урала и их географические координаты:

	На реке Белой:	широта	долгота
С1	Ж/д ст. «Шушпа»	54.096827	58.499923
С2	Д/о «Арский камень»	53.861158	58.268352
С3	выше г. Мелеуза	52.853895	55.937233
С4	ниже г. Мелеуза	52.978803	55.977960
С5	выше г. Салавата	53.322229	55.991038
С6	ниже г. Ишимбая	53.446660	56.013322
С7	выше г. Стерлитамака	53.625248	56.021175
С8	ниже г. Стерлитамака	53.723936	56.087104
С9	ниже п. Прибельский	54.395401	56.456165
С10	выше г. Уфы	54.649890	55.997872
С11	На р. Нугуш	53.022683	56.110847
С12	На р. Ашкадар	53.619521	55.973303
С13	На р. Селеук	53.377575	56.326615
С14	На р. Инзер	54.438901	57.117190
С15	На р. Юрюзань	55.295978	58.088021
С16	На р. Зилаир	52.227616	57.426696
С17	На р. Большой Ик	52.691861	56.576457

Статистическая обработка материала проводилась в прикладной программе MS Excel for Windows. Нормальность распределения показателя встречаемости видов ВВР на створах проверялась по критерию Шапиро – Уилки в программе Statistica 10. Сила связи между встречаемостью гидро-

бионтов и показателями содержания в водах химических поллютантов оценивалась по коэффициенту корреляции Пирсона.

Для проведения регрессионного анализа и интерпретации результатов использовался калькулятор онлайн-сервиса сайта Математического форума Math Help Planet [11]. Все статистические расчеты проводились при уровне значимости  $P = 0,05$  (95 %).

### Результаты

Всего в ходе исследований на реках Южного Урала было использовано 12 видов высшей водной растительности, принадлежащих к 9 родам, 7 семействам и 2 классам, которые легко определяются по внешним морфологическим признакам (что очень важно для проведения систематических гидробиологических мониторинговых наблюдений в районах государственных водопостов) и включенных в компьютеризированную базу данных [12].

Систематическая принадлежность видов ВВР, изученных в ходе исследования за период с 2007 по 2016 г.

#### Нимфеиды

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Частуховые (Alismataceae Vent., 1799)

Род: Стрелолист (*Sagittaria* L., 1753)

1. *Стрелолист обыкновенный* (*Sagittaria sagittifolia* L., 1753)

Семейство Сусаковые (Butomaceae Mirb., 1804)

Род Сусак (*Butomus* L., 1753)

2. *Сусак зонтичный* (*Butomus umbellatus* L., 1753)

#### Элодеиды

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Водокрасовые (Hydrocharitaceae Juss., 1789)

Род: Элодея (*Elodea* Michx., 1803)

3. *Элодея канадская* (*Elodea canadensis* Michx., 1803)

Род: Наяда (*Najas* L., 1753)

4. *Наяда морская* (*Najas marina* L., 1753)

Семейство: Рдестовые (Potamogetonaceae Rchb., 1828)

Род: Рдест (*Potamogeton* L., 1743)

5. *Рдест плавающий* (*Potamogeton natans* L., 1753)

6. *Рдест пронзеннолистный* (*Potamogeton perfoliatus* L., 1753)

7. *Рдест курчавый* (*Potamogeton crispus* L., 1753)

8. *Рдест гребенчатый* (*Stuckenia pectinata* (L.) Börner, 1912)

Класс: Двудольные (Magnoliopsida Brongn., 1843)

Семейство: Сланоягодниковые (Haloragaceae R.Br., nom. cons., 1814)

Род: Уруть (*Myriophyllum* L., 1753)

9. *Уруть колосистая* (*Myriophyllum spicatum* L., 1753)

#### Макрофитопланктон

Класс: Однодольные (Liliopsida Batsch, 1802)

Семейство: Ароидные (Araceae Juss., 1789)

Род: Ряска (*Lemna* L., 1753)

10. *Ряска малая* (*Lemna minor* L., 1753)

Род: Многокоренник (*Spirodela* Schleid., 1839)

11. *Многокоренник* (*Spirodela polyrhiza* Schleid., 1839)

Класс: Двудольные (Magnoliopsida Brongn., 1843)  
 Семейство: Роголистниковые (Ceratophyllaceae Gray, 1822, nom. cons.)  
 Род: Роголистник (*Ceratophyllum* L., 1753)  
 12. Роголистник погруженный (*Ceratophyllum demersum* L., 1753)

Средние показатели встречаемости представителей высшей водной растительности на изученных створах в районах государственных водопостов за период с 2007 по 2016 г. показаны на рис. 2.

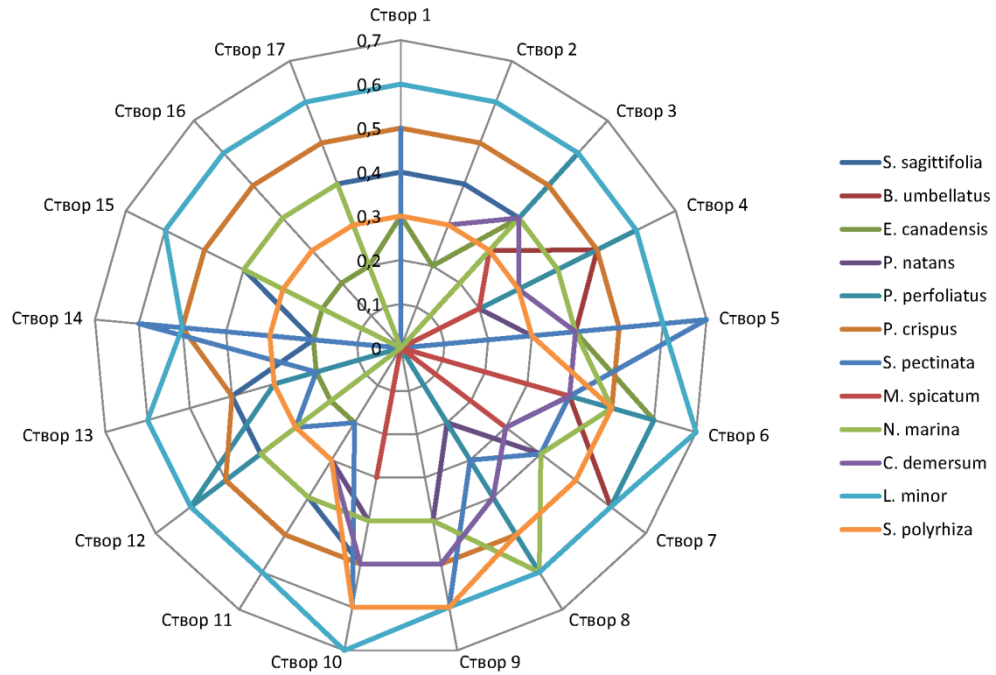


Рис. 2. Среднее постоянство видов ВВР на створах (1–17) рек Южного Урала за период с 2007 по 2016 г.

Анализ тесноты связи между постоянством видов ВВР с гидрохимическими показателями, а также регрессионные модели для индикации уровня содержания поллютантов по показателю постоянства прибрежных растений в реках Южного Урала представлены в табл. 1.

Таблица 1

Корреляционно(*r*)-регрессионные (УР) зависимости между постоянством видов ВВР (*Y*) и гидрохимическими поллютантами в кратности превышения ПДК (*x*), содержащимися в водах рек Южного Урала\*

<i>Y</i>	<i>x</i>	<i>r</i>	УР	$R^2$	<i>F</i>		<i>A</i> (%)
					<i>F</i> <sub>факт.</sub>	<i>F</i> <sub>табл.</sub>	
1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Река Белая</b>							
ДО «Арский камень»							
<i>B. umbellatus</i>	Н/п	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,7	23,7	5,0	23,8
<i>C. demersum</i>	Н/п	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,6	14,1	5,0	29,0

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
Ниже г. Ишимбай							
<i>P. pectinatus</i>	Fe	-0,8	$Y = -0,1x + 0,6$	0,7	18,4	5,0	21,7
<i>P. lucens</i>	Н/п	0,7	$Y = 0,8x - 0,6$	0,5	8,0	5,0	–
Ниже г. Стерлитамака							
<i>P. perfoliatus</i>	Fe	0,7	$Y = 0,1x + 0,2$	0,5	8,1	5,0	17,2
<i>N. marina</i>	Fe	0,8	$Y = 0,1x + 0,1$	0,6	13,1	5,0	12,6
<i>L. minor</i>	Fe	0,9	$Y = 0,2x - 0,1$	0,8	32,9	5,0	14,6
Выше г. Уфы							
<i>M. spicatum</i>	Fe	-0,8	$Y = -0,2x + 0,5$	0,6	13,5	5,0	28,5
Река Инзер (д. Азово)							
<i>P. pectinatus</i>	Fe	0,7	$Y = 0,2x + 0,2$	0,5	8,5	5,0	23,7
<i>E. canadensis</i>	Фен	0,8	$Y = 0,2x + 0,3$	0,6	17,0	5,0	14,4

**Примечание.** \* $r$  – коэффициент корреляции;  $R^2$  – коэффициент детерминации;  $F$  – критерии Фишера;  $A$  – средняя ошибка аппроксимации.

### Обсуждение

Анализ постоянства видов ВВР в реках Южного Урала показал, что по среднему показателю за период с 2007 по 2016 г. изученные виды растений на створах могут быть как постоянными (среднее значение  $P > 0,5$ ), так и добавочными (среднее значение  $P = 0,25-0,4$ ) и случайными (среднее значение  $P < 0,25$ ) (табл. 2).

Таблица 2

Категории постоянства видов ВВР на створах (1–17) рек Южного Урала за период с 2007 по 2016 г.

Створ	Категория постоянства		
	Постоянные виды	Добавочные виды	Случайные виды
1	2	3	4
1	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
2	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
3	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
4	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>P. natans</i> , <i>M. spicatum</i>

1	2	3	4
5	<i>P. perfoliatus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
6	<i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>M. spicatum</i>
7	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	
8	<i>B. umbellatus</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>N. marina</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>P. natans</i>
9	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>N. marina</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>C. demersum</i>	
10	<i>B. umbellatus</i> , <i>E. canadensis</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>L. minor</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i>	
11	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinata</i>
12	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>S. pectinate</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
13	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinate</i>
14	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>M. spicatum</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i> , <i>S. pectinate</i>
15	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
16	<i>P. perfoliatus</i> , <i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>
17	<i>L. minor</i>	<i>S. sagittifolia</i> , <i>B. umbellatus</i> , <i>P. natans</i> , <i>P. perfoliatus</i> , <i>P. crispus</i> , <i>N. marina</i> , <i>C. demersum</i> , <i>S. polyrhiza</i>	<i>E. canadensis</i>

Относительно стабильное постоянство (категория – постоянный вид) на всех изученных створах за годы исследований было характерно лишь для *L. minor*, что, по-видимому, связано с повышенным содержанием биогенных веществ в р. Южного Урала. Присутствие остальных видов ВВР (особенно, *E. canadensis* и *S. pectinate*) в реках Южного Урала обладает значительной динамикой. Такие виды ВВР, как *S. sagittifolia*, *B. umbellatus*, *P. natans*, *P. perfoliatus*, *P. crispus*, *S. pectinate*, *C. demersum* и *S. polyrhiza* можно охарактеризовать как добавочные виды в реках Южного Урала. Такой вид, как *M. spicatum*, на ряде створов относится к категории добавочных и случайных видов, что также, по-видимому, связано с экологическими условиями на изученных створах (грунт, скорость течения, химическое загрязнение и т.п.).

Как отмечают А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов [13], такие виды, как *N. marina* и *P. Pectinalis*, являются характерными для водоемов класса хлоридных вод. Массовое развитие рясковых указывает на неблагополучие в экосистеме. Обилие *L. minor* *S. polyrhiza*, помимо эвтрофирования, свидетельствует и о возможном сельскохозяйственном загрязнении. Многокоренник способен развиваться на концентрированных стоках животноводческих комплексов. Локальное интенсивное развитие рясковых указывает на места поступления биогенных веществ в водоемы. О наличии антропогенного воздействия на водные экосистемы свидетельствует сильное увеличение обилия *S. sagittifolia*, *E. canadensis*, *C. demersum* и *M. spicatum*.

По результатам корреляционного анализа связей между постоянством видов ВВР и содержанием в водах загрязняющих веществ можно отметить, что в большинстве случаев отмечается увеличение встречаемости водных растений при увеличении концентрации поллютантов, содержащихся в воде на ряде изученных участках рек Южного Урала ( $r = 0,7-0,9$ ). Так, можно отметить, что проявляется положительное влияние азота аммонийного на увеличение обилия *P. crispus* (р. Белая, р-н ж/д станции «Шушпа»), нефтепродуктов – на *B. umbellatus*, *C. demersum* (р. Белая, ДО «Арский камень») и *P. lucens* (р. Белая, ниже г. Ишимбай) и соединений железа – на *P. perfoliatus*, *N marina* и *L. minor* (р. Белая, ниже г. Стерлитамака, выше г. Уфы и р. Инзер, д. Азово).

Снижение встречаемости растений при повышении содержания поллютанта (в данном случае соединений железа) в водах рек Южного Урала отмечено для *P. pectinatus* (р. Белая, ниже г. Ишимбай,  $r = -0,8$ ) и *M. spicatum* (р. Белая, выше г. Уфы). Однако по показателю коэффициента детерминации ( $R^2$ ) можно составить индикационный ряд по степени убывания силы влияния на показатель встречаемости изученных видов водных растений поллютантов, содержащихся в воде рек Южного Урала на показатель: *L. minor* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака) → *B. umbellatus* (содержание нефтепродуктов в р. Белой, ДО «Арский камень»), *P. pectinatus* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Ишимбай) → *C. demersum* (содержание нефтепродуктов в р. Белой, ДО «Арский камень»), *N marina* (содержание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака), *M. Spicatum marina* (содержание соединений железа в р. Белой, выше г. Уфы), *E. canadensis* (содержание фенолов в р. Инзер, п. Азово) → *P. lucens* (содержание нефтепродуктов, в р. Белой, ДО «Арский камень»), *P. perfoliatus* (со-

держание соединений железа в р. Белой, ниже г. Стерлитамака) и *P. pectinatus* (содержание соединений железа в р. Инзер, п. Азово).

Статистические данные, представленные в табл. 1, позволят осуществлять индикацию содержания в воде химического поллютанта (в пределах 1 ПДК) по показателю постоянства определенных видов ВВР. Так, например, по показателю встречаемости (постоянства) *P. pectinatus* в р. Белой ниже г. Ишимбая  $\approx 0,5$  можно идентифицировать содержание соединений железа на уровне 1 ПДК (0,1 мг/л).

Такой методический подход в проведении индикации антропогенного загрязнения вод посредством изучения встречаемости и обилия высшей водной растительности, по-видимому, является эффективным и позволит выявлять наиболее влияющие на водную флору поллютанты. Это важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработки рекомендаций по замене ряда химических анализов на более дешевые методы биоиндикации.

### **Заключение**

Анализ встречаемости и обилия видов ВВР, произрастающих в реках Южного Урала, показал, что все виды изученных растений на створах могут быть как постоянными, так и добавочными и случайными. Относительное постоянство присутствия в реках Южного Урала характерно для *L. minor*. Присутствие остальных видов ВВР в реках Южного Урала является непостоянным и обладает определенной динамикой.

Наблюдается значительная сила связи между постоянством присутствия в водоемах ряда видов ВВР и химическими поллютантами на разнотипных речных участках. Наиболее перспективным для проведения индикации содержания соединений железа высшим водным растением, по-видимому, можно считать *L. minor* (р. Белая, ниже г. Стерлитамака) и *P. pectinatus* (р. Белая, ДО «Арский камень»), а для индикации содержания нефтепродуктов – *V. umbellatus* (р. Белая, ДО «Арский камень»).

Сочетание гидробиологических и гидрохимических анализов позволяет выявлять наиболее влияющие на водную флору поллютанты, что очень важно для принятия технологических решений по очистке сточных вод, сбрасываемых в реки Южного Урала и разработки рекомендаций по замене ряда химических анализов на более дешевые методы биоиндикации.

### **Библиографический список**

1. **Абакумов, В. А.** Гидробиологический мониторинг пресноводных экосистем и пути его совершенствования / В. А. Абакумов, Л. М. Суценья // Экологические модификации и критерии экологического нормирования : тр. Междунар. симп. – М., 1991. – С. 41–51.
2. **Булгаков, Н. Г.** Региональный экологический контроль на основе биотических и абиотических данных мониторинга / Н. Г. Булгаков, А. П. Левич, В. Н. Максимов // Экологический мониторинг : учеб. пособие / под ред. проф. Д. Б. Гелашвили. – Нижний Новгород : Изд-во Нижегородского ун-та, 2003. – Ч. 5. – С. 93–259.
3. **Шитиков, В. К.** Количественная гидроэкология: методы системной идентификации / В. К. Шитиков, Г. С. Розенберг, Т. Д. Зинченко. – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2003. – 463 с.



4. Высшие водные растения Беларуси: Эколого-биологическая характеристика, использование и охрана / под общ. ред. Г. С. Гигевич. – Минск : БГУ, 2001. – 231 с.
5. **Чаус, Б. Ю.** Оценка биоэкологического состояния реки Белой (Республика Башкортостан) по показателям обилия высшей водной растительности / Б. Ю. Чаус // *Путь науки*. – 2015. – № 11 (21). – С. 35–39.
6. **Горлова, Р. Н.** Макрофиты-индикаторы состояния водоема / Р. Н. Горлова // *Водные ресурсы*. – 1992. – № 6. – С. 59–73.
7. **Степановских, А. С.** Экология : учеб. для вузов / А. С. Степановских. – М. : ЮНИТИ-ДАНА, 2001. – 288 с.
8. Определитель высших растений Башкирской АССР / Ю. Е. Алексеев, Е. Б. Алексеев, К. К. Габбасов и др. – М. : Наука, 1988. – Ч. 1. – 316 с.
9. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – СПб. : Мир и семья, 1995. – 992 с.
10. Государственные доклады «О состоянии природных ресурсов и окружающей среды республики Башкортостан». – Уфа, 2007–2017. – URL: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (дата обращения: 27.09.2017).
11. URL: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>
12. **Чаус, Б. Ю.** Базы данных для совершенствования экологического мониторинга рек Южного Урала / Б. Ю. Чаус // *Актуальные проблемы науки и образования в современном вузе : материалы III Междунар. науч.-практ. конф. (г. Стерлитамак, 7–10 июня 2017 г.)* / отв. ред. А. И. Филиппов. – Стерлитамак : Стерлитамакский филиал БашГУ, 2017. – Ч. 1. – С. 237–240.
13. **Садчиков, А. П.** Экология прибрежно-водной растительности : учеб. пособие для студентов вузов / А. П. Садчиков, М. А. Кудряшов. – М. : Изд-во НИИ-Природа, РЭФИА, 2004. – 220 с.

### References

1. Abakumov V. A., Sushchenya L. M. *Ekologicheskie modifikatsii i kriterii ekologicheskogo normirovaniya: tr. Mezhdunar. simp.* [Ecological modifications and ecological standardization criteria: proceedings of an International symposium]. Moscow, 1991, pp. 41–51.
2. Bulgakov N. G., Levich A. P., Maksimov V. N. *Ekologicheskiy monitoring: ucheb. posobie* [Ecological monitoring: tutorial]. Nizhniy Novgorod: Izd-vo Nizhegorodskogo un-ta, 2003, part 5, pp. 93–259.
3. Shitikov V. K., Rozenberg G. S., Zinchenko T. D. *Kolichestvennaya gidroekologiya: metody sistemnoy identifikatsii* [Quantitative hydroecology: system identification methods]. Tolyatti: IEVB RAN, 2003, 463 p.
4. *Vysshie vodnye rasteniya Belarusi: Ekologo-biologicheskaya kharakteristika, ispol'zovanie i okhrana* [Higher aquatic flora of Belarus: ecological and biological characteristics, utilization and protection]. Ed. G. S. Gigevich. Minsk: BGU, 2001, 231 p.
5. Chaus B. Yu. *Put' nauki* [The path of science]. 2015, no. 11 (21), pp. 35–39.
6. Gorlova R. N. *Vodnye resursy* [Aquatic resources]. 1992, no. 6, pp. 59–73.
7. Stepanovskikh A. S. *Ekologiya: ucheb. dlya vuzov* [Ecology: teaching aid for universities]. Moscow: YuNITI-DANA, 2001, 288 p.
8. Alekseev Yu. E., Alekseev E. B., Gabbasov K. K. et al. *Opredelitel' vysshikh rasteniy Bashkirskoy ASSR* [The identifier of higher plants of Bashkir ASSR]. Moscow: Nauka, 1988, part 1, 316 p.
9. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)* [Vascular plants of Russia and adjacent states (in the former USSR area)]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p.
10. *Gosudarstvennye doklady «O sostoyanii prirodnikh resursov i okruzhayushchey sredy respubliki Bashkortostan»* [A state report “On the condition of natural resources and the

- environment of the Republic of Bashkortostan”]. Ufa, 2007–2017. Available at: <http://www.ecology.bashkortostan.ru/presscenter/lectures/> (accessed September 27, 2017).
11. Available at: <http://mathhelpplanet.com/static.php?p=onlayn-mnk-i-regressionniy-analiz>
12. Chaus B. Yu. *Aktual'nye problemy nauki i obrazovaniya v sovremennom vuze : materialy III Mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Sterlitamak, 7–10 iyunya 2017 g.)* [Topical scientific and educational problems in a modern university: proceedings of III International scientific and practical conference (Sterlitamak, 7<sup>th</sup>–10<sup>th</sup> June 2017)]. Sterlitamak: Sterlitamakskiy filial BashGU, 2017, part I, pp. 237–240.
13. Sadchikov A. P., Kudryashov M. A. *Ekologiya pribrezhno-vodnoy rastitel'nosti: ucheb. posobie dlya studentov vuzov* [Ecology of coastal water flora: tutorial for university students]. Moscow: Izd-vo NIA-Priroda, REFIA, 2004, 220 p.

---

**Чаус Борис Юрьевич**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биологии, Стерлитамакский  
филиал Башкирского государственного  
университета (Россия, г. Стерлитамак,  
проспект Ленина, 49)

E-mail: [chaus-str@mail.ru](mailto:chaus-str@mail.ru)

**Chaus Boris Yur'evich**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biology,  
Sterlitamak branch of Bashkir State  
University (49 Lenina avenue, Sterlitamak,  
Russia)

---

УДК 574

**Чаус, Б. Ю.**

**Индикация химического загрязнения воды рек Южного Урала с использованием высшей водной растительности / Б. Ю. Чаус // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 31–42. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-4.**

В. Д. Якушов

**ДИНАМИКА ЧИСЛЕННОСТИ МЕЛКИХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ  
СРЕДНЕЙ ЕНИСЕЙСКОЙ ТАЙГИ В 2016–2017 ГГ.****Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Мелкие млекопитающие – важный компонент экосистем, обладающий значительной биомассой и оказывающий существенное влияние как на функционирование экосистемы в целом, так и на отдельные ее компоненты. С колебаниями численности мелких млекопитающих связан успех охотничьего промысла ряда пушных видов и интенсивность функционирования природных очагов заболеваний, в том числе и опасных для человека. Изучение динамики численности мелких млекопитающих дает возможность найти подходы к прогнозированию численности этой важной для человека группы животных. Задачами работы являются выявление видового состава мелких млекопитающих средней Енисейской тайги, анализ динамики их численности, анализ погодных условий 2015–2017 гг., а также рассмотрение возможных причин снижения численности мелких млекопитающих в 2017 г.

*Материалы и методы.* Материалами для работы послужили сведения, полученные в ходе полевых исследований за период 2016–2017 гг. Район исследования – Енисейская экологическая станция «Мирное» Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова РАН (62°18' с.ш. 89°01' в.д.).

*Результаты.* За период исследований отловлен 2871 экземпляр мелких млекопитающих 18 видов, представителей отрядов Насекомоядные (Eulipotyphla), Грызуны (Rodentia) и Зайцеобразные (Lagomorpha). Обнаружено резкое падение численности мелких млекопитающих в 2017 г. по сравнению с 2016 г. В работе проанализированы погодные условия 2016–2017 гг. и выявлены критические для мелких млекопитающих периоды.

*Выводы.* Возможной причиной снижения численности мелких млекопитающих в 2017 г. является истребление кормовых ресурсов и, как следствие, возрастание миграционной активности, ужесточение конкуренции, приводящее к стрессу, ослаблению мелких млекопитающих и повышению их смертности.

**Ключевые слова:** мелкие млекопитающие, динамика численности, Енисейская тайга.

V. D. Yakushov

**DYNAMICS OF THE NUMBER OF SMALL MAMMALS  
IN THE MIDDLE YENISEY TAYGA IN 2016–2017****Abstract.**

*Background.* Small mammals are an important component of ecosystems that have a significant biomass and have a significant impact on both the functioning of the ecosystem as a whole and its individual components. With the fluctuations in the number of small mammals, the success of hunting for a number of fur-bearing species and the intensity of the functioning of natural foci of diseases, including those dangerous for humans, are associated. Studying the dynamics of the number of small mammals makes it possible to find approaches to predicting the abundance of this important group of animals. The objectives of the work are to identify the species

composition of small mammals in the middle Yenisey taiga, analyze their dynamics, analyze the weather conditions 2015–2017, and also consider possible causes of the decline in the number of small mammals in 2017.

*Materials and methods.* Materials for the work were information obtained for the period 2016–2017 in the course of field research. The study area is the Yenisei ecological station Mirnoe of the Institute for Ecology and Evolution of the Russian Academy of Sciences. AN Severtsova of the Russian Academy of Sciences (62°18'N, 89°01' E).

*Results.* A total of 2861 specimens of small mammals of 18 species, representatives of the orders of the Insectivores (Eulipotyphla), Rodents (Rodentia) and Lagomorpha (Lagomorpha) were caught during the study period. A sharp drop in the number of small mammals in 2017 was found in comparison with 2016. The weather conditions of 2016–2017 were analyzed. and revealed critical for small mammalian periods.

*Conclusions.* The possible reason for the decrease in the number of small mammals in 2017 is the destruction of feed resources and, as a consequence, the increase in migration activity, increased competition, leading to stress, weakening of small mammals and increasing their mortality.

**Key words:** small mammals, population dynamics, Yenisey taiga.

### **Введение**

Изучение динамики популяций – актуальное направление экологических исследований. Среди групп видов, чья численность существенно меняется год от года, одно из первых мест занимают мелкие млекопитающие. Актуальность изучения колебаний их численности имеет как фундаментальные, так и прикладные аспекты. Мелкие млекопитающие – важный компонент экосистем, обладающий значительной биомассой и оказывающий существенное влияние как на функционирование экосистемы в целом, так и на другие ее компоненты. С колебаниями численности мелких млекопитающих связан успех охотничьего промысла ряда пушных видов и интенсивность функционирования природных очагов заболеваний, в том числе и опасных для человека [1–6]. Поэтому изучение динамики численности мелких млекопитающих дает возможность найти подходы к прогнозированию численности этой важной для человека группы животных. Несмотря на многочисленные исследования [7–13], проблема динамики численности мелких млекопитающих до конца не решена, и при анализе конкретных ситуаций возникает много вопросов.

Данная работа является частью многолетних исследований структуры популяции и динамики численности мелких млекопитающих, проводимых на территории Енисейской экологической станции «Мирное» Института проблем экологии и эволюции им. А. Н. Северцова Российской академии наук (ИПЭЭ РАН) [14–16].

Задачи работы: 1) выявить видовой состав мелких млекопитающих окрестностей стационара «Мирное» в средней Енисейской тайге за период 2016–2017 гг.; 2) проанализировать динамику численности мелких млекопитающих средней Енисейской тайги в 2016–2017 гг.; 3) проанализировать погодные условия 2015–2017 гг.; 4) рассмотреть возможные причины резкого снижения численности мелких млекопитающих средней Енисейской тайги в 2017 г.

### Материалы и методы

В работе анализируются данные, полученные в результате исследований 2016–2017 гг. Сбор материала проводился в районе Енисейской экологической станции «Мирное» ИПЭЭ РАН им. А. Н. Северцова. Станция расположена на берегу р. Енисей в среднем течении (120 км ниже устья Подкаменной Тунгуски, 62°18' с.ш. 89°01' в.д.).

Исследованиями были охвачены основные местообитания обоих берегов Енисея. Млекопитающие отлавливались с помощью ловчих канавок, а там, где вырыть канавки невозможно, ставились заборчики [17–18].

В 2016 г. использовались 24 ловушки (16 канавок на правом берегу Енисея, 6 канавок и 2 заборчика на левом берегу). В августе 2017 г. выкопаны дополнительно 4 канавки (2 на правом берегу и 2 на левом). Отловы проводились два раза за сезон, в июне и в августе по 10 дней. Июньский отлов показывает численность перезимовавших животных (кроме того, в это время появляются первые сеголетки), а августовский – численность мелких млекопитающих, вступающих в зимовку. Общая площадь территории исследований составила около 7 км<sup>2</sup>. Всего отработано 1000 ловушко-суток: 480 ловушко-суток в 2016 г. и 520 ловушко-суток в 2017 г.

Канавки проверялись через день, последовательно на правом и левом берегах. Все пойманные экземпляры подвергались стандартной зоологической обработке [19]. Анализируемые в работе климатические данные взяты из открытых источников [20].

### Результаты и обсуждение

**Видовой состав.** Всего за период исследований отловлено 2871 экземпляр 18 видов мелких млекопитающих. В 2016 г. отловлено 2404 экземпляра мелких млекопитающих 18 видов, в 2017 г. – 467 экземпляров 16 видов.

Видовой состав включал следующих представителей: отряд Насекомоядные (Eulipotyphla) – 2 семейства 10 видов: семейство Кротовые (Talpida) – сибирский крот (*Talpa altaica*), семейство Землеройковые (Soricidae) – обыкновенная кутора (*Neomys fodiens*), обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*), средняя бурозубка (*S. caecutiens*), равнозубая бурозубка (*S. isodon*), плоскочерепная бурозубка (*S. roboratus*), крупнозубая бурозубка (*S. daphaenodon*), тундрная бурозубка (*S. tundrensis*), малая бурозубка (*S. minutus*), крошечная бурозубка (*S. minutissimus*); отряд Грызуны (Rodentia) – 2 семейства 7 видов: семейство Мышовковые (Sminthidae) – лесная мышовка (*Sicista betulina*), семейство Хомяковые (Cricetinae) – красная полевка (*Clethrionomys rutilus*), рыжая полевка (*C. glareolus*), красно-серая полевка (*C. rufocanus*), полевка-экономка (*Microtus oeconomus*), темная, или пашенная, полевка (*M. agrestis*), лесной лемминг (*Myopus schisticolor*); отряд Зайцеобразные (Lagomorpha) – 1 семейство 1 вид: семейство Пищуховые (Ochotonidae) – туруханская пищуха (*Ochotona turuchanensis*).

В отловах 2017 г. отсутствует крупнозубая бурозубка (*S. daphaenodon*) и туруханская пищуха (*O. turuchanensis*), в остальном видовой состав мелких млекопитающих исследований 2016–2017 гг. идентичен. Выявленный в ходе исследований видовой состав мелких млекопитающих в целом характерен для данной местности [21]. Не отмечены лишь некоторые виды грызунов (водяная полевка (*Arvicola terrestris*), мышь-малютка (*Micromys minutus*), се-

рая крыса (*Rattus norvegicus*), встречающиеся в окрестностях станции «Мирное» чрезвычайно редко [22].

**Динамика численности.** В 2017 г. наблюдалось резкое снижение численности мелких млекопитающих по сравнению с 2016 г. Так, в 2016 г. отловлены 2404 экземпляра, а в 2017 г. – 467 экземпляров. Отлов млекопитающих в августе, т.е. в конце лета, показывает примерную численность млекопитающих, вступающих в зимовку. Данные июньского отлова характеризуют количество зверьков, оставшихся после зимовки. В августе 2016 г. отловлены 1765 экземпляров, а в июне 2017 г. – 119 (рис. 1). Особенно велико различие в количестве пойманных представителей семейства землеройковых. Например, число пойманных экземпляров *S. caecutiens* весной 2017 г. снизилось в 22 раза по сравнению с осенью 2016 г. (с 530 до 24 экземпляров); *S. araneus* – с 483 до 1 экземпляра; *S. isodon* весной 2017 г. не отмечен. Численность грызунов также снизилась: количество пойманных экземпляров *M. oeconomus* уменьшилось в 2 раза (с 107 до 50); *C. rutilus* – в 8 раз (с 132 до 15) и т.д.

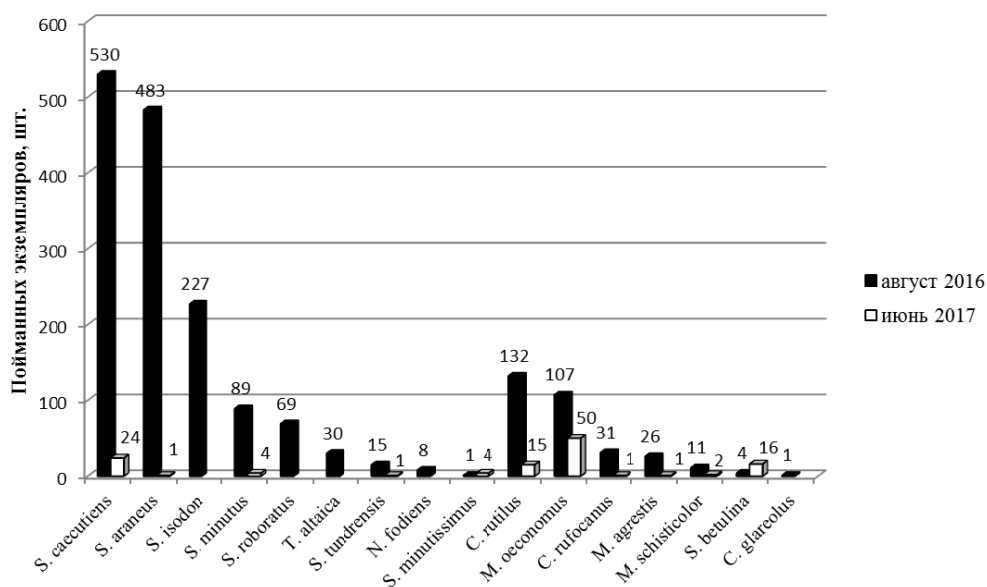


Рис. 1. Сравнение численности мелких млекопитающих в августе 2016 г. и июне 2017 г. Августовский отлов показывает численность млекопитающих, вступающих в зимовку, июньский – численность перезимовавших мелких млекопитающих

**Погодные условия в 2015–2017 гг.** Защитные свойства снежного покрова имеют большое значение для мелких млекопитающих, особенно для землероек, которые не имеют своих нор, а находят укрытие в чужой норе либо в каком-либо убежище: под корнями растений, в чужих норах и т.д. Кроме того, землеройки в основном питаются почвенными беспозвоночными, которые сами гибнут или уходят в более глубокие слои почвы при похолодании. Наблюдения показывают, что в начале зимы, когда снег еще неглубок, на его поверхности встречаются многочисленные следы полевок и землероек, а уже при глубине снежного покрова около пяти сантиметров мелкие млекопитающие начинают прокладывать ходы под снегом [23].

Территория исследований характеризуется глубоким и стабильным снежным покровом, что исключает возможность вымерзания животных в зимний период. Для мелких млекопитающих особенно критичны весенний и осенний периоды, так как осенью морозы могут наступить раньше, чем установится стабильный снежный покров, а весной велик риск возвратных холодов, когда снег уже растаял.

Осенью 2015 г. среднесуточная температура была положительной до 30 сентября, даты установления стабильного снежного покрова можно увидеть на рис. 2. На мелких млекопитающих такие условия не могли сказаться отрицательно. Зима 2015–2016 гг. характеризовалась глубоким снежным покровом, надежно защищающим мелких млекопитающих вплоть до весеннего снеготаяния. Средняя температура мая 2016 г. – +3 °С, минимальная – –9 °С, максимальная – +25 °С. Глубина снежного покрова снизилась до критической отметки в 5 см 3 мая, после чего среднесуточная температура была отрицательной (до –5 °С) в течение 6 суток (рис. 3). Такие условия могут быть критичны для мелких млекопитающих, особенно для землероек, не имеющих собственных нор, однако в 2016 г. их численность, как и численность грызунов, оставалась высокой.

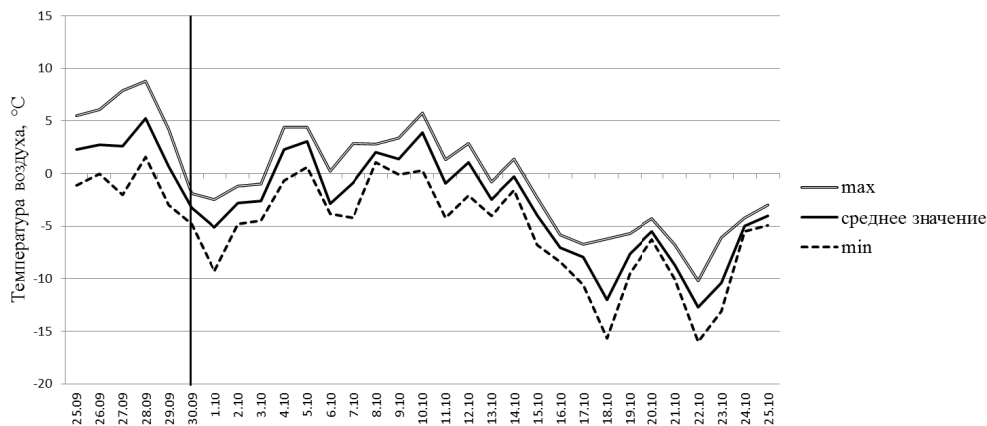


Рис. 2. Температура воздуха осенью 2015 г. Вертикальной чертой обозначена дата установления стабильного снежного покрова

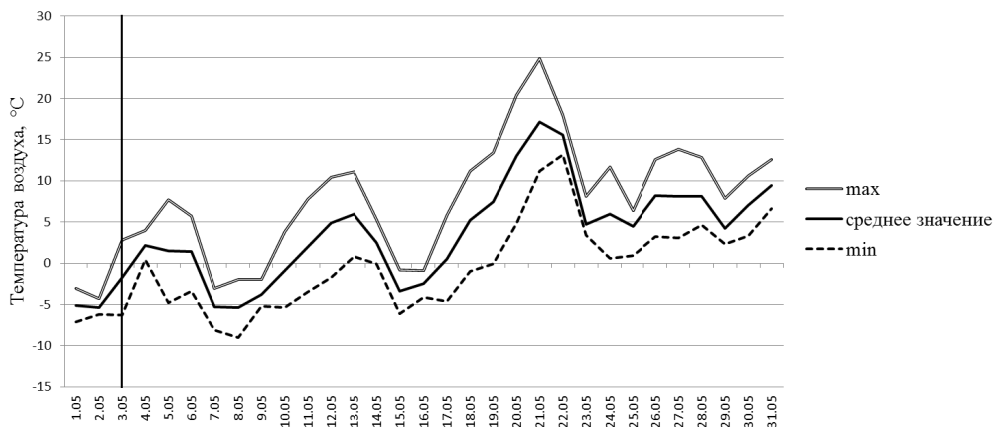


Рис. 3. Температура воздуха весной 2016 г. Вертикальной чертой обозначена дата снижения глубины снежного покрова до критических для мелких млекопитающих 5 см

Осенью 2016 г. стабильный снежный покров установился 18 октября (рис. 4), в течение 10 суток до этого среднесуточная температура была отрицательной (до  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что могло отрицательно сказаться на выживаемости мелких млекопитающих. Зима 2016–2017 гг., как и предыдущая, отличалась стабильно глубоким снежным покровом. Средняя температура мая 2017 г.  $+4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , минимальное значение  $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$ , максимальное  $+23\text{ }^{\circ}\text{C}$  выше нуля. 11 мая глубина снежного покрова уменьшилась до критических 5 см, после этого среднесуточная температура снизилась до отрицательных значений в течение двух суток (до  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), что также могло отрицательно сказаться на численности мелких млекопитающих (рис. 5).

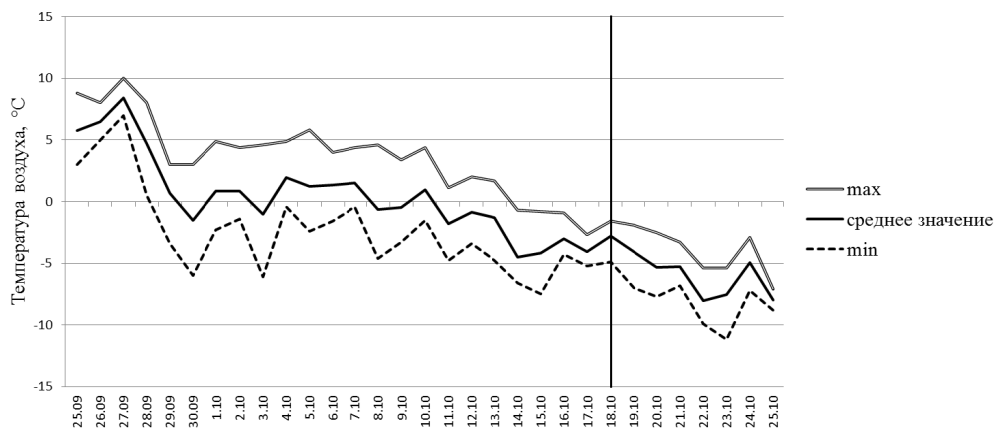


Рис. 4. Температура воздуха осенью 2016 г. Вертикальной чертой обозначена дата установления стабильного снежного покрова

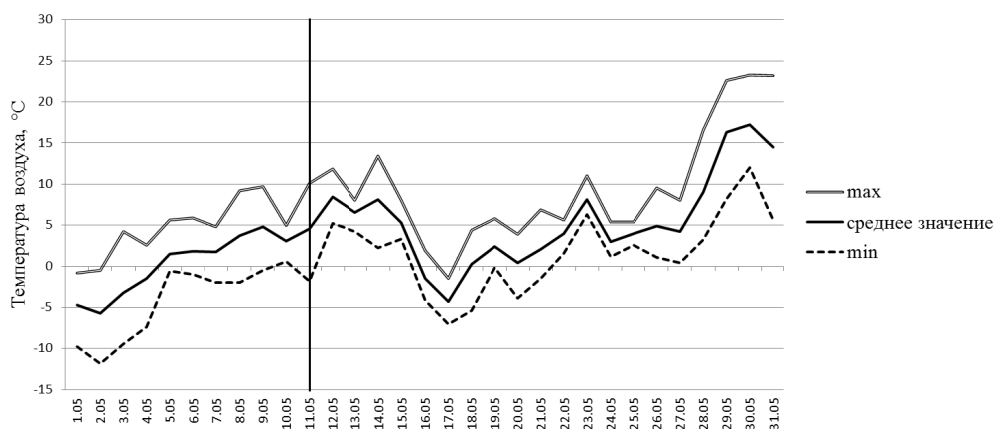


Рис. 5. Температура воздуха весной 2017 г. Вертикальной чертой обозначена дата снижения глубины снежного покрова до критических для мелких млекопитающих 5 см

Климатические условия 2015–2017 гг. в целом сходны: зимой стабильный снежный покров защищает мелких млекопитающих от морозов, после весеннего снеготаяния температура воздуха изредка может понижаться до  $-4\text{--}5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Основное отличие осеннего и весеннего периодов заключается в том, что после весеннего снеготаяния норная система заполнена водой, а осенью влажность не такая высокая, в связи с этим именно весенний период



особенно критичен для мелких млекопитающих. Поэтому климатические условия осенних периодов вряд ли могли вызвать столь серьезное снижение численности мелких млекопитающих.

*Причины снижения численности.* В целом климатические условия 2015–2017 г. идентичны: зимой глубокий снежный покров надежно защищает мелких млекопитающих от воздействия отрицательных температур, после весеннего снеготаяния среднесуточная температура была отрицательной в течение малого промежутка времени. Незначительные отличия осенних периодов 2015–2016 гг. не могли вызвать столь серьезное падение численности мелких млекопитающих.

При достижении критической плотности возрастает миграционная активность животных, следовательно, они становятся более уязвимыми для хищников, что влечет за собой снижение численности мелких млекопитающих. Для леммингов тундры подобная ситуация описана в работе Т. В. Кошкиной [24]: в годы значительного подъема численности леммингов их расселение и сезонные перемещения принимают характер массовых миграций на дальние расстояния, во время которых лемминги становятся особо уязвимыми для хищников. Так, кроме хищников-специалистов (песца, полярной совы и зимняка), леммингов в массе истребляют чайки и даже северные олени.

В тайге хищников-специалистов немного (ласки, горностаи и совы), а генералист только один (соболь), поэтому хищники не могут оказать серьезного влияния на численность мелких млекопитающих.

Возможно, популяция мелких млекопитающих в 2016 г. достигла критической плотности, при которой серьезно подорвались кормовые ресурсы, зимой они окончательно иссякли, между мелкими млекопитающими ужесточилась конкуренция, стычки стали более частыми, что привело к стрессу и, как следствие, к ослаблению мелких млекопитающих. Зависящее от плотности популяции поведение животных запускает и контролирует нейроэндокринные регуляторные механизмы, ведущие к замедлению темпа размножения, созревания, обуславливающие смертность из-за «болезней адаптации» или через ослабление защитных барьеров на пути инфекции [25–27].

### Заключение

В ходе исследований выявлено 18 видов мелких млекопитающих, представителей отрядов Насекомоядные (Eulipotyphla), Грызуны (Rodentia), Зайцеобразные (Lagomorpha). В отловах 2017 г. не отмечена крупнозубая бурозубка (*S. daphaenodon*) и туруханская пищуха (*O. turuchanensis*).

В 2017 г. наблюдалось резкое снижение численности мелких млекопитающих по сравнению с 2016 г.

В целом климатические условия 2015–2017 гг. идентичны: зима характеризуется низкими температурами (до  $-44$  °C) и стабильным глубоким снежным покровом (до 70 см), после весеннего снеготаяния среднесуточная температура была отрицательной (до  $-5$  °C) в течение нескольких дней. Различны лишь условия осенних периодов 2015–2016 гг.: осенью 2015 г. температура воздуха снизилась до отрицательных значений одновременно с установлением стабильного снежного покрова, а осенью 2016 г. среднесуточная температура в течение 10 дней до установления стабильного снежного покрова была отрицательной (до  $-4$  °C).

Возможной причиной снижения численности мелких млекопитающих в 2017 г. является истребление кормовых ресурсов и, как следствие, возрастание миграционной активности, ужесточение конкуренции, приводящее к стрессу, ослаблению мелких млекопитающих и повышению их смертности.

**Библиографический список**

1. **Вергун, А. А.** Грызуны – переносчики возбудителей инфекционных болезней / А. А. Вергун, А. Н. Симонов, А. П. Цапко // Ветеринарная служба Ставрополя. – 2011. – № 3. – С. 32–34.
2. **Лаврова, М. Я.** Некоторые особенности биологии полевок-экономок (*Microtus oeconomus* Pall.) и течение лептоспирозной эпизоотии среди них на западе Московской области / М. Я. Лаврова, Е. В. Прохорова, Л. В. Лист // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1960. – Т. 65, вып. 2. – С. 13–24.
3. **Олсуфьев, Н. Г.** Эпизоотология (природная очаговость) туляремии / Т. Н. Дунаева // Туляремия / под ред. Н. Г. Олсуфьева, Г. П. Руднева. – М. : Медгиз, 1960. – С. 136–206.
4. **Андрейчев, А. В.** Роль мышевидных грызунов в циркуляции возбудителей природно-очаговых заболеваний в республике Мордовия / А. В. Андрейчев, Е. И. Боярова, В. А. Кузнецов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2016. – Т. 18, № 5–2. – С. 186–191.
5. **Монахов, В. Г.** Сравнительная характеристика зимнего питания соболя (*Martes zibellina*) и лесной куницы (*Martes martes*, Carnivora, Mustelidae) в Приуралье / В. Г. Монахов // Зоологический журнал. – 2016. – Т. 95, № 9. – С. 1087–1095.
6. **Якимова, А. Е.** Мелкие млекопитающие в питании хищников европейской тайги / А. Е. Якимова // Ученые записки Петрозаводского государственного университета. – 2012. – № 8–1 (129). – С. 32–36.
7. **Кошкина, Т. В.** Взаимоотношения близких видов мелких грызунов и регуляция их численности / Т. В. Кошкина // Фауна и экология грызунов. – 1966. – № 8. – С. 5–27.
8. Влияние локального истребления на население и структуру популяции грызунов лесных биоценозов / В. Н. Большаков, В. Н. Бойков, Ф. И. Бойкова, Н. С. Гашев, Н. Г. Евдокимов, Л. П. Шарова // Экология. – 1973. – № 6. – С. 57–65.
9. **Виноградов, Б. С.** Материалы по динамике фауны мышевидных грызунов СССР (Исторический обзор массовых размножений) / Б. С. Виноградов. – Л., 1934. – 62 с.
10. **Юдин, Б. С.** Насекомоядные млекопитающие Сибири / Б. С. Юдин. – Новосибирск : Наука, 1971. – 170 с.
11. **Рогачева, Э. В.** Фауна, экологические особенности размещения и движения численности мелких млекопитающих Енисейской средней тайги / Э. В. Рогачева, А. В. Сапогов, Б. И. Шефтель // Биологические ресурсы, биоценозы и промышленное хозяйство Туруханской тайги : материалы Первого науч.-произв. совещ. – М., 1977. – С. 172–180.
12. **Куприянова, И. Ф.** Биотопические группировки мелких млекопитающих и динамика их численных взаимоотношений на юге Архангельской области / И. Ф. Куприянова // Фауна и экология позвоночных животных : сб. тр. / под ред. А. В. Михеева. – М. : Наука, 1978. – С. 114–130.
13. **Докучаев, Н. Е.** Механизмы популяционной динамики бурозубок Северо-Восточной Сибири / Н. Е. Докучаев // Биологические проблемы Севера : тез. докл. X Всесоюз. симп. – Магадан, 1983. – Вып. 2. – С. 20–21.
14. **Сапогов, А. В.** Экологическая характеристика популяций землероек и грызунов района стационара «Мирное» / А. В. Сапогов, Б. И. Шефтель, А. Б. Готфрид //

- Биологические ресурсы, биоценозы, промысловое хозяйство Туруханской тайги : материалы Первого науч.-произв. совещ. – М., 1977. – С. 102–111.
15. **Захаров, В. М.** Изменение климата и популяционная динамика: возможные последствия (на примере мелких млекопитающих в центральной Сибири) / В. М. Захаров, Б. И. Шефтель, С. Г. Дмитриев // *Успехи современной биологии*. – 2011. – Т. 131, № 5. – С. 435–439.
  16. **Sheftel, V. I.** Long-term and seasonal dynamics of shrews in Central Siberia / V. I. Sheftel // *Annales Zoologici Fennici*. – 1989. – Vol. 26. – P. 357–369.
  17. **Новиков, Г. А.** Полевые исследования экологии наземных позвоночных животных / Г. А. Новиков. – Л. : Советская наука, 1949. – 602 с.
  18. **Наумов, Н. П.** Изучение подвижности и численности мелких млекопитающих с помощью ловчих канавок / Н. П. Наумов // *Вопросы краевой, общей и экспериментальной паразитологии и медицинской зоологии* : сб. ст. / под общ. ред. Е. Н. Павловского. – М. : Медгиз, 1955. – Т. 9. – С. 179–202.
  19. **Тупикова, Н. В.** Изучение размножения и возрастного состава популяций мелких млекопитающих / Н. В. Тупикова // *Методы изучения природных очагов болезней человека* / под ред. П. А. Петрищевой, Н. Г. Олсуфьева. – М. : Медицина, 1964. – С. 154–191.
  20. Расписание погоды. – URL: <http://rp5.ru>
  21. **Шефтель, Б. И.** Зональные особенности населения насекомоядных млекопитающих Енисейской тайги и лесотундры / Б. И. Шефтель // *Животный мир Енисейской тайги и лесотундры и природная зональность* : сб. ст. / отв. ред. Е. Е. Сыроечковский. – М. : Наука, 1983. – С. 184–203.
  22. **Шефтель, Б. И.** Фауна наземных позвоночных животных государственного биосферного заповедника «Центральносибирский». Мелкие млекопитающие / Б. И. Шефтель // *Труды государственного заповедника «Центральносибирский»* / ред. А. Н. Зырянов. – Красноярск : Поликор, 2012. – Вып. 2 (4). – С. 68–77.
  23. **Формозов, А. Н.** Снежный покров как фактор среды, его значение в жизни млекопитающих и птиц / А. Н. Формозов. – М. : Изд-во МГУ, 1990. – 287 с.
  24. **Кошкина, Т. В.** О факторах динамики численности леммингов / Т. В. Кошкина // *Фауна и экология грызунов*. – 1970. – № 9. – С. 11–61.
  25. **Башенина, Н. В.** Значение теории стресса для понимания механизмов динамики численности мелких грызунов / Н. В. Башенина // *Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический*. – 1963. – Т. 68, вып. 6. – С. 5–13.
  26. **Завьялов, Е. Л.** Стресс в популяциях млекопитающих и новые подходы к оценке его изменчивости : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Завьялов Е. Л. – Новосибирск, 2000. – 16 с.
  27. **Роговин, К. А.** Авторегуляция численности в популяциях млекопитающих и стресс (штрихи к давно написанной картине) / К. А. Роговин, М. П. Мошкин // *Журнал общей биологии*. – 2007. – Т. 68, № 4. – С. 244–267.

### References

1. Vergun A. A., Simonov A. N., Tsapko A. P. *Veterinarnaya sluzhba Stavropol'ya* [Stavropol regional veterinary service]. 2011, no. 3, pp. 32–34.
2. Lavrova M. Ya., Prokhorova E. V., List L. V. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskij* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists]. 1960, vol. 65, iss. 2, pp. 13–24.
3. Olsuf'ev N. G., Dunaeva T. N. *Tulyaremiya* [Tularemia]. Moscow: Medgiz, 1960, pp. 136–206.
4. Andreychev A. V., Boyarova E. I., Kuznetsov V. A. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Bulletin of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2016, vol. 18, no. 5–2, pp. 186–191.

5. Monakhov V. G. *Zoologicheskiy zhurnal* [Zoological journal]. 2016, vol. 95, no. 9, pp. 1087–1095.
6. Yakimova A. E. *Uchenye zapiski Petrozavodskogo gosudarstvennogo universiteta* [Proceedings of Petrozavodsk State University]. 2012, no. 8–1 (129), pp. 32–36.
7. Koshkina T. V. *Fauna i ekologiya gryzunov* [The fauna and ecology of vermins]. 1966, № 8, pp. 5–27.
8. Bol'shakov V. N., Boykov V. N., Boykova F. I., Gashev N. S., Evdokimov N. G., Sharova L. P. *Ekologiya* [Ecology]. 1973, no. 6, pp. 57–65.
9. Vinogradov B. S. *Materialy po dinamike fauny myshevidnykh gryzunov SSSR (Istoricheskiy obzor massovykh razmnozheniy)* [Proceedings on the dynamics of murine vermin fauna in the USSR (a historical review of mass dissemination)]. Leningrad, 1934, 62 p.
10. Yudin B. S. *Nasekomoyadnye mlekopitayushchie Sibiri* [Insectivorous vermins of Siberia]. Novosibirsk: Nauka, 1971, 170 p.
11. Rogacheva E. V., Sapogov A. V., Sheftel' B. I. *Biologicheskie resursy, biotsenozy i promyslovoe khozyaystvo Turukhanskoy taygi: materialy Pervogo nauch.-proizv. soveshch.* [Biological resources, biocenoses and commercial production of the Turukhansk taiga: proceedings of the First scientific and productional conference]. Moscow, 1977, pp. 172–180.
12. Kupriyanova I. F. *Fauna i ekologiya pozvonochnykh zhivotnykh: sb. tr.* [Fauna and ecology of vertebrates: collected articles]. Moscow: Nauka, 1978, pp. 114–130.
13. Dokuchaev N. E. *Biologicheskie problemy Severa: tez. dokl. Kh Vsesoyuz. simp.* [Biological problems of the North: report theses of X All-USSR symposium]. Magadan, 1983, iss. 2, pp. 20–21.
14. Sapogov A. V., Sheftel' B. I., Gotfrid A. B. *Biologicheskie resursy, biotsenozy, promyslovoe khozyaystvo Turukhanskoy taygi: materialy Pervogo nauch.-proizv. soveshch.* [Biological resources, biocenoses and commercial production of the Turukhansk taiga: proceedings of the First scientific and productional conference]. Moscow, 1977, pp. 102–111.
15. Zakharov V. M., Sheftel' B. I., Dmitriev S. G. *Uspekhi sovremennoy biologii* [Progress of modern biology]. 2011, vol. 131, no. 5, pp. 435–439.
16. Sheftel' B. I. *Annales Zoologici Fennici*. 1989, vol. 26, pp. 357–369.
17. Novikov G. A. *Polevye issledovaniya ekologii nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh* [Field research of the ecology of terraneous vertebrates]. Leningrad: Sovetskaya nauka, 1949, 602 p.
18. Naumov N. P. *Voprosy kraevoy, obshchey i eksperimental'noy parazitologii i meditsinskoj zoologii: sb. st.* [Questions of boundary, general and experimental parasitology and medical zoology: collected articles]. Moscow: Medgiz, 1955, vol. 9, pp. 179–202.
19. Tupikova N. V. *Metody izucheniya prirodnykh ochagov bolezney cheloveka* [Methods of studying natural human disease foci]. Moscow: Meditsina, 1964, pp. 154–191.
20. *Raspisanie pogody* [Weather schedule]. Available at: <http://rp5.ru>
21. Sheftel' B. I. *Zhivotnyy mir Eniseyskoy taygi i lesotundry i prirodnaya zonal'nost': sb. st.* [The fauna of the Yenisey taiga and forest-tundra and the natural zoning: collected articles]. Moscow: Nauka, 1983, pp. 184–203.
22. Sheftel' B. I. *Trudy gosudarstvennogo zapovednika «Tsentral'nosibirskiy»* [Proceedings of the “Tsentralnosibirsky” state reserve]. Krasnoyarsk: Polikor, 2012, iss. 2 (4), pp. 68–77.
23. Formozov A. N. *Snezhnyy pokrov kak faktor sredy, ego znachenie v zhizni mlekopitayushchikh i ptits* [Snow cover as an environmental factor, its importance in the life of mammals and birds]. Moscow: Izd-vo MGU, 1990, 287 p.
24. Koshkina T. V. *Fauna i ekologiya gryzunov* [Fauna and ecology of vermins]. 1970, no. 9, pp. 11–61.

25. Bashenina N. V. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskij* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological department]. 1963, vol. 68, iss. 6, pp. 5–13.
26. Zav'yalov E. L. *Stress v populyatsiyakh mlekopitayushchikh i novye podkhody k otsenke ego izmenchivosti: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Stress in mammal populations and new approaches to estimating its variability: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Novosibirsk, 2000, 16 p.
27. Rogovin K. A., Moshkin M. P. *Zhurnal obshchey biologii* [Journal of general biology]. 2007, vol. 68, no. 4, pp. 244–267.

---

**Якушов Василий Дмитриевич**

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

E-mail: bio.yakushev@gmail.com

**Yakushov Vasily Dmitrievich**

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

---

УДК 574.34+599.32/.35(571.51)

**Якушов, В. Д.**

**Динамика численности мелких млекопитающих средней Енисейской тайги в 2016–2017 гг. / В. Д. Якушов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 43–53. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-5.**

А. М. Сафаров, Г. Ф. Шайдулина, Е. С. Афанасьева

## ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ИЗМЕНЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ВЕЩЕСТВ В АТМОСФЕРНОМ ВОЗДУХЕ (НА ПРИМЕРЕ г. СТЕРЛИТАМАКА)

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Изучение изменения химического состава атмосферного воздуха города с высоким уровнем загрязнения нефтехимическими предприятиями необходимо для соблюдения его санитарного гигиенического состава. В статье представлены статистические модели изменения концентрации веществ в атмосферном воздухе г. Стерлитамака. Разработаны модели факторной регрессии концентрации 1,2-дихлорэтана и диоксида азота в жилой зоне г. Стерлитамака в период преобладания опасных ветровых режимов.

*Материалы и методы.* В настоящем исследовании построены: модели временного ряда ежечасных концентраций оксида углерода (II), оксидов азота, сероводорода, диоксида серы, винилхлорида, 1,2-дихлорэтана, о-ксилола, m,p-ксилола, фенола, метанола, этилбензола, хлороформа, озона, этилена в атмосферном воздухе жилой зоны г. Стерлитамака за два периода (2010–2012 гг. и 2015–2017 гг.); а также модели факторной регрессии ежечасных концентраций 1,2-дихлорэтана и диоксида азота за различные промежутки времени.

*Результаты.* Согласно сравнительному анализу построенных ARIMA-моделей концентраций веществ за 2010–2012 гг. и 2015–2017 гг. химические вещества условно разделили на две группы, отличительным признаком которых является возможность применения метода анализа временного ряда для прогнозирования. Полученные модели факторной регрессии 1,2-дихлорэтана имеют высокую степень адекватности. Сопоставимость экспериментальных и прогнозных значений диоксида азота, полученных с помощью факторной регрессии, не учитывающей влияние источников загрязнения, мала.

*Выводы.* Использование для моделирования изменения концентрации вещества в жилой зоне города совместно с результатами контроля промышленных выбросов позволяет получить адекватную модель для специфических компонентов. Для прогнозирования содержания общераспространенных загрязняющих веществ достаточно результатов контроля химического состава атмосферного воздуха жилой зоны. Сиюминутная концентрация 1,2-дихлорэтана в воздухе с высокой точностью описывается факторной регрессией с учетом концентраций выброса на источнике загрязнения. Изменения концентрации диоксида азота в воздухе закономерны и постоянны. Для прогнозирования концентрации диоксида азота возможно использование моделей временного ряда.

**Ключевые слова:** ARIMA-модель, атмосферный воздух, коэффициент детерминации, кросскорреляционная функция, метеорологические условия, 1,2-дихлорэтан, оксиды азота, прогнозирование, статистическая модель, факторная регрессия.

A. M. Safarov, G. F. Shaydulina, E. S. Afanas'eva

## CONSTRUCTION OF MODELS OF SUBSTANCE CONCENTRATION CHANGING IN THE ATMOSPHERIC AIR (BY THE EXAMPLE OF STERLITAMAK)

### Abstract.

*Background.* The study of the change in the chemical composition of the atmospheric air of a city with a high level of contamination by petrochemical enterprises is necessary for compliance with its sanitary hygienic composition. The article presents statistical models of the change in the concentration of substances in the atmospheric air of Sterlitamak. Models of factor regression of the concentration of 1,2-dichloroethane and nitrogen dioxide in the residential zone of Sterlitamak during the period of prevalence of dangerous wind conditions have been developed.

*Materials and methods.* In the present study, models of a time series of hourly concentrations of carbon monoxide (II), nitrogen oxides, hydrogen sulphide, sulfur dioxide, vinyl chloride, 1,2-dichloroethane, o-xylene, m, p-xylene, phenol, methanol, ethyl benzene, chloroform, ozone, ethylene in the atmospheric air of the residential zone of Sterlitamak for 2 periods (2010–2012 and 2015–2017); as well as models of factorial regression of hourly concentrations of 1,2-dichloroethane and nitrogen dioxide at different time intervals.

*Results.* According to the comparative analysis of ARIMA-models of concentrations of substances for 2010–2012, and 2015–2017. chemical substances were conditionally divided into 2 groups, the distinguishing feature of which is the possibility of using the time series analysis method for forecasting. The obtained models of factor regression of 1,2-dichloroethane have a high degree of adequacy. The comparability of the experimental and predicted values of nitrogen dioxide obtained by factorial regression that does not take into account the influence of pollution sources is small.

*Conclusions.* The use of a change in the concentration of a substance in a residential area of the city together with the results of monitoring industrial emissions allows one to obtain an adequate model for specific components. To predict the content of common pollutants, the results of monitoring the chemical composition of atmospheric air in a residential area are sufficient. The momentary concentration of 1,2-dichloroethane in air is described with high accuracy by factorial regression, taking into account the emission concentrations at the pollution source. Changes in the concentration of nitrogen dioxide in the air are regular and constant. To predict the concentration of nitrogen dioxide, it is possible to use time series models.

**Key words:** ARIMA-model, atmosphere, coefficient of determination, cross-correlation function, factor regression, forecasting, 1,2-dichloroethane, oxides of nitrogen, statistical model, weather conditions.

Атмосферный воздух – динамичная среда. Химический состав воздуха изменяется быстро. В воздухе происходит большое количество химических реакций за короткий промежуток времени. Скорость и характер протекающих процессов зависят от метеорологических условий, солнечной радиации, характерной особенности местности. Динамика изменения химического состава атмосферы на территории, характеризующейся глобальным фоновым загрязнением, мала. Изменение концентрации веществ в данном случае закономерно и предсказуемо. Интерес для исследования представляют города с действующими промышленными комплексами. Изучение и прогнозирование

ние химического состава атмосферы города крайне необходимо для соблюдения санитарного гигиенического состава воздуха.

Для прогнозирования химического состава воздуха необходимо найти наиболее подходящий метод моделирования. Вследствие того, что воздух является динамичной средой и в нем протекает множество процессов (химические реакции, электромагнитные колебания, электрические разряды, испарение и выделение влаги, магнитные поля и др.), подобрать адекватную модель изменений достаточно сложно. Для этого применяют различные способы моделирования, выбирая наиболее экономически выгодный и подходящий для постоянного применения его вариант. В настоящее время одними из наиболее распространенных в различных областях знаний и часто используемых являются статистические модели.

Город Стерлитамак в республике Башкортостан является одним из крупных промышленных городов с высоким уровнем загрязнения атмосферного воздуха. На территории города располагаются предприятия по производству кальцинированной соды, агидолов, поливинилхлорида, строительных материалов, каучуков, а также ТЭЦ, оказывающие негативное влияние на санитарно-гигиеническое состояние воздуха в населенной части города.

### **Материалы и методы**

В настоящем исследовании были построены: модели временного ряда ежечасных концентраций оксида углерода (II), оксидов азота, сероводорода, диоксида серы, винилхлорида, 1,2-дихлорэтана, о-ксилола, m,p-ксилола, фенола, метанола, этилбензола, хлороформа, озона, этилена в атмосферном воздухе жилой зоны г. Стерлитамака за два периода (2010–2012 гг. и 2015–2017 гг.); а также модели факторной регрессии ежечасных концентраций 1,2-дихлорэтана и диоксида азота за различные промежутки времени.

Для построения моделей факторной регрессии концентрации 1,2-дихлорэтана использованы данные метеорологических параметров (температура, влажность воздуха и скорость ветра) и концентрация вещества в жилой зоне, полученные на автоматической станции контроля атмосферного воздуха и в выбросе с источника загрязнения. Для построения аналогичных моделей концентрации диоксида азота – метеорологические данные и концентрации  $\text{NO}_2$  в жилой зоне.

Автоматическая станция контроля атмосферного воздуха (АСКАВ), установлена в г. Стерлитамаке по ул. Фурманова в зоне влияния промышленного предприятия. На станции фиксируется содержание в атмосферном воздухе жилой зоны города загрязняющих веществ глобального распространения, характеризующихся множественностью источников поступления в воздух, и специфичных органических и неорганических токсикантов, выбрасываемых источниками промышленных выбросов города. Таким образом, мониторинг атмосферного воздуха в г. Стерлитамаке осуществляется во взаимосвязи с контролем промышленных выбросов крупных предприятий. Одним из веществ, контролируемых непосредственно на источнике выброса предприятия, является 1,2-дихлорэтан.

### **Результаты**

В результате исследования химического состава атмосферного воздуха г. Стерлитамака выявлено, что изменение концентрации токсикантов обу-



словлено случайными факторами, к которым можно отнести метеорологические параметры, неравномерный и непостоянный выброс с источников загрязнения атмосферного воздуха, реакции, протекающие в атмосфере, присутствие в воздухе реакционных компонентов, солнечная радиация. Вклад трендового и сезонного компонентов в общую изменчивость временных рядов мал. Построенные ARIMA-модели временных рядов концентрации веществ в атмосферном воздухе города за 2010–2012 гг. и 2015–2017 гг. представлены в табл 1.

Таблица 1

Сравнительный анализ ARIMA-моделей концентрации веществ в атмосферном воздухе жилой зоны г. Стерлитамака за 2010–2012 гг. и 2015–2017 гг.

Токсикант	2010–2012 гг.		2015–2017 гг.	
	Модель	R <sup>2</sup>	Модель	R <sup>2</sup>
CO	$y_t = 0,3y_{t-1} + 0,96\epsilon_{t-1}$	0,22	$y_t = 0,38y_{t-1} + 0,52\epsilon_{t-1}$	0,94
NO	$y_t = 0,58y_{t-1} + 0,97\epsilon_{t-1}$	0,63	$y_t = 0,48y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,61
NO <sub>2</sub>	$y_t = 0,67y_{t-1} + 0,96\epsilon_{t-1}$	0,7	$y_t = 0,61y_{t-1} + 0,97\epsilon_{t-1}$	0,67
NO <sub>x</sub>	$y_t = 0,66y_{t-1} + 0,96\epsilon_{t-1}$	0,66	$y_t = 0,64y_{t-1} + 0,96\epsilon_{t-1}$	0,7
SO <sub>2</sub>	$y_t = 0,14y_{t-1} + 0,95\epsilon_{t-1}$	0,36	$y_t = 0,58y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,69
H <sub>2</sub> S	$y_t = 0,29y_{t-1} + 0,77\epsilon_{t-1}$	0,49	$y_t = 0,54y_{t-1} + 0,88\epsilon_{t-1}$	0,72
CH <sub>2</sub> =CHCl	$y_t = 0,37y_{t-1} + 0,97\epsilon_{t-1}$	0,3	$y_t = 0,44y_{t-1} + 0,9\epsilon_{t-1}$	0,62
1,2-C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> Cl	$y_t = 0,41y_{t-1} + 0,96\epsilon_{t-1}$	0,5	$y_t = 0,07y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,31
o-C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	$y_t = -0,37y_{t-1} + 0,21\epsilon_{t-1}$	0,05	$y_t = 0,53y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,64
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH	$y_t = 0,33y_{t-1} + 0,92\epsilon_{t-1}$	0,25	$y_t = -0,07y_{t-1} + 0,65y_{t-2} + 0,34\epsilon_{t-1}$	0,28
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -C <sub>2</sub> H <sub>5</sub>	$y_t = 0,48y_{t-1} + 0,9\epsilon_{t-1}$	0,31	$y_t = 0,63y_{t-1} + 0,95\epsilon_{t-1}$	0,72
CH <sub>3</sub> OH	$y_t = 0,28y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,38	$y_t = 0,15y_{t-1} + 0,63\epsilon_{t-1}$	0,64
CHCl <sub>3</sub>	$y_t = 0,306y_{t-1} - 0,04y_{t-2} + 0,63\epsilon_{t-1} + 0,36\epsilon_{t-2}$	0,32	$y_t = 0,58y_{t-1} + 0,93\epsilon_{t-1}$	0,7
m,p-C <sub>8</sub> H <sub>10</sub>	$y_t = 0,19\epsilon_{t-1} + 0,8\epsilon_{t-2}$	0,45	$y_t = 0,78y_{t-1} - 0,34\epsilon_{t-1}$	0,06
O <sub>3</sub>	$y_t = 0,54\epsilon_{t-1}$	0,77	$y_t = 0,79y_{t-1} + 0,94\epsilon_{t-1}$	0,88
C <sub>2</sub> H <sub>4</sub>	$y_t = 0,07\epsilon_{t-1}$	0,13	$y_t = 0,37y_{t-1} + 0,93\epsilon_{t-1}$	0,54

Согласно сравнительному анализу ARIMA-моделей концентраций веществ за 2010–2012 гг. и 2015–2017 гг. химические вещества можно условно разделить на две группы.

К первой группе относятся NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Модели изменения концентрации для этих веществ одинаковы, а коэффициенты детерминации высокие.

Вклад случайных параметров, которые в разные года отличаются, составляет 30–39 %. Таким образом, концентрация веществ этой группы в воздухе является практически постоянной или закономерность ее изменений сохраняется со временем.

Ко *второй* группе относятся 1,2-С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>ОН, m,p-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, СО, Н<sub>2</sub>С, SO<sub>2</sub>, СН<sub>2</sub>=СНCl, o-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>-С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>, СН<sub>3</sub>ОН, СНCl<sub>3</sub>, О<sub>3</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>. ARIMA-модели за 2010–2012 гг. и 2015–2017 гг. для этих веществ оказались различными, а их концентрации в атмосферном воздухе изменяются в широком диапазоне. Однозначно установить закономерность изменения их концентрации в атмосферном воздухе жилой зоны г. Стерлитамака с помощью моделей авторегрессии практически невозможно. Прежде всего это связано с большими статистическими ошибками прогнозирования концентрации 1,2-С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>ОН, m,p-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, СО, Н<sub>2</sub>С, SO<sub>2</sub>, СН<sub>2</sub>=СНCl, o-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>-С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>, СН<sub>3</sub>ОН, СНCl<sub>3</sub>, О<sub>3</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> в воздухе с помощью этого способа моделирования.

На основе проведенных первичных исследований и анализа данных можно заключить следующее.

Прогнозирование качества городского воздуха на основе моделей, построенных по данным за предыдущие периоды, возможно только для веществ глобального распространения, таких как NO, NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>. Коэффициенты детерминации моделей изменений концентраций для этих веществ за периоды нашего исследования (2010–2012 гг. и 2015–2017 гг.) достаточно высоки (выше 0,5). Следовательно, вне зависимости от характера рассеивания токсикантов в воздухе и происходящих в воздухе химических превращений, существует надежная возможность с помощью моделей регрессии, построенных по значениям концентраций загрязняющих веществ за предыдущие моменты времени, спрогнозировать содержание оксидов азота в атмосферном воздухе в будущем. Эта возможность показана даже для городов с развитой промышленностью и высокой загруженностью автомобильных дорог.

Вследствие большого диапазона варьирования концентрации для 1,2-С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub>Cl<sub>2</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>ОН, m,p-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, СО, Н<sub>2</sub>С, SO<sub>2</sub>, СН<sub>2</sub>=СНCl, o-С<sub>8</sub>Н<sub>10</sub>, С<sub>6</sub>Н<sub>5</sub>-С<sub>2</sub>Н<sub>5</sub>, СН<sub>3</sub>ОН, СНCl<sub>3</sub>, О<sub>3</sub>, С<sub>2</sub>Н<sub>4</sub> составить достоверный прогноз на основе данных за предыдущие периоды слежения невозможно.

Факторы, влияющие на изменение концентрации загрязняющих веществ в воздухе (объем и состав выбросов предприятий, количество источников загрязнения, увеличение количества автомобилей на дорогах, среднегодовое количество осадков и среднегодовая температура воздуха), непостоянны во времени. Поэтому для более точного математического описания изменений концентрации таких веществ необходимо использование текущих их параметров.

Наибольшее влияние на изменение концентрации загрязняющих веществ в воздухе оказывают метеорологические (ветровой режим, температура, влажность, давление воздуха) условия, а также объем и состав выбросов с промышленных источников. В связи с этим на следующем этапе исследования был проведен сравнительный анализ моделей, учитывающих влияние метеорологических условий, а также источников загрязнения. Например, в г. Стерлитамаке на предприятиях – потенциальных источниках загрязнения воздуха – фиксируются этилен и 1,2-дихлорэтан.

Установлено, что изменения концентрации этилена и 1,2-дихлорэтана в жилой зоне г. Стерлитамака отмечаются при северном по направлению от промышленных предприятий ветре. Для иллюстрации этого были построены модели факторной регрессии ежечасных концентраций 1,2-дихлорэтана. Выбраны временные периоды с наибольшей повторяемостью ветра северного направления. В частности, получены модели зависимости концентрации 1,2-дихлорэтана от его концентрации на источнике выброса и метеорологических параметров (скорость ветра, влажность и температура воздуха), а также модели зависимости концентраций диоксида азота от погодных условий.

*Модели зависимости концентрации 1,2-дихлорэтана.*

Модель 1. 25–26.04.2010. Метеорологические условия: северный ветер 1–2 м/с, температура 8,8 °С, влажность 82 %. До временного периода, учитываемого при моделировании, был зафиксирован ветер южного направления. Средняя концентрация 1,2-дихлорэтана в выбросе составляла 49,91 мг/м<sup>3</sup>.

На основе результатов кросскорреляционной функции (рис. 1) для моделирования в качестве факторов, оказывающих влияние на концентрацию 1,2-дихлорэтана в воздухе жилого района, были использованы данные по содержанию загрязняющего вещества в выбросе в текущий момент и за предыдущие 1 и 2 ч. В результате была получена следующая модель:

$$q_{1,2-C_2H_4Cl_2} = 1,68v - 0,37T - 0,18\varphi + 0,0003I_0 + 0,04I_1 + 0,006T\varphi + 0,017vI_0 + 0,017TI_0 + 0,1vT + 0,001\varphi I_0 + 0,023v\varphi + 0,0008I_0I_1 + 0,03vI_1 + 0,002TI_1 - 0,0006\varphi I_1 + 0,001\varphi I_2 - 0,0001I_1I_2 - 0,009vTI_0 - 0,0002v\varphi I_0 - 0,0001vI_0I_1 - 0,003vTI_1 + 0,01vTI_2 + 0,000001\varphi TI_0I_1,$$

где  $I_0$  – концентрация вещества на источнике в период времени  $t$ ;  $I_1$  – концентрация вещества на источнике в период времени  $t - 1$ ;  $I_2$  – концентрация вещества на источнике в период времени  $t - 2$ ;  $T$  – температура атмосферного воздуха;  $v$  – скорость ветра,  $\varphi$  – влажность атмосферного воздуха.

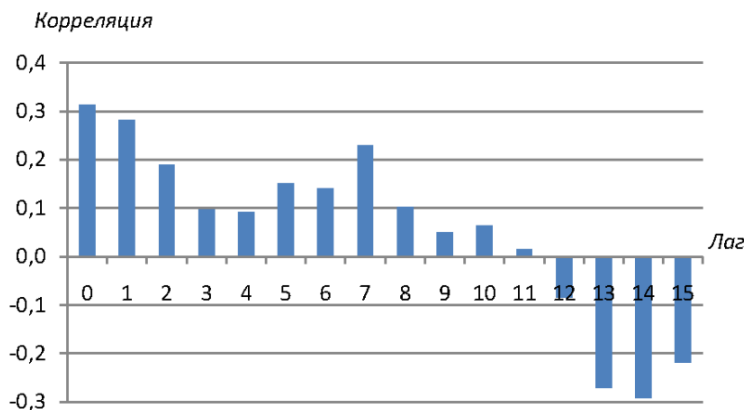


Рис. 1. Кросскорреляционная функция между концентрацией 1,2-дихлорэтана на АСКАВ и на источнике

Результаты сопоставления полученной модели с данными, полученными на станции, представлены на рис. 2.

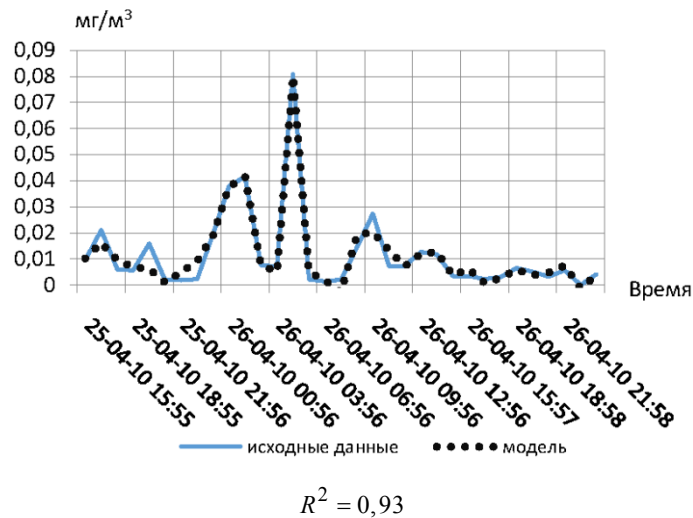


Рис. 2. Сопоставление полученной модели изменения концентрации 1,2-дихлорэтана с экспериментальными данными

Модель 2. 30.08–02.09.2017. Метеорологические условия: северный ветер 1–3 м/с, температура 20 °С, влажность 60 %. До временного периода, учитываемого при моделировании, наблюдался слабый южный ветер. На источнике средняя концентрация 1,2-дихлорэтана составляла 4,1 мг/м<sup>3</sup>.

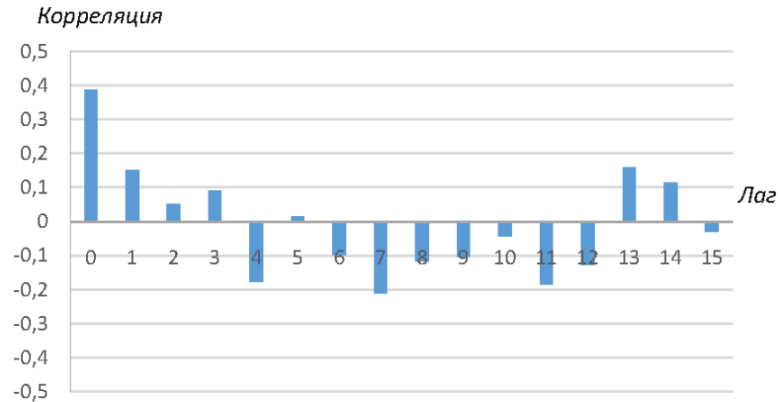


Рис. 3. Кросскорреляционная функция между концентрацией 1,2-дихлорэтана на станции забора воздуха и на источнике

На основе результатов кросскорреляционной функции (рис. 3) для моделирования в качестве факторов, оказывающих влияние на содержание 1,2-дихлорэтана, были использованы данные по концентрации загрязняющего вещества в выбросе в текущий момент и за предыдущий час. В результате была получена следующая модель:

$$\begin{aligned}
q_{1,2-C_2H_4Cl_2} = & 0,24v - 0,033T - 0,004\varphi + 0,065I_0 - 0,175I_1 + 0,003T\varphi - 0,109vI_0 + \\
& + 0,002TI_0 - 0,0004vT - 0,001\varphi I_0 + 0,001v\varphi + 0,032I_0I_1 + 0,008vI_1 + 0,015TI_1 + \\
& + 0,003\varphi I_1 + 0,003vTI_0 + 0,0008v\varphi I_0 + 0,007vI_0I_1 - 0,002vTI_1 - 0,002TI_0I_1 - \\
& - 0,002\varphi I_0I_1 + 0,0001T\varphi I_0 - 0,0001\varphi TI_1 - 0,001v\varphi I_1 - 0,0001v\varphi T - \\
& - 0,000003v\varphi TI_0 + 0,00008v\varphi TI_1.
\end{aligned}$$

Результаты сопоставления полученной модели с данными, полученными на АСКАВ, представлены на рис. 4.

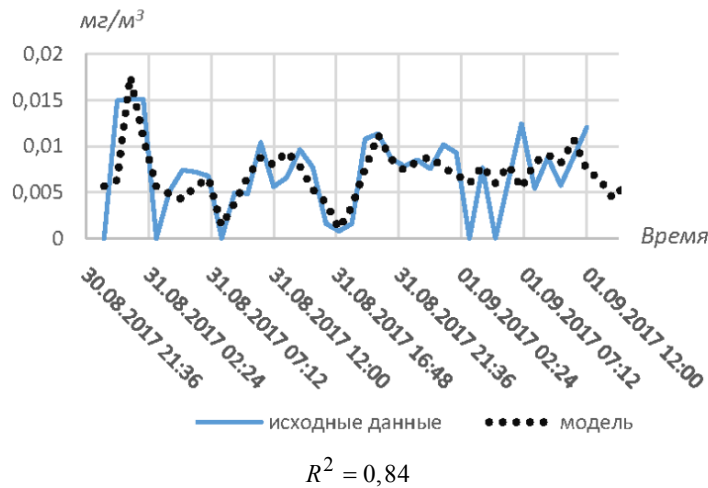


Рис. 4. Сопоставление полученной модели изменения концентрации 1,2-дихлорэтана с экспериментальными данными

Две рассмотренные выше модели описывают временные периоды с преобладанием ветра северного направления. При этом точки регистрации концентрации загрязнений подобраны таким образом, что влияние источника выброса на содержание 1,2-дихлорэтана отмечается через одинаковый промежуток времени (0–1 ч). Временной период 24–26.04.2010 отличается от периода 30.08–02.09.2017 более низким температурным режимом, высокой влажностью, а также высокой концентрацией 1,2-дихлорэтана в источнике выброса (в 12 раз больше). Полученные для двух временных промежутков модели характеризуются различными коэффициентами регрессии по абсолютному значению, что может быть обусловлено широким рядом причин (различием в объеме выброса с индустриального источника, уровень солнечной радиации и др.). Однако примечательным является то, что направление влияния коэффициентов регрессии при  $I_0$ ,  $T$ ,  $\varphi$ ,  $v$ ,  $v\varphi$ ,  $I_0I_1$ ,  $TI_0$ ,  $TI_1$ ,  $\varphi T$ ,  $vI_1$ ,  $vTI_1$  на общую изменчивость концентрации 1,2-дихлорэтана одинаково для обеих моделей. Данный факт свидетельствует о том, что на изменение концентрации 1,2-дихлорэтана однонаправленное влияние могут оказывать как отдельные параметры, так и их группы.

*Модели зависимости концентрации диоксида азота.*

Модель 3. 24–26.06.2012 г. Метеорологические условия: северный ветер 2–4 м/с, температура 22 °С, влажность 61 %:

$$q_{\text{NO}_2} = 0,026v - 0,004T - 0,001\varphi + 0,0001vT + \\ + 0,00008v\varphi + 0,0001\varphi T - 0,00003v\varphi T.$$

Результаты сопоставления полученной модели с данными, полученными на АСКАВ, представлены на рис. 5.

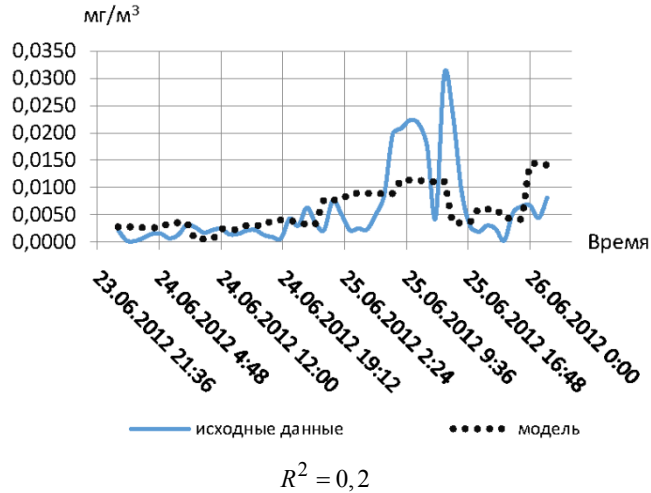


Рис. 5. Сопоставление полученной модели изменения концентрации диоксида азота с экспериментальными данными

Модель 4. 02–03.01.2016. Метеорологические условия: северный ветер 1–5 м/с, температура  $-19^\circ\text{C}$ , влажность 69 %:

$$q_{\text{NO}_2} = -0,013v + 0,0003T + 0,000007\varphi - 0,001T + \\ + 0,0002v\varphi - 0,00001\varphi T + 0,00002v\varphi T.$$

Результаты сопоставления полученной модели с данными, полученными на АСКАВ, представлены на рис. 6.

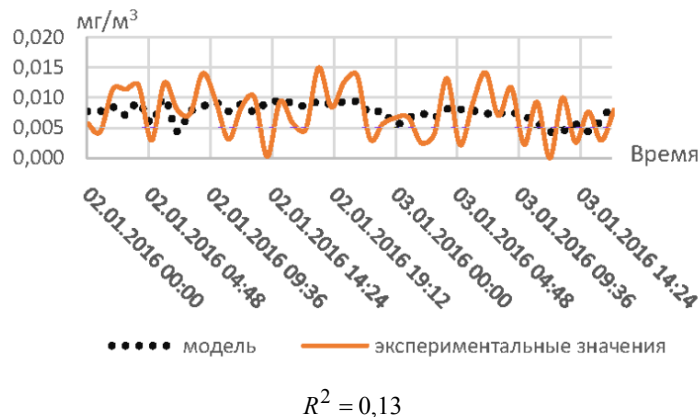


Рис. 6. Сопоставление полученной модели изменения концентрации диоксида азота с экспериментальными данными

Достоверность полученных моделей изменения концентрации  $\text{NO}_2$  мала. Влияние метеорологических условий объясняет лишь 13–20 % изменчивости концентрации диоксида азота. Влияние остальных, не учтенных в модели факторов (например, объемы выброса с источников загрязнения, содержание в атмосфере реагирующих веществ и др.), достигает высоких значений – 87 %.

На основе проведенных исследований сделаны следующие **выводы**:

1. Дана оценка применимости различных математических моделей для прогнозирования загрязненности атмосферного воздуха в городе с развитой промышленностью (на примере г. Стерлитамака Республики Башкортостан) веществами глобального распространения (на примере диоксида азота) и специфичными компонентами, характерными для определенного источника загрязнения (на примере 1,2-дихлорэтана). Для моделирования использовались массивы данных, полученные с АСКАВ в жилотной зоне и с датчиков автоматического контроля на источниках промышленных выбросов. Показано, что использование для моделирования изменения концентрации вещества в жилой зоне города совместно с результатами контроля промышленных выбросов позволяет получить адекватную модель для специфических компонентов. Для прогнозирования содержания общераспространенных загрязняющих веществ достаточно результатов контроля химического состава атмосферного воздуха жилой зоны.

2. Полученные модели временного ряда описывают с невысокой точностью изменения концентрации 1,2-дихлорэтана в атмосферном воздухе города. Прогнозирование изменения концентрации этого токсиканта на основе данных за предыдущие периоды невозможно. Сиюминутная концентрация 1,2-дихлорэтана в воздухе с высокой точностью описывается факторной регрессией с учетом концентраций выброса на источнике загрязнения. Для рассмотренных двух временных периодов модели обладают высоким коэффициентом детерминации. Факторы, учитываемые в модели, описывают 84–93 % изменчивости концентрации этого вещества, что указывает на возможность использования полученной модели при прогнозировании уровня загрязнений воздуха.

3. Изменения концентрации диоксида азота в воздухе закономерны и постоянны. Для прогнозирования концентрации данного токсиканта возможно использование моделей временного ряда. Построенные модели факторной регрессии изменения концентрации диоксида азота имеют низкий коэффициент детерминации. Использование моделей факторной регрессии, не учитывающих влияние источника загрязнения, следует признать неэффективным.

4. Факторы, оказывающие влияние на химический состав атмосферного воздуха, динамично изменяются. Нами выявлено, что использовать для прогнозирования модели, построенные по показаниям в предыдущие периоды слежения, нельзя. Закономерность изменения концентрации веществ, особенно опасных и поступающих в атмосферный воздух в результате хозяйственной деятельности человека, однозначно установить на длительный срок практически невозможно. Причинами этого являются непостоянство выбросов с источника загрязнения, метеорологические условия (среднегодовые температура, количество осадков, количество дней со штилем отличаются). Для та-

ких веществ наиболее подходящими являются модели факторной регрессии, учитывающие влияние метеорологических условий и количественные параметры выброса с источника загрязнения. Эти модели позволяют описать изменение концентрации веществ в динамично изменяющихся условиях. Также достоинством этих моделей является использование данных за короткий срок. Для построения модели не требуются огромные массивы данных за большой период времени, поэтому использование факторной регрессии является экономически целесообразным.

#### **Библиографический список**

1. **Вересников, В. С.** Прогнозирование параметров экологического мониторинга / В. С. Вересников // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2007. – № 4. – С. 58–64.
2. **Гребенюк, Е. А.** Построение моделей, описывающих динамику изменения во времени концентраций загрязняющих веществ в атмосфере / Е. А. Гребенюк // Control sciences. – 2008. – № 6. – С. 42–50.
3. **Елисеева, И. И.** Эконометрика : учебник / И. И. Елисеева, И. И. Курышева, Т. В. Костеева. – 2-е изд. – М. : Финансы и статистика, 2007. – 576 с.
4. **Ковалев, Р. А.** Моделирование процессов распространения загрязняющих веществ в атмосфере промышленного региона / Р. А. Ковалев, В. М. Панарин, Ю. Н. Пушилина // Известия Тульского государственного университета. Сер.: Науки о земле. – 2009. – № 5. – С. 22–27.
5. Эколого-экономический мониторинг окружающей среды : учеб. пособие / В. В. Найденко, Л. Н. Губанов, А. Н. Косариков, И. М. Афанасьева, А. В. Иванов. – Нижний Новгород : ННГАСУ, 2003. – 186 с.

#### **References**

1. Veresnikov V. S. *Pribory i sistemy. Upravlenie, kontrol', diagnostika* [Devices and systems. Management, control, diagnostics]. 2007, no. 4, pp. 58–64.
2. Grebenyuk E. A. *Control sciences*. 2008, no. 6, pp. 42–50.
3. Eliseeva I. I., Kurysheva I. I., Kosteeva T. V. *Ekonometrika: uchebnik* [Econometrics: textbook]. 2nd ed. Moscow: Finansy i statistika, 2007, 576 p.
4. Kovalev R. A., Panarin V. M., Pushilina Yu. N. *Izvestiya Tul'skogo gosudarstvennogo universiteta. Ser.: Nauki o zemle* [Proceedings of Tula State University. Series: Geosciences]. 2009, no. 5, pp. 22–27.
5. Naydenko V. V., Gubanov L. N., Kosarikov A. N., Afanas'eva I. M., Ivanov A. V. *Ekologo-ekonomicheskij monitoring okruzhayushchey sredy: ucheb. posobie* [Ecological and economic monitoring of the environment: tutorial]. Nizhniy Novgorod: NNGASU, 2003, 186 p.

---

#### **Сафаров Айрат Муратович**

доктор технических наук, доцент,  
кафедра прикладной экологии,  
Уфимский государственный нефтяной  
технический университет (Россия,  
г. Уфа, ул. Космонавтов, 1)

E-mail: Kafedra\_ecologia@mail.ru

#### **Safarov Ayrat Muratovich**

Doctor of engineering sciences, associate  
professor, sub-department of applied  
ecology, Ufa State Petroleum Technological  
University (1 Kosmonavtov street, Ufa,  
Russia)



**Шайдулина Галина Фатыховна**

кандидат технических наук, доцент,  
начальник отдела аналитического  
контроля природных объектов в зоне  
техногенного воздействия, Управление  
государственного аналитического  
контроля (Россия, г. Уфа,  
ул. Российская, 21)

E-mail: ugak2004@mail.ru

**Shaydulina Galina Fatykhovna**

Candidate of engineering sciences, associate  
professor, head of the department  
of analytical control of natural objects in the  
technogenic impact zone, Office of State  
Analytical Control (21 Rossiyskaya street,  
Ufa, Russia)

**Афанасьева Екатерина Сергеевна**

инженер, отдел информационных  
технологий, Стерлитамакский филиал  
Башкирского государственного  
университета (Россия, г. Стерлитамак,  
проспект Ленина, 49)

E-mail: kulakova87@list.ru

**Afanas'eva Ekaterina Sergeevna**

Engineer, department of information  
technologies, Sterlitamak branch of Bashkir  
State University (49 Lenina avenue,  
Sterlitamak, Russia)

---

УДК 502.3:51-74

**Сафаров, А. М.**

**Построение моделей изменения концентрации веществ в атмосфере (на примере г. Стерлитамака) / А. М. Сафаров, Г. Ф. Шайдулина, Е. С. Афанасьева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 54–65. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-6.**

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ *LACTOCOCCUS LACTIS* К-205 В КАЧЕСТВЕ АНТИБАКТЕРИАЛЬНОГО КОМПОНЕНТА

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Изучена возможность использования бактериоцин-продуцирующего штамма *Lactococcus lactis* К-205 в качестве антибактериального компонента в составе геля.

*Материалы и методы.* В работе использованы К-205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* и очищающие гигиенические средства для рук. Применены классические микробиологические методы выделения и изучения морфологических свойств микроорганизмов. Каждый эксперимент был проведен в трех повторностях и статистически обработан.

*Результаты.* Изучены морфологические характеристики микроорганизмов до и после обработки гигиеническими средствами (мыло, антибактериальные салфетки и антибактериальный гель). Выявлено, что культура *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205 обладает антибактериальным действием на все выделенные микроорганизмы с поверхности кожи рук.

*Выводы.* В результате работы было доказано, что штамм К-205 *Lactococcus lactis* в составе антибактериального геля, содержащего в своем составе кроме культуры натуральные ингредиенты, обладает пролонгированным антибактериальным действием в течение дня и может быть использован в качестве антибактериального компонента.

**Ключевые слова:** бактериоцин, антибактериальное действие, молочнокислые бактерии, *Lactococcus lactis*, биотехнология, антибактериальный гель.

T. D. Sul'timova, M. M. Svirina, L. G. Stoyanova

## A STUDY OF THE APPLICABILITY OF *LACTOCOCCUS LACTIS* К-205 STRAIN AS AN ANTIBACTERIAL COMPONENT

### Abstract.

*Background.* The possibility of using the bacteriocin-producing strain *Lactococcus lactis* К-205 as an antibacterial component in the gel composition was studied.

*Materials and methods.* The strain К-205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* and cleansing hand hygiene products were used. Classical microbiological methods for isolating and studying the morphological properties of microorganisms were used. Each experiment was performed in triplicate and statistically processed.

*Results.* Morphological characteristics of microorganisms before and after treatment with hygienic agents (soap, antibacterial napkins and antibacterial gel) were studied. It was revealed that the culture of *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205 has an antibacterial effect on all selected microorganisms from the surface of the skin of the hands.

*Conclusions.* As a result of the work, it was proved that the strain К-205 *Lactococcus lactis* in the antibacterial gel, containing in addition to the culture natural ingredients, has a prolonged antibacterial effect during the day and can be used as an antibacterial component.

**Key words:** bacteriocin, antibacterial action, lactic acid bacteria, *Lactococcus lactis*, biotechnology, antibacterial gel.

### Введение

Интерес многих ученых к молочнокислым бактериям связан с двумя направлениями: пищевая промышленность и влияние на здоровье человека.

Молочнокислые бактерии используют для продления срока годности пищевых продуктов за счет образования молочной кислоты с сопутствующим понижением рН, а также биологически активных веществ, обладающих бактерицидным действием на специфические группы микроорганизмов, включая и патогенные формы. Ведущее место в объяснении явления антагонизма молочнокислых бактерий отводится специфическим антибиотическим веществам белковой природы – бактериоцинам. Бактериоцины – это гетерогенные антибактериальные комплексы, разнообразные по уровню активности, спектру и механизму действия, молекулярной массе, физико-химическим свойствам, но основной биологически активной частью всех бактериоцинов является белковый компонент.

В процессе скрининга штаммов лактококков широкого спектра бактерицидного и фунгицидного действия на кафедре микробиологии МГУ имени М. В. Ломоносова был выделен штамм К-205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* с активностью 2900 МЕ/мл из национального бурятского кисломолочного напитка курунги.

Благодаря антибиотическим свойствам молочнокислых бактерий *Lactococcus lactis*, высокой ферментативной и антибиотической активности по отношению к патогенным и условно патогенным микроорганизмам, обитающим в сырье, продуктах питания и желудочно-кишечном тракте человека и животных, их широко используют в пищевой, молочной, медицинской и микробиологической промышленности.

Основываясь на антибиотическом свойстве штамма *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205, существует возможность его использования в качестве основного ингредиента антибактериальных средств, а именно, антибактериального геля для обработки поверхности кожи рук, безвредного для организма человека и окружающей среды.

### Материалы и методы

*Материал исследования:* штамм К-205 *Lactococcus lactis* ssp. *lactis*, очищающие салфетки с антибактериальным эффектом “Ауга”, антибактериальный гель “Ауга”, детское мыло; микробиологические среды: мясопептонный агар (МПА), Сабуро, молочный обрат, MRS, кедровый жмых, березовые почки, экстракт березовых почек, вода, масло зародышей пшеницы.

*Методы исследования.* В работе использованы классические микробиологические методы для изучения микробного состава поверхности кожи рук; изучения свойств выделенных микроорганизмов. Культивирование проводили при температурах 28, 37, 43 °С в термостате в течение 24 ч. Смывы с рук проводили согласно СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к взятию смывов с поверхности кожи рук. Каждый эксперимент был проведен в трех повторностях и статистически обработан. Микрофотографирование проводили на микроскопе Альтами БИО 8 при увеличении в 2000 раз. Исследование экстракта березовых почек на содержание витаминов, катионов и анионов проводили на Спектрофотометре Cary 300 (Varian, Австралия).

При постановке эксперимента было решено выделить два этапа проведения работы:

1-й этап – исследование микробиоты поверхности кожи рук;

2-й этап – создание рецептуры антибактериального геля и изучение возможности использования *Lactococcus lactis* ssp. *Lactis* К-205 в качестве основного ингредиента.

### Результаты

*1-й этап.* Исследование микробиоты поверхности кожи рук до и после обработки гигиеническими средствами.

При проведении эксперимента была исследована микробиота поверхности рук пяти испытуемых без какой-либо предварительной обработки гигиеническими средствами. Проведены смывы с рук и высеяны на чашки Петри с МПА. Результаты исследования микробиоты представлены на рис. 1.

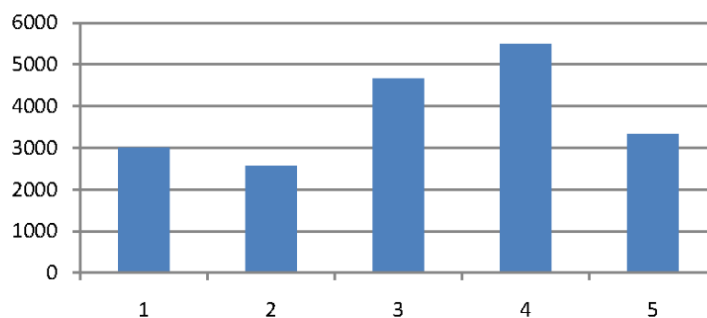


Рис. 1. Количество микроорганизмов, выявленных при смыве с рук у пяти человек при температуре культивирования 28 °С в течение 24 ч

Из рис. 1 видно, что наибольший рост микроорганизмов наблюдался у четвертого испытуемого – 5500 колоний, минимальный рост микроорганизмов у второго испытуемого – 2564 колоний. Среднее значение микроорганизмов – 3809 колоний.

Впоследствии нами были изучены состав и количество колоний сразу после мытья рук мылом, обработки влажными салфетками и спиртосодержащим антибактериальным гелем. Результаты исследования показали, что наиболее эффективным средством является спиртосодержащий антибактериальный гель, после обработки рук которым наблюдался минимальный рост микроорганизмов. Среднее количество колоний при 28 °С – 21КОЕ, при 37 °С – 39КОЕ, при 43 °С – 28 КОЕ, что существенно меньше по сравнению с контролем (необработанными руками).

Изучены морфологические свойства выделенных микроорганизмов.

В образцах без обработки на плотных средах через 24 ч культивирования в аэробных условиях бактерии формируют круглые ровные колонии кремового цвета. По форме представляют собой грамположительные кокки (стафилококки, тетракокки) и неспорообразующие палочки, расположенные одиночно и парами (рис. 2). После обработки рук антибактериальным гелем выявлены микроорганизмы кокковой формы (рис. 3), а после обработки рук влажными салфетками выявлены кокковые формы микроорганизмов и дрожжевые клетки (рис. 4). При изучении микробного состава кожи после мытья

рук детским мылом обнаружили микроорганизмы различной морфологии: палочки, кокки, дрожжи (рис. 5).

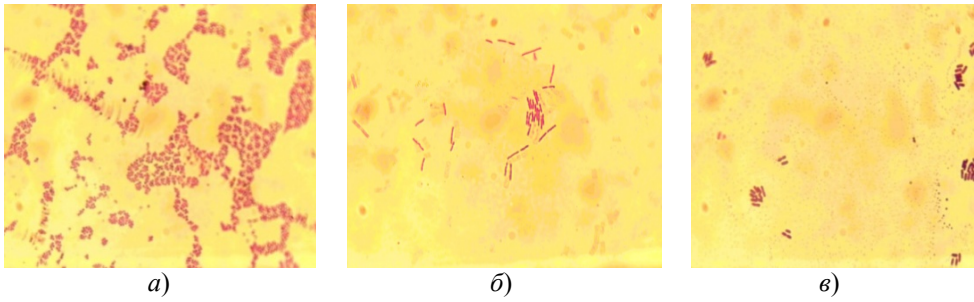


Рис. 2. Микроорганизмы кокковой (а) и палочковидной (б, в) форм (увеличение в 1000 раз)

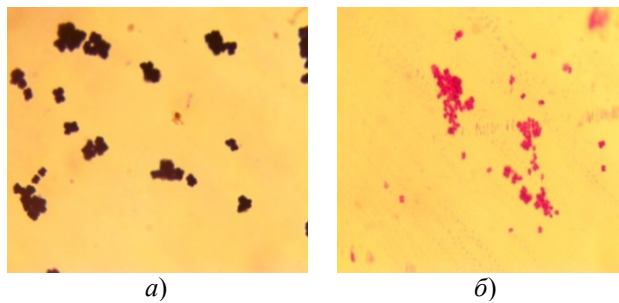


Рис. 3. Микроорганизмы тетракокки при культивировании при 43 °С (а) и кокки (б) (увеличение в 2000 раз)

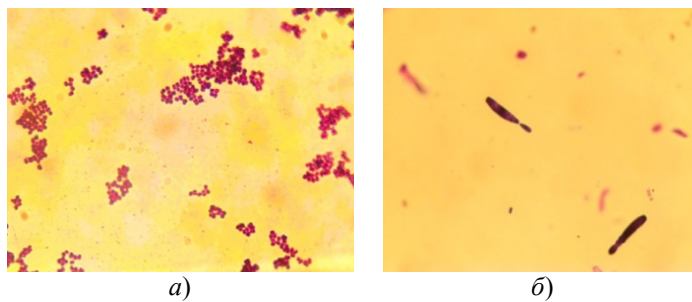


Рис. 4. Кокки (а) и дрожжевые клетки (б) (увеличение в 2000 раз)

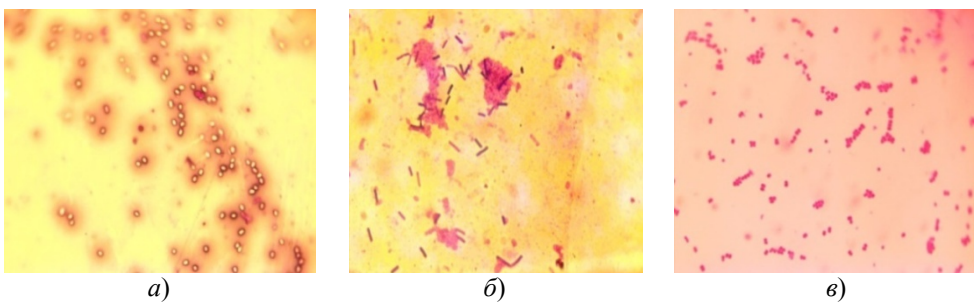


Рис. 5. Микроорганизмы кокковой (а, в) и палочковидной (б) форм (увеличение в 2000 раз)

Особенности морфологического разнообразия форм микроорганизмов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Морфологическое разнообразие форм  
и особенности микроорганизмов поверхности кожи рук

Материал обработки	Форма колоний	Форма бактерий	Окраска по Граму	Наличие спор
<b>Влажные салфетки</b> 30 °С	круглые ровные, кремового и белого цвета	кокки	Грам+	неспорообразующие
37 °С	колонии розового цвета	кокки	Грам+	неспорообразующие
43 °С	колонии ярко-розового и розового цвета	дрожжи	–	неспорообразующие
<b>Антибактериальный гель</b> 30 °С	колонии розового цвета	кокки	Грам+	неспорообразующие
37 °С	колонии розового и красного цвета	кокки и палочки	Грам+	неспорообразующие
43 °С	колонии розового цвета	тетракокки	Грам+	неспорообразующие
<b>Детское мыло</b> 30 °С	колонии розового цвета	палочки	Грам+	неспорообразующие
37 °С	колонии ярко розового цвета	крупные кокки	Грам+	неспорообразующие
43 °С	колонии красного цвета	дрожжи	–	–
<b>Контроль (без обработки)</b> 30 °С	круглые ровные, кремового цвета	кокки, палочки	Грам+	неспорообразующие

В результате проведенных исследований микробиоты поверхности кожного покрова пяти человек выявлено большое разнообразие форм микроорганизмов (кокки, палочки, дрожжевые клетки), культивируемых при различных температурных условиях.

По количеству микроорганизмов, обнаруженных после обработки гигиеническими средствами, антибактериальный эффект наблюдался после применения всех средств, но наибольший – после применения антибактериального геля.

*2-й этап.* Следующим этапом исследовательской работы являлось изучение возможности использования *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205 в составе антибактериального геля для рук.

Для начала проведено изучение антибиотического действия культуры *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* на выделенные микроорганизмы с поверхности

кожи рук. Выявлено, что штамм проявлял антибиотическую активность по отношению ко всем выделенным микроорганизмам до и после обработки рук антибактериальными средствами. В связи с этим культура *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* использована в качестве основного антибактериального компонента в составе геля. Остальные ингредиенты в составе геля были подобраны исходя из их свойств, полезных для ухода за кожей рук, доступности сырья и низкой себестоимости: водный экстракт березовых почек, масло зародышей пшеницы, вода, кедровый жмых, *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205. Дополнительно было проведено исследование экстракта березовых почек на содержание витаминов, катионов и анионов (рис. 6).

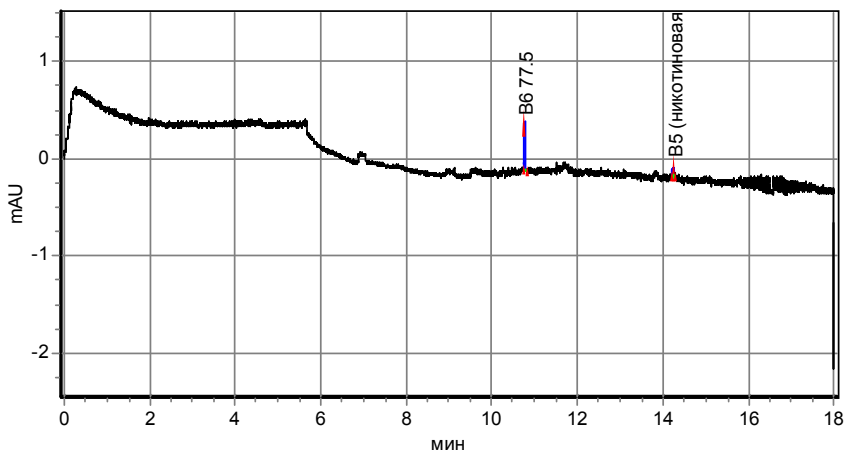


Рис. 6. Содержание витаминов в водном экстракте березовых почек

В результате исследования в водном экстракте березовых почек обнаружены витамины В<sub>5</sub> (77,5 мг/л) и В<sub>6</sub> (19,6 мг/л), катионы: К, Na, Li, Mg, Са и анионы: хлориды, сульфаты, нитраты, фториды, фосфаты.

После смешивания всех ингредиентов определяли антибиотическую активность полученного продукта. Для проведения эксперимента изучали смывы с рук у четырех человек до обработки (контроль) и после обработки полученным нами гелем (табл. 2).

Таблица 2

Изучение антибактериальной активности геля

Образцы	Количество колоний на МПА, 37 °С		Эффективность применения
	Без обработки	После обработки гелем	
1	14	5 (35,7 %)	64,3 %
2	212	71 (33,5 %)	66,5 %
3	232	16 (5 %)	95 %
4	15	4 (26,6 %)	73,4 %

В табл. 2 показан значительный антибактериальный эффект геля по сравнению с контролем, средняя эффективность применения геля составляет 74,8 %.

Проведено изучение антибактериальной активности геля в течение пяти часов. Для этого выполнялись смывы с рук шести человек и наблюдалась активность действия геля в течение пяти часов после обработки гелем.

В результате выявлено, что действие геля в течение пяти часов не ослабляется, что говорит о пролонгированном антибактериальном эффекте полученного продукта.

### **Заключение**

Таким образом, в результате выполненной работы изучен состав микроорганизмов с поверхности рук, изучены морфологические характеристики микроорганизмов до и после обработки гигиеническими средствами (мыло, антибактериальные салфетки и антибактериальный гель).

Выявлено, что культура *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205 обладает антибактериальным действием на все выделенные микроорганизмы с поверхности кожи рук. В результате работы было доказано, что штамм К-205 *Lactococcus lactis* в составе антибактериального геля, содержащий в своем составе, кроме культуры, натуральные ингредиенты, обладает пролонгированным антибактериальным действием в течение дня и может быть использован в качестве антибактериального компонента очищающих гигиенических средств.

### **Библиографический список**

1. **Стоянова, Л. Г.** Выделение и идентификация бактериоцинообразующих штаммов *Lactococcus lactis* subsp. *lactis* из свежего молока / Л. Г. Стоянова, Т. Д. Сульtimoва, С. Г. Ботина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2006. – Т. 42, № 5. – С. 560–568.
2. СанПиН 2.1.3.2630-10 Санитарно-эпидемиологические требования к взятию смывов с поверхности кожи рук. – М., 2010.
3. **Нетрусов, А. И.** Микробиология : учеб. для высших учеб. заведений / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова. – М. : Академия, 2006. – 362 с.
4. Микробиология : практикум для высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов, И. Б. Котова, М. А. Егорова, Л. М. Захарчук, Н. Н. Колотилова ; под ред. А. И. Нетрусова. – М. : Академия, 2005. – 608 с.
5. **Ратникова, И. А.** Идентификация антибиотических веществ молочнокислых бактерий / И. А. Ратникова, Н. Н. Гаврилова, Н. Н. Колокова // Биотехнология. – 2005. – № 5-6. – С. 19, 20.
6. **Стоянова, Л. Г.** Микробиологическая характеристика нового штамма *Lactococcus lactis* ssp. *lactis* К-205 / Л. Г. Стоянова, Т. Д. Сульtimoва, А. Р. Строева, А. И. Нетрусов // Журнал микробиологии, эпидемиологии и иммунобиологии. – 2008. – № 1. – С. 60–63.
7. **Квасников, Е. И.** Молочнокислые бактерии и их использование / Е. И. Квасников, О. А. Нестеренко. – М. : Наука, 2003. – С. 23, 290–359.

### **References**

1. Stoyanova L. G., Sul'timova T. D., Botina S. G. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya* [Applied biochemistry and microbiology]. 2006, vol. 42, no. 5, pp. 560–568.
2. *SanPiN 2.1.3.2630-10 Sanitarno-epidemiologicheskie trebovaniya k vzyatiyu smyvov s poverkhnosti kozhi ruk* [SanPin 2.1.3.2630-10 Sanitary epidemiological standard of swab taking from hand skin]. Moscow, 2010.
3. Netrusov A. I., Kotova I. B. *Mikrobiologiya: ucheb. dlya vysshikh ucheb. zavedeniy* [Microbiology: textbook for universities]. Moscow: Akademiya, 2006, 362 p.



4. Netrusov A. I., Kotova I. B., Egorova M. A., Zakharchuk L. M., Kolotilova N. N. *Mikrobiologiya: praktikum dlya vyssh. ucheb. zavedeniy* [Microbiology: tutorial for universities]. Moscow: Akademiya, 2005, 608 p.
5. Ratnikova I. A., Gavrilova N. N., Kolokova N. N. *Biotekhnologiya* [Biotechnology]. 2005, no. 5-6, pp. 19, 20.
6. Stoyanova L. G., Sul'timova T. D., Stroeva A. R., Netrusov A. I. *Zhurnal mikrobiologii, epidemiologii i immunobiologii* [Journal of microbiology, epidemiology and immunology]. 2008, no. 1, pp. 60–63.
7. Kvasnikov E. I., Nesterenko O. A. *Molochnokislye bakterii i ikh ispol'zovanie* [Lactobacilli and their use]. Moscow: Nauka, 2003, pp. 23, 290–359.

---

**Сультимова Татьяна Доржиевна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биотехнологии, Восточно-  
Сибирский государственный университет  
технологий и управления (Россия,  
г. Улан-Удэ, ул. Ключевская, 40в)

E-mail: tsultimova@mail.ru

**Sul'timova Tat'yana Dorzhievna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology,  
East Siberia State University of Technology  
and Management (40v Klyuchevskaya  
street, Ulan-Ude, Russia)

**Свирина Мария Михайловна**

магистрант, Восточно-Сибирский  
государственный университет технологий  
и управления (Россия, г. Улан-Удэ,  
ул. Ключевская, 40в)

E-mail: tsultimova@mail.ru

**Svirina Mariya Mikhaylovna**

Master's degree student, East Siberia State  
University of Technology and Management  
(40v Klyuchevskaya street, Ulan-Ude,  
Russia)

**Стоянова Лидия Григорьевна**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра микробиологии, Московский  
государственный университет  
имени М. В. Ломоносова (Россия,  
г. Москва, Ленинские горы, 1)

E-mail: stoyanovamsu@mail.ru

**Stoyanova Lidiya Grigor'evna**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of microbiology,  
Lomonosov State University of Moscow  
(1 Leninskie Gory street, Moscow, Russia)

---

УДК 579.63: 579.66

**Сультимова, Т. Д.**

**Исследование возможности применения *Lactococcus lactis* К-205 в качестве антибактериального компонента / Т. Д. Сультимова, М. М. Свирина, Л. Г. Стоянова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 66–73. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-7.**

УДК 57.017

DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-8

Л. Г. Ловцова, О. И. Гулий, Я. Б. Древо,  
С. В. Козлов, П. В. Смутнев

## ВЛИЯНИЕ СЕЛЕНООРГАНИЧЕСКИХ СОЕДИНЕНИЙ НА КЛИНИЧЕСКИЕ И МЕТАБОЛИЧЕСКИЕ ПРОЯВЛЕНИЯ У МЫШЕЙ ЛИНИИ BALb/c ПРИ ОТРАВЛЕНИИ КОБАЛЬТОМ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Существенное воздействие на живые организмы и их сообщества оказывают техногенные поступления различных тяжелых металлов, включая кобальт. Целью нашей работы являлось изучение профилактической эффективности селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидроселенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) на модели острого отравления хлоридом кобальта у мышей линии BALb/c.

*Материалы и методы.* Биохимические исследования при рассмотрении влияния двух селеноорганических соединений на метаболические показатели крови у мышей проводили на биохимическом анализаторе “StatFax 3300” с использованием диагностических систем фирмы «Ольвекс диагностика» и «Диакон ДС». Для проверки правильности и точности определения биохимических показателей в сыворотке крови использовали контрольную сыворотку для биохимических исследований по ТУ 9398-022-09807247-2009, ООО “HOSPITEX DIAGNOSTICS”.

*Результаты.* В результате проведенных исследований установлено, что введение селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидроселенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) препятствует развитию патологического процесса у мышей линии BALb/c, вызванного воздействием завышенных доз ксенобиотика кобальта хлорида.

*Выводы.* Выяснено, что лучшие показатели по снижению интоксикации солями кобальта показывает 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромен предположительно из-за строения молекулы с введением Br в пароположение, при котором электронная плотность смещается к Br и, как следствие, Se становится более реакционно-активным. Наряду с этим достоверно установлено, что оральное введение селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидроселенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) в дозах 3,8 и 3,2 мг/кг клинически здоровым животным не оказывает негативного влияния на жизнедеятельность организма мышей.

**Ключевые слова:** кобальт, детоксикация, метаболизм, селеноорганические соединения, биохимический анализ крови, ксенобиотик, отравление тяжелыми металлами.

L. G. Lovtsova, O. I. Guliy, Ya. B. Drevko,  
S. V. Kozlov, P. V. Smutnev

## THE INFLUENCE OF SELF-ORGANIC COMPOUNDS ON CLINICAL AND METABOLIC MANIFESTATIONS IN MALE BALb/c LINES AT COBALT COVERAGE

### Abstract.

*Background.* A significant impact on living organisms and their communities is provided by man-made inputs of various heavy metals including cobalt. The aim of our work was to study the prophylactic efficacy of organoselenium compounds (2,4-diphenyl-tetrahydro-selenochromen and 2-phenyl-4-(p-bromo-phenyl)-tetrahydro-selenochromen) on the model of acute poisoning with cobalt chloride in BALb/c mice.

*Materials and methods.* Biochemical studies, when considering the effect of two organoselenium compounds on the metabolic parameters of blood in mice, were performed on a biochemical analyzer "StatFax 3300" using the diagnostic systems of the firm "Olvex Diagnosticum" and "Diakon DS". To check the correctness and accuracy of the determination of biochemical parameters in serum, a control serum for biochemical studies was used in accordance with TU 9398-022-09807247-2009, LLC "HOSPITEX DIAGNOSTICS".

*Results.* As a result of the conducted studies, it has been established that the introduction of organoselenium compounds (2,4-diphenyl-tetrahydro-selenochromene and 2-phenyl-4-(p-bromo-phenyl)-tetrahydro-selenochrome) inhibits the development of the pathological process in BALb/c mice exposure to inflated doses of xenobiotic, cobalt chloride.

*Conclusions.* It was found that the best indices for decreasing intoxication of the salt of this metal shows 2-phenyl-4-(p-bromo-phenyl)-tetrahydro-selenochrome. Presumably because of the structure of the molecule with the introduction of Br into the paraposition, at which the electron density is mixed with Br and, as a consequence, Se becomes more reactive. Along with this, it was reliably established that the oral administration of organoselenium compounds (2,4-diphenyl-tetrahydro-selenochrome and 2-phenyl-4-(p-bromo-phenyl)-tetrahydro-selenochromes) at doses of 3,8 and 3,2 mg/kg, a clinically healthy animal does not have a negative effect on the vital activity of the mice.

**Key words:** cobalt, detoxification, metabolism, selenium compounds, biochemical blood test, xenobiotic, heavy metal poisoning.

Среди многих последствий хозяйственной деятельности человеческого общества особое значение имеет процесс прогрессирующего накопления металлов в окружающей среде. К наиболее опасным загрязнителям относят ртуть, свинец и кадмий. Существенное воздействие на живые организмы и их сообщества оказывают также техногенные поступления марганца, олова, меди, молибдена, хрома, никеля и кобальта. Кобальт нашел достаточно широкое применение в медицине. Для лечения анемии используются соли кобальта в сочетании с медью. Радиоактивный кобальт все чаще используется в онкологии в качестве заменителя радия.

В связи с вышеизложенным целью нашей работы являлось изучение профилактической эффективности селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидроселенохромена [1] и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена [2]) на модели острого отравления хлоридом кобальта у мышей линии BALb/c.

### **Материалы и методы**

Для изучения детоксикационных свойств селеноорганических соединений было сформировано шесть групп мышей линии BALb/c по 10 особей в каждой. Возраст животных 8–12 недель, масса на начало эксперимента 18–25 г. Животных содержали в виварии согласно санитарным правилам и на стандартном рационе в соответствии с Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ от 29.08.2014 № 51 «Об утверждении СП 2.2.1.3218-14 “Санитарно-эпидемиологические требования к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев)”». Корм представлял собой сухой брикетированный ПК-120 ГОСТ Р 51849–2011 Р.5 (ООО «Лабораторкорм», г. Москва).

Животные первой (фоновой) группы были интактными. Животным второй группы вводили 2,4-дифенил-тетрагидро-селенохромена в дозе 3,8 мг/кг, с кормом, однократно. Животным третьей группы вводили 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена в дозе 3,2 мг/кг, с кормом, однократно. Животным четвертой группы (положительный контроль) внутрижелудочно вводили токсин (кобальта хлорид) в дозе 200 мг/кг, что соответствует ЛД<sub>50</sub>. Пятой группе животных за 2 ч до введения токсина в дозе 200 мг/кг, с кормом давали 2,4-дифенил-тетрагидро-селенохромена в дозе 3,8 мг/кг. Шестой группе животных за 2 ч до введения токсина в дозе 200 мг/кг, с кормом давали 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена в дозе 3,2 мг/кг.

В течение 14 суток проводили наблюдение за общим состоянием и поведением животных; регистрировали гибель мышей, а также проявление симптомов интоксикации; отмечали особенности поведения, приема корма и воды; учитывали состояния волосяного покрова, слизистых и т.д.

Через 14 суток проводили умерщвление выживших животных методом транслокации шейных позвонков с последующим взятием биологических материалов. Кровь для биохимических исследований брали по 1–2 мл в вакуумные пробирки для *in vitro* диагностики “Improvacuter” (Guangzhou Improve Medical Instruments Co. Ltd, China) с использованием тромбина в качестве активатора сгустка. Для получения сыворотки пробы центрифугировали 10 мин при 3000 об/мин.

Биохимические исследования проводили на биохимическом анализаторе “StatFax 3300” с использованием диагностических систем фирмы «Ольвекс диалог» и «Диакон ДС». Для проверки правильности и точности определения биохимических показателей в сыворотке крови использовали контрольную сыворотку для биохимических исследований по ТУ 9398-022-09807247-2009, ООО “HOSPITEX DIAGNOSTICS”.

### **Результаты**

Мыши подопытных групп отличались от контрольных животных по внешнему виду, по состоянию слизистых оболочек, активности, потреблению корма и воды, а также по естественным отправлениям.

В четвертой группе животных отмечалась ярковыраженная картина интоксикации: отказ от корма, нарушение груминга, вялость, гиподинамия, у большинства животных данной группы наблюдалось сопорозное состояние. Часть из них впадали в кому, после чего наступала смерть. Гибель животных в четвертой группе составила 40 %.

У животных пятой и шестой группы картина интоксикации была менее выражена и проявлялась снижением аппетита, гиподинамией, нарушением груминга. Через 7–8 суток после введения ксенобиотика ( $\text{CoCl}_2$  в дозе 200 мг/кг) клинические симптомы интоксикации купировались, и далее мыши по внешнему виду не отличались от контрольных (фоновых). Во второй и третьей группе животных признаков интоксикации не наблюдалось.

Влияние исследуемых селеноорганических соединений можно проследить по суммарным данным биохимических показателей крови мышей. В результате биохимических исследований сыворотки крови экспериментальных мышей установлено достоверное повышение индикаторных ферментов печени – аспарагиновой и аланиновой аминотрансфераз у мышей третьей опытной группы (рис. 1). Данный факт указывает, что введение хлорида кобальта в дозе 200 мг/кг приводит к повреждению клеточных мембран гепатоцитов. В результате ферменты выходят в межклеточное пространство, откуда они поступают в кровь, где активность их резко возрастает.

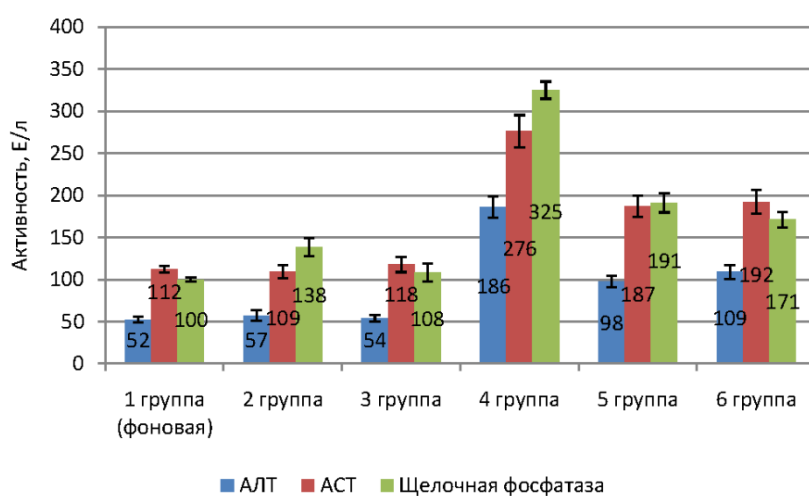


Рис. 1. Активность ферментов в сыворотке крови мышей: АЛТ – аланиновая; АСТ – аспарагиновая аминотрансферазы

Вместе с этим в пятой и шестой группах животных, которым предварительно вводили селеноорганические соединения, также отмечается достоверное повышение активности аминотрансфераз в сыворотке крови. Однако активность данных ферментов достоверно ниже, чем у мышей третьей опытной группы. Это объясняется тем, что селен, входящий в состав препаратов, обладает ярко выраженными антиоксидантными свойствами, что препятствует повреждающему действию ксенобиотика на мембраны гепатоцитов.

Наряду с этим введение хлорида кобальта в дозе 200 мг/кг приводит к повышению активности щелочной фосфатазы в сыворотке крови животных четвертой, пятой и шестой групп. Однако активность данного фермента в группе с первым исследуемым селеноорганическим препаратом на 41 %, в группе со вторым препаратом на 47 % ниже, чем у мышей четвертой опытной группы.

Полученные данные свидетельствуют, что после однократного введения данных селеноорганических соединений при отравлении хлоридом ко-

бальта фермент (щелочная фосфатаза (ЩФ)), который является катализатором биохимических процессов в клетках печени, при разрушении этих клеток попадает в кровь, увеличивая показатель ЩФ в крови в сравнении с контрольными данными в среднем на 45 %. В норме часть клеток обновляется, поэтому в крови обнаруживается определенная активность щелочной фосфатазы, что свидетельствует о гибели множества клеток как проявление отравления хлоридом кобальта.

Анализ показателей белкового метаболизма (мочевины и креатинина) в сыворотке крови мышей (рис. 2, 3) показывает, что однократное введение селенорганических препаратов не приводит к изменению данных показателей, которые находятся в пределах физиологической нормы (130–140 мкмоль/л) у мышей второй и третьей опытных групп. Вместе с этим введение кобальта хлорида в дозе 200 мг/кг приводит к достоверному снижению мочевины и креатинина в сыворотке крови животных, что говорит о нарушении метаболических процессов, сопровождающихся глубокими расстройствами белкового обмена в организме. Так, в четвертой группе мышей, которым вводили хлорид кобальта без предварительной премедикации концентрация креатинина и мочевины была ниже фоновых показателей на 62 и 73 % соответственно ( $54 \pm 10,19$  мкмоль/л и  $2,02 \pm 0,2$  ммоль/л).

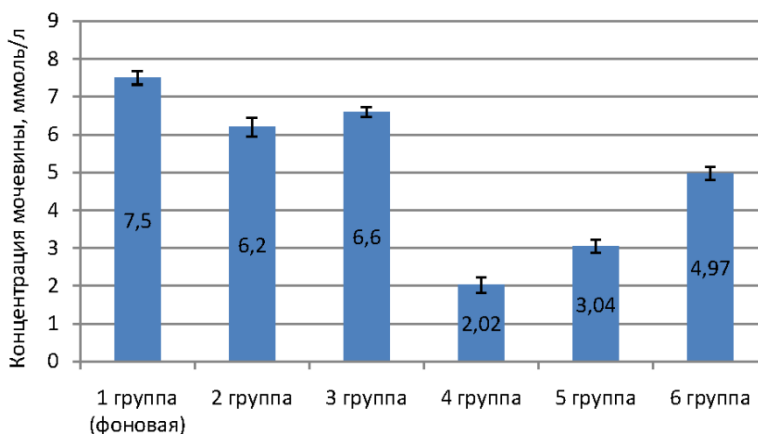


Рис. 2. Концентрация мочевины в сыворотке крови мышей

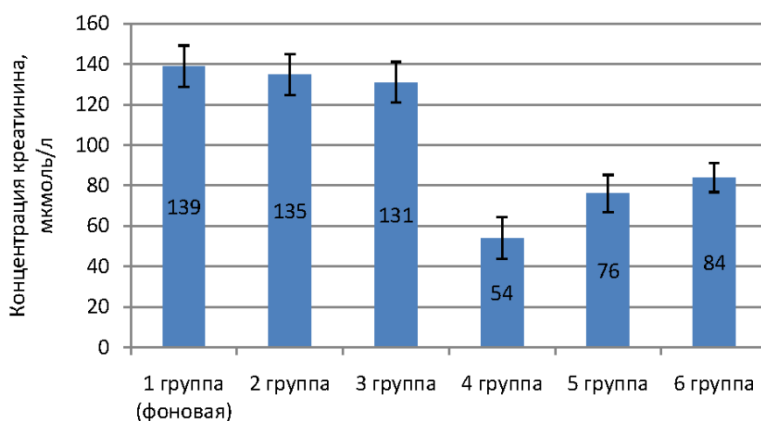


Рис. 3. Концентрация креатинина в сыворотке крови мышей

Снижение мочевины на фоне повышения трансаминаз и щелочной фосфатазы свидетельствует о глубоких нарушениях функциональной активности гепатобилиарной системы, вызванной токсическим воздействием хлорида кобальта. Известно, что печень обладает большими функциональными резервами, способность ее к дезаминированию и синтезу мочевины сохраняется при исключении из процессов обмена до 85 % ее ткани.

У мышей пятой и шестой групп, которым перед введением ксенобиотика ( $\text{CoCl}_2$ ) вводили селеноорганические соединения, также наблюдается снижение концентрации креатинина и мочевины в сыворотке крови на 41 и 55 % – для креатинина и на 50 и 20 % – для мочевины (см. рис. 3). В то же время данные показатели достоверно выше, чем у мышей четвертой опытной группы. Данный факт свидетельствует, что селен препятствует повреждению мембран гепатоцитов ксенобиотиком.

Значительное повышение концентрации общего белка в крови мышей (рис. 4), которым вводили  $\text{CoCl}_2$  без предварительной премедикации, по сравнению с фоновыми животными, обусловлено не только образованием патологических белков, но и обезвоживанием организма. Вместе с этим у животных пятой и шестой групп концентрация сывороточного белка достоверно ниже и составляет 91,243 и 127,667 г/л соответственно.

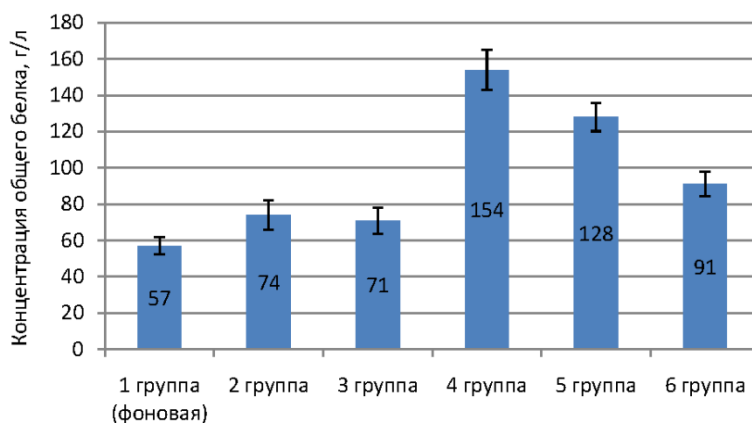


Рис. 4. Концентрация общего белка в сыворотке крови мышей

В ходе определения концентрации глюкозы в сыворотке крови животных опытных и контрольной групп (рис. 5) установлено достоверное увеличение данного показателя. Так, в четвертой группе мышей показатель глюкозы составил  $9,9 \pm 0,2$  ммоль/л, что в 2 раза выше фоновых значений. Данный факт указывает на нарушение производной активности процесса **гликогенолиза у мышей** (биохимического процесса расщепления гликогена до глюкозы, осуществляющегося главным образом в мышцах и печени). В итоге уровень сахара в крови резко возрастает, что обеспечивает приток энергии, необходимый для борьбы с отравлением токсическими дозами кобальта хлорида.

Вместе с этим у животных пятой опытной группы, которым с профилактической целью вводили селеноорганическое соединение 2,4-дифенилтетрагидро-селенохромена в концентрации 3,8 мг/кг, концентрация сывороточной глюкозы была также достоверно выше физиологических значений

( $8,6 \pm 0,1$  ммоль/л), но на 12 % ниже, чем у мышей четвертой опытной группы. Аналогичная динамика наблюдалась и у животных шестой опытной группы, которым до введения ксенобиотика применяли 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена в дозе 3,2 мг/кг. В данной группе животных концентрация сывороточной глюкозы составила  $6,7 \pm 0,2$  ммоль/л. Это выше фоновых значений, но достоверно ниже, чем у животных четвертой и пятой опытных групп.

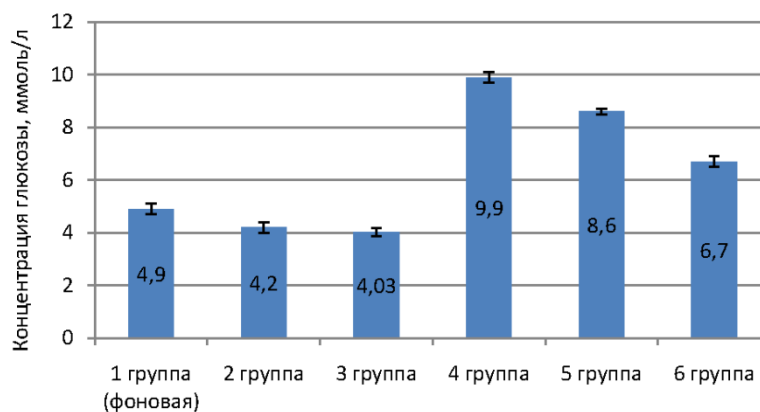


Рис. 5. Концентрация глюкозы в сыворотке крови мышей

### Заключение

Таким образом, в результате проведенных исследований нами установлено, что введение селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидро-селенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) препятствует развитию патологического процесса у мышей линии BALb/c, вызванного воздействием завышенных доз ксенобиотика, кобальта хлорида.

При рассмотрении влияния двух селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидро-селенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) на метаболические показатели крови у мышей было выяснено, что лучшие показатели по снижению интоксикации соли данного металла показывает 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена. Предположительно из-за строения молекулы с введением Вг в пароположение, при котором электронная плотность смещается к Вг, как следствие, Se становится более реакционно-активным.

Наряду с этим достоверно установлено, что оральное введение селеноорганических соединений (2,4-дифенил-тетрагидро-селенохромена и 2-фенил-4-(п-бром-фенил)-тетрагидроселенохромена) в дозах 3,8 и 3,2 мг/кг клинически здоровым животным не оказывает негативного влияния на жизнедеятельность организма мышей.

### Библиографический список

1. **Direnko, D.** The synthesis of first representatives of novel heterocyclic compounds selenodekalines: 2-aryl-4phenyl-octahydroselenochromene / D. Direnko, Ya. Drevko, B. Drevko // *Heterocyclic Communications*. – 2016. – Т. 22, № 4. – P. 227–228. – DOI 10/1515/hc-2016-0076.



2. **Direnko, D.** The Synthesis of New Organoselenium Heterocyclic Compounds: 2-aryl-4-phenyl-5,6,7,8-tetrahydro-4H-selenochromenes / D. Direnko, Ya. Drevko, B. Drevko // *Journal of the Chemical Society*. – 2015. – Vol. 62, iss. 12. – P. 1068–1071. – DOI 10.1002/jccs. 201500406.
3. **Усков, К. Ю.** Влияние производных селена на метаболизм лабораторных мышей линии BALB/c / К. Ю. Усков, Л. А. Мягкова, Л. Г. Ловцова // Научное сообщество студентов XXI столетия. Естественные науки : электрон. сб. ст. по материалам L студ. междунар. науч.-практ. конф. (г. Новосибирск, 9–19 марта 2017 г.). – Новосибирск : Ассоциация научных сотрудников «Сибирская академическая книга», 2017. – Т. 3 (49). – С. 7–13.

### References

1. Direnko D., Drevko Ya., Drevko B. *Heterocyclic Communications*. 2016, vol. 22, no. 4, pp. 227–228. DOI 10/1515/hc-2016-0076.
2. Direnko D., Drevko Ya., Drevko B. *Journal of the Chemical Society*. 2015, vol. 62, iss. 12, pp. 1068–1071. DOI 10.1002/jccs. 201500406.
3. Uskov K. Yu., Myagkova L. A., Lovtsova L. G. *Nauchnoe soobshchestvo studentov XXI stoletiya. Estestvennyye nauki: elektron. sb. st. po materialam L stud. mezhdunar. nauch.-prakt. konf. (g. Novosibirsk, 9–19 marta 2017 g.)* [The Scientific Society of Students of the XXI century. Natural sciences: online proceedings of L Student international scientific and practical conference (Novosibirsk, 9<sup>th</sup>–19<sup>th</sup> March 2017)]. Novosibirsk: Assotsiatsiya nauchnykh sotrudnikov «Sibirskaya akademicheskaya kniga», 2017, vol. 3 (49), pp. 7–13.

#### **Ловцова Лариса Геннадиевна**

кандидат технических наук, доцент,  
кафедра микробиологии, биотехнологии  
и химии, Саратовский государственный  
аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова (Россия,  
г. Саратов, Театральная площадь, 1)

E-mail: Larisalovtsova2009@rambl

#### **Lovtsova Larisa Gennadijevna**

Candidate of engineering sciences, associate  
professor, sub-department of microbiology,  
biotechnology and chemistry, Saratov State  
Vavilov Agrarian University (1 Teatralnaya  
square, Saratov, Russia)

#### **Гулий Ольга Ивановна**

доктор биологических наук, доцент,  
профессор кафедры микробиологии,  
биотехнологии и химии, Саратовский  
государственный аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова (Россия,  
г. Саратов, Театральная площадь, 1)

E-mail: guliy\_olga@mail.ru

#### **Guliy Ol'ga Ivanovna**

Doctor of biological sciences, associate  
professor, professor at the sub-department  
of microbiology, biotechnology and  
chemistry, Saratov State Vavilov Agrarian  
University (1 Teatralnaya square, Saratov,  
Russia)

#### **Древко Ярослав Борисович**

кандидат химических наук, доцент,  
кафедра микробиологии, биотехнологии  
и химии, Саратовский государственный  
аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова (Россия,  
г. Саратов, Театральная площадь, 1)

E-mail: drevko@list.ru

#### **Drevko Yaroslav Borisovich**

Candidate of chemical science, associate  
professor, sub-department of microbiology,  
biotechnology and chemistry, Saratov State  
Vavilov Agrarian University (1 Teatralnaya  
square, Saratov, Russia)

***Козлов Сергей Васильевич***

кандидат ветеринарных наук, доцент,  
кафедра болезней животных  
и ветеринарно-санитарной экспертизы,  
Саратовский государственный аграрный  
университет имени Н. И. Вавилова  
(Россия, г. Саратов, Театральная  
площадь, 1)

E-mail: kozlovsv12@yandex.ru

***Kozlov Sergey Vasil'evich***

Candidate of veterinary sciences, associate  
professor, sub-department of animal  
diseases and veterinary-sanitary expertise,  
Saratov State Vavilov Agrarian University  
(1 Teatralnaya square, Saratov, Russia)

***Смутнев Петр Владимирович***

кандидат ветеринарных наук, доцент,  
кафедра микробиологии, биотехнологии  
и химии, Саратовский государственный  
аграрный университет  
имени Н. И. Вавилова (Россия,  
г. Саратов, Театральная площадь, 1)

E-mail: smutnev-asd@yandex.ru

***Smutnev Petr Vladimirovich***

Candidate of veterinary sciences, associate  
professor, sub-department of microbiology,  
biotechnology and chemistry, Saratov State  
Vavilov Agrarian University (1 Teatralnaya  
square, Saratov, Russia)

---

УДК 57.017

**Влияние селеноорганических соединений на клинические и метаболические проявления у мышей линии BALb/c при отравлении кобальтом / Л. Г. Ловцова, О. И. Гулий, Я. Б. Древко, С. В. Козлов, П. В. Смутнев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 74–82. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-8.**

Н. А. Мельникова, Д. Г. Седова, Т. В. Уланова,  
О. Г. Агеносова, И. А. Евстифеева

## ИССЛЕДОВАНИЕ РОЛИ МЕМБРАННЫХ СТРУКТУР В ПРОЦЕССАХ НЕСПЕЦИФИЧЕСКОЙ АДАПТАЦИИ ТРОМБОЦИТОВ К ВОЗДЕЙСТВИЮ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ГЕЛИЙ-НЕОНОВОГО ЛАЗЕРА В УСЛОВИЯХ МОДЕЛЬНОГО ЭКСПЕРИМЕНТА

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Низкоинтенсивное лазерное излучение широко используется в качестве физиотерапевтического метода воздействия на кровь и ее компоненты. В то же время остается до конца не раскрытым механизм воздействия света оптического спектра на ткани внутренней среды. Предполагается, что это воздействие носит неспецифический характер и осуществляется в том числе на уровне мембранных структур клеток. Нами было изучено влияние излучения гелий-неонового лазера на состояние тромбоцитарных мембран, на жизнеспособность и функциональную активность тромбоцитов.

*Материалы и методы.* Объектом исследования являлись тромбоциты, полученные из донорской крови. Для облучения тромбоцитарной суспензии применяли низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер марки ЛГ-78, имеющий мощность 0,02 мВт и длину волны облучения – 632,8 нм. Дозы облучения составили 1,2, 6,0, 12,0 и 24,0 Дж/см<sup>2</sup>. Исследовали функциональное состояние тромбоцитов, их жизнеспособность, трансмембранный потенциал, а также соответствие изменений микровязкости мембран изменениям соотношений насыщенных жирных и ненасыщенных жирных кислот, холестерина и фосфолипидов в мембранной фракции липидов.

*Результаты.* Выявлено, что примененные дозы облучения оказывают выраженное фотомодифицирующее воздействие на мембраны тромбоцитов. Так, последовательно возрастало отношение общих фосфолипидов к холестерину мембраны при облучении в дозах 1,2, 6,0, 12,0 Дж/см<sup>2</sup>, а также соотношение между ненасыщенными и насыщенными жирными кислотами в фосфолипидах. Выявленные изменения имеют положительное значение и сопровождаются последовательным повышением текучести мембран тромбоцитов, но в пределах физиологической нормы, с одновременным повышением значений трансмембранного потенциала тромбоцитов, сохраняется их жизнеспособность и потенциальная агрегационная активность. Доза в 24,0 Дж/см<sup>2</sup> способствовала уменьшению доли фосфолипидов в объеме общих липидов тромбоцитарных мембран, снижению содержания ненасыщенных жирных кислот в них, возрастанию доли холестерина. Снижались также показатели жизнеспособности тромбоцитов, часть пластинок морфологически находилась в состоянии начальной стадии активации.

*Выводы.* В исследованиях показано, что низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер обуславливает развитие в мембранах тромбоцитов фотоэффектов, имеющих неспецифический характер, приводящих к перераспределению мембранных липидов, изменению жидкостных свойств мембраны, позволяющих поддерживать жизнеспособность кровяных пластинок и их функциональную активность. Возрастание значений трансмембранного потенциала в тромбоцитах, вероятнее всего, говорит о возрастании энергопотребления в адаптирующихся к воздействию лазерного излучения тромбоцитах. Таким образом, обнаруженные эффекты стимуляции гелий-неоновым лазером носят характер

физиологических воздействий, не приводящих живые системы и их структурные компоненты к дистрессу и перенапряжению систем адаптации.

**Ключевые слова:** гелий-неоновый лазер, жизнеспособность, жирные кислоты, микровязкость мембран, трансмембранный потенциал, тромбоцит, холестерин, фосфолипиды.

*N. A. Mel'nikova, D. G. Sedova, T. V. Ulanova,  
O. G. Agenosova, I. A. Evstifeeva*

## **A RESEARCH OF THE ROLE OF MEMBRANE STRUCTURES IN PROCESSES OF NONSPECIFIC ADAPTATION OF THROMBOCYTES TO THE INFLUENCE OF A LOW-INTENSIVE HELIUM-NEON LASER IN THE CONDITIONS OF A MODEL EXPERIMENT**

### **Abstract.**

*Background.* The low-intensity laser radiation is widely used as a physiotherapeutic method of impact on blood and its components. In too time remains up to the end not opened the mechanism of impact of light of an optical spectrum on fabrics of the internal environment. It is supposed that this influence has nonspecific character and is carried out, including, at the level of membranous structures of cages. By us it was examined influence of radiation of the helium-neon laser on a condition of membranes of thrombocytes, their viability and the functional activity.

*Materials and methods.* As object of a research served the thrombocytes allocated from blood of donors. For irradiation of trombotsitary suspension used light of the low-intensive LG-78 helium-neon laser, 0,02 MW with a wavelength of 632,8 nanometers in doses 1,2, 6,0, 12,0 and 24,0 J/cm<sup>2</sup>. Investigated the functional condition of thrombocytes, their viability, transmembrane potential and also compliance of changes of microviscosity of membranes to changes of ratios of saturated fatty and unsaturated fatty acids, a cholesterolin and phospholipids in fraction lipids of membranes.

*Results.* It is established that the chosen exposure doses exert the photomodifying impact on membranes of thrombocytes. Doses in 1,2, 6,0 and 12,0 J/cm<sup>2</sup> successively lead to increase in a ratio among the content of the common phospholipids and a cholesterolin and also among unsaturated and saturated fatty acids of phospholipids. The specified changes in general have positive character and are followed by reduction in microviscosity of membranes of thrombocytes within physiological norm, with synchronous increase of level of transmembrane potential, the viability of thrombocytes and their potential aggregation activity remain. The dose in 24,0 J/cm<sup>2</sup> caused reduction of a weight of phospholipide fraction in a bullet of the common lipids of membranes of thrombocytes, decrease in amount of unsaturated fatty acids in them, increase of a share of a cholesterolin. Also indicators of viability of thrombocytes decreased, a part of plates morphologically was in a condition of an incipient state of activation.

*Conclusions.* In an experiment it is established that the helium-neon laser causes in membranes of thrombocytes the photoeffects of nonspecific character leading to redistribution of membrane lipids, change of the liquid properties of a membrane allowing to maintain viability of platelets and their functional activity. Increase in level of transmembrane potential in thrombocytes can demonstrate increase of intensity of energy consumption. In general effects helium-neon stimulation have character of the "weak" physiological influences which are not leading alive systems, whether it be membranes or cells to a stressful condition, an overvoltage of their function systems or development of a parabiosis.

**Key words:** helium-neon laser, fatty acids, microviscosity of membranes, thrombocyte, transmembrane potential, cholesterol, phospholipids, vitality.

### Введение

Низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер, широко используемый в настоящее время в физиотерапевтической практике, при его воздействии на организм, ткани и клетки способствует формированию обширного ряда фотофизических и фотохимических изменений, итогом которых является усиление метаболических процессов и интенсификация структурных перестроек, не связанных с нарушением зон облучения. Данное свойство позволило использовать его для стимуляции жизненно важных процессов во время терапии большого количества заболеваний [1, 2].

Структурами, запускающими биохимические реакции, которые в конечном итоге определяют физиологические эффекты оптического воздействия, являются клеточные мембраны. В экспериментах наблюдали изменения строения и функциональной активности мембран разнообразных клеток при их облучении низкоинтенсивным гелий-неоновым лазером [3, 4]. Неспецифическое влияние оптического излучения на структурно-функциональное состояние клеток крови может быть опосредовано как перестройками в самой мембране, выражающимися в изменении ее микровязкости и проницаемости, так и в изменении конформации составляющих ее молекул, в частности, липид-белковых комплексов, приводящих к модификации ферментативной и транспортной активности мембран, изменению мембранного потенциала.

Так, в экспериментах установлена фотомодификация проницаемости мембран форменных элементов крови для различных химических соединений, а ультрамикроскопическое исследование эритроцитов, подвергнутых фотостимуляции позволило выявить структурные перестройки в их мембранах [5, 6]. Тем не менее остается менее изученным влияние излучения гелий-неонового лазера на состояние мембран тромбоцитарных пластинок.

Таким образом, целью исследования стало изучение особенностей воздействия различных доз облучения низкоинтенсивным гелий-неоновым лазером на жизнеспособность и функциональную активность тромбоцитов, содержание фосфолипидов, холестерина и жирных кислот фосфолипидов в их мембранах, микровязкость тромбоцитарных мембран и трансмембранный потенциал тромбоцитов.

### Материалы и методы

Объектом исследования являлись тромбоциты, полученные из донорской крови. Для получения суспензии тромбоцитов использовали метод центрифугирования в градиенте плотности [7]. Для облучения применяли низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер марки ЛГ-78, имеющий мощность 0,02 мВт и длину волны излучения 632,8 нм. Применяли дозы облучения – 1,2, 6,0, 12,0 и 24,0 Дж/см<sup>2</sup>.

Жизнеспособность тромбоцитов изучали с помощью флуоресцентного зонда ДСМ (4-(*n*-диметиламиностирил)-1-метилпиридиний в люминесцентном микроскопе МЛ-2. В нативных пластинках желто-зеленым светом светилась плазматическая мембрана, в пластинках с пониженным уровнем жизнеспособности, нарушенной целостностью мембраны, вся цитоплазма флуоресцировала красно-оранжевым. Проводили подсчет 200 пластинок в пяти полях

зрения в каждой пробе и рассчитывали процент нативных тромбоцитов и тромбоцитов с нарушенной структурой мембран.

Специфическую функциональную активность необлученных и фотостимулированных тромбоцитов (способность к адгезии) определяли электронно-микроскопически по изменению их строения и состоянию плазматической мембраны. Для электронно-микроскопических исследований суспензию фиксировали в 3 % растворе глутарового альдегида на 0,2 М фосфатном буфере на протяжении 20 ч. Затем проводили дофиксацию в 1 % осмиевой кислоте в течение одного часа и последовательное обезвоживание в спиртах и ацетоне. Далее осуществляли заливку эпоксидными смолами (эпон-аралдит). Ультратонкие срезы изготавливали на ультрамикротоме Ultrakut и контрастировали уранилацетатом. Полученные срезы просматривали в электронных микроскопах ЭМФ-100И и ЭМ-125.

Используя флуоресцентный зонд пирен изучали микровязкость мембран тромбоцитов. Для исследования трансмембранного потенциала применяли флуоресцентный краситель ДСМ (4-(*n*-диметиламиностирил)-1-метилпиридиний *n*-толуолсульфонат). Спектры флуоресценции записывали с помощью спектрофлуориметра "Signe-4". Мембранные липиды экстрагировали по методу Блая – Дайера [8]. Содержание фосфолипидов определяли фосфорнованилиновым методом, содержание холестерина – методом Златкиса – Зака [8]. Количественное определение отдельных фракций жирных кислот проводили с помощью газожидкостного анализа на анализаторе Хром-3700 (Чехословакия). Полученные результаты статистически обрабатывались, проводили расчет достоверности различий с применением *t*-критерия Стьюдента.

### Результаты

Как показали исследования, содержание жизнеспособных тромбоцитов в контрольной суспензии составило  $84,5 \pm 1,3$  %. При облучение гелий-неоновым лазером в дозах 1,2, 6,0 и 12,0 Дж/см<sup>2</sup> количество жизнеспособных тромбоцитов в суспензии практически не изменялось по сравнению с контролем. Доза облучения 24,0 Дж/см<sup>2</sup> приводила к увеличению в суспензии количества пластинок с признаками нарушения структурной целостности мембран и пониженным уровнем жизнеспособности до  $24,5 \pm 1,7$  % (табл. 1).

Таблица 1

Жизнеспособность тромбоцитов в суспензии при действии гелий-неонового лазера

Показатели	Контрольная группа	Доза облучения, Дж/см <sup>2</sup>			
		1,2	6,0	12,0	24,0
Нативные тромбоциты, %	$84,5 \pm 1,3$	$82,5 \pm 1,4$	$85,2 \pm 1,6$	$80,7 \pm 1,6$	$75,5 \pm 1,3^*$
Тромбоциты с признаками нарушения целостности мембран, %	$15,5 \pm 1,6$	$17,5 \pm 1,8$	$14,8 \pm 1,3$	$19,3 \pm 1,4$	$24,5 \pm 1,7^*$

Примечание. \* –  $P < 0,01$ .

При исследовании функциональной активности необлученных и фото-стимулированных тромбоцитов (способность к адгезии) проводили обнаружение на электронограммах признаков активации тромбоцитов. Обнаружено, что при облучении суспензии тромбоцитов в дозах 1,2, 6,0 и 12,0 Дж/см<sup>2</sup> количество активированных пластинок не изменялось по сравнению с контролем. Тромбоциты имели округлую или овальную форму, с четко выраженной мембраной, лишенной выростов, их грануломер находился в центральной части, а на периферии наблюдался хорошо выраженный цитоскелетный комплекс (рис. 1,а). При облучении в дозе 24,0 Дж/см<sup>2</sup> на электронограммах обнаруживали пластинки с признаками активации: перемещение грануломера на периферию, дезорганизация цитоскелета, крупные просветленные вакуоли и утрата целостности мембраны (рис. 1,б).

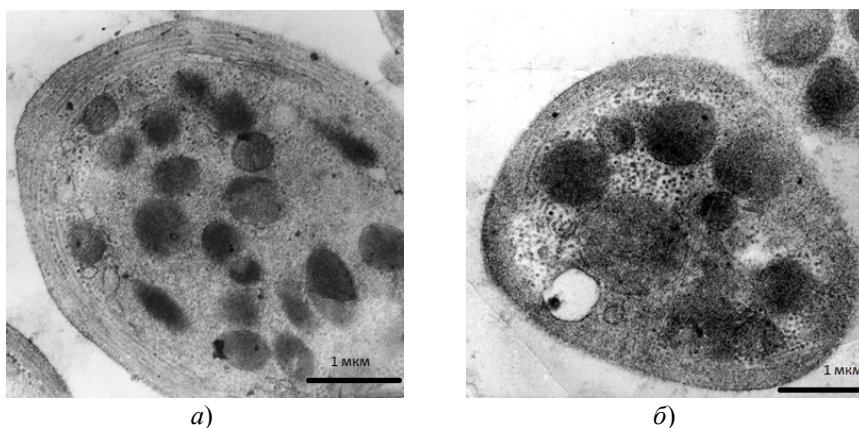


Рис. 1. Тромбоциты в нативной форме (а) и с признаками начальной активации (б)

Предполагается, что изменения функциональной активности тромбоцитов индуцируются тонкими структурно-химическими перестройками их мембран. Так, в исследовании установлено, что процессы структурных перестроек на уровне надмолекулярных ансамблей тромбоцитарных мембран происходят различно, в зависимости от дозы облучения.

Общее содержание липидов в мембранах тромбоцитов составило  $9,76 \pm 1,20$  мг на  $10^9$  тромбоцитов. Облучение НИГНЛ лазером способствовало перераспределению количественного соотношения липидов в мембранах, но не вызывало изменения их общего содержания. Исключение составила доза облучения в 24,0 Дж/см<sup>2</sup>, которая способствовала незначительному снижению содержания общих липидов на 5,4 % (рис. 2).

Облучение в дозе 1,2 Дж/см<sup>2</sup> приводило к незначительному повышению процента холестерина в мембране за счет снижения остальных фракций липидов, тогда как его абсолютное содержание фактически не изменялось. Облучение в дозе 6,0 Дж/см<sup>2</sup> способствовало снижению содержания холестерина на 9,3 %. Повышение дозы облучения усиливало данный эффект. Максимально уровень холестерина снижался на 16,8 % при дозе облучения в 24,0 Дж/см<sup>2</sup>.

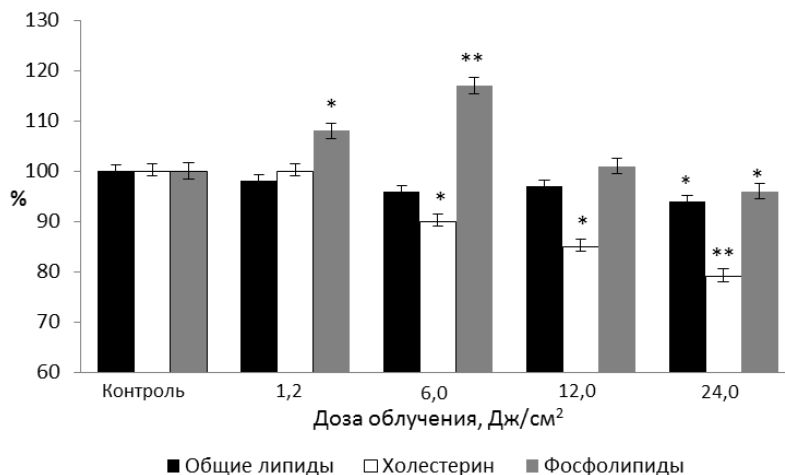


Рис. 2. Содержание фракций общих липидов, фосфолипидов и холестерина в тромбоцитарных мембранах при облучении суспензии тромбоцитов низкоинтенсивным гелий-неоновым лазером: \* –  $P < 0,05$ ; \*\* –  $P < 0,01$

Количество общих фосфолипидов при облучении в дозах 1,2 и 6,0 Дж/см<sup>2</sup> НИГНЛ повышалось соответственно на 8,0 и 17,3 % по сравнению с контрольными показателями. При применении более высоких доз облучения в 12,0 и 24,0 Дж/см<sup>2</sup> количество фосфолипидов в тромбоцитах незначительно превышало контрольные показатели, однако обнаруженные изменения не были достоверными. Обнаруженные закономерности изменения содержания липидов в тромбоцитарных мембранах при облучении суспензии тромбоцитов различными дозами НИГНЛ согласуются с данными по модификации липидной составляющей мембран лимфоцитов под действием низкоэнергетического лазерного излучения [9].

При изучении влияния низкоинтенсивного гелий-неонового лазера на жирнокислотный состав фосфолипидов мембран тромбоцитов установлено, что различные дозы приводят к его значительной модификации (табл. 2).

Таблица 2  
Содержание различных жирных кислот в фосфолипидах мембран тромбоцитов при облучении суспензии низкоинтенсивным гелий-неоновым лазером

Содержание ЖК, моль/%	Контроль	Доза облучения, Дж/см <sup>2</sup>			
		1,2	6,0	12,0	24,0
	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$	$M \pm m$
1	2	3	4	5	6
С (14:0)	4,4 ± 0,06	4,4 ± 0,01	4,35 ± 0,06	4,5 ± 0,08	6,1 ± 0,16
%	100	100,0	98,9	102,3	138,6
P		>0,05	>0,05	>0,05	<0,01
С (16:0)	18,6 ± 0,23	9,4 ± 0,11	10,8 ± 0,10	13,3 ± 0,16	17,8 ± 0,30
%	100	50,5	58,1	71,5	95,7
P		<0,001	<0,01	<0,01	>0,05



Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6
С (16:1) % P	1,6 ± 0,03 100	1,7 ± 0,03 106,3 >0,05	2,2 ± 0,05 137,5 <0,05	2,3 ± 0,04 143,8 <0,05	1,0 ± 0,02 62,5 <0,05
С (18:0) % P	11,8 ± 0,19 100	25,5 ± 0,40 50,5 <0,001	4,4 ± 0,05 58,1 <0,01	12,6 ± 0,21 71,5 <0,01	8,4 ± 0,14 95,7 >0,05
С (18:1) % P	10,4 ± 0,16 100	15,6 ± 0,24 101,9 >0,05	8,1 ± 0,30 101,2 >0,05	8,6 ± 0,08 95,9 >0,05	8,6 ± 0,06 91,2 <0,05
С (18:2) % P	11,24 ± 0,42 100	11,45 ± 1,01 101,9 >0,05	11,37 ± 1,07 101,2 >0,05	10,78 ± 0,63 95,9 >0,05	10,25 ± 0,58 91,2 <0,05
С (18:3) % P	11,24 ± 0,42 100	11,45 ± 1,01 101,9 >0,05	11,37 ± 1,07 101,2 >0,05	10,78 ± 0,63 95,9 >0,05	10,25 ± 0,58 91,2 <0,05
С (20:0) % P	11,24 ± 0,42 100	11,45 ± 1,01 101,9 >0,05	11,37 ± 1,07 101,2 >0,05	10,78 ± 0,63 95,9 >0,05	10,25 ± 0,58 91,2 <0,05
С (20:4) % P	11,24 ± 0,42 100	11,45 ± 1,01 101,9 >0,05	11,37 ± 1,07 101,2 >0,05	10,78 ± 0,63 95,9 >0,05	10,25 ± 0,58 91,2 <0,05
С (24:0) % P	11,24 ± 0,42 100	11,45 ± 1,01 101,9 >0,05	11,37 ± 1,07 101,2 >0,05	10,78 ± 0,63 95,9 >0,05	10,25 ± 0,58 91,2 <0,05
Насыщенные ЖК, %	50,1	50,7	40,5	46,0	55,0
Ненасыщенные ЖК, %	49,9	65,2	56,3	48,4	61,7

**Примечание.** ЖК – жирные кислоты;  $n = 9$ .

Количество насыщенных, а также моно- и полиненасыщенных жирных кислот в фосфолипидах мембран тромбоцитов под действием НИГНЛ изменялось различно. Облучение в дозе 1,2 Дж/см<sup>2</sup> способствовало возрастанию насыщенных ЖК на 7,3 %. Облучение в дозах 6,0 и 12,0 Дж/см<sup>2</sup> приводило к снижению содержания насыщенных жирных кислот соответственно на 2,2 и 23,3 %. Доза в 24,0 Дж/см<sup>2</sup> способствовала восстановлению их содержания до уровня контроля.

Содержание моно- и полиненасыщенных жирных кислот последовательно возрастало при дозах облучения НИГНЛ в 1,2 и 6,0 Дж/см<sup>2</sup> на 15,5 и 47,0 % соответственно, но далее при облучении в дозах 12,0 и 24,0 Дж/см<sup>2</sup> снижалось, тем не менее оставаясь выше исходного значения на 35,4 и 5,5 % соответственно.

Динамические показатели мембран, в том числе их текучесть, можно определить, рассчитав количественные соотношения холестерина и фосфолипидов и коэффициент насыщенности ЖК фосфолипидов. Первая доза об-

лучения НИГНЛ в 1,2 Дж/см<sup>2</sup> не способствовала достоверным изменениям данных показателей (табл. 3). При воздействии в дозах 6,0 и 12,0 Дж/см<sup>2</sup> наблюдалось снижение и коэффициента насыщенности ЖК, и соотношения между холестерином и фосфолипидами мембран. При возрастании дозы облучения до 24,0 Дж/см<sup>2</sup> коэффициент насыщенности ЖК возрастал до контрольных цифр.

Таблица 3

Соотношение холестерин/фосфолипиды и коэффициент насыщенности жирных кислот в мембранах тромбоцитов при облучении суспензии низкоинтенсивным гелий-неоновым лазером

Показатели	Контроль	Доза облучения, Дж/см <sup>2</sup>			
		1,2	6,0	12,0	24,0
ХЛ/ФЛ	0,85	0,75	0,87	0,78	0,62
%	100,0	88,2	102,4	91,8	72,9
НЖК/ННЖК	1,01	0,79	0,98	1,02	0,92
%	100,0	78,2	97,0	101,0	91,1

**Примечание.** ХЛ – холестерин; ФЛ – фосфолипиды; НЖК – насыщенные жирные кислоты; ННЖК – ненасыщенные жирные кислоты.

Таким образом, рассчитанные показатели указывают на возможность повышения текучести мембран тромбоцитов при облучении суспензии НИГНЛ в исследуемых дозах.

Далее было проведено измерение микровязкости мембран тромбоцитов с использованием флуоресцентного зонда пирена, который позволяет исследовать динамические изменения в мембранах с достаточно коротким временем жизни. Спектральные характеристики пирена очень чувствительны к условиям окружения, в конкретном случае к характеру взаимодействия молекул липидов в плазматической мембране тромбоцитов при облучении различными дозами низкоинтенсивного гелий-неонового лазера. В пробах была определена степень эксимеризации пирена, имеющая обратную зависимость от микровязкости. Установлено, что в суспензии не облученных тромбоцитов степень эксимеризации составила  $0,85 \pm 0,015$  усл. ед. (табл. 4).

Таблица 4

Уровень эксимеризации пирена в суспензии и тромбоцитов при ее облучении разными дозами низкоинтенсивного гелий-неонового лазера

Доза облучения, Дж/см <sup>2</sup>	Эксимеризация, усл. ед. ( $M \pm m$ )	%	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Контроль	$0,85 \pm 0,015$	100	30		
1,2	$0,86 \pm 0,023$	101,2	32	2,35	>0,05
6,0	$0,96 \pm 0,021$	112,6	27	2,99	<0,01
12,0	$1,09 \pm 0,025$	128,2	30	2,61	<0,01
24,0	$0,88 \pm 0,018$	103,5	30	2,95	>0,05

Уровень эксимеризации повышался при облучении НИГНЛ в дозах 1,2, 6,0 и 12,0 Дж/см<sup>2</sup>, соответственно на 1,2, 12,6 и 28,2 % от уровня контроля. При воздействии лазером в дозе 24,0 Дж/см<sup>2</sup> квантовый выход флуоресценции эксимерной формы пирена снижался, хотя и оставался на 3,5 % выше исходного уровня (см. табл. 4).

Структурные и молекулярные перестройки мембран тромбоцитов под действием НИГНЛ способствовали изменению липид-белковых взаимодействий и трансмембранного потенциала в мембранах тромбоцитов. В контрольной группе трансмембранный потенциал тромбоцитов составил  $196,2 \pm 2,32$  мВ. Установлено дозозависимое изменение трансмембранного потенциала при облучении суспензии тромбоцитов НИГНЛ (табл. 5).

Таблица 5

Трансмембранный потенциал тромбоцитов (ТМПТ) при облучении различными дозами низкоинтенсивного гелий-неонового лазера

Доза облучения, Дж/см <sup>2</sup>	ТМПТ ( $M \pm m$ )	%	<i>n</i>	<i>t</i>	<i>P</i>
Контроль	$196,6 \pm 2,32$	100	30	–	–
1,2	$199,1 \pm 2,78$	101,3	32	1,87	>0,05
6,0	$203,2 \pm 2,99$	103,4	27	2,27	<0,05
12,0	$211,7 \pm 3,03$	107,7	30	2,35	<0,01
24,0	$212,4 \pm 3,25$	108,0	30	2,46	<0,01

Доза облучения 1,2 Дж/см<sup>2</sup> способствовала возрастанию трансмембранного потенциала, однако зафиксированные изменения не носили достоверного характера. При облучении в дозах 6,0, 12,0 Дж/см<sup>2</sup> трансмембранный потенциал последовательно увеличивался на 3,4 и 7,7 % по отношению к контрольному значению. Обнаруженные изменения трансмембранного потенциала оставались в пределах физиологической нормы, что может свидетельствовать о благоприятном общем физиологическом действии гелий-неонового лазера на тромбоциты крови.

### Заключение

В исследовании установлено, что низкоинтенсивный гелий-неоновый лазер способствует формированию в мембранах тромбоцитов фотоэффектов неспецифического характера, приводящих к перераспределению мембранных липидов, изменению жидкостных свойств мембраны, позволяющих поддерживать жизнеспособность кровяных пластинок и их функциональную активность. Механизмы их осуществления, возможно, связаны с изменением содержания активных форм кислорода, возрастанием активности системы антиоксидантной защиты и структурно-функциональными модификациями в мембранах тромбоцитов [10]. Возрастание показателей трансмембранного потенциала в тромбоцитах может указывать на повышение интенсивности энергопотребления в условиях их адаптации к неспецифическому воздействию лазерного излучения. На это указывают и данные о повышении активности клеточных АТФ-аз при облучении гелий-неоновым лазером [10]. В целом эффекты облучения гелий-неоновым лазером носят характер физиологиче-

ских воздействий, не приводящих живые системы, будь то мембраны или клетка к стрессовому состоянию, перенапряжению их функциональных систем или развитию парабиоза.

**Библиографический список**

1. **Гейниц, А. В.** Внутривенное лазерное облучение крови / А. В. Гейниц, С. В. Москвин, А. А. Ачилов. – М. ; Тверь : Триада, 2012. – 336 с.
2. **Москвин, С. В.** Основы лазерной терапии. Серия «Эффективная лазерная терапия» / С. В. Москвин. – М. ; Тверь : Триада, 2016. – Т. 1. – 896 с.
3. **Садилова, П. Ю.** Изменение биологических свойств крови при воздействии на нее низкоинтенсивным лазерным излучением при различной экспозиции опытных образцов в условиях эксперимента / П. Ю. Садилова, К. В. Гасников, Е. Б. Лисина, Л. А. Баязитова // Медицинский альманах. – 2012. – № 2. – С. 104–107.
4. Изменение морфофункционального состояния мембраны лимфоцитов у больных бронхиальной астмой под действием излучения He-Ne лазера / Р. Р. Гильметдинов, А. В. Глотов, Н. А. Давлеткильдеев, И. А. Лобов, Г. С. Трушников // Вестник Омского университета. – 2013. – № 2 (68). – С. 133–136.
5. **Байбеков, И. М.** Влияние лазерного облучения донорской крови на форму эритроцитов / И. М. Байбеков, А. Ф. Ибрагимов, А. И. Байбеков // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2011. – Т. 152, № 12. – С. 703–707.
6. **Линькова, Н.С.** Влияние низкоинтенсивного лазерного излучения красного спектра на некоторые свойства эритроцитов крыс Вистар / Н. С. Линькова, О. П. Горшкова, В. И. Шуваева, Д. П. Дворецкий // Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. – 2008. – Т. 145, № 1. – С. 12–15.
7. Клиническая лабораторная аналитика. Том I. Основы клинического лабораторного анализа : в 5 т. / под ред. В. В. Меньшикова. – М. : Агат-Мед, 2002. – 860 с.
8. **Кейтс, М.** Техника липидологии / М. Кейтс. – М. : Мир, 1975. – 322 с.
9. **Кузьмичева, Л. В.** Морфологические и функциональные изменения лимфоцитов в процессе краткосрочной адаптации : дис. ... д-ра биол. наук / Кузьмичева Л. В. – Саранск, 2005. – 278 с.
10. **Баврина, А. П.** Перекисное окисление липидов при воздействии на ткани крыс высокоинтенсивным лазерным излучением и низкоинтенсивным красным светом / А. П. Баврина // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-2. – С. 814.

**References**

1. Geynits A. V., Moskvina S. V., Achilov A. A. *Vnutrivennoe lazernoe obluchenie krovi* [Intravenous laser irradiation of blood]. Moscow; Tver: Triada, 2012, 336 p.
2. Moskvina S. V. *Osnovy lazernoy terapii. Seriya «Effektivnaya lazernaya terapiya»* [Essentials of laser therapy. Series “Efficient laser therapy”]. Moscow; Tver: Triada, 2016, vol. 1, 896 p.
3. Sadilova P. Yu., Gasnikov K. V., Lisina E. B., Bayazitova L. A. *Meditinskiy al'manakh* [Medical almanach]. 2012, no. 2, pp. 104–107.
4. Gil'metdinov R. R., Glotov A. V., Davletkil'deev N. A., Lobov I. A., Trushnikov G. S. *Vestnik Omskogo universiteta* [Bulletin of Omsk University]. 2013, no. 2 (68), pp. 133–136.
5. Baybekov I. M., Ibragimov A. F., Baybekov A. I. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of experimental biology and medicine]. 2011, vol. 152, no. 12, pp. 703–707.
6. Lin'kova N. S., Gorshkova O. P., Shuvaeva V. I., Dvoretzkiy D. P. *Byulleten' eksperimental'noy biologii i meditsiny* [Bulletin of experimental biology and medicine]. 2008, vol. 145, no. 1, pp. 12–15.

7. *Klinicheskaya laboratornaya analitika. Tom I. Osnovy klinicheskogo laboratornogo analiza: v 5 t.* [Clinical laboratory analytics. Volume 1. Essentials of clinical laboratory analysis: in 5 volumes]. Ed. by V. V. Men'shikova. Moscow: Agat-Med, 2002, 860 p.
8. Keyts M. *Tekhnika lipidologii* [Lipidological technique]. Moscow: Mir, 1975, 322 p.
9. Kuz'micheva L. V. *Morfologicheskie i funktsional'nye izmeneniya limfotsitov v protsesse kratkosrochnoy adaptatsii: dis. d-ra biol. nauk* [Morphological and functional lymphocyte changes during short-term adaptation: dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Saransk, 2005, 278 p.
10. Bavrina A. P. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2015, no. 2-2, p. 814.

---

**Мельникова Наталья Алексеевна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра нормальной и патологической  
физиологии с курсом гигиены,  
Национальный исследовательский  
Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва (Россия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: n\_melnicowa@mail.ru

**Mel'nikova Natal'ya Alekseevna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of normal and  
pathological physiology with a course of  
hygiene, Ogarev Mordovia State University  
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

**Седова Дина Георгиевна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра нормальной и патологической  
физиологии с курсом гигиены,  
Национальный исследовательский  
Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва (Россия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: sedova\_dg@mail.ru

**Sedova Dina Georgievna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of normal and  
pathological physiology with a course of  
hygiene, Ogarev Mordovia State University  
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

**Уланова Татьяна Вячеславовна**

кандидат медицинских наук, доцент,  
кафедра нормальной и патологической  
физиологии с курсом гигиены,  
Национальный исследовательский  
Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва (Россия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: tatyana\_304@mail.ru

**Ulanova Tat'yana Vyacheslavovna**

Candidate of medical sciences, associate  
professor, sub-department of normal and  
pathological physiology with a course of  
hygiene, Ogarev Mordovia State University  
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

**Агеносова Ольга Геннадьевна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра цитологии, гистологии  
и эмбриологии с курсами медицинской  
биологии и молекулярной биологии  
клетки, Национальный исследовательский  
Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва (Россия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: olg.agen2014@yandex.ru

**Agenosova Ol'ga Gennad'evna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of cytology,  
histology and embryology with courses  
of medical biology and molecular biology  
of cells, Ogarev Mordovia State University  
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

***Евстифеева Инна Александровна***

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра цитологии, гистологии  
и эмбриологии с курсами медицинской  
биологии и молекулярной биологии  
клетки, Национальный исследовательский  
Мордовский государственный  
университет имени Н. П. Огарёва (Россия,  
г. Саранск, ул. Большевикская, 68)

E-mail: inna-evst@mail.ru

***Evstifeeva Inna Aleksandrovna***

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of cytology,  
histology and embryology with courses  
of medical biology and molecular biology  
of cells, Ogarev Mordovia State University  
(68 Bolshevistskaya street, Saransk, Russia)

---

УДК 612.014.3; 612.014.4

**Исследование роли мембранных структур в процессах неспецифической адаптации тромбоцитов к воздействию низкоинтенсивного гелий-неонового лазера в условиях модельного эксперимента / Н. А. Мельникова, Д. Г. Седова, Т. В. Уланова, О. Г. Агеносова, И. А. Евстифеева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 1 (21). – С. 83–94. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-1-9.**

### **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, 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 (тип файла – RTF, DOC).

Необходимо представить статью в электронном виде (VolgaVuz@mail.ru) 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. Статья **обязательно** должна содержать индекс УДК, ключевые слова и развернутую аннотацию объемом от 100 до 250 слов, имеющую четкую структуру **на русском** (Актуальность и цели. Материалы и методы. Результаты. Выводы) **и английском** (Background. Materials and methods. Results. Conclusions) **языках**.

**Обращаем внимание авторов** на то, что в соответствии с этическим кодексом журнала для обеспечения единообразия перевод фамилии, имени, отчества каждого автора на английский язык (в сведениях об авторах и списке литературы) осуществляется автоматически с использованием программы транслитерации в кодировке BGN (сайт translit.ru).

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 подписанными подписями.

**Формулы** в тексте статьи **обязательно** должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Word Equation (версия 3.0) или MathType. 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. **Требования к оформлению списка литературы** на русские и иностранные источники: **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, страницы; **для материалов конференций** – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, город, издательство, год, страницы.

К материалам статьи **должна** прилагаться следующая информация: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, место и юридический адрес работы (на русском и английском языках), e-mail, контактные телефоны (желательно совые).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. Рукопись, полученная редакцией, не возвращается. Редакция оставляет за собой право проводить редакционную 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.**

### **Уважаемые читатели!**

Для гарантированного и своевременного получения журнала **«Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки»** рекомендуем вам оформить подписку.

Журнал выходит 4 раза в год по тематике • биология.

Стоимость одного номера журнала – 500 руб. 00 коп.

Для оформления подписки через редакцию необходимо заполнить и отправить заявку в редакцию журнала: тел./факс (841-2) 36-84-87; E-mail: [VolgaVuz@mail.ru](mailto:VolgaVuz@mail.ru)

Подписку можно оформить по объединенному каталогу «Пресса России», тематические разделы: «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов», «Природа. Мир животных и растений. Экология», «Химия. Нефтехимия. Нефтегазовая промышленность». Подписной индекс – 70238.

---

### **ЗАЯВКА**

Прошу оформить подписку на журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» на 20\_\_ г.

№ 1 – \_\_\_\_\_ шт., № 2 – \_\_\_\_\_ шт., № 3 – \_\_\_\_\_ шт., № 4 – \_\_\_\_\_ шт.

Наименование организации (полное) \_\_\_\_\_

ИНН \_\_\_\_\_ КПП \_\_\_\_\_

Почтовый индекс \_\_\_\_\_

Республика, край, область \_\_\_\_\_

Город (населенный пункт) \_\_\_\_\_

Улица \_\_\_\_\_ Дом \_\_\_\_\_

Корпус \_\_\_\_\_ Офис \_\_\_\_\_

ФИО ответственного \_\_\_\_\_

Должность \_\_\_\_\_

Тел. \_\_\_\_\_ Факс \_\_\_\_\_ E-mail \_\_\_\_\_

Руководитель предприятия \_\_\_\_\_

(подпись)

(ФИО)

Дата «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ г.