

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 4 (24)

2018

## СОДЕРЖАНИЕ

### ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

- Петрухина Д. И.* Перспективы использования разбавленной питательной среды для рекультивирования цианобактерий ..... 3

### ЗООЛОГИЯ

- Бакиев А. Г.* Пресмыкающиеся Волжского бассейна, отмеченные в трудах П. С. Палласа ..... 10
- Горелов Р. А.* Позвоночные животные, обнаруженные П. С. Палласом на современной территории Самарской области ..... 20

### ЭКОЛОГИЯ

- Смирнов Д. Г.* Сравнительный анализ трофических ниш *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nilssonii* (Chiroptera, Vespertilionidae) в условиях Самарской Луки ..... 28
- Закс С. С., Кузьмин А. А., Симаков М. Д., Титов С. В.* Особенности метапопуляционной структуры восточной части ареала крапчатого суслика в условиях антропогенной и естественной фрагментации среды ..... 42
- Чекаев Н. П., Блинохватова Ю. В., Кузнецов А. Ю., Власова Т. А., Корягина Н. В.* Оценка степени деградации почв на земельных участках сельскохозяйственного назначения в результате антропогенного воздействия ..... 51

### ОБЩАЯ БИОЛОГИЯ

- Лобанова Л. П., Колесова А. Ю., Шацкая О. А., Маггеррамов Ш. В.* Характеристика спорад микроспор у тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 ..... 62

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

- Титов С. В., Кузьмин А. А., Закс С. С., Чернышова О. В.* Апробация нового маркера ядерной ДНК для исследований гибридизации крапчатого (*Spermophilus suslicus* Güld.) и большого сусликов ..... 72

UNIVERSITY PROCEEDINGS  
VOLGA REGION

NATURAL SCIENCES

№ 4 (24)

2018

CONTENTS

PHYSICO-CHEMICAL BIOLOGY

- Petrukhina D. I.* Prospects of using diluted medium for cyanobacteria  
recultivation ..... 3

ZOOLOGY

- Bakiev A. G.* Reptiles of the Volga basin in the works of P. S. Pallas ..... 10
- Gorelov R. A.* Vertebrates detected by P. C. Pallas in the modern territory  
of Samara region ..... 20

ECOLOGY

- Smirnov D. G.* Comparative trophic niche analysis of *Pipistrellus nathusii*  
and *Eptesicus nilssonii* (Chiroptera, Vespertilionidae) in conditions  
of Samarskaya Luka ..... 28
- Zaks S. S., Kuz'min A. A., Simakov M. D., Titov S. V.* Features  
of the metapopulation structure of the Eastern part of the Spotted Ground  
Squirrel habitat in conditions of anthropogenic and natural fragmentation  
of environment ..... 42
- Chekaev N. P., Blinokhvatova Yu. V., Kuznetsov A. Yu., Vlasova T. A.,  
Koryagina N. V.* Estimation of the degradation of soils in agricultural areas  
as a result of antropogenic impact ..... 51

GENERAL BIOLOGY

- Lobanova L. P., Kolesova A. Yu., Shatskaya O. A., Magerramov Sh. V.*  
Characteristics of microspores' sporades in tetraploid maize line KrP-1 ..... 62

RESEARCH TECHNIQUE

- Titov S. V., Kuz'min A. A., Zaks S. S., Chernyshova O. V.* Testing  
a new nuclear DNA marker for studies of hybridization in speckled  
(*Spermophilus suslicus* Güld.) and large ground squirrels ..... 72

# ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ БИОЛОГИЯ

---

УДК 606:582.232

DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-1

Д. И. Петрухина

## ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РАЗБАВЛЕННОЙ ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ РЕКУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЦИАНОБАКТЕРИЙ<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Представители *Spirulina* и *Arthrospira* включены во многие лабораторные коллекции культур цианобактерий, так как их криоконсервация обеспечивает долговременное сохранение культур. Цель исследования – изучение возможности культивирования коллекции культур цианобактерий родов *Spirulina* и *Arthrospira* (9 штаммов) на разбавленной питательной среде Заррука после 12-месячной криоконсервации при температуре минус 80 °С.

*Материалы и методы.* «Отработанную» среду Заррука получали после культивирования на ней цианобактерий *Spirulina* и *Arthrospira*. Основную биомассу цианобактерий *Spirulina* (*Arthrospira*) после культивирования подвергали криоконсервации. Отделенная от нее «отработанная» среда Заррука была смешана (1:1) с новой (свежей) средой Заррука для повторного использования после криоконсервации.

*Результаты.* Представлены данные о влиянии разбавленной питательной среды Заррука на скорость роста цианобактерий *Spirulina* и *Arthrospira* после криоконсервации. Рост этих цианобактерий после оттаивания был удовлетворительным и имел ту же величину, что и рост этих цианобактерий на новой (свежей) питательной среде Заррука.

*Выводы.* Результаты представленной работы показывают, что повторное использование питательной среды Заррука может быть применимо для рекультивации представителей цианобактерий родов *Spirulina* и *Arthrospira* после долговременной криоконсервации.

**Ключевые слова:** *Arthrospira* sp., *Spirulina* sp., культуральная среда, рециклинг питательной среды.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке стипендии Президента Российской Федерации для обучения за рубежом аспирантов российских вузов, стипендии MULTIC от международной стипендиальной программы ERASMUS MUNDUS Action 2 и стипендии Дрезденского технического университета для развития научной карьеры у женщин (Scholarship Program for the Promotion of Early-Career Female Scientists of TU Dresden).

© 2018 Петрухина Д. И. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

## PROSPECTS OF USING DILUTED MEDIUM FOR CYANOBACTERIA RECULTIVATION

### Abstract.

*Background.* *Spirulina* and *Arthrospira* species include a wide variety of laboratory cyanobacteria culture collections and their cryo-storage does provide long-term preservation. The aim of the work is to study a possibility of cultivation in diluted Zarrouk medium of the *Spirulina* and *Arthrospira* collection (9 strains) after 12 months of cryopreservation at a temperature of minus 80 °C.

*Materials and methods.* The effluent of Zarrouk medium was obtained from cyanobacteria's *Spirulina* and *Arthrospira* cultivation. Biomasses of *Spirulina* and *Arthrospira* were subject to cryopreservation. The effluent of Zarrouk medium was mixed (1:1) with new Zarrouk medium to reuse after cryo-storage.

*Results.* The article presents data concerning the influence of diluted Zarrouk medium on growth rate of *Spirulina* and *Arthrospira* after cryo-storage. The growth of these cyanobacteria after thawing was satisfactory and featured the same rate as the growth in the new Zarrouk medium.

*Conclusions.* The results of this work shows that reuse of Zarrouk medium may be appropriate to recultivation of the cyanobacteria *Spirulina* and *Arthrospira* collection after long-term cryo-storage.

**Keywords:** *Arthrospira* sp., *Spirulina* sp., culture medium, reuse of Zarrouk medium.

### Введение

Цианобактерии родов *Spirulina* и *Arthrospira* благодаря относительной простоте и безопасности культивирования являются распространенными объектами научных исследований и одновременно выращиваются в промышленных масштабах во многих странах мира как объекты фотобиотехнологии [1]. Биомасса видов *Spirulina* и *Arthrospira* является важным биотехнологическим продуктом, характеризуется уникальными полезными свойствами и содержит такие ценные соединения, как легкоусвояемые протеины, липиды, полисахариды, фенольные соединения, и поэтому находит все большее применение в биотехнологических производствах. Например, в производстве пищевого белка, разнообразных лечебно-профилактических препаратов, высококачественных кормовых продуктов, пигментов и пищевых красителей, а также других востребованных продуктов для медицины, косметологии, животноводства и аквакультуры [2, 3].

Одним из первых подробное исследование условий роста цианобактерии *Arthrospira* sp. провел Клод Заррук (Claude Zarrouk) в своей диссертационной работе [4]. Питательная среда, разработанная Зарруком, стала стандартной средой для выращивания цианобактерий родов *Arthrospira* и *Spirulina* [1–3].

Представляется интересным возможность повторного использования питательной среды Заррука после выращивания на ней культур *Arthrospira* sp. и *Spirulina* sp. Применение этой многокомпонентной среды для культивирования цианобактерий после криоконсервации значительно повышает экономическую эффективность биотехнологического процесса.

Экспериментам по выращиванию водорослей в «отработанных» питательных средах в последнее время уделяется недостаточное внимание [5]. Результаты таких экспериментов представлены лишь в нескольких работах Morocho-Jácome и соавт. [6, 7]. Авторами показано, что потребление цианобактериями основных питательных веществ из жидкой питательной среды Заррука обычно не полное, т.е. после выращивания и отделения биомассы этих цианобактерий культуральная среда содержит достаточное количество нитратов, фосфатов и карбонатов в остаточных концентрациях [6, 7]. Эта особенность «отработанной» среды Заррука позволяет ограничиться лишь частичным восполнением питательных веществ путем добавления свежей порции среды для повторного ее использования, например для рекультивирования *Arthrospira* sp. и *Spirulina* sp. после криоконсервирования.

Целью настоящей работы было определение потенциальной возможности использования разбавленной питательной среды Заррука для рекультивирования цианобактерий *Spirulina* (*S. subsalsa*, *S. laxissima*) и *Arthrospira* (*A. platensis*, *A. maxima*) после 12-месячной криоконсервации при температуре минус 80 °С.

### Материалы и методы

В работе использовали штаммы рода *Spirulina*: *S. subsalsa* (PCC 9445) и *S. laxissima* (SAG 256.80), а также рода *Arthrospira*: *A. maxima* (SAG 84.79, SAG 49.88); *A. platensis* (SAG 257.80, SAG 21.99, PCC 9223, PCC 9108, PCC 7345). Исследуемые штаммы были получены из коллекции культур университета Пастера, Франция (PCC) и коллекции водорослей университета Гёттенгена, Германия (SAG).

Выращивание исходных культур и низкотемпературное консервирование осуществляли согласно методике, описанной нами ранее [8]. Разбавленная среда была получена путем добавления к стандартной питательной среде Заррука равного объема культуральной среды (1:1), оставшейся после выращивания на ней биомассы цианобактерий, которую использовали для криоконсервирования.

Очистку среды Заррука после культивирования на ней цианобактерий *Spirulina* и *Arthrospira* не проводили, поскольку все используемые варианты очистки отработанной среды Заррука снижали в ней содержание нитратов, карбонатов и фосфатов в остаточных концентрациях.

Исследуемые штаммы цианобактерий криоконсервировали с раствором диметилсульфоксида (10 % ДМСО) в течение 12 месяцев при минус 80 °С. После оттаивания штаммы выращивали на стандартной и разбавленной среде Заррука и проводили сравнительную оценку скорости роста штаммов *Arthrospira* и *Spirulina* в зависимости от варианта используемой для роста питательной среды Заррука.

Для облегчения определения прироста биомассы у исследуемых штаммов *Spirulina* и *Arthrospira* после оттаивания были созданы калибровочные кривые зависимости количества сухой биомассы от оптической плотности ее суспензии на длине волны в 750 нм для каждого из штаммов.

Для штаммов *Arthrospira platensis* (PCC 9108, SAG 21.99, SAG 257.80) ранее нами были получены уравнения регрессии и коэффициент детерминации [9]. Так, функциональная зависимость концентрации биомассы в раство-

ре и оптической плотности при 750 нм для штамма PCC 9108 имеет значение 0,83 г/л ( $y = 0,8271x$ ,  $R^2 = 0,9637$ ), для штамма SAG 257.80 – 0,91 г/л ( $y = 0,9098x$ ,  $R^2 = 0,9887$ ) и для штамма SAG 21.99 – 0,88 г/л ( $y = 0,8778x$ ,  $R^2 = 0,9816$ ).

### Результаты и обсуждение

На основе результатов экспериментов установлено, что оптическая плотность при 750 нм суспензии исследуемых цианобактерий и сухой вес их биомассы связаны линейной зависимостью: ОП750 =  $k \times$  СВ. Коэффициент пропорциональности  $k$  для оценки биомассы по ОП750 в обратной зависимости СВ =  $k \times$  ОП750 был определен для каждого штамма.

Для двух штаммов вида *Arthrospira platensis* были получены следующие значения: 0,77 г/л для PCC 7345 ( $y = 0,7729x$ ,  $R^2 = 0,9879$ ), 0,86 г/л для PCC 9223 ( $y = 0,8662x$ ,  $R^2 = 0,971$ ).

У двух штаммов вида *Arthrospira maxima* полученные значения были несколько различными: 0,78 г/л для SAG 49.88 ( $y = 0,7826x$ ,  $R^2 = 0,9314$ ), 0,94 г/л для SAG 84.79 ( $y = 0,9388x$ ,  $R^2 = 0,9814$ ).

Для *Spirulina laxissima* штамм SAG 256.80 было получено значение 0,45 г/л для ( $y = 0,4462x$ ,  $R^2 = 0,9549$ ), что значительно отличает данный штамм как от представителей рода *Arthrospira*, так и от другого вида рода *Spirulina* – *Spirulina subsalsa*. В то же время для штамма PCC 9445 *Spirulina subsalsa* было получено значение 0,90 г/л ( $y = 0,9033x$ ,  $R^2 = 0,9611$ ), более близкое к значениям штаммов рода *Arthrospira*.

Уравнение регрессии и коэффициент детерминации, полученные для исследуемых в нашей работе штаммов цианобактерий, подтверждают видоспецифичность функциональной зависимости концентрации биомассы цианобактерий в растворе и оптической плотности и необходимость его определения для каждого конкретного объекта исследования.

Согласно полученным результатам исследования было установлено, что использование разбавленной (1:1) среды Заррука не влияло на жизнеспособность и рост штаммов цианобактерий *Spirulina* и *Arthrospira* после криоконсервирования (табл. 1).

Таблица 1

Скорость роста штаммов *Spirulina* и *Arthrospira* после криоконсервации на разбавленной среде Заррука (в % от скорости роста цианобактерий на полной питательной среде Заррука,  $M \pm m$ ,  $n = 18$ )

Вид	Штамм	Скорость роста, %
<i>S. subsalsa</i>	PCC 9445	90,00 ± 0,18
<i>S. laxissima</i>	SAG 256.80	71,00 ± 0,27
<i>A. maxima</i>	SAG 84.79	81,00 ± 0,32
	SAG 49.88	83,00 ± 0,17
<i>A. platensis</i>	SAG 257.80	84,00 ± 0,21
	SAG 21.99	75,00 ± 0,08
	PCC 9223	78,00 ± 0,07
	PCC 9108	94,00 ± 0,07
	PCC 7345	97,00 ± 0,17

Так, у исследуемых штаммов родов *Spirulina* (*S. laxissima* SAG 256.80, *S. subsalsa* PCC 9445) и *Arthrospira* (*A. platensis* PCC 9108, SAG 257.80, SAG 21.99, PCC 9223 и PCC 7345, *A. maxima* SAG 49.88 и SAG 84.79) после оттаивания наблюдали рост клеток на разбавленной среде Заррука при минимальной скорости – 71 % (штамм SAG 256.80) по сравнению с экспериментом по выращиванию цианобактерий на стандартной питательной среде Заррука.

Таким образом, полученные данные говорят о возможности применения для рекультивирования цианобактерий после криоконсервации разбавленной среды Заррука. Разбавление среды Заррука не только снижает стоимость питательной среды для выращивания *Spirulina* sp. и *Arthrospira* sp., но также уменьшает количество отходов, утилизируемых в окружающую среду после экспериментов за счет включения уже использованной культуральной среды.

### Заключение

Результаты нашего исследования показали, что для рекультивации коллекции цианобактерий родов *Spirulina* и *Arthrospira* после долговременной криоконсервации возможно повторное использование жидкой питательной среды Заррука после добавления к ней свежей среды в пропорции 1 : 1. Нами после 12 месяцев хранения при минус 80 °С и в присутствии 10 %-го ДМСО успешно были рекультивированы на разбавленной питательной среде Заррука девять штаммов цианобактерий: *Arthrospira platensis* штаммы PCC 9108, PCC 7345, PCC 9223, SAG 257.80, SAG 21.99, *Arthrospira maxima* штаммы SAG 49.88 и SAG 84.79, *Spirulina laxissima* SAG 256.80, *Spirulina subsalsa* PCC 9445. Ростовые характеристики полученных суспензионных культур цианобактерий были сравнимы с таковыми у контрольных культур, рекультивированных на стандартной питательной среде Заррука. Отметим также значительную экономическую выгоду при достаточно высокой эффективности рекультивирования от использования разбавленной питательной среды Заррука. Данный методический подход снижает стоимость используемой в экспериментах питательной среды (в два раза) для культивирования цианобактерий после криоконсервации.

### Библиографический список

1. **Eriksen, N. T.** Production of phycocyanin – a pigment with applications in biology, biotechnology, foods and medicine / N. T. Eriksen // *Applied Microbiology and Biotechnology*. – 2008. – Vol. 80, iss. 1. – P. 1–14. – DOI 10.1007/s00253-008-1542-y.
2. **Vonshak, A.** *Spirulina platensis (Arthrospira): physiology, cell-biology and biotechnology* / A. Vonshak. – London : CRC Press, 2002. – 252 p.
3. **Sili, C.** *Arthrospira (Spirulina)* / C. Sili, G. Torzillo, A. Vonshak // *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time* / ed. B. Whitton. – 2012. – P. 677–705. – DOI 10.1007/978-94-007-3855-3\_25.
4. **Zarrouk, C.** Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de *Spirulina maxima* (Setch et Gardner) Geitler : Ph. D. thesis / Zarrouk C. – Paris : Université de Paris, 1966. – 109 p.
5. **Loftus, S. E.** Cross-study analysis of factors affecting algae cultivation in recycled medium for biofuel production / S. E. Loftus, Z. I. Johnson // *Algal Research*. – 2017. – Vol. 24, part A. – P. 154–166. – DOI 10.1016/j.algal.2017.03.007.

6. **Morocho-Jácome, A. L.** Evaluation of physicochemical treatment conditions for the reuse of a spent growth medium in *Arthrospira platensis* cultivation / A. L. Morocho-Jácome, G. F. Mascioli, S. Sato, J. C. M. de Carvalho // *Algal Research*. – 2016. – Vol. 13. – P. 159–166. – DOI 10.1016/j.algal.2015.11.022.
7. **Morocho-Jácome, A. L.** Ferric sulfate coagulation and powdered activated carbon adsorption as simultaneous treatment to reuse the medium in *Arthrospira platensis* cultivation / A. L. Morocho-Jácome, S. Sato, J. C. M. de Carvalho // *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. – 2015. – Vol. 91, iss. 4. – P. 901–910. – DOI 10.1002/jctb.4655.
8. **Петрухина, Д. И.** Исследование эффективности сохранения цианобактерии *Spirulina subsalsa* после криоконсервации при –80 °С в присутствии глюкозы / Д. И. Петрухина, И. Н. Лыков // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. – 2016. – Т. 6, № 4. – С. 68–73. – DOI 0.21285/2227-2925-2016-6-4-68-73.
9. **Петрухина, Д. И.** Низкотемпературное хранение цианобактерии *Arthrospira platensis* / Д. И. Петрухина, И. Н. Лыков // *Технологии живых систем*. – 2018. – Т. 15, № 1. – С. 49–54.

### **References**

1. Eriksen N. T. *Applied Microbiology and Biotechnology*. 2008, vol. 80, iss. 1, pp. 1–14. DOI 10.1007/s00253-008-1542-y.
2. Vonshak A. *Spirulina platensis (Arthrospira): physiology, cell-biology and biotechnology*. London: CRC Press, 2002, 252 p.
3. Sili C., Torzillo G., Vonshak A. *Ecology of Cyanobacteria II: Their Diversity in Space and Time*. 2012, pp. 677–705. DOI 10.1007/978-94-007-3855-3\_25.
4. Zarrouk C. *Contribution à l'étude d'une cyanophycée: influence de divers facteurs physiques et chimiques sur la croissance et la photosynthèse de Spirulina maxima (Setch et Gardner) Geitler: Ph. D. thesis* [Contribution to the study of cyanophyceae: influence of various physical and chemical factors on growth and photosynthesis of *Spirulina maxima* (Setch and Gardner) Geitler: Ph. D. thesis]. Paris: Université de Paris, 1966, 109 p.
5. Loftus S. E., Johnson Z. I. *Algal Research*. 2017, vol. 24, part A, pp. 154–166. DOI 10.1016/j.algal.2017.03.007.
6. Morocho-Jácome A. L., Mascioli G. F., Sato S., de Carvalho J. C. M. *Algal Research*. 2016, vol. 13, pp. 159–166. DOI 10.1016/j.algal.2015.11.022.
7. Morocho-Jácome A. L., Sato S., de Carvalho J. C. M. *Journal of Chemical Technology & Biotechnology*. 2015, vol. 91, iss. 4, pp. 901–910. DOI 10.1002/jctb.4655.
8. Petrukhina D. I., Lykov I. N. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya* [University proceedings. Applied chemistry and biotechnology]. 2016, vol. 6, no. 4, pp. 68–73. DOI 0.21285/2227-2925-2016-6-4-68-73.
9. Petrukhina D. I., Lykov I. N. *Tekhnologii zhivyykh system* [Living system technologies]. 2018, vol. 15, no. 1, pp. 49–54.

---

#### **Петрухина Дарья Игоревна**

соискатель, Калужский государственный университет имени К. Э. Циолковского (Россия, г. Калуга, ул. Степана Разина, 26)

#### **Petrukhina Dar'ya Igorevna**

Applicant, Tsiolkovsky Kaluga State University (26 Stepana Razina street, Kaluga, Russia)

E-mail: [daria.petrukhina@outlook.com](mailto:daria.petrukhina@outlook.com)

УДК 606:582.232

**Петрухина, Д. И.**

**Перспективы использования разбавленной питательной среды для рекультивирования цианобактерий / Д. И. Петрухина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 3–9. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-1.**

УДК 598.1+001.891.32(470.4)  
DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-2

А. Г. Бакиев

## ПРЕСМЫКАЮЩИЕСЯ ВОЛЖСКОГО БАССЕЙНА, ОТМЕЧЕННЫЕ В ТРУДАХ П. С. ПАЛЛАСА<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Цель работы – уточнить виды черепах, ящериц и змей, которые отметил П. С. Паллас в речном бассейне Волги и Волжско-Уральском междуречье. Данные Палласа о фауне рептилий региона сравнивались с современными данными.

*Материалы и методы.* Основой исследования послужил анализ палласовских публикаций. Идентифицированы названия пресмыкающихся, используемые Палласом, с их современными названиями.

*Результаты.* Паллас описал два новых для науки вида пресмыкающихся Поволжья: “*Coluber melanis*” (черная лесостепная форма обыкновенной гадюки *Vipera berus*) и “*Lacerta pipiens*” (пискливый геккончик *Alsophylax pipiens*). Из междуречья Волги и Урала Палласом описаны еще два вида: “*Lacerta apoda*” (желтопузик *Pseudopus apodus*) и “*Lacerta mystacea*” (ушастая круглоголовка *Phrynocephalus mystaceus*). Великий натуралист отметил в Поволжском регионе также рептилий, современные названия которых: *Emys orbicularis*, *Phrynocephalus helioscopus*, *Phrynocephalus guttatus*, *Phrynocephalus mystaceus*, *Eremias velox*, *Lacerta agilis*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Hierophis caspius*, *Gloydius halys*, *Vipera berus*, *Vipera renardi*. В начале XXI в. в регионе достоверно обитают один вид черепах, 11 видов ящериц и 10 видов змей.

*Выводы.* Отмеченные Палласом виды пресмыкающихся, кроме желтопузика *Pseudopus apodus* и обыкновенного щитомордника *Gloydius halys*, достоверно населяют регион в настоящее время. Сведения Палласа служат основой для изучения динамики видового состава, распространения и распределения, обилия и фенологии рептилий Волжского бассейна.

**Ключевые слова:** Петер Симон Паллас, черепахи, ящерицы, змеи, Поволжье, междуречье Волги и Урала.

А. Г. Бакиев

## REPTILES OF THE VOLGA BASIN IN THE WORKS OF P. S. PALLAS

### Abstract.

*Background.* The purpose of the work is to clarify the species of turtles, lizards and snakes that P. S. Pallas noted in the Volga river basin and the Volga-Ural interfluvium. Pallas's data on the reptile fauna of the region are compared with current data.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-49-630004 p\_a.

© 2018 Бакиев А. Г. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

*Materials and methods.* The basis of the study was the analysis of Pallas's publications. The names of reptiles used by Pallas with their modern names are identified.

*Results.* From the Volga region, Pallas described two species of reptiles that are new to science: "Coluber melanis" (black forest-steppe form of the *Vipera berus*) and "Lacerta pipiens" (*Alsophylax pipiens*). From the interfluvium of the Volga and the Ural Pallas described two species yet: "Lacerta apoda" (*Pseudopus apodus*) and "Lacerta mystacea" (*Phrynocephalus mystaceus*). The great naturalist noted in the Volga region also reptiles, whose modern names are: *Emys orbicularis*, *Phrynocephalus helioscopus*, *Phrynocephalus guttatus*, *Phrynocephalus mystaceus*, *Eremias velox*, *Lacerta agilis*, *Natrix natrix*, *Natrix tessellata*, *Hierophis caspius*, *Gloydius halys*, *Vipera berus*, *Vipera renardi*. At the beginning of the XXI century, one species of turtles, 11 species of lizards and 10 species of snakes reliably inhabit the region.

*Conclusions.* The species of reptiles noted by Pallas, except for the *Pseudopus apodus* and the *Gloydius halys*, reliably inhabit the region at present. The data of the Pallas serve as a basis for studying the dynamics of species composition, distribution, abundance and phenology of reptiles in the Volga basin.

**Keywords:** Peter Simon Pallas, turtles, lizards, snakes, the Volga region, the interfluvium of the Volga and the Ural.

### Введение

Петер Симон Паллас (Peter Simon Pallas, в России Пётр Семёнович), руководитель академической экспедиции 1768–1775 гг. и ее первого оренбургского отряда, посетил Волжский бассейн и междуречье Волги и Урала в 1768–1770 и 1773–1774 гг. Экспедиционные исследования в Волжском бассейне и на сопредельных территориях академик продолжил в 1793 г., совершая путешествие по югу России. Пресмыкающиеся не относились к приоритетным объектам исследований Палласа. Тем не менее в публикациях великого натуралиста содержится информация о видовом составе, географическом распространении, биотопической приуроченности, обилии, фенологии и «врагах» этих животных из Волжского бассейна и Волжско-Уральского междуречья. Цель работы – уточнить виды черепах, ящериц и змей, которые отметил П. С. Паллас в речном бассейне Волги и Волжско-Уральском междуречье. Данные Палласа о фауне рептилий региона сравнены с современными данными.

### Материалы и методы

Основой исследования послужил анализ ряда публикаций Палласа 1771–1814 гг. Идентифицированы названия пресмыкающихся, используемые Палласом, с их современными названиями. Даты приводятся по старому стилю. В немецкоязычных цитатах готический шрифт заменен на латинский.

### Результаты и их обсуждение

Первые упоминания Палласом пресмыкающихся Волжского бассейна датированы 13–15 числами августа 1768 г., когда он обследовал у границы нынешних Владимирской и Нижегородской областей окрестности Муром, который сейчас является административным центром городского округа Муром и центром Муромского района (в состав района не входит) Владимирской области. 13 августа Паллас отметил в лесах вдоль Оки черных ядовитых

змей “*Coluber Prester*” с желтыми пятнами на шее и хвосте [1, s. 40; 2, с. 63]. В записях от 14–15 августа им упомянуты змеи этого вида, в доказательство смертельной опасности их укусов для человека крестьяне приводили много примеров [1, s. 41; 2, с. 65]. В. И. Гаранин пишет, что само название *Coluber prester* относится к обыкновенной гадюке *Vipera berus* (Linnaeus, 1758), но «судя по окраске (желтые пятна на шее), возможно, речь идет об обыкновенном уже, *Natrix natrix* (Linnaeus, 1758), который в отличие от гадюки не ядовит» [3, с. 42]. Кстати, у И. И. Лепёхина – руководителя второго оренбургского отряда – первое упоминание пресмыкающихся в дневниковых записях относится также к Мурому, но оно имеет более раннюю дату – 28 июля 1768 г. [4, с. 51]. А в записи от 14 августа о Курмыше (сейчас Курмыш – село в Пильнинском районе Нижегородской области) Лепёхин сообщает, что обыкновенный уж считается местными жителями смертельно ядовитой змеей [4, с. 97, 98].

Данные о пресмыкающихся нынешней Самарской области собраны Палласом в апреле, мае и июне 1769 г.

Апрельские записи, относящиеся к г. Самара, содержат информацию о ящерицах и змеях. Зеленые и серые ящерицы, как пишет Паллас без указания их латинского названия, встречаются в изобилии, и между высокой травой всюду видны их норы, которые обычно имеют два наружных отверстия. Много и змей двух видов – *Coluber berus* и *C. natrix* [1, s. 157; 2, с. 236]. Приводится описание черной ядовитой змеи *C. melanis*, которая похожа на *C. berus* и водится при Волге и Самаре в навозных кучах и смрадных местах [1, s. 460]. В описании *Sphex lacerticida* [1, s. 472] сообщается, что около Самары насекомые данного вида, нападая на мелких ящериц, убивают их.

Рептилий, упомянутых Палласом в Самаре, можно идентифицировать, обратившись к современным видовым названиям, следующим образом. Зеленых и серых ящериц следует отнести к одному линнеевскому виду – прыткой ящерице *Lacerta agilis*. Как известно, весной для самцов характерна зеленая окраска тела, а для самок – серая или серо-коричневая. Названием линнеевского вида *Coluber berus* Паллас скорее всего обозначил молодых особей обыкновенной гадюки *Vipera berus*. Окраска туловища обитающих ныне в Самаре и ее окрестностях взрослых обыкновенных гадюк – черная. По-видимому, эта форма и описана Палласом под названием *Coluber melanis*. Молодые обыкновенные гадюки в Самарской области имеют не черную, а серовато-коричневую окраску. Паллас мог обозначить разными названиями взрослых и молодых обыкновенных гадюк. Палласу не было известно, что черные гадюки рожают детенышей со светлой окраской. Это было установлено только в середине XIX в. [5, 6]. Нельзя также исключить, что биноменом *Coluber berus* обозначена восточная степная гадюка *Vipera renardi* [7]. Во времена Палласа обыкновенная и степная гадюки исследователями плохо различались и иногда обозначались общим видовым названием *berus*. В городской черте Самары восточная степная гадюка сейчас не встречается, но известна из ее окрестностей. Еще один названный Палласом линнеевский вид змей – *Coluber natrix*, т.е. обыкновенный уж *Natrix natrix*.

Вид насекомых, описанный Палласом под названием *Sphex lacerticida*, – это *Parabatozonus lacerticida*, представитель семейства дорожных ос (Pompilidae) из отряда перепончатокрылых (Hymenoptera). Причины нападения на-

секомого на прыткую ящерицу *Lacerta agilis* могут быть связаны с пищевой конкуренцией [8].

8 мая 1769 г. состоялась поездка по Правобережью нынешней Самарской области (Сызранский район). По дороге из Сызрани в Кашпур (на месте бывшего Кашпура – пригорода Сызрани – сейчас находится пос. Поповка городского округа Сызрань) Паллас отмечает большое количество птиц “Die Brachvögel (Arquata rußk. Stepmoi Kulik)” [1, s. 171] – «степных куликов» [2, с. 257], питающихся ящерицами, которых там еще больше (прыткая ящерица *Lacerta agilis* и ее потребитель – большой кроншнеп *Numenius arquata*).

16 или 17 июня около Алексеевского пригорода (ныне пгт Алексеевка Кинельского района Самарской области) Палласом обнаружены черепахи (болотная черепаха *Emys orbicularis*). На низких местах поблизости с Алексеевским пригородом в маленьких и богатых рыбой озерах много черепах [1, s. 197; 2, с. 296]. 21 июня 1769 г. Паллас отметил наполненные черепахами непроточные болотины в песчаном буераке рядом с Борской крепостью [1, s. 208; 2, с. 312], находившейся в южной части нынешнего с. Борское Борского района Самарской области.

Весной 1770 г. Паллас отправился из Уфы в восточном направлении. 18 мая, когда после мороза пригрело солнце, по берегу Сима около Текей-аула (д. Тикеево в Иглинском районе Башкортостана) он отметил множество “Otterschlangen” [9, s. 22], «ехидн» [10, с. 28] (обыкновенный уж *Natrix natrix*). Весьма много “Otterschlangen” [9, s. 56], «ужей» [10, с. 72], отмечено и 26 мая 1770 г. по всей Горящей горе (г. Янган-Тау, Салаватский район Башкортостана).

Вернувшись в Волжский бассейн из Сибири, Паллас 24 апреля 1773 г. на правом берегу разлившейся Камы (Мензелинский район Татарстана) наблюдал ползающих под кустарниками “Nattern und schwarze Vipern (Prester)” [11, s. 497], «ужей и черных ехидн» [12, с. 62]. В записи 3 мая 1773 г. отмечаются черепахи у д. Игнашкина (Грачевский район Оренбургской области) в реке Ток и особенно в небольших озерах [11, s. 508; 12, с. 79]. Если использовать современные видовые названия рептилий, то сведения относятся соответственно к обыкновенному ужу *Natrix natrix*, обыкновенной гадюке *Vipera berus* и болотной черепахе *Emys orbicularis*.

У восточной границы бассейна Нижней Волги, в степи у руч. Кучум, 25 мая Палласом отмечены “Kleine Vipern, Lacerta agilis von graßgrüner Farbe und Lacerta arenaria waren sehr gemein” [11, s. 522], «маленькие ехидны, проворные ящерицы зеленого цвета и песчаные ящерицы были тут весьма обыкновенны» [12, с. 99]. Согласно переводу В. Ф. Зуева с немецкого на русский, можно уточнить: «Маленькие гадюки, *Lacerta agilis* серовато-зеленого цвета и *Lacerta arenaria* были очень обычны», что, однако, тоже не позволяет уверенно идентифицировать последний вид (первые два вида – восточная степная гадюка *Vipera renardi* и прыткая ящерица *Lacerta agilis*).

Также в междуречье Волги и Урала, в песчаной степи Нарын (Рынопески, Курмангазинский район Атырауской области), согласно палласовским записям от 31 мая 1773 г., на травянистых местах встречается причудливая ящерица-змея *Lacerta apoda* – “wunderliche Eidechsen-Schlangen”, «удивительная змеевидная ящерица»; чрезвычайно редки “Vipern”, «ехидны» [11, s. 538; 12, с. 123] (желтопузик *Pseudopus apodus* и восточная степная га-

дюка *Vipera renardi*). Первоописание желтопузика [13] было опубликовано Палласом раньше, чем его дневниковые записи с упоминанием и описанием вида [11, s. 538, 702, 703; 12, с. 123, 368, 369].

В Рын-песках 3 мая Паллас встретил два вида круглоголовок [11, s. 141; 12, с. 128, 129] (ушастая круглоголовка *Phrynocephalus mystaceus* и такырная круглоголовка *Phrynocephalus helioscopus*). Студент Иван Быков – член экспедиционного отряда Палласа с 1772 г. – видел ушастую круглоголовку также «в той части песчаной степи Нарына, которая лежит противу крепости Черноярска» [12, с. 128]. В описании ушастой круглоголовки под латинским названием *Lacerta mystacea* Палласом отмечено распространение вида в северной части Прикаспийской низменности: “In collibus arenosis Naryn, ut et in deserti Comani sabuletis” [11, s. 702] – «по песчаным буграм Нарынским и в песчаной степи Команской» [12, с. 368].

В бассейне Нижней Волги у Селитерного городка (с. Селитерное Харабалинского района Астраханской области) 9 июня 1773 г. отмечается высокая численность “Schlangen” – «змей» [11, s. 553; 12, с. 147]. В следующем году, 25 апреля 1774 г., Паллас в нынешнем Ленинском районе Волгоградской области обратил внимание на высокую численность “Watterschildkröten” – «водяных черепаха», в том числе спаривающихся на берегах рек [11, s. 660; 12, с. 303] (болотная черепаха *Emys orbicularis*); “Schlangen” – «змиев», в основном это “unterschuldige Ottern und ganz schwarze Watterschlangen” – «невинные ехидны и совсем черные водяные змеи» [11, s. 661, 663; 12, с. 305, 306] (обыкновенный уж *Natrix natrix* и водяной уж *Natrix tessellata*).

Находясь в бассейне Дона по дороге из Царицына (Волгоград) в Москву, 7 июня 1774 г. Паллас в окрестностях станицы Кременской (Клетский район Волгоградской области) встретил ящерицу *Lacerta arguta* [11, s. 683; 12, с. 337] (разноцветная ящурка *Eremias arguta*), которая имела здесь совсем белый цвет и была мельче, чем в Волжских степях.

Через 20 лет, 9 мая 1793 г., в песчаной пустыне Салтан-Мурат (пески Батпайсагыр, Красноярский район Астраханской области и (или) Курмангазинский район Атырауской области) Палласу часто встречались: “*Lacerta velox*” (быстрая ящурка *Eremias velox*); воинственный, но неядовитый “*Coluber Iaculator*” (каспийский полоз *Hierophis caspius*); ядовитые “*Berus*” (восточная степная гадюка *Vipera renardi*) и “*Halys*” (обыкновенный щитомордник *Gloydius halys*); кусачие “*Lacerta mystacea*” (ушастая круглоголовка *Phrynocephalus mystaceus*) и “niedliche kleine Eidechse, jener in Gestalt etwas ähnlich, ohne Bartlappen, die, wenn sie erschrickt, den Schwanz gegen den Rücken aufrollt” – похожие по форме «симпатичные маленькие ящерицы, без бородки, которые, если пугаются, закручивают хвост на спину» (круглоголовка-вертихвостка *Phrynocephalus guttatus*) [14, s. 111, 112; 15, с. 60, 61].

На следующий день, 10 мая, на “Hügel Schoogot” – холмах Шоогот (Курмангазинский район Атырауской области) – Палласом упоминается “*Coluber Berus*” (восточная степная гадюка *Vipera renardi*). Гадюки часто прятались под прилегающими к грунту огромными листьями “*Rheum caspium*” (ревень татарский *Rheum tataricum*) [14, s. 113, 114; 15, с. 62, 63].

11 мая отряд Палласа увидел “weissen Gypshügel von Arsagar” [14, s. 116] – «белые гипсовые холмы Арзагара» [15, с. 64] (Азгир, Курмангазинский район Атырауской области). Между 11 и 15 мая у “Brunnen von

Chonggor”, «колодцев Хонггора», находящихся около 5 верст к западу от Арзагара, Палласу часто встречались “niedliche Eidechse mit dem kräuseluden Schwanze” [14, s. 126] – «симпатичные ящерицы с закручивающимися хвостами» [15, с. 74] (круглоголовка-вертихвостка *Phrynocephalus guttatus*).

На Арзагаре, сообщает Паллас, змеи встречались реже, чем можно ожидать из-за многочисленных нор. Много ушастых ежей, которые предположительно питались змеями и жуками. Ученый видел, как еж, полностью свернувшись, поедал живую змею с хвоста, при этом она не имела возможности сражаться с ним [14, s. 126; 15, с. 74, 75].

Колодцы Хонггора Паллас покинул 15 мая. По дороге от них к соляной горе Чапчачи, когда степь стала ровной, появилось много больших тростниковых змей и ящериц [14, s. 129].

Около горы Чапчачи (Харабалинский район Астраханской области) 16–17 мая 1793 г. Палласом отмечено неопишуемое количество ящериц “*Lacerta helioscopa*” (такырная круглоголовка *Phrynocephalus helioscopus*) на сухих соленых местах. Самки были готовы отложить яйца. Ящерицы имели тот же основной цвет и внешний вид, что и грунт, на котором они находились [14, s. 134; 15, с. 81, 82].

Третий том сводного труда “*Zoographia Rosso-Asiatica*” Палласа включает первописание *Lacerta pipiens* с горы Богдо в каспийских степях [16, р. 27, 28] (пискливый геккончик *Alsophylax pipiens*; г. Большое Богдо, Ахтубинский район Астраханской области). Паллас посещал эту гору четыре раза – дважды в 1774 г. и дважды в 1793 г., но упоминаний данного вида ящериц в его дневниковых записях не найдено.

Сравним видовой состав пресмыкающихся, достоверно населяющих Волжский бассейн в начале XXI в., с данными Палласа, полученными более 200 лет назад (табл. 1).

Таблица 1

Виды пресмыкающихся, обнаруженные в регионе Палласом,  
и современная герпетофауна региона

Вид	Публикации Палласа	Современные данные
1	2	3
Болотная черепаха <i>Emys orbicularis</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Пискливый геккончик <i>Alsophylax pipiens</i> (Pallas, 1814)	+	+
Каспийский геккон <i>Cyrtopodion caspius</i> (Eichwald, 1831)	–	+
Такырная круглоголовка <i>Phrynocephalus helioscopus</i> (Pallas, 1771)	+	+
Круглоголовка-вертихвостка <i>Phrynocephalus guttatus</i> (Gmelin, 1789)	+	+
Ушастая круглоголовка <i>Phrynocephalus mystaceus</i> (Pallas, 1776)	+	+
Веретеница ломкая <i>Anguis fragilis</i> Linnaeus, 1758	–	+

1	2	3
Желтопузик <i>Pseudopus apodus</i> (Pallas, 1775)	+	–
Быстрая ящурка <i>Eremias velox</i> (Pallas, 1771)	+	+
Разноцветная ящурка <i>Eremias arguta</i> (Pallas, 1773)	+	+
Прыткая ящерица <i>Lacerta agilis</i> Linnaeus, 1758	+	+
Полосатая ящерица <i>Lacerta strigata</i> Eichwald, 1831	–	+
Живородящая ящерица <i>Zootoca vivipara</i> (Lichtenstein, 1823)	–	+
Песчаный удавчик <i>Eryx miliaris</i> (Pallas, 1773)	–	+
Обыкновенный уж <i>Natrix natrix</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Водяной уж <i>Natrix tessellata</i> (Laurenti, 1768)	+	+
Обыкновенная медянка <i>Coronella austriaca</i> Laurenti, 1768	–	+
Палласов полоз <i>Elaphe sauromates</i> (Pallas, 1814)	–	+
Узорчатый полоз <i>Elaphe dione</i> (Pallas, 1773)	–	+
Каспийский полоз <i>Hierophis caspius</i> (Gmelin, 1789)	+	+
Ящеричная змея <i>Malpolon monspessulanus</i> (Hermann, 1804)	–	+
Обыкновенный щитомордник <i>Gloydius halys</i> (Pallas, 1776)	+	–
Обыкновенная гадюка <i>Vipera berus</i> (Linnaeus, 1758)	+	+
Восточная степная гадюка <i>Vipera renardi</i> (Christoph, 1861)	+	+

В табл. 1 указаны названия 24 видов, из них 22 достоверно населяют Волжский бассейн и в настоящее время. Из последних Паллас обнаружил в Волжском бассейне не менее 13 видов, а также желтопузика и обыкновенного щитомордника в междуречье Волги и Урала, откуда нет подтверждений их современного обитания.

### Заключение

Таким образом, Палласом из Волжского бассейна и Волжско-Уральского междуречья всего отмечено как минимум 15 видов. «Как минимум», поскольку в ряде случаев из публикаций Палласа непонятно, о каких видах ящериц и змей идет речь. Сведения Палласа служат основой для изучения динамики видового состава, распространения и распределения, обилия и фенологии рептилий Волжского бассейна.

Руководители других отрядов академической экспедиции 1768–1775 гг. в отличие от Палласа отмечали в Волжском бассейне и других пресмыкающихся, например: И. И. Лепёхин – «медяницу», “*Anguis Gragitis*” – веретеница ломкая *Anguis fragilis* Linnaeus, 1758; с. Курмыш, Пильнинский район Нижегородской области [4, с. 98]; И. Г. Георги – “*Kaspische Schildkröte*”, “*TESTUDO caspica*” – каспийская черепаха *Mauremis caspica* (Gmelin, 1774); Нижняя Волга [17, s. 1868]. Обитание последнего вида в регионе не подтверждается более поздними исследованиями.

#### Библиографический список

1. **Pallas, P. S.** Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs / P. S. Pallas. – St. Peterburg, 1771. – Teil I. – 504 s.
2. **Паллас, П. С.** Путешествие по разным провинциям Российской империи / П. С. Паллас. – СПб., 1773. – Ч. 1. – 117 с.
3. **Гаранин, В. И.** Вклад П. С. Палласа в изучение фауны позвоночных животных Волжско-Камского края / В. И. Гаранин // Историко-биологические исследования. – СПб., 2011. – Т. 3, № 3. – С. 42–54.
4. **Лепехин, И. И.** Дневные записки путешествия доктора и Академии Наук адъюнкта Ивана Лепехина по разным провинциям Российского государства, 1768 и 1769 году / И. И. Лепехин. – СПб., 1771. – Ч. 1. – 538 с.
5. **Северцов, Н. А.** Периодические явления в жизни зверей, птиц и гад Воронежской губернии. Разсуждение, написанное для получения степени магистра зоологии, Николаем Северцовым. По наблюдениям, сделанным в 1844–53 годах / Н. А. Северцов. – М. : Типография А. Евреинова, 1855. – 430 с.
6. **Пенго, К.** О родовых и видовых признаках гадюки (*Pelias* (Vipera Daud.) berus Merrem), с двумя разновидностями: а) пестрой (*Pelias* [Vipera Daud.] berus Merrem, varietas varia) и б) одноцветной или черной (*Pelias* [Vipera Daud.] berus Merrem, varietas nigra) / К. Пенго // Труды общества испытателей природы при Императорском харьковском университете. – 1870. – Т. II. – С. 1–29.
7. **Бакиев, А. Г.** По следам П. С. Палласа: земноводные и пресмыкающиеся Самарской области / А. Г. Бакиев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т. 18, № 5 (2). – С. 167–171.
8. **Бакиев, А. Г.** Паллас о нападении ос на ящериц / А. Г. Бакиев // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2016. – Т. 25, № 4. – С. 235, 236.
9. **Pallas P. S.** Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs / P. S. Pallas. – St. Peterburg, 1773. – Teil II. – 760 s.
10. **Паллас, П. С.** Путешествие по разным местам Российского государства / П. С. Паллас. – СПб., 1786. – Ч. 2. – 476 с.
11. **Pallas, P. S.** Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs / P. S. Pallas. – St. Peterburg, 1776. – Teil III. – 760 s.
12. **Паллас, П. С.** Путешествие по разным провинциям Российского государства / П. С. Паллас. – СПб., 1788. – Ч. 3. – 480 с.
13. **Pallas, P. S.** Lacerta apoda dstricta / P. S. Pallas // Novi commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae. – 1775. – Vol. 19. – P. 435–454.
14. **Pallas, P. S.** Bemerkungen auf einer Reise in die südlichen Statthalterschaften des Russischen Reichs in den Jahren 1793 und 1794 / P. S. Pallas. – Leipzig : G. Martini, 1799. – Bd. 1. – 516 s.
15. **Паллас, П. С.** Заметки о путешествии в южные наместничества Российской империи в 1793 и 1794 годах : пер. с нем. / П. С. Паллас. – Астрахань : Волга, 2008. – Т. 1. – 304 с.

16. Pallas, P. S. Zoographia Rosso-Asiatica, sistens omnium animalium in extenso Imperio Rossico et adjacentibus maribus observatorum recensionem, domicilia, mores et descriptiones, anatomen atque icones plurimorum / P. S. Pallas. – Petropoli, 1814. – T. III. Animalia monocardia seu frigidi sanguinis Imperii Rosso-Asiatici. – 135 p.
17. Georgi, J. G. Geographisch-phisikalische und Naturhistorische Beschreibung des Russischen Reichs / J. G. Georgi. – Königsberg, 1801. – T. 3, bd. 7. – S. 1681–2222.

### *References*

1. Pallas P. S. *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1771, part I, 504 p.
2. Pallas P. S. *Puteshestvie po raznym provintsiyam Rossiyskoy imperii* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1773, part 1, 117 p.
3. Garanin V. I. *Istoriko-biologicheskie issledovaniya* [Historical and biological research]. Saint-Petersburg, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 42–54.
4. Lepekhin I. I. *Dnevnye zapiski puteshestviya doktora i Akademii Nauk ad'yunkta Ivana Lepekhina po raznym provintsiyam Rossiyskogo gosudarstva, 1768 i 1769 godu* [Notes of doctor and scientific assistant of the Academy of Sciences Ivan Lepekhin on his journey round various provinces of the Russian State, 1768–1769]. Saint-Petersburg, 1771, part 1, 538 p.
5. Severtsov N. A. *Periodicheskie yavleniya v zhizni zverey, ptits i gad Voronezhskoy gubernii. Razsuzhdenie, napisannoe dlya polucheniya stepeni magistra zoologii, Nikolaem Severtsovym. Po nablyudeniyam, sdellannym v 1844–53 godakh* [Periodical phenomena in lives of animals, birds and reptiles of Voronezh province. A thesis to apply for the degree master in zoology by Nikolay Severtsov. On the basis of observations in 1844–53]. Moscow: Tipografiya A. Evreinova, 1855, 430 p.
6. Pengo K. *Trudy obshchestva ispytateley prirody pri Imperatorskom khar'kovskom universitete* [Works of the Society of Naturalists of Imperial Kharkov University]. 1870, vol. II, pp. 1–29.
7. Bakiev A. G. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara Scientific Center of RAS]. 2016, vol. 18, no. 5 (2), pp. 167–171.
8. Bakiev A. G. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii* [Samarskaya Luka: problems of regional global ecology]. 2016, vol. 25, no. 4, pp. 235, 236.
9. Pallas P. S. *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1773, part II, 760 p.
10. Pallas P. S. *Puteshestvie po raznym mestam Rossiyskogo gosudarstva* [Journey through various places of the Russian State]. Saint-Petersburg, 1786, part 2, 476 p.
11. Pallas P. S. *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1776, part III, 760 p.
12. Pallas P. S. *Puteshestvie po raznym provintsiyam Rossiyskogo gosudarstva* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1788, part 3, 480 p.
13. Pallas P. S. *Novi commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae* [New commentary of the Petersburg Imperial Academy of Sciences]. 1775, vol. 19, pp. 435–454.
14. Pallas P. S. *Bemerkungen auf einer Reise in die südlichen Statthalterschaften des Russischen Reichs in den Jahren 1793 und 1794* [Remarks on a trip to the southern governorates of the Russian Empire in the years 1793 and 1794]. Leipzig: G. Martini, 1799, vol. 1, 516 p.
15. Pallas P. S. *Zametki o puteshestvii v yuzhnye namestnichestva Rossiyskoy imperii v 1793 i 1794 godakh: per. s nem.* [Remarks on a trip to the southern governorates of the Russian Empire in the years 1793 and 1794: translation from German]. Astrakhan: Volga, 2008, vol. 1, 304 p.
16. Pallas P. S. *Zoographia Rosso-Asiatica, sistens omnium animalium in extenso Imperio Rossico et adjacentibus maribus observatorum recensionem, domicilia, mores et descriptiones, anatomen atque icones plurimorum* [Zoography of Russian-Asian area and

adjacent genealogy of males, the observations of the animals, in the extension of the Russia empire and adjacent seas, housing, behavior, and descriptions of anatomy and many other icons]. Petropoli, 1814, Т. III, 135 p.

17. Georgi J. G. *Geographisch-phisikalische und Naturhistorische Beschreibung des Russischen Reichs* [Geographical-physical and natural history description of the Russian Empire]. Königsberg, 1801, vol. 3, № 7, pp. 1681–2222.

---

**Бакиев Андрей Геннадьевич**

кандидат биологических наук, доцент,  
старший научный сотрудник,  
лаборатория герпетологии  
и токсикологии, Институт экологии  
Волжского бассейна Российской  
академии наук (Россия, г. Тольятти,  
ул. Комзина, 10)

E-mail: herpetology@list.ru

**Bakiev Andrey Gennad'evich**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, senior researcher, laboratory  
of herpetology and toxinology, Institute  
of Ecology of the Volga River Basin  
of the Russian Academy of Science  
(10 Komzina street, Togliatti, Russia)

---

УДК 598.1+001.891.32(470.4)

**Бакиев, А. Г.**

**Пресмыкающиеся Волжского бассейна, отмеченные в трудах  
П. С. Палласа / А. Г. Бакиев // Известия высших учебных заведений.  
Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 10–19. –  
DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-2.**

## ПОЗВОНОЧНЫЕ ЖИВОТНЫЕ, ОБНАРУЖЕННЫЕ П. С. ПАЛЛАСОМ НА СОВРЕМЕННОЙ ТЕРРИТОРИИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Цель работы – уточнение видового состава диких позвоночных Самарской области, отмеченных здесь П. С. Палласом 250 лет назад, и сравнение полученного списка с современной региональной фауной.

*Материалы и методы.* Уточнены используемые в настоящее время названия позвоночных животных региона, о которых сообщал Паллас в первой части «Путешествия по разным провинциям Российской империи».

*Результаты.* Удалось идентифицировать названия большинства видов. Из Самарской области Паллас описал три новых вида позвоночных животных: *Rana vespertina* (современное название *Pelobates vespertinus*), *Coluber melanis* (форма *Vipera berus*), *Mustela sarmarica* (младший синоним *Vormela peregusna*).

*Выводы.* Почти все виды позвоночных животных, отмеченные Палласом, сохранились в современной фауне региона, но сократили численность. В фауне региона исчезли *Caspiomyzon wagneri* и *Ursus arctos*.

**Ключевые слова:** Петер Симон Паллас, фауна, круглоротые, рыбы, земноводные, пресмыкающиеся, птицы, млекопитающие, Среднее Поволжье.

R. A. Gorelov

## VERTEBRATES DETECTED BY P. S. PALLAS IN THE MODERN TERRITORY OF SAMARA REGION

### Abstract.

*Background.* The purpose of the work is to clarify the species composition of wild vertebrates of Samara region, noted here by P. S. Pallas 250 years ago, and compare the list with the current regional fauna.

*Materials and methods.* The names of vertebrates of the region used at the present time, which were reported by Pallas in the first part of “Journey through different provinces of the Russian Empire”, are specified.

*Results.* It was possible to identify the names of most species. Pallas in Samara region described three new species of vertebrate animals: *Rana vespertina* (modern name *Pelobates vespertinus*), *Coluber melanis* (form *Vipera berus*), *Mustela sarmarica* (younger synonym *Vormela peregusna*).

*Conclusions.* Almost all species of vertebrate animals, noted by Pallas, have survived in the modern fauna of the region, but have reduced their numbers. *Caspiomyzon wagneri* and *Ursus arctos* disappeared from the fauna of the region.

**Keywords:** Peter Simon Pallas, fauna, cyclostomes, fish, amphibians, reptiles, birds, mammals, Middle Volga.

<sup>1</sup> Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 18-49-630004 p\_a.

© 2018 Горелов Р. А. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

### Введение

В 1768 г., 250 лет назад, академик Императорской академии наук и художеств в Санкт-Петербурге Петер Симон Паллас впервые посетил нынешнюю Самарскую область. Возглавляя один из трех отрядов Оренбургской академической экспедиции, он продолжил в 1769 г. исследования в Самарской области, которые велись по естественнонаучному, этнографическому и историческому направлениям. Во время экспедиции выдающийся естествоиспытатель изучал и позвоночных животных региона, в том числе домашних (утки, собаки, лошади, быки, овцы) и вымерших («слоновья и буйволы кости» [1, с. 239]). Целью настоящей работы является уточнение видового состава диких позвоночных Самарской области, обитавших в регионе два с половиной столетия назад, и его сравнение с современной фауной.

### Материалы и методы

Материалом для работы послужили результаты фаунистических исследований Палласа на современной территории Самарской области, изложенные им в первой части его «Путешествия...», изданной в 1771 г. на немецком [2], а в 1773 г. – на русском языке, в переводе С. И. Волкова и В. Г. Костыгова [1]. Анализ этих публикаций послужил основой исследования. Даты приводятся по юлианскому календарю.

### Результаты и их обсуждение

В палласовских записях 15 октября 1768 г. на немецком языке (в русскоязычном издании они ошибочно датированы 17 октября) автор сообщает, что в реке Сургут выше соединения с Молочной речкой, вытекающей из Серного озера, ловят рыбу, Fische, а в Серном озере и ниже по течению нередко водятся выдры, Fischotter [1, с. 166, 167; 2, s. 108]. Записи относятся к речному бассейну р. Сок в Исаклинском районе Самарской области, а именно: оз. Молочка, рек Сургут и Черная. Если из записей исследователя непонятно, каких именно рыб ловили в Сургуте, то о выдрах можно сказать, что Самарскую область населял единственный вид – выдра речная *Lutra lutra*, которая в Сокском бассейне теперь уже не встречается [3].

В Красноярском районе, в бассейне р. Буян, 16 или 17 октября 1768 г. Паллас обнаружил «много водяных мышей, здесь *слепушонками*, а в других местах *путараками* называемых» [1, с. 174; 2, s. 113]. Современное название вида – водяная кутора *Neomys fodiens*. Этот вид включен в Красную книгу Самарской области [3].

На Жигулевских горах (Ставропольский район) в записях, датированных серединой марта 1769 г., отмечаются различные птицы и млекопитающие [1, с. 216; 2, s. 143]. «С речной стороны видны у оных гор одни только голыя каменные стены, и множество разщелявшихся разных камней, представляющих приятный вид зрению. На сих каменистых берегах находится несказанное множество хищных птиц, которыхя летом вьют там гнезда, а особливо беловатых орлов, или по-тамошнему названию белохвостов (*Vultur Albicilla*), и зимою их очень много. Иногда вьют здесь гнезда соколы в горных ущельях; также летом водятся красныя утки на Волге карагатками (*Anas rutila*) называемыя; в густом лесу на горах часто бывают бурые и чер-

ные медведи, а иногда и рыси. Куницы попадаются редко, напротив того тем больше беловатых и нарочито великих белок, коих мехи можно почесть первыми, выключая только Исетских белок; также ловят их в лесах простирающихся в верх по Самаре, да и в верхних странах реки Сока». Современные видовые названия некоторых указанных Палласом позвоночных следующие: орлан-белохвост *Haliaeetus albicilla*, огарь *Tadorna ferruginea*, бурый медведь *Ursus arctos*, обыкновенная рысь *Linx linx*, белка обыкновенная *Sciurus vulgaris*. Из них в современной фауне Самарской области нет только бурого медведя.

Прибыв 19 марта 1769 г. в г. Самару, Паллас сообщает: «19 и 20 числа видели уже диких лебедей и гусей, а 25 находилось множество всяких уток на открытых местах воды. Кивики летели 26 числа, и еще до изхода Марта показались все водяные птицы. Я везде приметил, что сии стадовые птицы в здешней стране, так как во всей Европе, летели от запада в северозападную сторону. Напротив того бабы птицы (*Onocrotalus*) и аисты (коих видают здесь и белых, и называются стерхи), да журавли с полевыми птицами летят сюда из полуденных стран. Из полевых птиц были уже в половине Марта первая сойки, а в изходе онаго месяца дикие голуби, скворцы и жаворонки, так как воробьи летают здесь стадами, и после сих показались хохлушки» [1, с. 223, 224]. «Бабы» – это пеликаны; речь идет о розовом пеликане *Pelecanus onocrotalus*, который теперь не гнездится в Среднем Поволжье и считается здесь редким залетным видом. В немецкоязычном издании жаворонки обозначены с уточняющим латинским названием в круглых скобках “Schneelerchen (*Alauda alpestris*)” [2, s. 148], современное видовое название этого вида – рогатый жаворонок *Eremophila alpestris*, в Самарской области он является пролетным видом. Чтобы установить видовую принадлежность «кивиков» и «хохлушек», обратимся к немецкоязычному изданию [2, s. 148]. “Kybit”, или “Kiebitz” в современном немецком языке, переводится как «чибис», а “Wiedehopf” как «удод». Значит, в русскоязычном издании книги Палласа кивиком назван чибис *Vanellus vanellus*, а хохлушкой – удод *Upupa epops*; оба вида гнездятся в Самарской области. Непонятным остается, какой вид Паллас называл полевыми (точнее – сухопутными) птицами «сойки», “Körnkrähen” (буквальный перевод с немецкого – зерновые вороны).

Читаем дальше: «Около сего времени на всех местах, на которых уже снег разстаял, было множество сусликов, которые, как уже выше мной сказано, имеют вид весьма различной, и соединялись попарно. <...> Но, несмотря на теплую погоду и великое множество насекомых, не видно было ни одной ласточки до 16 Апреля, котораго числа начали они показываться с другими птицами щурками (*Merops*)» [1, с. 224]. До вида можно определить только щурку (золотистая щурка *Merops apiaster*), обычный гнездящийся в области вид.

О соне-полчке *Glis glis*, до сих пор встречающейся в городской черте Самары, Паллас сообщает «Из достопамятных зверьков, в Самарской стране находящихся, необходимо надлежит упомянуть о сонных крысах (*Sciurus Glis*), коих в Италии откармливают на убой. Я находил их в норах каменных гор на восточном берегу; да они и тамошним жителям известны под именем *земляной белки*» [1, с. 233].

«Изо всех здешних степных зверков почитается лучшим и особливого примечания достойным земляной заец (\*), который не больше крысы; однако имеет все признаки и почти такую же шерсть, как на простом зайце, только уши у него короче и круглее. Сей зверок водится в зарослых кустами и травами местах, где вырывает себе нарочито глубокая норы со многими ходами, и во весь день там пребывает. В сумерках выходит из норы, ищет себе пищи, и как в вечеру, так и при восходе солнца кричит громким и почти перепелочному подобным голосом, который слышен за несколько верст. Я видал сих земляных зайцов по обеим сторонам Волги, по всей Самаре, также при реках Кинеле и Яике даже до самой соляной степи. Немногие деревенские жители знают, что за зверок кричит в сумерках таким голосом, который в сих местах столь часто слышен. Некоторые по сему голосу называют его *чокушка*, а Татара *сулган*. Он щенится в изходе Маия месяца, и щенят бывает от четырех до шести, которые в первых днях лежат слепы и голы, но нарочито велики, и растут скоро. Зимой под снегом делает он себе ходы по дерну для снискания себе пищи: а летом питается листьями раkitника и сочными травами, однако кал его очень сух и подобен дробу или перешным зернышкам, и служит признаком его жилища, по тому что сей зверок калится обыкновенно в некоторых местах не далеко от своей норы» [1, с. 234, 235; 2, s. 155]. Подстрочная ссылка отправляет читателя к иллюстрации: «(\*) Зри его изображение под именем *Lepus minutus* в сочинениях Императорской Академии Наук. Здесь упомяну я только о его обычаях» [1, с. 234; 2, s. 155]. К сожалению, в сохранившихся изданиях книги Палласа не удалось найти изображение этого зверька. По-немецки животное было названо “*Art Zwerghaasen*” – дословно «вид карликовых зайцев». Можно предположить, что речь может идти о большом тушканчике *Allactaga major*. Но, по мнению В. И. Гаранина [4], «этим карликовым зайцем» Паллас называет степную пищуху *Ochotona pislula*, что мы также признаем более правдоподобным.

Далее Паллас пишет: «При Самаре водятся также выхухоли (*Sorex moschatus*) в озерах вниз по реке простирающихся. Но чем выше вверх по реке, тем их меньше, а при реке Яике и совсем их нет, хотя вдоль Волги в северную сторону до самой Оки находится их гораздо больше, нежели других зверков. Выхухолей по большей части ловят осенью и весною вершами и мережами, и при том задохнувшихся, хотя они по внутренним частям и могут долго быть в воде» [1, с. 235]. Описанный Палласом вид в современной интерпретации является русской выхухолью *Desmana moschata*. Этот вид включен в Красные книги Российской Федерации [5] и Самарской области [3].

В апреле Паллас описывает черную ядовитую змею из Самары “*COLUBER Melanis*” [2, s. 460] (черная лесостепная форма обыкновенной гадюки *Vipera berus*), отмечает здесь прыткую ящерицу *Lacerta agilis* и обыкновенного ужа *Natrix natrix* [6]. Все эти пресмыкающиеся сохранились в городской черте Самары и на сегодняшний день, но встречи змей стали более редки.

В записях 3 мая 1769 г. на Самарской Луке в Волжском районе упоминается черный стриж *Apus apus*: «В простирающемся к Борковке лесу летало на подобие ласточек очень много стрижей, которые имеют гнезда в высоких песчаных берегах» [1, с. 240]. В Сызранском районе 4 мая Паллас отмечает два вида грызунов – сурка степного *Marmota bobak* и слепыша обыкновенно-

го *Spalax microphthalmus*: «На увалах, к Костычам возвышающихся, видны сурковые норы; также водятся там емуранки (*Mus talpinus*), которые роются под дерном, и ищут себе травных кореньев для пищи» [1, с. 246, 247]. В современных границах г. Сызрани 5 мая 1769 г. Паллас отмечает разные виды птиц, в том числе каменку-пleshанку *Oenanthe pleschanka*: «Здесь не много больших пещер; но ям и нор великое находится множество, в коих водятся дикие голуби, вороны и малыя хищныя птицы, да и зимою не все отсюда улетают. Здесь же нашел я и варакуш (*Motacilla Leucomela*), коих нигде больше не видно, как только в сих каменных берегах Волги; ибо они обыкновенно вьют гнезда в береговых щелях» [1, с. 249, 250]. В поле у г. Сызрани 6 мая этого же года Паллас видел красных уток [1, с. 253] (огарь *Tadorna ferruginea*). По дороге из г. Сызрани в Кашпур 8 мая он наблюдал много «степных куликов *Arquata*» и «ящериц» [1, с. 257] (большой кроншнеп *Neminius arquata* и прыткая ящерица *Lacerta agilis*). На обратном пути в г. Сызрань 9 мая «По наступлении ночи кричали по степи разсеявшиеся Корастели (*Rallis Crex*), коих там *дергунами* называют» [1, с. 262] (коростель *Crex crex*). «В сей степи до реки Медведицы простирающейся ловят зимою примечания достойных и в Европе неизвестных степных зверков, которые в Малороссии и Польше *перегузня* или *перевязна*, а в меховом торгу *перевозчик* называются. Сей зверок видом и обычаями точно сходствует с сурком, но шерсть имеет пеструю и по тому отменной изрядной вид, чего ради можно его называть тигросурком. Я мог достать только шкурки сего зверка, по чему и сообщу описание под именем Сарматской ластовицы» [1, с. 262, 263]. Этот вид описан Палласом под латинским названием “*MUSTELA Sarmatica*” [2, s. 453], в современной интерпретации этот вид называется перевязкой южнорусской *Vormela peregusna*, и в Самарской области находится под угрозой исчезновения [3].

На Самарской Луке, у с. Брусяны (Ставропольский район), 19 мая Паллас наблюдал сурка степного *Marmota bobak*: «На холмах великое находится множество сурковых нор, при которых и самые сурки сидели, и пронзительным своим свистом, будто бы в насмешку проезжающим, свистали» [1, с. 278].

В начале июня 1769 г. между г. Самарой и Красноярском (с. Красный Яр, административный центр Красноярского района) ученый отмечает малых земляных зайцев, *чокушками* называемых (*Lepus minus*), которые в сумерках громко кричали [1, с. 295] – степную пищуху *Ochotona pisula*. Ныне этот вид обитает в Самарской области только в Большечерниговском районе и занесен в областную Красную книгу [3].

В середине июня, отправившись из г. Самары на восток, Паллас встречает «в находящихся на низких местах озерах» у Алексеевского пригорода (пос. Алексеевка, Кинельский район) «много не только рыбы, но и Выхухолей и Черепах» (выхухоль русская *Desmana moschata* и болотная черепаха *Emys orbicularis* – виды, включенные в Красную книгу Самарской области [3]). «В реке Самаре водится здесь много Волжских стерледей и сазанов; но редко заходят сюда сомы и белая рыба. Также довольно много и вьюнов. Рыба сапа здесь нарочито велика, и называется *Лобачь* (*Ballerus*)» [1, с. 296, 297]. Современные видовые названия упоминаемых Палласом животных, следующие: стерлядь *Acipenser ruthenus*, сазан *Cyprinus carpio*, сом европейский *Silurus glanis*, минога каспийская *Caspiomyzon wagneri* (после 1960-х гг. неиз-

вестно достоверных сведений о находках миног в Самарской области), выюн обыкновенный *Misgurnus fossilis*, синец *Abramis ballerus*. Белой рыбицей, “Weißlachse” [2, s. 197] – белыми лососями, Паллас называет представителей отряда лососеобразных Salmoniformes, из которых в Самарской области сейчас обитают европейская ряпушка *Coregonus albula*, пелядь *C. peled*, занесенные в региональную Красную книгу белорыбица *Stenodus leucichthys* и ручьевая форель *Salmo trutta morpha fario*. В результате гидростроительства исчезли кумжа *Salmo trutta*, обыкновенный таймень *Hucho taimen*, европейский хариус *Thymallus thymallus*.

Далее в книге Паллас приводит описание встреченных им копытных животных: «В сей стране водятся еще дикие козы, сайги называемы; и лоси зимою странствующие столь далеко, по коих мест Самара и впадающая в нея речки обросли кустарниками, да и до самой гористой степи. Лоси в зимнее время по большей части питаются молодыми ветвями и корою осины и тополи, и такого корма в сей стране для них довольно; а летом имеют они убежище и пищу в пространной, ненаселенной гористой степи. Сии гористыя страны диким козам особливо приятны для того, что с голых холмов весь снег ветром сносит, и они легко могут находить себе корм. Как лосей, так и диких коз бьют козаки в здешних местах немалое число ежегодно» [1, с. 298]. Судя по описанию, здесь речь идет о лосе *Alces alces* и косуле *Capreolus pygargus*.

Описание фауны грызунов и куньих Паллас дополняет следующими сведениями: «Кроме оных зверей водятся здесь и далее в степи при Самаре и Кинеле изрядные горностаи, а в лесистых местах посредственные куницы, у которых шерсть на шее настоящего жаркаго цвета. Охотники из козаков осенью бывают немалое время в степи и ловят как лисиц, так выдр и бобров, но сии попадают только при реках, да и то очень редко. Чем далее в верх по Самаре, и по том в южную сторону, тем хуже становятся лисицы, и походят на серых степных лисиц, коих киргизцы *Караган* называют, и привозят в Самару для мены на другой тавар. Хотя белок здесь и мало, однако мехи их охотно покупают для приятной белой шерсти, и торгующие рухлядью называют их Самарками» [1, с. 299, 300]. Современные названия этих млекопитающих следующие: горностаи *Mustela erminea*, куница лесная *Martes martes*, лисицы обыкновенная *Vulpes vulpes* и степная *V. corsac*, выдра речная *Lutra lutra*, бобр обыкновенный *Castor fiber*, белка обыкновенная *Sciurus vulgaris*.

18 июня Паллас проезжал Криволуцкую слободу. Река Кинель (Большой Кинель) «здесь нарочито велика, вода в ней зеленоватаго цвета, и много простой рыбы; а по большей части ловят язей удами, на которыя насаживают мелкую рыбку» [1, с. 302] (язь *Leuciscus idus*). Записи 19 июня 1769 г. относятся к р. Сарбаю – правому притоку р. Большого Кинеля – у границы Кинельского и Кинель-Черкасского районов: «Через Зарбай переезжают по мосту, от котораго до деревни Ильмени считается 8 верст, и мы ехали туда по низким увалам. При сей речке скакали в сумерках по траве отменныя с пестрыми крапинами неспорныя лягушки, которыя достойны примечания по их тихому и протяжному кваканию, которое продолжается обыкновенно до полуночи» [1, с. 303]. Этот вид был описан Палласом под названием “*RANA vespertina*” [2, s. 458], его современное название – чесночница Палласа *Pelobates vespertinus*.

Далее Паллас приводит описание животных восточных районов Самарской области около Черкаска (с. Кинель-Черкасы, административный центр Кинель-Черкасского района), на гористой стороне Большого Кинеля «находится много сурков, и во всех степных местах водятся большие серые суслики, коих Черкасы *Аврашками* называют» [1, с. 310] (сурок степной *Marmota bobak* и суслик большой *Spermophilus major*). Описывая дорогу из Черкаска в Борскую крепость (с. Борское, административный центр Борского района), ученый сообщает: «Здесь страна несколько холмиста, и богата сурками. Во всех степях при Кинеле и Самаре водятся медведи, которые имеют свои берлоги в оброслых кустарником долинах. В сей пустой стране везде находилось множество журавлей и диких серых гусей с детенышками <...> и множество находится малых земляных зайцов и сусликов» [1, с. 311]. В Борскую крепость Паллас прибыл 21 июня 1769 г. В окрестностях крепости им были обнаружены черепахи [1, с. 312; 2, с. 208] (болотная черепаха *Emys orbicularis*).

### Заключение

Итак, Палласом описано три новых вида позвоночных животных из Самарской области – один вид земноводных (чесночница под первоначальным названием *Rana vespertina*), один вид пресмыкающихся (гадюка *Coluber melanis*) и один вид млекопитающих (перевязка *Mustela sarmarica*). Первый из них – чесночница Палласа – сейчас признается самостоятельным видом *Pelobates vespertinus* (или подвидом обыкновенной чесночницы *P. fuscus vespertinus*). Черная гадюка оказалась темной лесостепной формой обыкновенной гадюки *Vipera berus*, описанной из зоны интерградации двух подвидов – *V. b. berus* и *V. b. nikolskii*. Первоначальное палласовское название южнорусской перевязки сведено в синонимы *Vormela peregusna*.

Почти все другие виды позвоночных животных, отмеченные Палласом, сохранились в современной фауне региона, однако численность большинства заметно сократилась. Из видов, населявших в то время Самарскую область в ее современных границах, исчезли минога каспийская *Caspiomyzon wagneri* и бурый медведь *Ursus arctos*. Под угрозой исчезновения в регионе находится черепаха болотная *Emys orbicularis*, многие соколообразные (скопа *Pandion haliaetus*, змеяяд *Circaetus gallicus*, беркут *Aquila chrysaetos*, балобан *Falco cherrug*, сапсан *Falco peregrinus*), каменка-пleshанка *Oenanthe pleschanka*, пищуха степная *Ochotona pisula*, слепыш обыкновенный *Spalax microphthalmus*, выдра речная *Lutra lutra* [3].

*Благодарности.* Автор благодарит А. Г. Бакиева, Е. В. Быкова, В. П. Вехника и А. К. Минеева за обсуждение настоящей работы.

### Библиографический список

1. Паллас, П. С. Путешествие по разным провинциям Российской империи / П. С. Паллас. – СПб., 1773. – Ч. 1. – 117 с.
2. Pallas, P. S. Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs / P. S. Pallas. – St. Peterburg, 1771. – Teil I. – 504 s.
3. Красная книга Самарской области. Т. 2. Редкие виды животных. – Тольятти : Касандра, 2009. – 332 с.
4. Гаранин, В. И. Вклад П. С. Палласа в изучение фауны позвоночных животных Волжско-Камского края / В. И. Гаранин // Историко-биологические исследования. – СПб., 2011. – Т. 3, № 3. – С. 42–54.

5. Красная книга Российской Федерации (животные). – М. : АСТ : Астрель, 2001. – 860 с.
6. **Бакиев, А. Г.** По следам П. С. Палласа: земноводные и пресмыкающиеся Самарской области / А. Г. Бакиев // Известия Самарского научного центра РАН. – 2016. – Т. 18, № 5 (2). – С. 167–171.

### References

1. Pallas P. S. *Puteshestvie po raznym provintsiyam Rossiyskoy imperii* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1773, part 1, 117 p.
2. Pallas P. S. *Reise durch verschiedene Provinzen des Russischen Reichs* [Journey through various provinces of the Russian Empire]. Saint-Petersburg, 1771, part I, 504 p.
3. *Krasnaya kniga Samarskoy oblasti. T. 2. Redkie vidy zhivotnykh* [The Red Book of Samara region. Vol. 2. Rare animal species]. Tolyatti: Kassandra, 2009, 332 p.
4. Garanin V. I. *Istoriko-biologicheskie issledovaniya* [Historical and biological research]. Saint-Petersburg, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 42–54.
5. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (zhivotnye)* [The Red Book of the Russian Federation (animals)]. Moscow: AST: Astrel', 2001, 860 p.
6. Bakiev A. G. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara Scientific Center of RAS]. 2016, vol. 18, no. 5 (2), pp. 167–171.

---

#### **Горелов Роман Андреевич**

инженер-исследователь, лаборатория  
герпетологии и токсикологии, Институт  
экологии Волжского бассейна  
Российской академии наук (Россия,  
г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: gorelov.roman@mail.ru

#### **Gorelov Roman Andreevich**

Research engineer, laboratory  
of herpetology and toxinology, Institute  
of Ecology of the Volga River Basin  
of the Russian Academy of Science  
(10 Komzina street, Togliatti, Russia)

---

УДК 597/599+001.891.32(470.43)

#### **Горелов, Р. А.**

**Позвоночные животные, обнаруженные П. С. Палласом на современной территории Самарской области / Р. А. Горелов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 20–27. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-3.**

## СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ТРОФИЧЕСКИХ НИШ *PIPISTRELLUS NATHUSII* И *EPTESICUS NILSSONII* (CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE) В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ЛУКИ

### Аннотация.

**Актуальность и цели.** В условиях Самарской Луки два вида – *P. nathusii* и *E. nilssonii* – обитают совместно и демонстрируют сходные экологические потребности, что должно обуславливать определенный уровень их конкурентных отношений. Целью работы было изучение трофической экологии этих видов, а также выявление уровня перекрывания их экологических ниш в условиях Самарской Луки.

**Материалы и методы.** Работы проводили в июле 2010–2018 гг. на правом берегу Волги в пределах северной части Самарской Луки. В ночное время вели отлов рукокрылых и проводили учет с помощью ультразвуковых детекторов. Рацион питания устанавливали путем анализа фрагментов насекомых в экскрементах.

**Результаты и выводы.** За время проведения работ нами было отловлено 1469 особей *P. nathusii* и 744 особей *E. nilssonii*. В макроместообитаниях наибольшая встречаемость *P. nathusii* выявлена в островной пойме и береговой зоне, а *E. nilssonii* – в лиственных лесах, произрастающих по оврагам северных склонов Жигулевских гор. В микроместообитаниях, связанных с использованием определенных типов охотничьих пространств и охотничьего поведения, виды проявляют заметное сходство. Принципиальные отличия сводятся в использовании расширенного диапазона охотничьих пространств и проявляются в структуре пищевого рациона. В питании *P. nathusii* выявлено восемь категорий кормов, принадлежащих семи отрядам насекомых, у *E. nilssonii* – девять категорий, принадлежащих восьми отрядам. В диете *P. nathusii* преобладают Chironomidae, а у *E. nilssonii* – Lepidoptera. В целом для *P. nathusii* характерна меньшая ширина трофической ниши и более выраженная специализация в питании по сравнению со стратегией *E. nilssonii*. Более широкая ниша, вероятно, дает для последнего вида одно из преимуществ в конкуренции за ресурсы при доминировании по численности первого. Уровень перекрывания трофических ниш у обоих видов невелик.

**Ключевые слова:** рукокрылые, Chiroptera, *Pipistrellus nathusii*, *Eptesicus nilssonii*, питание, охотничьи пространства, трофические ниши.

D. G. Smirnov

**COMPARATIVE TROPHIC NICHE ANALYSIS  
OF *PIPISTRELLUS NATHUSII* AND *EPTESICUS NILSSONII*  
(CHIROPTERA, VESPERTILIONIDAE)  
IN CONDITIONS OF SAMARSKAYA LUKA**

**Abstract.**

*Background.* In the conditions of Samarskaya Luka two species – *P. nathusii* and *E. nilssonii* – live together and demonstrate similar environmental needs, which should specify a certain level of their competitive relationships. The aim of the research is to study the trophic ecology of these species and to identify the degree of overlap between their ecological niches in Samarskaya Luka.

*Materials and methods.* Field works were in July since 2010 till 2018 on the right bank of the Volga within the northern part of Samarskaya Luka. Bats were caught and registered with the ultrasonic detectors at nights. The diet was identified by analysis of the insects fragments in excrement.

*Results and conclusions.* The highest occurrence of *P. nathusii* in macrohabitats is identified in the island floodplain and coastal zone, *E. nilssonii*, in the deciduous forests growing in the ravines on the northern slopes of the Zhiguli Mountains. Species demonstrate similarities in microhabitats associated with the use of certain types of hunting areas and hunting behaviors. The principal differences are in the use of extended hunting areas and food composition. There are 8 categories of feeding were identified in the diet of *P. nathusii* belonging to 7 orders of insects, *E. nilssonii* had 9 categories belonging to 8 orders. The representatives of Chironomidae are predominant in the diet of *P. nathusii*, and Lepidoptera is in the diet of *E. nilssonii*. In general, *P. nathusii* is characterized by narrower trophic niche and more pronounced food specialization compared to the strategy of *E. nilssonii*. A wider niche probably gives an advantage for the latter species in the competition for resources; with the numerical dominance of the first one. The degree of overlap of trophic niche between the species is low.

**Keywords:** bats, Chiroptera, *Pipistrellus nathusii*, *Eptesicus nilssonii*, diet, hunting areas, trophic niches.

При рассмотрении значения рукокрылых в экосистемах особое место занимают исследования трофической экологии. Наибольший интерес в них имеет сравнительный аспект, который позволяет оценить характер использования ресурсов при совместном обитании видов и выявить степень перекрытия их экологических ниш. В стабильных сообществах такие виды не могут быть ограничены одними и теми же ресурсами, что исключает их прямую конкуренцию [1–4]. Согласно существующим представлениям ключевыми факторами, по которым происходит разделение ресурсов и расхождение по трофическим нишам, являются разнообразие местообитаний, кормовое поведение и состав пищи [5–7].

В условиях Самарской Луки два вида – *Pipistrellus nathusii* (Keyserling, Blasius, 1839) и *Eptesicus nilssonii* (Keyserling, Blasius, 1839) – обитают совместно. Первый из них достигает наибольшей численности в лесах островной поймы р. Волги, второй – по облесенным северным склонам Жигулевских гор. В то же время в некоторых местах они придерживаются одних и тех же биотопов. Сходные экологические предпочтения в части суточной активно-

сти [8], используемых охотничьих пространств [9] и типов дневных убежищ [10, 11] должны обуславливать определенный уровень их конкурентных отношений. Некоторые результаты исследований питания рукокрылых, которые могли бы пролить свет на способ сосуществования этих видов и пути разделения их в экологическом пространстве, имеются лишь в небольшом количестве публикаций [12–15]. Поэтому достаточный материал, позволяющий рассматривать экологию видов в сравнительном аспекте, в настоящее время в литературе не представлен. Исходя из этого, целью нашей работы было изучение трофической экологии *P. nathusii* и *E. nilssonii*, а также определение уровня перекрывания их экологических ниш в условиях Самарской Луки.

### **Материалы и методы**

*Район исследования.* Работы проводили в Самарской области на правом берегу Волги в пределах Самарской Луки. Район исследований охватывает северную часть Жигулевских гор, склоны которых круто опускаются к Волге. В основании гор проходит узкая полоса береговой зоны. Горный рельеф здесь сильно расчленен большим количеством ущельеобразных оврагов на отдельные отроги, которые густо поросли лиственными лесами, а на хребтах – местами сосновыми борами. Климат умеренно-континентальный, немного смягчающийся за счет долины р. Волги.

Основные места обитания рукокрылых включают склоны оврагов, поросшие преимущественно липняками с примесью клена, осины, дуба и местами сосны, а также береговую зону и островную пойму с такими типами растительных сообществ, как: 1) старо- и 2) средневозрастные осокорники, 3) дубравы липово-кленовые, 4) липняки дубово-тополевые, 5) тальники, 6) ветляники осокорниковые, 7) ольшаники тополево-липово-осиновые и 8) луговые террасы. Прибрежная полоса на 70–80 % занята сельскими поселениями, дачными массивами и рекреационными зонами.

*Сбор материала.* Материал для настоящей работы собирали в июле с 2010 по 2018 г. Животных отлавливали в ночное время паутиными сетями [16]. В дневное время осуществляли поиск рукокрылых в дневных убежищах. У *E. nilssonii* для этой цели использовали метод телеметрии [11]. Для сбора пищевых проб пойманных зверьков в течение 3–5 ч передерживали в мешочках из хлопчатобумажной ткани, после чего выпускали в местах отлова. Для сравнения спектра питания рукокрылых с составом потенциальных кормовых объектов проводили ночной отлов насекомых на белый экран площадью 1×1 м, освещенный ДРЛ мощностью 300 Вт. Светоловушку размещали в местах наибольшей фуражировочной активности зверьков. Параллельно вели визуальные наблюдения за летающими в ранних сумерках животными и проводили учет с помощью ультразвуковых детекторов D-100 и D-230 (Pettersson Elektronik AB). Обработку сигналов проводили в программе BatSound 3.31.

Для оценки предпочтений видов к местам обитания использовали показатель *встречаемости*, который рассчитывали как выраженное в процентах отношение числа пойманных особей данного вида к общему числу пойманных в данном месте обитания особей обоих видов.

*Анализ экскрементов.* Рацион питания у *P. nathusii* и *E. nilssonii* устанавливали путем анализа фрагментов насекомых в экскрементах [17]. Фрагменты насекомых определяли с точностью до отряда, а в отдельных случаях до семейства по общепринятому руководству [18], а также путем сравнения с эталонной коллекцией насекомых, собранной в местах кормежки рукокрылых. Всего проанализировано 379 проб помета от 56 особей *P. nathusii* и 75 особей *E. nilssonii*. Для определения важности отдельных групп добычи в питании регистрировали их *частоту встречаемости* (F%), которую рассчитывали как отношение количества проб, в которых обнаружена данная категория пищи, к общему числу проб, выраженному в процентах [19, 20]. Для оценки избирательности видов к кормовым объектам мы проводили сравнения показателей относительного обилия основных таксонов насекомых, встречающихся в местах охоты обоих видов, с относительным обилием кормовых объектов в их пробах помета. *Относительное обилие* кормов рассчитывали как отношение количества проб, в которых был обнаружен данный кормовой объект к суммарному количеству проб по всем кормовым объектам. Зависимость между показателями устанавливали по коэффициенту ранговой корреляции Спирмена ( $R_s$ ).

Для сравнительного анализа ширины трофической ниши между видами использован индекс Левинса [21]. Индекс варьирует от 1 (самая узкая ниша) до  $n$ , т.е. до максимального количества категорий жертв (максимально возможная ширина трофической ниши). Для оценки степени перекрывания рационов между изучаемыми видами использован индекс Морисита [22, 23], варьирующий от 0 (исключительные ниши) до 1 (полное перекрывание). Для выявления достоверности различия в структуре рационов использован  $\chi^2$ -test [24]. Кроме того, с целью установления ведущих факторов, определяющих степень перекрывания трофических ниш, с последующей визуализации данных, использовали пошаговый дискриминантный анализ [25]. Расчеты осуществляли с помощью пакетов программ Statistica® 6.0 и Past 1.8.

### Результаты

Всего за время проведения работ нами было отловлено 2213 особей, из которых 1469 – *P. nathusii* и 744 – *E. nilssonii*.

*Места обитания и охотничьи пространства.* Из двух видов наибольшая численность в островной пойме ( $\chi^2 = 302,4$ ;  $p < 0,001$ ) и береговой зоне ( $\chi^2 = 291,9$ ;  $p < 0,001$ ) отмечена у *P. nathusii* (рис. 1). Напротив, *E. nilssonii* в этих местах демонстрирует низкую встречаемость, особенно это относится к волжским островам, где нам за все время удалось отловить лишь несколько зверьков ( $n = 6$ ). Иная ситуация отмечена в лесах, произрастающих по склонам оврагов и спускающихся к побережью Волги. Здесь преимущественно встречается *E. nilssonii*, тогда как *P. nathusii* заметно уступает ему по численности ( $\chi^2 = 82,0$ ;  $p < 0,001$ ).

По характеру использования охотничьего пространства *P. nathusii* и *E. nilssonii* схожи [9]. Их наибольшая активность отмечена в ограниченных, но незамкнутых лесных пространствах: по опушкам, обширным по площади полянам, широким просекам и вдоль древесной растительности по берегам водоемов. Отличия сводятся к тому, что первый вид в своей охоте часто использует небольшие по площади поляны, прогалины, которые расположены

в глубине леса, а также скрытые под пологом пространства внутри сильно разряженных лесных участков узкие просеки и лесные дороги. Второй вид во всех этих местах либо отсутствует, либо встречается непродолжительное время, например, после вылета из дневного убежища или перед возвращением в него. Все это согласуется с данными, полученными в Швеции, где кормление животных под пологом леса никогда не наблюдали [14]. Важными местами охоты *E. nilssonii* служат открытые неограниченные пространства, где он нередко летает над кронами деревьев, лугами и над водной акваторией. Способы и манеры охоты у *P. nathusii* и *E. nilssonii* похожи. Животные чаще охотятся на высоте средних и верхних частей крон, иногда могут опускаться на высоту до 2–3 м. Транзитный полет относительно ровный, а охотящиеся за насекомыми зверьки постоянно меняют направления. Несмотря на сходный характер полета, траектория движения в воздухе у *P. nathusii* все же выглядит более сложной и маневренной, чем у *E. nilssonii*. Оба вида нередко пользуются планированием.

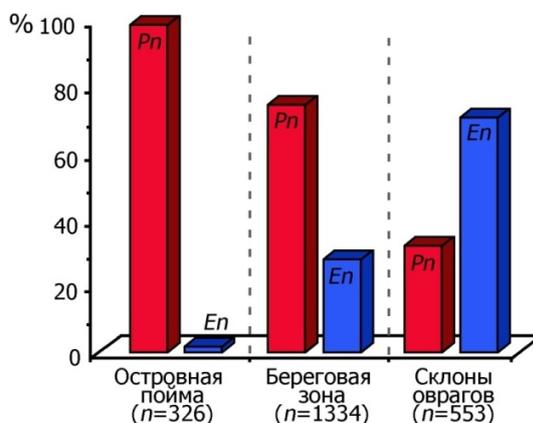


Рис. 1. Встречаемость (%) *Pipistrellus nathusii* (Pn) и *Eptesicus nilssonii* (En) в трех типах мест обитания: островная пойма, береговая зона правого берега Волги и склоны оврагов

Акустическую активность в процессе охоты можно представить следующим образом. Во время поиска добычи *P. nathusii* и *E. nilssonii* излучают FM–QCF эхолокационные сигналы со сходными параметрами их длительности ( $10,4 \pm 0,2$  мс ( $n = 165$ ) и  $10,4 \pm 0,2$  мс ( $n = 47$ ) соответственно) и частоты следования (5–12 имп/с и 7–11 имп/с соответственно). Отличаются эхолокационные сигналы значениями основной частоты, которая у *P. nathusii* составляет  $38,1 \pm 0,3$  кГц, а у *E. nilssonii* –  $29,8 \pm 0,1$  кГц.

Расхождение видов в нишевом пространстве может определяться сроками начала и продолжительностью охоты. Так, у *P. nathusii* время вечернего вылета из убежищ происходит в среднем через  $43,8 \pm 2,2$  мин после захода солнца, а у *E. nilssonii* несколько раньше – через  $35,2 \pm 2,2$  мин (рис. 2). Несмотря на статистически достоверные различия ( $t$ -тест = 2,287;  $p = 0,013$ ), значения предельных величин достаточно широко перекрываются, что практически нивелирует имеющуюся незначительную разницу у этих видов, которые почти одинаково активны на протяжении ночи.

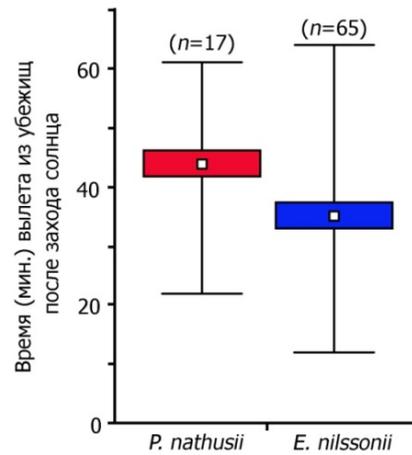


Рис. 2. Время вечернего вылета *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nilssonii* из дневных убежищ после захода солнца. Значения визуализируются в виде средней арифметической величины (квадрат), стандартной ошибки (прямоугольник), min и max (вертикальная линия)

В ходе анализа экскрементов в питании *P. nathusii* было обнаружено восемь категорий пищевых объектов, принадлежащих семи отрядам насекомых (рис. 3,а; 4,а-в). Основную часть рациона этого вида составляют Chironomidae из отряда Diptera. Нередко объектами питания становятся представители отрядов Coleoptera, чуть реже Lepidoptera, Trichoptera и Homoptera, однако доля каждого из них в рационе не превышает 30 %. Кроме того, в некоторых экскрементах нами были обнаружены паразитические членистоногие из отрядов Siphonaptera (Insecta) и Acari (Arachnida) (рис. 4,к).

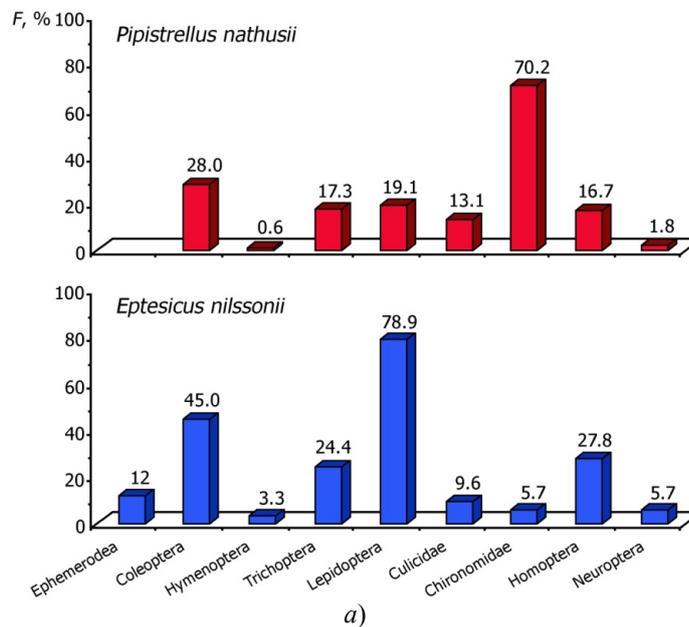


Рис. 3. Частота встречаемости (F%) кормовых объектов (а) и их распределение по относительному обилию (б) в пробах помета *Pipistrellus nathusii* (Pn) и *Eptesicus nilssonii* (En) (начало)

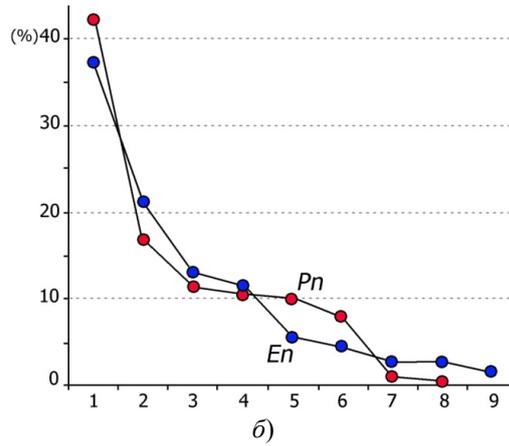


Рис. 3. Частота встречаемости ( $F\%$ ) кормовых объектов (a) и их распределение по относительному обилию (б) в пробах помета *Pipistrellus nathusii* (Pn) и *Eptesicus nilssonii* (En) (окончание)

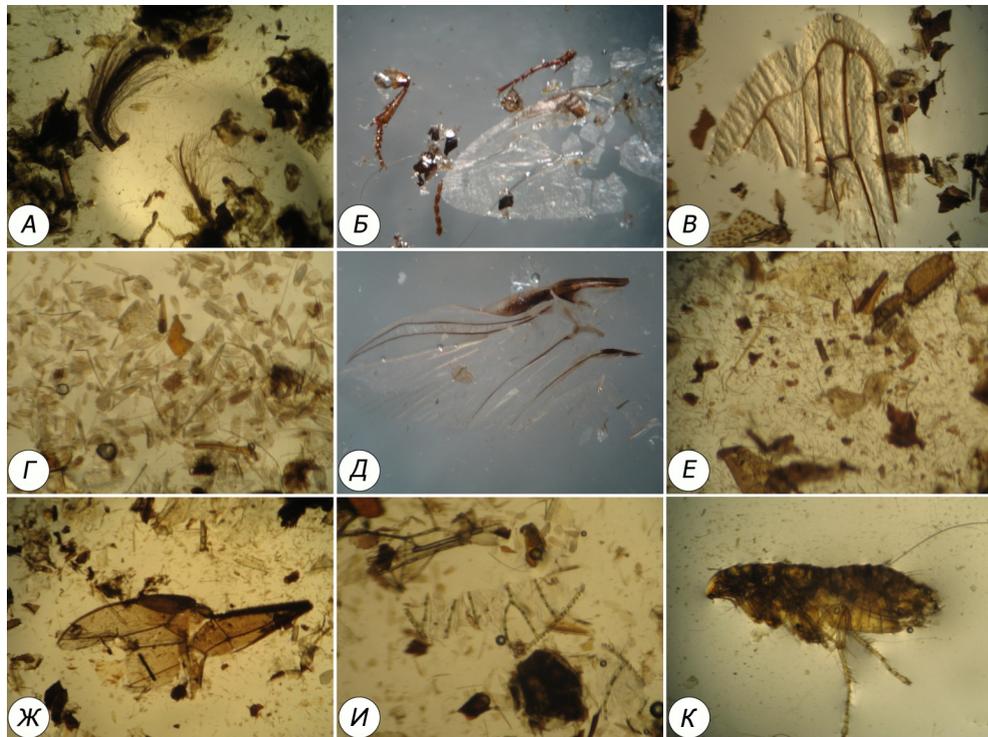


Рис. 4. Фрагменты насекомых в экскрементах *Pipistrellus nathusii* (a, б, в, к) и *Eptesicus nilssonii* (г, д, е, ж, и): а – Chironomidae (усики); б и д – Coleoptera (крылья и конечности); в – Homoptera (крыло); г – Lepidoptera (чешуйки); е – Trichoptera; ж – Hymenoptera (крыло); и – Neuroptera (крыло); к – Siphonaptera

В питании *E. nilssonii* обнаружено девять категорий из восьми отрядов насекомых. Самыми предпочитаемыми объектами питания являются представители Lepidoptera и Coleoptera (рис. 4, г–и). К важным компонентам рациона также относятся Trichoptera и Homoptera. Представители остальных отрядов насекомых в пробах экскрементов этого вида встречаются редко.

Распределения кормовых объектов по их относительному обилию (значимости) в пищевых пробах обоих видов имеют незначительные, но достоверные отличия ( $\chi^2 = 20,94$ ;  $p < 0,007$ ) (см. рис. 3,б). Характер распределения у *P. nathusii* демонстрирует наибольшее соответствие теоретической модели геометрического ряда ( $\chi^2 = 1,86$ ;  $p < 0,93$ ), а у *E. nilssonii* – модели разломанного стержня ( $\chi^2 = 7,52$ ;  $p < 0,28$ ).

Результаты анализа стратегии питания показывают, что ширина трофической ниши у *P. nathusii* (индекс Левинса 2,68) меньше, чем у *E. nilssonii* (индекс Левинса 3,54), что свидетельствует о большей специализации *P. nathusii* в отношении потребляемых кормов. В целом степень перекрытия пищевых рационов у двух видов невелика (индекс Морисита 0,302), несмотря даже на то, что различия между ними статистически достоверны ( $\chi^2 = 292,58$ ;  $p < 0,0001$ ).

Более наглядную картину перекрытия трофических ниш двух видов рукокрылых дают результаты дискриминантного анализа (рис. 5). В процессе пошаговой процедуры из обработки были исключены Ephemeroidea, Neuroptera и Hymenoptera как малозначимые. Значения  $\lambda$ -Уилкса свидетельствуют о хорошей дискриминации лишь у первой функции, на которую приходится значительная часть объясненной дисперсии (табл. 1). По первой дискриминантной функции отмечается расхождение центров и умеренная трансгрессия эллипсов рассеяния, что демонстрирует соответствующий уровень перекрытия их трофических ниш. Максимальные факторные нагрузки по оси этой функции приходятся на Lepidoptera и Chironomidae, которые к тому же имеют обратно зависимые значения своих показателей. Вторая дискриминантная ось описывает небольшой процент дисперсии и показывает полное перекрытие эллипсов, что не позволяет использовать эту функцию для надежного разделения видов по кормовым предпочтениям. В целом область перекрытия ниш для *P. nathusii* составляет около 40 % видовой ниши, а число правильных отнесений 75,0 %, для *E. nilssonii* – 25 и 88,1 % соответственно. При этом наблюдаемая узость ниши у *P. nathusii* указывает на то, что в его рационе доминирует ограниченная группа кормов, тогда как у *E. nilssonii* рацион более широк по его набору.

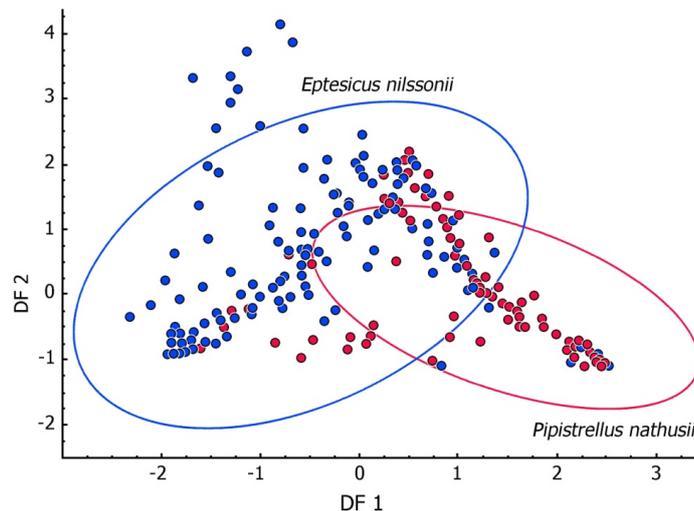


Рис. 5. Расположение эллипсов трофических ниш *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nathusii* в пространстве дискриминантных функций (DF-1, DF-2)

Результаты пошагового дискриминантного анализа,  
проведенного по показателям относительного обилия насекомых  
в экскрементах *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nathusii*

Насекомые	DF 1	DF 2
Lepidoptera	-0,8078	-0,5660
Chironomidae	0,6267	-0,5104
Ephemeroidea	-0,0874	0,4449
Coleoptera	0,0205	0,4902
Trichoptera	0,0467	0,3803
Neuroptera	-0,0453	0,2188
Показатели статистики		
Собственные числа	1,516	0,223
$\lambda$ -Уилкса	0,325	0,818
$\chi^2$ -тест	495,02	88,61
Степень свободы	12	5
Объясненная дисперсия, %	87,18	12,82
Каноническая регрессия	0,776	0,427
<i>p</i> -уровень	<0,001	<0,001

### Обсуждение

В ходе исследований было установлено, что у совместно обитающих в условиях Самарской Луки *P. nathusii* и *E. nilssonii* наблюдается дифференциация ниш по пространственным и трофическим факторам. Сравнительный анализ местообитаний этих видов позволил выявить специфические показатели их пространственного распределения и разделить их на макро- и микро-местообитания. Первые из них определяют деление ниш по биотопической приуроченности. Показано, что *E. nilssonii* наиболее предпочитает кленово-липовые леса паркового типа, произрастающие по склонам, и спускающиеся в долину Волги овраги [11]. Местообитания *P. nathusii*, наоборот, связаны в основном с островной поймой и береговой зоной, где он является одним из самых массовых и доминирующих по численности видом среди встречающихся тут рукокрылых. Для охоты *E. nilssonii* активно использует береговую зону, но он все же существенно уступает здесь первому виду по численности.

В пределах островной поймы и береговой зоны виды охотятся в широком круге биотопов. Их ночная активность была зарегистрирована в семи из восьми ранее выделенных растительных сообществ [26]. Общими для двух видов являются шесть: старовозрастные и средневозрастные осокорники, дубравы, ветляники, ольшаники и луковые террасы. Наибольшая приуроченность *P. nathusii* выявлена к тальникам и ветляникам, а *E. nilssonii* – к средневозрастным осокорникам и дубравам. В это же время первый вид полностью избегает охоты в липняках, тогда как второй – в тальниках.

Разделение ниш по микроместообитаниям у рукокрылых происходит в связи с использованием определенных типов охотничьих пространств и проявлением охотничьих форм активности, включающих время вечернего

вылета, особенности полета и эхолокационную составляющую сигналов. По большинству из этих показателей *P. nathusii* и *E. nilssonii* демонстрируют заметное сходство, что нивелирует разграничение их экологических ниш. Например, их близкие особенности кормового поведения, во многом обусловленные схожей морфологией летательного аппарата [9], определяют большое сходство видов по предпочтительности типов охотничьих пространств. Экологическая сегрегация происходит за счет использования их расширенного диапазона. Так, в отличие от *P. nathusii*, *E. nilssonii* крайне редко кормится под пологом леса и часто встречается в открытых неограниченных пространствах. Кроме того, расхождение по нишам обеспечивается различиями в значениях основной частоты сигналов как ключевой характеристикой при добыче корма и самим составом пищи.

Анализ пищевых предпочтений показал, что, несмотря на относительно сходный спектр рациона питания, в качестве основных пищевых объектов виды потребляют совершенно разные корма. Для *P. nathusii* в рационе преобладают Chironomidae, тогда как для *E. nilssonii* – Lepidoptera. Важным кормом для обоих видов также являются Coleoptera, однако наибольшие показатели числа и частоты обнаружения в пробах помета хитиновых фрагментов представителей этого отряда насекомых отмечаются только у *E. nilssonii*. Обладая немного большими размерами тела, челюстей и относительно высокой интенсивностью эхолокационных сигналов, *E. nilssonii* может ориентироваться на чуть более грубую и крупную добычу, чем *P. nathusii*. Результаты анализа пищевых фрагментов, встречающихся в экскрементах двух видов рукокрылых, подтверждают эту точку зрения. Так, размеры насекомых, используемые ими в качестве кормов, не превышают 3 см, а размер добычи самого потребляемого класса составляет 0,5–1 см. При этом у *E. nilssonii* в пробах помета насекомые размером более 1 см встречаются значительно чаще, чем у *P. nathusii*. Сведения о такой способности первого вида поедать объекты величиной более 1 см подтверждаются и литературными данными [14].

У обоих видов неодинакова и избирательность к объектам питания (табл. 2). Как показали исследования, в среде богатой пищевыми ресурсами *P. nathusii* ориентируется на самые легкодоступные и массовые виды кормов, игнорируя малочисленные. При такой оппортунистической стратегии вид тратит меньше времени и энергии на поиск и поимку основной жертвы, проявляя в высокопродуктивной среде (с высокой плотностью пищи) специализацию только к определенному объекту (Chironomidae). Количество остальных объектов питания в рационе уменьшается пропорционально уменьшению их обилия в самой среде ( $R_S = 0,820$ ;  $p < 0,05$ ), что логично подтверждает соответствие распределения по значимости основных категорий кормовых объектов в диете модели геометрического ряда, при которой явление доминирования одной из категорий выражено очень сильно. Расширение диеты в этом случае возможно только за счет новых, как правило, малочисленных и (или) менее ценных типов пищи, что крайне невыгодно с точки зрения экономии времени и энергии. Такие корма могут оказаться в диете лишь случайно. У *E. nilssonii* прослеживается иная пищевая стратегия. Используя ту же среду, вид выбирает из всей совокупности не самые многочисленные типы кормов, что в наших исследованиях подтверждается отсутствием корреляции их относительного обилия в пищевых пробах и в среде обитания ( $R_S = 0,248$ ;

$p > 0,05$ ). При такой стратегии расширения диеты за счет малочисленных или случайных кормов становится более вероятным, что и наблюдаем мы на примере более широкого рациона *E. nilssonii*. Это объясняет соответствие распределения значимости кормовых объектов в диете этого вида модели геометрического ряда, демонстрирующей большее разнообразие используемой пищи. Отсутствие в питании исследуемых видов рукокрылых части кормовых объектов, которые представлены в среде не крайне низко по значениям показателей обилия (например, Cecidomyiidae, Brachycera), может быть объяснимо либо их слабой доступностью, либо малой ценностью.

Таблица 2

Относительное обилие (%) основных таксонов насекомых, встречающихся в местах охоты *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nathusii* и в качестве кормовых объектов в пробах помета этих видов

Таксон насекомых	В местах охоты	<i>P. nathusii</i>	<i>E. nilssonii</i>
1. Lipidoptera	13,2	11,4	37,2
2. Coleoptera	6,4	16,8	21,0
3. Culicidae	9,1	7,9	4,5
4. Tipulidae	0,3	–	–
5. Chironomidae	36,7	42,1	2,7
6. Psychodidae	0,1	–	–
7. Cecidomyiidae	6,7	–	–
8. Brachycera	3,2	–	–
9. Neuroptera	0,2	1,1	2,7
10. Psocoptera	0,3	–	–
11. Hymenoptera	0,3	0,4	1,6
12. Ephemeroptera	0,2	–	5,6
13. Trichoptera	20,7	10,4	11,5
14. Heteroptera	0,1	–	–
15. Homoptera	2,5	10,0	13,1

Степень перекрывания трофических ниш у обоих видов оценивается как небольшая. В целом для *P. nathusii* характерна меньшая ширина трофической ниши и более выраженная специализация в питании по сравнению с *E. nilssonii*. Более широкая ниша, вероятно, дает последнему виду одно из преимуществ в конкуренции за ресурсы при доминировании по численности первого.

В ходе исследований нами не было отмечено случаев прямых столкновений и агрессивных контактов этих видов. Как правило, при встрече в одних и тех же местах кормления они легко расходятся, а при доминировании одного из видов второй быстро ретируется и покидает общую охотничью территорию. За счет выявленных в наших исследованиях качественных и количественных особенностей питания у двух изученных видов рукокрылых достигается дополнительное ослабление их конкуренции, что в результате приводит к расхождению экологических ниш и благополучному сосуществованию их популяций в одних и тех же местах обитания.

## Библиографический список

1. Уиттекер, Р. Сообщества и экосистемы / Р. Уиттекер. – М. : Прогресс, 1980. – 327 с.
2. Bagchi, S. Niche relationships of an ungulate assemblage in a dry tropical forest / S. Bagchi, S. P. Goyal, K. Sankar // J. Mammal. – 2003. – Vol. 84. – P. 981–988.
3. Siemers, B. M. Echolocation signals reflect niche differentiation in five sympatric congeneric bat species / B. M. Siemers, H. U. Schnitzler // Nature. – 2004. – Vol. 429. – P. 657–661.
4. Tschapka, M. Energy density patterns of nectar resources permit coexistence within a guild of Neotropical flower-visiting bats / M. Tschapka // Journal of Zoology. – 2004. – Vol. 263. – P. 7–21.
5. Пианка, Э. Эволюционная экология / Э. Пианка. – М. : Мир, 1981. – 400 с.
6. Одум, Ю. Экология : в 2 т. / Ю. Одум. – М. : Мир, 1986. – Т. 2. – 375 с.
7. Schoener, T. W. Resource partitioning in ecological communities / T. W. Schoener // Science. – 1974. – Vol. 185. – P. 27–39.
8. Смирнов, Д. Г. Организация сообществ и популяций рукокрылых (Mammalia: Chiroptera) в условиях умеренно-континентального климата России : дис. ... д-ра биол. наук / Смирнов Д. Г. – Пенза, 2013. – 236 с.
9. Смирнов, Д. Г. Связь морфологии летательного аппарата с выбором типа охотничьего пространства в сообществе рукокрылых Поволжья / Д. Г. Смирнов, В. П. Вехник // Известия Пензенского государственного педагогического университета им. В. Г. Белинского. Естественные науки. – 2011. – № 25. – С. 247–257.
10. Стрелков, П. П. Рукокрылые (Chiroptera. Vespertilionidae) юга Среднего и Нижнего Поволжья / П. П. Стрелков, В. Ю. Ильин // Фауна. Систематика и эволюция млекопитающих: Рукокрылые. грызуны. – Л. : Зоологический ин-т РАН, 1990. – С. 112–237.
11. Смирнов, Д. Г. Использование кормовых участков и убежищ *Eptesicus nilssonii* на Самарской Луке / Д. Г. Смирнов, В. П. Вехник, Н. М. Курмаева, Ф. З. Баишев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2013. – № 4 (4). – С. 69–75.
12. Курсков, А. Н. Роль рукокрылых в уничтожении насекомых вредителей лесного и сельского хозяйства / А. Н. Курсков // Беловежская пушча. – Минск : Урожай, 1968. – С. 147–155.
13. Сологор, Е. А. К изучению питания рукокрылых (Chiroptera) Среднего Приднепровья / Е. А. Сологор, А. А. Петрусенко // Вестник зоологии. – 1973. – № 3. – С. 40–45.
14. Rydell, J. Feeding territoriality in female northern bats, *Eptesicus nilssonii* / J. Rydell // Ethology. – 1986. – Vol. 72. – P. 329–337.
15. Smirnov, D. G. Ecology of nutrition and Differentiation of the Trophic Niches of Bats (Chiroptera: Vespertilionidae) in Floodplain Ecosystems of the Samara Bend / D. G. Smirnov, V. P. Vekhnik // Biology Bulletin. – 2014. – Vol. 41, № 1. – P. 60–70.
16. Смирнов, Д. Г. К изучению рукокрылых (Chiroptera) на востоке Крыма / Д. Г. Смирнов, Н. М. Курмаева, А. Н. Иваницкий // Plecotus et al. – 2017. – № 20. – С. 17–29.
17. Smirnov, D. G. Trophic ecology and predation of the Greater noctule bat (*Nyctalus lasiopterus*) in Russia / D. G. Smirnov, V. P. Vekhnik // Biology Bulletin. – 2013. – Vol. 40, № 2. – P. 206–212.
18. Shiel, C. Identification of arthropod fragments in bat droppings / C. Shiel, C. McAney, C. Sullivan, J. Fairley // The Mammal Society. – 1997. – № 17. – 56 p.
19. Kronwittter, F. Population structure, habitat use and activity patterns of the Noctule bat, *Nyctalus noctula* Schreb., 1774 (Chiroptera: Vespertilionidae) revealed by radio-tracking / F. Kronwittter // Myotis. – Bonn, 1988. – Vol. 26. – P. 23–85.

20. **McAney, C.** The Analysis of Bat Droppings / C. McAney, C. Shiel, C. Sullivan, J. Fairley // *The Mammal Society*. – 1991. – № 14. – 48 p.
21. **Levins, R.** Evolution in changing environments / R. Levins. – Princeton : Princeton University Press, 1968. – 120 p.
22. **Morisita, M.** Measuring of interspecific association and similarity between communities / M. Morisita // *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.)*. – 1959. – № 3. – P. 65–80.
23. **Krebs, C. J.** Ecological methodology / C. J. Krebs. – New York : Addison-Welsey Education Publishers Inc., 1998. – 620 p.
24. **Sokal, R. R.** Biometry: the principles and practice of statistics in biological research / R. R. Sokal, F. J. Rohlf. – New York : W. H. Freeman and Co., 1995. – 887 p.
25. **Шенброт, Г. И.** Экологические ниши. Межвидовая конкуренция и структура сообществ наземных позвоночных / Г. И. Шенброт // *Итоги науки и техники. Зоология позвоночных*. – М. : ВИНТИ, 1986. – Т. 14. – С. 5–70.
26. **Смирнов, Д. Г.** Биотопическая структура сообщества рукокрылых пойменных экосистем Самарской Луки / Д. Г. Смирнов, В. П. Вехник // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2012. – Т. 14, № 1. – С. 177–180.

### **References**

1. Uitteker R. *Soobshchestva i ekosistemy* [Communities and ecosystems]. Moscow: Progress, 1980, 327 p.
2. Bagchi S., Goyal S. P., Sankar K. *J. Mammal*. 2003, vol. 84, pp. 981–988.
3. Siemers B. M., Schnitzler H. U. *Nature*. 2004, vol. 429, pp. 657–661.
4. Tschapka M. *Journal of Zoology*. 2004, vol. 263, pp. 7–21.
5. Pianka E. *Evolucionnaya ekologiya* [Evolutionary ecology]. Moscow: Mir, 1981, 400 p.
6. Odum Yu. *Ekologiya: v 2 t.* [Ecology: in 2 volumes]. Moscow: Mir, 1986, vol. 2, 375 p.
7. Schoener T. W. *Science*. 1974, vol. 185, pp. 27–39.
8. Smirnov D. G. *Organizatsiya soobshchestv i populyatsiy rukokrylykh (Mammalia: Chiroptera) v usloviyakh umerenno-kontinental'nogo klimata Rossii: dis. d-ra biol. nauk* [Organization of communities and populations of chiroptera (Mammalia: Chiroptera) in the temperate-continent climate of Russia: dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Penza, 2013, 236 p.
9. Smirnov D. G., Vekhnik V. P. *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. 247–257.
10. Strelkov P. P., Il'in V. Yu. *Fauna. Sistematika i evolyutsiya mlekopitayushchikh: Rukokrylye. Gryzuny* [Fauna. Taxonomy and evolution of mammals: Chiroptera. Rodents]. Leningrad: Zoologicheskii in-t RAN, 1990, pp. 112–237.
11. Smirnov D. G., Vekhnik V. P., Kurmaeva N. M., Baishev F. Z. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2013, no. 4 (4), pp. 69–75.
12. Kurskov A. N. *Belovezhskaya pushcha* [Belovezhskaya Pusha dense forest]. Minsk: Urozhay, 1968, pp. 147–155.
13. Sologor E. A., Petrusenko A. A. *Vestnik zoologii* [Bulletin of zoology]. 1973, no. 3, pp. 40–45.
14. Rydell J. *Ethology*. 1986, vol. 72, pp. 329–337.
15. Smirnov D. G., Vekhnik V. P. *Biology Bulletin*. 2014, vol. 41, no. 1, pp. 60–70.
16. Smirnov D. G., Kurmaeva N. M., Ivanitskiy A. N. *Plecotus et al.* 2017, no. 20, pp. 17–29.
17. Smirnov D. G., Vekhnik V. P. *Biology Bulletin*. 2013, vol. 40, no. 2, pp. 206–212.
18. Shil C., McAney C., Sullivan C., Fairley J. *The Mammal Society*. 1997, no. 17, 56 p.
19. Kronwitter F. *Myotis*. Bonn, 1988, vol. 26, pp. 23–85.

20. McAney C., Shiel C., Sullivan C., Fairley J. *The Mammal Society*. 1991, no. 14, 48 p.
21. Levins R. *Evolution in changing environments*. Princeton: Princeton University Press, 1968, 120 p.
22. Morisita M. *Mem. Fac. Sci. Kyushu Univ. Ser. E (Biol.)*. 1959, no. 3, pp. 65–80.
23. Krebs C. J. *Ecological methodology*. New York: Addison-Welsey Education Publishers Inc., 1998, 620 p.
24. Sokal R. R., Rohlf F. J. *Biometry: the principles and practice of statistics in biological research*. New York: W. H. Freeman and Co., 1995, 887 p.
25. Shenbrot G. I. *Itogi nauki i tekhniki. Zoologiya pozvonochnykh* [Results of science and technology. Zoology of vertebrates]. Moscow: VINITI, 1986, vol. 14, pp. 5–70.
26. Smirnov D. G., Vekhnik V. P. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara Scientific Center of RAS]. 2012, vol. 14, no. 1, pp. 177–180.

---

**Смирнов Дмитрий Григорьевич**

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

E-mail: eptesicus@mail.ru

**Smirnov Dmitriy Grigor'evich**

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

---

УДК 599.426(470.43):591.32/591.52

**Смирнов, Д. Г.**

**Сравнительный анализ трофических ниш *Pipistrellus nathusii* и *Eptesicus nilssonii* (Chiroptera, Vespertilionidae) в условиях Самарской Луки / Д. Г. Смирнов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 28–41. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-4.**

## ОСОБЕННОСТИ МЕТАПОПУЛЯЦИОННОЙ СТРУКТУРЫ ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ АРЕАЛА КРАПЧАТОГО СУСЛИКА В УСЛОВИЯХ АНТРОПОГЕННОЙ И ЕСТЕСТВЕННОЙ ФРАГМЕНТАЦИИ СРЕДЫ<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Одной из важнейших фундаментальных проблем современной биологии является проблема устойчивости биологического вида в условиях сильной фрагментированной и конкурентной среды. В этой связи актуальны два направления исследований: изучение внутреннего полиморфизма и устойчивости локальных популяций к негативным действиям внешней и внутренней среды и исследования генетической подразделенности популяций, возникающей в результате естественной и антропогенной фрагментации среды обитания (метапопуляционный подход). Целью исследования было на основе уже полученных и новых данных выявить особенности метапопуляционной структуры ареала крапчатого суслика в Поволжье и факторы ее современного становления.

*Материалы и методы.* Материалом для работы послужили первичные генетические данные по полиморфизму ДНК в популяциях крапчатого суслика в Ульяновской области ( $n = 24$ ), а также результаты обобщенного анализа генетических данных по метапопуляциям. При использовании программ MEGA 7.0.21 и DnaSP 5.10 были проанализированы 32 объединенные нуклеотидные последовательности двух маркеров мтДНК (D-loop и Cyt b).

*Результаты.* Полученные результаты ML-анализа и анализа полиморфизма нуклеотидных последовательностей мтДНК крапчатого суслика показывают низкую генетическую дифференциацию северных метапопуляций *S. suslicus* (Восточной, Центральной, Северной и Северо-Западной) и высокую генетическую обособленность от них Южной метапопуляции.

*Выводы.* Метапопуляционная структура восточной части ареала крапчатого суслика организована по метапопуляционной модели, в которой представляется более вероятным существование только двух разобщенных генетических группировок локальных популяций, разделенных долиной р. Сызранки, – Южной и Северной метапопуляций.

**Ключевые слова:** крапчатый суслик, митохондриальная ДНК, ядерная ДНК, микросателлиты, метапопуляционная структура, Поволжье.

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 16-34-60059 мол\_а\_дк (С. С. Закс) и проекта № 18-04-00687 а (А. А. Кузьмин, М. Д. Симаков, С. В. Титов).

© 2018 Закс С. С., Кузьмин А. А., Симаков М. Д., Титов С. В. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

S. S. Zaks, A. A. Kuz'min, M. D. Simakov, S. V. Titov

## FEATURES OF THE METAPOPOPULATION STRUCTURE OF THE EASTERN PART OF THE SPOTTED GROUND SQUIRREL HABITAT IN CONDITIONS OF ANTHROPOGENIC AND NATURAL FRAGMENTATION OF ENVIRONMENT

### Abstract.

*Background.* Sustainability of biological species in a highly fragmented and competitive environment is an important fundamental problem of modern biology. Two areas of research are relevant: the study of internal polymorphism and the stability of local populations to the negative effects of the external and internal environment and the study of genetic subdivision of populations resulting from natural and anthropogenic fragmentation of the habitat (metapopulation approach). The aim of the study is to reveal the features of the metapopulation structure of the Spotted Ground Squirrel area in the Volga region and the factors of its modern formation on the basis of already obtained and new genetic data.

*Materials and methods.* The primary genetic data on DNA polymorphism in the populations of the Spotted Ground Squirrel in Ulyanovsk region ( $n = 24$ ) and the results of the generalized analysis of genetic data on metapopulations were the material for the work. 32 combined nucleotide sequences of two mtDNA markers (D-loop and Cyt b) were analyzed using MEGA 7.0.21 and DnaSP 5.10.

*Results.* The results of ML-analysis and analysis of polymorphism of nucleotide sequences of mtDNA of the Spotted Ground Squirrel show a low genetic differentiation of the Northern metapopulations of the *S. suslicus* (Eastern, Central, Northern and North-Western) and high genetic differentiation of the southern metapopulation.

*Conclusions.* The metapopulation structure of the Eastern part of the Spotted Ground Squirrel squirrel area is organized according to the metapopulation model, which assumes the presence of only two genetically subdivided groups of local populations. These metapopulation geographically isolated to the river valley of Syzrani and named the South and North populations.

**Keywords:** Spotted Ground Squirrel, mitochondrial DNA, nuclear DNA, microsatellites, metapopulation structure, Volga region.

Одной из важнейших фундаментальных проблем современной биологии является проблема устойчивости биологического вида в условиях сильной фрагментированной и конкурентной среды. Эту проблему можно решать с позиций двух основных перспективных направлений исследований. В первую очередь с позиций внутреннего полиморфизма и устойчивости локальных популяций к негативным действиям внешней и внутренней среды. Проводя подобные исследования, можно получить информацию о механизмах поддержания в условиях естественной и антропогенной фрагментации среды внутривидового полиморфизма [1]. Второе направление исследований связано с изучением генетической подразделенности популяций, возникающей в результате естественной и антропогенной фрагментации среды обитания (метапопуляционный подход) [2]. Результаты таких исследований позволят судить о популяционно-генетических механизмах формирования и длительного существования устойчивой метапопуляционной структуры ареала обитания, а также о способствующих этому процессу экологических факторах. Таким образом, и в первом и во втором случае исследования спо-

собны внести вклад в решение указанной научной проблемы в части выявления критических факторов и основных механизмов, определяющих внутривидовую дифференциацию и генетическое разнообразие особей [3].

Целью исследования было на основе уже полученных данных по генетическому полиморфизму популяций крапчатого суслика и по результатам обобщенного генетического анализа метапопуляций *S. suslicus* выявить особенности метапопуляционной структуры ареала крапчатого суслика в Поволжье и факторы ее современного становления.

### **Материалы и методы**

Материалом для работы послужили первичные генетические данные по полиморфизму ядерной, митохондриальной и микросателлитной ДНК, полученные в исследованиях популяций крапчатого суслика в Ульяновской области ( $n = 24$ ), результаты анализа которых частично уже опубликованы [4–7], а также результаты обобщенного анализа генетических данных по метапопуляциям крапчатого суслика. При использовании программ MEGA 7.0.21 [8] и DnaSP 5.10 [9] были проанализированы 32 объединенные нуклеотидные последовательности двух маркеров мтДНК (D-loop и Cyt b).

### **Результаты и обсуждение**

Проведенный ранее генетический анализ полиморфизма ядерных и микросателлитных маркеров в 24 популяциях крапчатого суслика в Ульяновской области, а также экологический анализ биотопической приуроченности поселений и роли физических барьеров для фрагментации его ареала позволил выделить пять метапопуляций *S. suslicus*: I – Южной (Сызранской), II – Восточной (Приволжской), III – Центральной, IV – Северной, V – Северо-Западной (Присурской) (рис. 1) [4–7].

С целью проверки и подтверждения метапопуляционной группировки изолированных популяций крапчатого суслика был проведен ML-анализ объединенных последовательностей мтДНК (D-loop и Cyt b, 2140 пн) крапчатого суслика в пакете программ MEGA 7.0.21 с использованием эволюционной модели НКУ+I (модель Хасегава – Кишино – Яно; значение эволюционной нейтральности сайтов (+I) – 47,8 %, максимальный логарифм правдоподобия (lnL): –3825,93). Выбор эволюционной модели в ML-анализе определяется результатами модель-теста, по которым по использованным митохондриальным маркерам для модели НКУ+I были получены минимальные значения Байесового информационного критерия (BIC) – 8397,87 и информационного критерия Акайке (AICc) – 7786,01.

Изменчивость фрагментов мтДНК крапчатого суслика (доля нуклеотидных замен) оказалась низкой даже для внутривидового уровня. Доля замен изменяется в пределе от 1,5 до 0,0 % и в среднем составляет  $0,8 \pm 0,1$  %. При этом соотношение транзиций и трансверсий (Ts/Tv) составило 3,02 (R), а нуклеотидные частоты составили для основания А – 29,8 %, Т – 33,4 %, С – 24,5 % и G – 12,3 %.

Анализ нуклеотидных последовательностей методом ML с использованием модели НКУ+I с учетом неравномерности скорости эволюционных процессов позволил построить кладограмму и выявить генетическую связь отдельных географически изолированных популяций крапчатого суслика,

а также объединить некоторые из них в группировки (метапопуляции) (рис. 2). Сравнение результатов этой кластеризации популяций с ранее полученной при анализе ареалогических и генетических данных [5–7] показало, что первая выделяет с определенной степенью надежности только Южную (I) и Северную (IV) метапопуляцию.

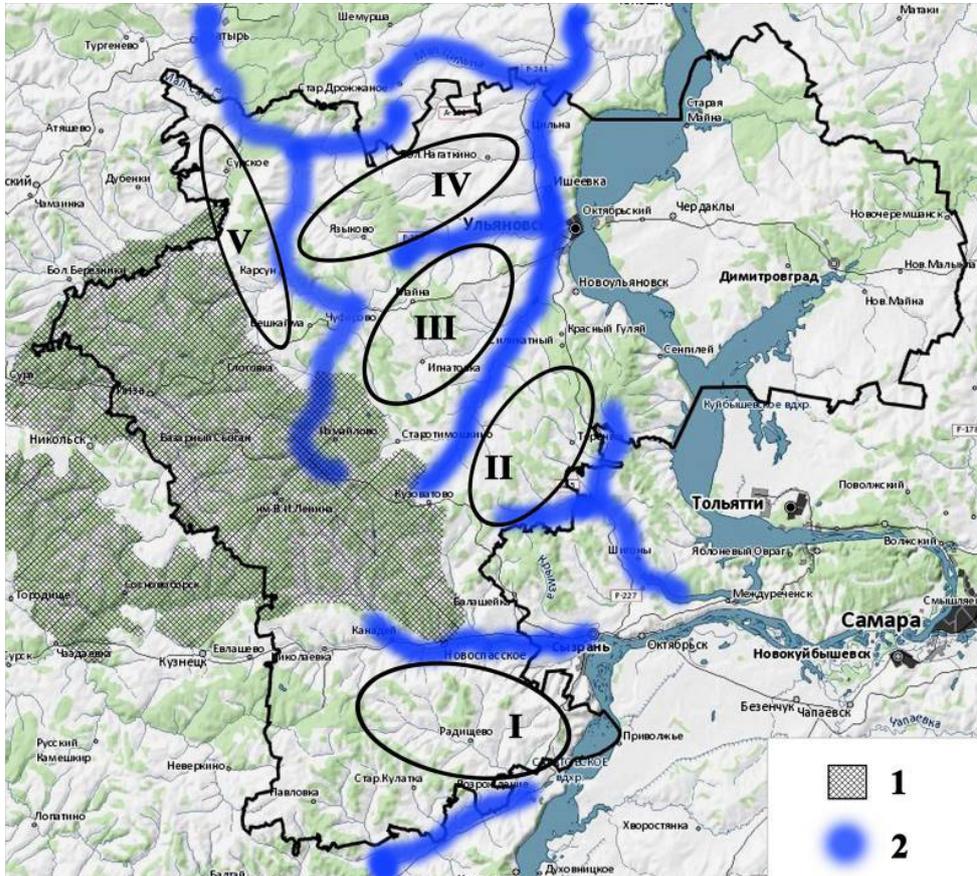


Рис. 1. Метапопуляционная структура ареала крапчатого сулика в Ульяновской области:

- 1 – лесные массивы; 2 – крупные реки и их поймы; метапопуляции:  
 I – Южная (Сызранская); II – Восточная (Приволжская); III – Центральная;  
 IV – Северная; V – Северо-Западная (Присурская) (по [3])

Внутри метапопуляций изменчивость последовательностей невелика и варьирует от 0,7 до 0,3 % и в среднем составляет  $0,50 \pm 0,10$  %. Межпопуляционные различия по этому показателю выше и перекрывают внутривидовую изменчивость. Они изменяются от 1,1 до 0,4 % и в среднем составляют  $0,63 \pm 0,13$  %. При этом максимальные различия между метапопуляциями были получены при парном сравнении Южной метапопуляции со всеми другими – в среднем до  $1,0 \pm 0,2$  (%) нуклеотидных различий, что подтверждает ее генетическую обособленность. Для других метапопуляций (при сравнении только между собой без данных по Южной метапопуляции) были получены более низкие показатели. Так, для Восточной метапопуляции

они составили  $0,7 \pm 0,1$  %, для Центральной –  $0,8 \pm 0,1$  %, для Северной –  $0,8 \pm 0,1$  %, для Северо-Западной –  $0,7 \pm 0,1$  %. В целом уровень эволюционной дифференциации проанализированных нуклеотидных последовательностей составляет  $0,347 \pm 0,054$ .

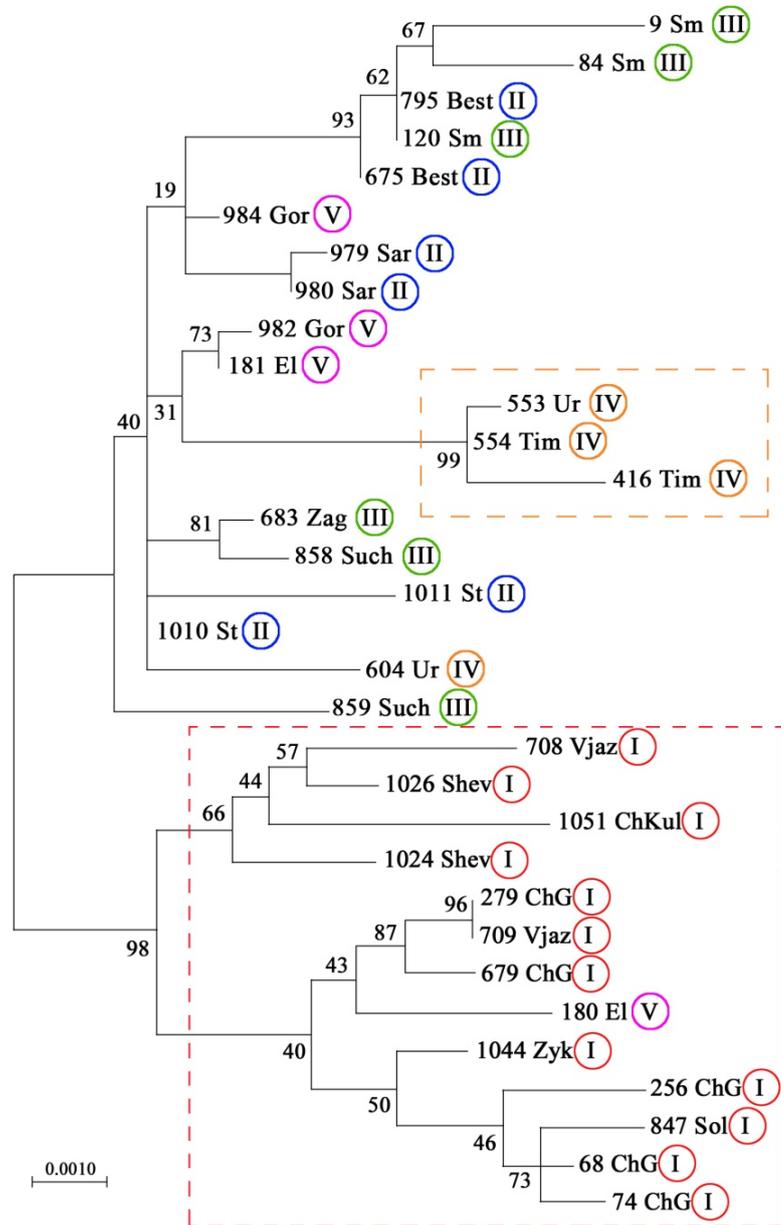


Рис. 2. Результаты генетического ML-анализа (модель НКУ+I) нуклеотидных последовательностей ( $n = 32$ ) участка мтДНК (D-loop+Сyt b, 2140 пн), показывающие филогенетические отношения между митотипами, характеризующими современные популяции крапчатого суслика в восточной части ареала. В узлах – результаты бутстреп-анализа (1000 реплик), шкала – генетические дистанции между митотипами. Метапопуляции: I – Южная (Сызранская); II – Восточная (Приволжская); III – Центральная; IV – Северная; V – Северо-Западная (Присурская)

Анализ гаплотипического и нуклеотидного разнообразия популяций крапчатого суслика по фрагменту мтДНК (D-loop и Cyt b, 2140 пн) проводили в программе DnaSP 5.10. Было проанализировано 32 секвенса. Число сегрегирующих сайтов составило 90, число мутаций – 97. Было выделено 30 гаплотипов (h), гаплотипическое разнообразие (Hd) составило 0,996, нуклеотидное разнообразие (Pi) – 0,00754, сходство нуклеотидных последовательностей (C) – 0,958, среднее число нуклеотидных различий (k) – 16,129.

При сравнении пяти группировок гаплотипов, характеризующих выделенные метапопуляции, максимальные значения показателей среднего числа нуклеотидных различий (k), нуклеотидного разнообразия (Pi) и индекса Джукса – Кантора (DXY) были получены при сравнении Южной метапопуляции со всеми остальными (16,02, 0,00784 и 0,0099 соответственно). Эти же показатели при сравнении других метапопуляций (только между собой без данных по Южной метапопуляции) имеют более низкие значения – 10,63, 0,00497 и 0,0056 соответственно).

Таким образом, полученные результаты ML-анализа и анализа полиморфизма нуклеотидных последовательностей мтДНК крапчатого суслика показывают низкую генетическую дифференциацию северных метапопуляций *S. suslicus* (Восточной, Центральной, Северной и Северо-Западной) и высокую генетическую обособленности от них Южной метапопуляции. Аналогичные результаты были получены по генетической разобщенности южной популяции у большого суслика, обитающего в правобережных районах Ульяновской области. Как показывают ареалогические исследования, крапчатый суслик активно восстанавливает свои поселения после депрессии в пределах кружева ареала симпатрически обитающего с ним большого суслика [3]. В результате такой ареальной динамики на территории Ульяновской области в пределах современной зоны симпатрии крапчатого и большого сусликов возникают новые контактные поселения этих видов и отмечаются факты случайной их гибридизации.

Для проверки этого предположения был проведен анализ полиморфизма нуклеотидных последовательностей (DnaSP 5.10) только двух группировок популяций крапчатого суслика (метапопуляций) – Южной, аутентичной таковой из первой метапопуляционной модели, и Северной, представляющей собой совокупность всех популяций сусликов, расположенных севернее р. Сызранки (рис. 3). Как Южная, так и Северная вновь сформированные метапопуляции характеризуются более высокими и почти равными показателями среднего числа нуклеотидных различий (k) и нуклеотидного разнообразия (Pi) – 12,59, 0,0059 и 11,10, 0,0052 соответственно. В целом метапопуляционные группировки, сформированные по второй метапопуляционной модели ареала крапчатого суслика, являются «хорошо» дифференцированными, что доказывают полученные результаты сравнения их генетических показателей. Значения показателей среднего числа нуклеотидных различий (k), нуклеотидного разнообразия (Pi) и индекса Джукса – Кантора (DXY), полученных при сравнении, оказались выше показателей анализа генетического разнообразия внутри каждой из метапопуляций – 16,13, 0,0075 и 0,0099 соответственно.

Проведенный D Tajima-тест выявил еще одну интересную особенность метапопуляционной структуры крапчатого суслика в восточной части ареала.

Почти достоверные ( $0,1 < p < 0,05$ ) отрицательные значения показателя Tajima's D ( $-1,248$ ) свидетельствуют о низком числе выявленных гаплотипов по сравнению с числом сегрегирующих сайтов, т.е. низких частотах редких гаплотипов, и указывают на возможный рост числа популяций и населения после прохождения «бутылочного горлышка» в период депрессии численности. На такую демографическую экспансию указывают высокие отрицательные и почти достоверные ( $0,1 < p < 0,05$ ) показатели  $F_u$  и  $Li's D^*$ ,  $F_u$  и  $Li's F^*$ ,  $F_u$  и  $F_s$ :  $-1,876$ ,  $-1,971$ ,  $-13,884$  соответственно.

### **Заключение**

Проведенный анализ нуклеотидных последовательностей двух маркеров мтДНК (D-loop и Cyt b) крапчатого суслика достоверно выявил существующую генетическую дифференциацию географически разобщенных популяций, обнаруженных в Ульяновской области. Анализ метапопуляционной модели крапчатого суслика, включающей в себя пять разобщенных группировок популяций, выявил низкую генетическую дифференциацию локальных популяций севернее р. Сызранки, показав, однако, их высокую разобщенность с Южной метапопуляцией. Эти данные указывают на существование процесса роста числа популяций и населения крапчатого суслика после прохождения «бутылочного горлышка» в период депрессии численности и возможный процесс формирования метапопуляционной структуры ареала этого вида в северных районах исследуемого региона. Поэтому на современном этапе более достоверна генетическая структура восточной части ареала крапчатого суслика, организованная по второй метапопуляционной модели, по которой представляется более вероятным существование только двух разобщенных генетических группировок его локальных популяций, разделенных долиной р. Сызранки – Южной и Северной метапопуляций.

### **Библиографический список**

1. Алтухов, Ю. П. Генетические процессы в популяциях / Ю. П. Алтухов. – М. : Академкнига, 2003. – 431 с.
2. Hanski, I. A practical model of metapopulation dynamics / I. Hanski // Journal of Animal Ecology. – 1994. – Vol. 63. – P. 151–162.
3. Динамика ареалов и современное состояние поселений наземных беличьих в правобережных районах Поволжья / С. В. Титов, А. А. Кузьмин, Р. В. Наумов, О. А. Ермаков, С. С. Закс, О. В. Чернышова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 124 с.
4. Закс, С. С. Современное распространение и биотопические предпочтения крапчатого суслика (*Spermophilus suslicus* Güld.) в Среднем Поволжье / С. С. Закс, А. А. Кузьмин, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 3 (15). – С. 50–59. – DOI 10.21685/2307-9150-2016-3-5.
5. Закс, С. С. Генетическая структура популяций крапчатого суслика (*Spermophilus suslicus* Güld.) в Среднем Поволжье по данным анализа яДНК / С. С. Закс, А. А. Кузьмин, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 4 (16). – С. 3–13. – DOI 10.21685/2307-9150-2016-4-1.
6. Закс, С. С. Генетическая структура популяций крапчатого суслика (*Spermophilus suslicus* Güld.) в Среднем Поволжье по данным анализа микросателлитной

- ДНК / С. С. Закс, А. А. Кузьмин, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 3 (19). – С. 50–62. – DOI 10.21685/2307-9150-2017-3-5.
7. **Закс, С. С.** Влияние физических барьеров и экологических факторов на фрагментацию ареала и генетическое разнообразие популяций крапчатого суслика (*Spermophilus suslicus* Güld.) в Среднем Поволжье / С. С. Закс, О. В. Чернышова, А. А. Кузьмин, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2017. – № 4 (20). – С. 20–34. – DOI 10.21685/2307-9150-2017-4-2.
  8. **Kumar, S.** MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets / S. Kumar, G. Stecher, K. Tamura // *Molecular Biology and Evolution*. – 2016. – Vol. 33. – P. 1870–1874.
  9. **Librado, P.** DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data / P. Librado, J. Rozas // *Bioinformatics*. – 2009. – № 25. – P. 1451–1452.

### References

1. Altukhov Yu. P. *Geneticheskie protsessy v populyatsiyakh* [Genetic processes in populations]. Moscow: Akademkniga, 2003, 431 p.
2. Hanski I. *Journal of Animal Ecology*. 1994, vol. 63, pp. 151–162.
3. Titov S. V., Kuz'min A. A., Naumov R. V., Ermakov O. A., Zaks S. S., Chernyshova O. V. *Dinamika arealov i sovremennoe sostoyanie poseleniy nazemnykh belich'ikh v pravoberezhnykh rayonakh Povolzh'ya* [Dynamics of habitats and modern condition of settlements of ground squirrels in the right bank ares of the Volga river]. Penza: Izd-vo PGU, 2015, 124 p.
4. Zaks S. S., Kuz'min A. A., Titov S. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2016, no. 3 (15), pp. 50–59. DOI 10.21685/2307-9150-2016-3-5.
5. Zaks S. S., Kuz'min A. A., Titov S. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2016, no. 4 (16), pp. 3–13. DOI 10.21685/2307-9150-2016-4-1.
6. Zaks S. S., Kuz'min A. A., Titov S. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2017, no. 3 (19), pp. 50–62. DOI 10.21685/2307-9150-2017-3-5.
7. Zaks S. S., Chernyshova O. V., Kuz'min A. A., Titov S. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2017, no. 4 (20), pp. 20–34. DOI 10.21685/2307-9150-2017-4-2.
8. Kumar S., Stecher G., Tamura K. *Molecular Biology and Evolution*. 2016, vol. 33, pp. 1870–1874.
9. Librado P., Rozas J. *Bioinformatics*. 2009, no. 25, pp. 1451–1452.

#### **Закс Светлана Сергеевна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Научно-учебная лаборатория молекулярной экологии и систематики животных, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: s.s.zaks@yandex.ru

#### **Zaks Svetlana Sergeevna**

Candidate of biological sciences, senior researcher, scientific and educational laboratory of molecular ecology and systematics of animals, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Кузьмин Антон Алексеевич***

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биотехнологий и техносферной  
безопасности, Пензенский  
государственный технологический  
университет (Россия, г. Пенза,  
проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11)

E-mail: kuzmin-puh@yandex.com

***Kuz'min Anton Alekseevich***

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology  
and technosphere safety, Penza State  
Technological University (1a/11 Baidukova  
lane/Gagarina street, Penza, Russia)

***Симаков Максим Дмитриевич***

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

E-mail: maksimakov@bk.ru

***Simakov Maksim Dmitrievich***

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

***Титов Сергей Витальевич***

доктор биологических наук, профессор,  
заведующий кафедрой зоологии  
и экологии, декан факультета физико-  
математических и естественных наук,  
Пензенский государственный  
университет (Россия, г. Пенза,  
ул. Красная, 40)

E-mail: svtitov@yandex.ru

***Titov Sergey Vital'evich***

Doctor of biological sciences, professor,  
head of sub-department of zoology and  
ecology, dean of the Faculty of Physics,  
Mathematics and Natural sciences, Penza  
State University (40 Krasnaya street,  
Penza, Russia)

---

УДК 591.557:599.322.2

**Закс, С. С.**

**Особенности метапопуляционной структуры восточной части ареала крапчатого суслика в условиях антропогенной и естественной фрагментации среды / С. С. Закс, А. А. Кузьмин, М. Д. Симаков, С. В. Титов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 42–50. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-5.**

УДК 631.95

DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-6

Н. П. Чекаев, Ю. В. Блинохватова, А. Ю. Кузнецов,  
Т. А. Власова, Н. В. Корягина

## ОЦЕНКА СТЕПЕНИ ДЕГРАДАЦИИ ПОЧВ НА ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКАХ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ В РЕЗУЛЬТАТЕ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Сильно возросшее влияние человека на биосферу за последние десятилетия значительно ускорило негативные трансформации земель сельскохозяйственного назначения. Серьезные экологические последствия нанесли последние организационно-экономические преобразования сельского хозяйства. Антропогенные изменения почвенных свойств охватывают практически все показатели качества почв, начиная от запасов доступных форм питательных элементов до морфогенетического строения почвенного профиля, гидрологического и геохимического режимов. К актуальным вопросам агроэкологической оценки земель и оптимизации землепользований следует отнести исследование качественных и количественных закономерностей антропогенных нарушений почв и анализ обусловленных антропогенными нарушениями почв последовательных изменений основных почвенных режимов и процессов – с оценкой глубины и скорости воздействия нарушений почв на их морфогенетический профиль, степени обратимости и необратимости антропогенных трансформаций.

*Материалы и методы.* Приведены результаты исследований свойств антропогенно нарушенных почв в результате проведенных в 2011 г. в Кузнецком районе Пензенской области технических работ на нефтепроводе «Дружба-2».

*Выводы.* Анализ почвенных проб на нарушенных участках выявил в них снижение содержания гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия. Такие изменения произошли из-за перемешивания верхнего плодородного гумусового горизонта с нижележащими глинисто-карбонатными слоями. На участках с нарушенным почвенным профилем при проведении рекультивационных работ была нарушена технология укладки снятых почвенных горизонтов, что подтверждается проведенным обследованием и агрохимическим анализом отобранных почвенных проб с этих участков. Расчеты сроков восстановления антропогенно нарушенной почвы по запасам гумуса показывают, что гипотетическое время, необходимое для восстановления нарушенных почв в слое 0–50 см на исследуемых земельных участках, составляет от 35 до 65 лет.

**Ключевые слова:** деградация почв, гумус, фосфор, калий, кислотность.

---

© 2018 Чекаев Н. П., Блинохватова Ю. В., Кузнецов А. Ю., Власова Т. А., Корягина Н. В. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

*N. P. Chekaev, Yu. V. Blinokhvatova, A. Yu. Kuznetsov,  
T. A. Vlasova, N. V. Koryagina*

## **ESTIMATION OF THE DEGRADATION OF SOILS IN AGRICULTURAL AREAS AS A RESULT OF ANTROPOGENIC IMPACT**

### **Abstract.**

*Background.* The greatly increased human influence on the biosphere over the past decades has significantly accelerated the negative transformations of agricultural land. Serious environmental consequences caused the last organizational and economic transformation of agriculture. Anthropogenic changes in soil properties encompass almost all indicators of soil quality, ranging from stocks of accessory forms of nutrients to the morphogenetic structure of the soil profile, hydrological and geochemical regimes. The topical issues of agroecological land assessment and land use optimization include the study of the qualitative and quantitative patterns of anthropogenic soil disturbances and the analysis of successive changes in the basic soil regimes and processes caused by anthropogenic soil disturbances, with an assessment of the depth and speed of disturbances of the soil on their morphogenetic profile, the degree of reversibility and irreversibility of anthropogenic transformations.

*Materials and methods.* The article presents the results of studies of the properties of anthropogenically disturbed soils as a result of technical works at the Kuznetsky district of the Penza region conducted in 2011 at the Druzhba-2 oil pipeline.

*Conclusions.* Analysis of soil samples in disturbed areas revealed a decrease in the content of humus, alkaline hydrolysable nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium. Such changes occurred due to mixing of the upper fertile humus horizon with the underlying clay-carbonate layers. In areas with a disturbed soil profile, during reclamation work, the laying technology of removed soil horizons was disturbed, as evidenced by the survey and agrochemical analysis of soil samples from these sites. Calculations of the terms for the restoration of anthropogenically disturbed soil in terms of humus reserves show that the hypothetical time required for the restoration of disturbed soils in the 0–50 cm layer in the studied land plots ranges from 35 to 65 years.

**Keywords:** soil degradation, humus, phosphorus, potassium, acidity.

### **Введение**

Техногенное воздействие на почвенный покров, агроландшафт и биосферу в целом сильно изменил условия для их устойчивого функционирования. За последнее столетие произошла масштабная деградация земель, наблюдается ухудшение их экологического состояния и функциональных особенностей. В отдельных случаях происходит антропогенное опустынивание или резкое сужение почвенной агроландшафтной базы, необходимой для устойчивого развития сельскохозяйственных регионов [1–3].

Техногенные изменения почв очень часто приводят к частичному ограничению их функционального качества и агроэкологического состояния. Такие проблемы, как правило, привлекают меньше внимания административных и законодательных органов власти, однако они несут не меньшую опасность для общества, чем случаи регионального и локального опустынивания. Важно подчеркнуть, что подобные проблемные ситуации, как правило, еще могут поддаваться рациональному регулированию и разрешению [4–6].

В «Методических рекомендациях по выявлению деградированных и загрязненных земель», утвержденных Министерством охраны окружающей среды и природных ресурсов Российской Федерации 15 февраля 1995 г., среди других типов выделяют технологическую деградацию почвы. Под ней понимают ухудшение свойств почв в результате избыточных технологических нагрузок при всех видах землепользования, разрушающих почвенный покров, ухудшающих его физическое состояние и агрономические характеристики почв, приводящих к потере природно-хозяйственной значимости земель [7, 8]. Одним из видов технологической деградации почв является нарушение земель, представляющее собой механическое разрушение почвенного покрова. Прежде всего, такое разрушение покрова обусловлено открытыми разработками полезных ископаемых и торфа, строительными и геологоразведочными работами. К нарушенным землям относятся все земли со снятым или перекрытым гумусовым горизонтом и непригодные для использования без предварительного восстановления плодородия, т.е. земли, утратившие свою первоначальную ценность [9–11].

На время проведения работ на нефтепроводах временно отчуждаются земельные участки, используемые и по сельскохозяйственному назначению. В дальнейшем на таких участках проводится техническая и биологическая рекультивация с целью возврата природно-хозяйственной ценности земель для ведения сельскохозяйственного производства. Как правило, при проведении технических работ по рекультивации данных участков часто происходит нарушение технологии, что приводит к снижению качества земель и плодородия почв. В результате на таких участках в течение нескольких десятков лет наблюдается снижение как продуктивности растительной продукции, так и ее качества [9, 12].

### Материалы и методы

Для проведения оценки степени деградации почв на земельных участках в результате проведения технических работ на нефтепроводе «Дружба-2» в 2011 г. были обследованы земельные участки:

– 58:14:0030701:361, расположенный по адресу: Пензенская область Кузнецкий район, Яснополянский сельский совет. Почва земельного участка представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым среднегумусным;

– 58:14:0030701:365, расположенный по адресу: Пензенская область, Кузнецкий район, Яснополянский сельский совет, участок 1. Почва земельного участка представлена лугово-черноземной почвой среднесуглинистой среднегумусной;

– 58:14:0030701:372, расположенный по адресу: Пензенская область, Кузнецкий район, Яснополянский сельский совет. Почва земельного участка представлена лугово-черноземной почвой среднесуглинистой среднегумусной;

– 58:14:0030704:120, расположенный по адресу Пензенская область, Кузнецкий район, Анненковский сельский совет, земельный участок 6. Почва земельного участка представлена лугово-черноземной почвой среднесуглинистой среднегумусной;

– 58:14:0030401:175, с местоположением согласно кадастровому паспорту: примерно в 4,9 км по направлению на юго-восток от ориентира жилой

дом расположенного за пределами участка. Адрес ориентира: Пензенская область, Кузнецкий район, с. Махалино, ул. Почтовая, д. 14. Почва земельного участка представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым среднегумусным;

– 58:14:0030401:176, с местоположением примерно в 3,18 км по направлению на юго-восток от ориентира, жилой дом, расположенного за пределами участка. Адрес ориентира: Пензенская область, Кузнецкий район, с. Махалино, ул. Куйбышевская, д. 1. Почва земельного участка представлена черноземом выщелоченным тяжелосуглинистым среднегумусным.

На таких участках по направлению нефтепровода «Дружба-2» в 2018 г. были отобраны почвенные образцы в четырех точках на каждом из них с глубины 0–30 и 30–50 см. Параллельно с этим образцы были отобраны и на участках с ненарушенными почвами. Всего было отобрано 96 образцов (по 48 на антропогенно нарушенных земельных участках и на ненарушенных участках).

Агрохимический анализ почвенных проб проводился по следующим методикам:

– органическое вещество по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213–91);

– подвижные формы фосфора и калия по методу Чирикова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204–91);

–  $pH_{\text{сол}}$  потенциометрическим методом (ГОСТ 26483–85);

– щелочногидролизующий азот по Корнфилду в модификации ЦИНАО.

При оценке степени деградации почв используются изменения (кратность) значений показателей по отношению к исходному или принимаемому за контроль состоянию почвы. За норму при определении степени ее деградации можно использовать однотипную условно ненарушенную почву или данные предшествующих агрохимических обследований [8, 9, 13].

Для проведения степени деградации почв на антропогенно нарушенных участках были использованы показатели и критерии химической деградации, которые представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели и критерии химической деградации почв

Показатели химической деградации почв	Степень деградации в баллах				
	0	1	2	3	4
Содержание основных питательных элементов (кратность снижения)	<1,2	1,2–1,5	1,6–2,0	2,1–5,0	>5,0
Содержание гумуса (кратность снижения)	<1,2	1,2–1,4	1,5–1,7	1,8–2,0	>2,0

### Результаты и обсуждение

Поверхность почвы на антропогенно нарушенных участках представлена неравномерно перемешанными почвенными горизонтами. Собственно гумусовый горизонт нарушен из-за перемешивания с нижележащими глинисто-карбонатными горизонтами.

Агрохимический анализ почвенных проб показывает, что на антропогенно нарушенных участках наблюдается увеличение  $pH$  почвы от 10,6 % на

участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:361 и 58:14:0030701:365 и до 27,4 % с кадастровым номером 58:14:0030401:175 по сравнению с образцами почв с ненарушенных участков. Такие изменения связаны с тем, что в результате проведения технических работ на нефтепроводе «Дружба-2» была нарушена технология укладки почвенных горизонтов, и на поверхности почвы оказался глинисто-карбонатный слой, содержащий карбонатные отложения, которые повышают уровень pH.

Анализ содержания щелочногидролизуемого азота в отобранных образцах показывает, что в среднем в слоях 0–30 и 30–50 см произошло снижение данного показателя от 19,6 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:361 до 64,0 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:372.

Определение содержания подвижного фосфора показывает, что на нарушенных участках произошло снижение содержания фосфора в среднем от 11,4 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030704:120 до 80,8 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:372.

Анализ содержания обменного калия показывает, что на нарушенных участках произошло снижение содержания калия в среднем от 18,5–26,8 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:365 до 43,9–50,0 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:372, по сравнению с прилегающими ненарушенными участками.

Определение содержания гумуса показывает, что на участках с нарушенным профилем почвы произошло снижение гумуса от 36,5 % на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:365 до 47,7 % в слое 0–30 см и 54,4 % в слое 30–50 см на участке с кадастровым номером 58:14:0030401:176 по сравнению с почвенными пробами с ненарушенных участков. Такие изменения связаны с тем, что на нарушенных участках верхний плодородный гумусовый горизонт был перемешан с нижними глинисто-карбонатными горизонтами.

Таким образом, как показал анализ отобранных почвенных проб, на нарушенных участках наблюдается снижение гумуса, щелочногидролизуемого азота, подвижного фосфора и обменного калия. Такие изменения связаны с нарушением почвенного профиля при проведении рекультивационных работ в результате несоблюдения технологии укладки снятых почвенных горизонтов, что подтверждается проведенным обследованием и агрохимическим анализом отобранных почвенных проб с этих участков.

Результаты проведенной оценки степени деградации антропогенно нарушенной почвы в результате проведения работ на нефтепроводе «Дружба-2» представлены в табл. 2.

По результатам агрохимических анализов почвенных проб, отобранных с земельных участков с нарушенным и ненарушенным почвенным профилем, и проведенной оценки степени деградации антропогенно нарушенной почвы можно сделать следующие выводы.

Антропогенно нарушенные почвы обследованных земельных участков по содержанию щелочногидролизуемого азота характеризуются как слабодеградированные на земельных участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:361 в слое 0–30 и 30–50 см, 58:14:0030701:365 в слое 0–30 см, 58:14:0030401:175 в слое 30–50 см и 58:14:0030401:176 в слое 30–50 см и сильнодеградированные на участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:372 в слое 0–30 и 30–50 см, 58:14:0030704:120 в слое 0–30 см.

## Оценка степени деградации почв

Кадастровый номер участка	Тип участка*	Глубина взятия образца, см	рН, ед.	Среднее/Кратность снижения Степень деградации**			
				азот, мг/кг почвы	фосфор, мг/кг почвы	калий, мг/кг почвы	гумус, %
1	2	3	4	5	6	7	8
58:14:0030701:361	ННУ	0–30	<u>5,70</u> –	<u>144,2/–</u> –	<u>418,0/–</u> –	<u>340,0/–</u> –	<u>8,63/–</u> –
		30–50	<u>5,70</u> –	<u>109,2/–</u> –	<u>150,0/–</u> –	<u>110,0/–</u> –	<u>7,71/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>6,67</u> –	<u>103,6/1,2</u> СлД	<u>178,0/2,4</u> СилД	<u>172,5/1,6</u> СрД	<u>4,11/1,8</u> СилД
		30–50	<u>6,74</u> –	<u>82,3/1,3</u> СлД	<u>109,5/2,9</u> СилД	<u>95,0/2,0</u> СрД	<u>2,93/2,0</u> СилД
58:14:0030701:365	ННУ	0–30	<u>6,10</u> –	<u>136,5/–</u> –	<u>222,0/–</u> –	<u>88,8/–</u> –	<u>7,18/–</u> –
		30–50	<u>5,67</u> –	<u>112,0/–</u> –	<u>161,3/–</u> –	<u>67,5/–</u> –	<u>5,46/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>6,75</u> –	<u>91,0/1,5</u> СлД	<u>56,5/3,9</u> СилД	<u>65,0/1,4</u> СлД	<u>4,56/1,6</u> СрД
		30–50	<u>6,92</u> –	<u>72,2/1,6</u> СрД	<u>48,0/3,4</u> СилД	<u>55,0/1,2</u> СлД	<u>3,42/1,6</u> СрД
58:14:0030701:372	ННУ	0–30	<u>5,97</u> –	<u>163,3/–</u> –	<u>203,5/–</u> –	<u>142,5/–</u> –	<u>6,54/–</u> –
		30–50	<u>6,03</u> –	<u>121,1/–</u> –	<u>128,8/–</u> –	<u>110,0/–</u> –	<u>5,55/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>7,05</u> –	<u>58,8/2,8</u> СилД	<u>39,0/5,2</u> ОСилД	<u>80,0/1,8</u> СрД	<u>3,61/1,8</u> СилД
		30–50	<u>7,04</u> –	<u>46,2/2,6</u> СилД	<u>35,5/3,6</u> СилД	<u>55,0/2,0</u> СрД	<u>1,96/2,8</u> ОСилД
58:14:0030704:120	ННУ	0–30	<u>4,71</u> –	<u>134,1/–</u> –	<u>69,5/–</u> –	<u>98,8/–</u> –	<u>7,85/–</u> –
		30–50	<u>5,28</u> –	<u>115,5/–</u> –	<u>45,8/–</u> –	<u>57,5/–</u> –	<u>6,20/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>5,24</u> –	<u>63,7/2,1</u> СилД	<u>57,5/1,2</u> СлД	<u>77,5/1,3</u> СлД	<u>3,83/2,0</u> СилД
		30–50	<u>5,27</u> –	<u>57,8/2,0</u> СрД	<u>40,5/1,1</u> НД	<u>65,0/0,9</u> НД	<u>2,77/2,2</u> ОСилД
58:14:0030401:175	ННУ	0–30	<u>5,10</u> –	<u>135,3/–</u> –	<u>41,8/–</u> –	<u>127,5/–</u> –	<u>8,01/–</u> –
		30–50	<u>5,36</u> –	<u>104,7/–</u> –	<u>34,8/–</u> –	<u>92,5/–</u> –	<u>4,96/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>6,50</u> –	<u>68,3/2,0</u> СрД	<u>63,8/0,7</u> НД	<u>101,3/1,3</u> СлД	<u>4,41/1,8</u> СрД
		30–50	<u>6,09</u> –	<u>73,2/1,4</u> СлД	<u>48,3/0,7</u> НД	<u>67,5/1,4</u> СлД	<u>3,37/1,5</u> СлД

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
58:14:0030401:176	ННУ	0–30	<u>4,97</u> –	<u>138,6/–</u> –	<u>111,8/–</u> –	<u>172,5/–</u> –	<u>7,48/–</u> –
		30–50	<u>5,10</u> –	<u>116,2/–</u> –	<u>71,8/–</u> –	<u>120,0/–</u> –	<u>6,11/–</u> –
	АНУ	0–30	<u>6,15</u> –	<u>84,4/1,6</u> СрД	<u>60,3/1,9</u> СрД	<u>147,5/1,2</u> СлД	<u>3,91/1,9</u> СилД
		30–50	<u>6,24</u> –	<u>75,6/1,5</u> СлД	<u>48,3 /1,5</u> СлД	<u>105,0/1,1</u> НД	<u>2,78/2,2</u> ОСилД

**Примечание.** \* ННУ – ненарушенный участок, АНУ – антропогенно нарушенный участок, \*\* НД – недеградированная, СлД – слабodeградированная, СрД – среднедеградированная, СилД – сильнодеградированная, ОСилД – очень сильно деградированная.

По содержанию фосфора исследуемые земельные участки с антропогенно нарушенными почвами характеризуются от недеградированных на участках с кадастровыми номерами 58:14:0030401:175 в слое 0–30 и 30–50 см и 58:14:0030704:120 в слое 30–50 см до очень сильно деградированных на участке с кадастровым номером 58:14:0030701:372 в слое 0–30 см.

Степень деградации по содержанию калия изменяется от недеградированной на участке 58:14:0030401:176 в слое 30–50 см до среднедеградированной на участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:361 и 58:14:0030701:372 в слое 0–30 и 30–50 см.

По результатам оценки степени деградации почв наибольшие изменения выявлены по показателю содержания гумуса. Степень деградации по этому показателю изменялась от слабodeградированной на участке с кадастровым номером 58:14:0030401:175 в слое 30–50 см до очень сильно деградированной на участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:372 и 58:14:0030704:120 в слое 30–50 см. По остальным участкам в зависимости от исследуемого слоя почвы степень деградации характеризовалась как среднедеградированные и сильнодеградированные.

Почвенный профиль на нарушенных участках изменился вследствие перемешивания верхнего гумусового горизонта с нижележащим глинисто-карбонатным горизонтом, что произошло в результате нарушения технологии укладки почвенных горизонтов при проведении работ на нефтепроводе «Дружба-2».

Проведенную оценку степени деградации антропогенно нарушенных почв можно использовать при расчетах возможной упущенной выгоды при возделывании сельскохозяйственных культур на данных участках:

- на слабodeградированных почвах возможное снижение продуктивности культур не превышает 25 %;
- на среднедеградированных почвах возможное снижение продуктивности на 25–50 %;
- на сильнодеградированных почвах возможное снижение продуктивности составляет 50–70 %;
- на очень сильно деградированных почвах возможное снижение продуктивности достигает 75 % и более.

Скорость восстановления нарушенных почв устанавливается по изменению мощности органогенного (гумусового) горизонта и запасов гумуса в профиле почвы (А+В). Формирование почв – процесс биогеохимический, в котором органическое вещество играет решающую роль [12, 14–16]. Непрерывный гумусовый слой, или «гумосфера», как отмечает В. А. Ковда, – это наиболее активная часть природного почвенного покрова, определяющая уровень и потенциальные возможности его плодородия [12, 14]. Значение органического вещества для развития культурного почвообразования трудно переоценить.

Срок восстановления почв с антропогенно нарушенным почвенным профилем можно рассчитать по восстановлению запасов гумуса в поверхностном слое глубиной 50 см. По данным Г. Д. Гогмачадзе [4], «в черноземе типичном (мощном) запасы гумуса восстанавливаются крайне слабо. Прирост гумуса под залежью составляет 0,73 % за 10 лет». Используя эти нормированные данные прироста гумуса в 0,73 % (8,76 т/га в 10-сантиметровом слое за 10 лет под залежью), можно гипотетически рассчитать время восстановления исследованной на участках антропогенно нарушенной почвы при условии, что на этих участках будет введен почвозащитный севооборот с многолетними травами с удельным их весом не менее 50 %.

Расчеты сроков восстановления антропогенно нарушенной почвы по запасам гумуса показывают, что гипотетическое время на восстановление нарушенной почвы в слое до 50 см на земельных участках с кадастровыми номерами 58:14:0030701:361 составляет – 65,5 лет, 58:14:0030701:365 – 35,9 лет, 58:14:0030701:372 – 49,2 лет, 58:14:0030704:120 – 55 лет, 58:14:0030401:175 – 49,3 лет, 58:14:0030401:176 – 48,9 лет.

### **Заключение**

Обследование земельных участков с антропогенно нарушенными и ненарушенными почвами показало, что все изменения в показателях плодородия на этих участках произошли в связи с нарушениями технологии укладки почвогрунта при проведении технических работ на нефтепроводе «Дружба-2» и связаны, главным образом, с перемешиванием верхнего плодородного гумусового горизонта с нижележащим глинисто-карбонатным слоем почвы.

### **Библиографический список**

1. Агроэкология. Методология, технология, экономика / В. А. Черников, И. Г. Грингоф, В. Т. Емцев ; под ред. В. А. Черникова, А. И. Чекереса. – М. : КолосС, 2004. – 400 с.
2. **Чекаев, Н. П.** Агроэкологическая оценка земель : учеб. пособие / Н. П. Чекаев, А. Ю. Кузнецов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 215 с.
3. **Stockmann, U.** Quantifying processes of pedogenesis / U. Stockmann, B. Minasny, A. V. McBratney // *Advances in Agronomy*. – 2011. – Vol. 113. – P. 1–71.
4. **Гогмачадзе, Г. Д.** Деградация почв: причины, следствия, пути снижения и ликвидации / Г. Д. Гогмачадзе. – М. : Изд-во Московского университета, 2011. – 272 с.
5. **Гогмачадзе, Г. Д.** Агроэкологический мониторинг почв и земельных ресурсов Российской Федерации / Г. Д. Гогмачадзе. – М. : Изд-во Московского университета, 2010. – 592 с.

6. Агроэкологическое моделирование и проектирование / И. И. Васенев, А. В. Бузылев, Ю. А. Курбатова, Н. И. Руднев, А. И. Тиунов, М. В. Чистотин ; под ред. И. И. Васенева. – М. : РГАУ-МСХА, 2010. – 260 с.
7. Методические указания по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения / ред.: Л. М. Державин, Д. С. Булгаков. – М. : ФГНУ «Росинформагротех», 2003. – 240 с.
8. Методические рекомендации по выявлению деградированных и загрязненных земель / А. С. Яковлев, В. Н. Шептухов, Ю. М. Матвеев, Т. В. Решетина, Е. В. Каплунова, А. Д. Фокин, Н. П. Сорокина, В. С. Горбатов, С. И. Решетников, О. А. Макаров // Сборник нормативных актов «Охрана почв». – М. : РЭФИА, 1996. – С. 174–198.
9. **Кузнецов, А. Ю.** Рекультивация антропогенно нарушенных земель : учеб. пособие / А. Ю. Кузнецов, Н. П. Чекаев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 216 с.
10. **Черногоров, А. Л.** Агроэкологическая оценка земель и оптимизация землепользования / Л. А. Черногоров, П. А. Чекмарев, И. И. Васенев, Г. Д. Гогмачадзе. – М. : Изд-во Московского университета, 2012. – 268 с.
11. **Кирюшин, В. И.** Классификация почв и агроэкологическая типология земель / В. И. Кирюшин. – СПб. : Лань, 2011. – 288 с.
12. **Фомин, Н. А.** Общее почвоведение : учеб. пособие / Н. А. Фомин, Н. П. Чекаев, А. Н. Арефьев, А. Ю. Кузнецов. – Пенза : РИО ПГСХА, 2014. – 219 с.
13. **Чекаев, Н. П.** Физико-химические свойства почв : учеб. пособие / Н. П. Чекаев, А. Н. Арефьев, Е. Е. Кузина, В. Н. Эркаев. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 222 с.
14. **Козловский, Ф. И.** Современные естественные и антропогенные процессы эволюции почв / Ф. И. Козловский. – М. : Наука, 1991. – 196 с.
15. Encyclopedia of soils in the environment / eds.: D. Hillel, J. L. Hatfield, C. Rosenzweig, K. M. Scow, M. J. Singer, D. L. Sparks. – Amsterdam : Elsevier, 2005.
16. Encyclopedia of soil science / ed. R. Lal. – New York : Marcel Dekker, 2002.

### References

1. Chernikov V. A., Gringof I. G., Emtsev V. T. *Agroekologiya. Metodologiya, tekhnologiya, ekonomika* [Agroecology. Methodology, technology, economy]. Moscow: KolosS, 2004, 400 p.
2. Chekaev N. P., Kuznetsov A. Yu. *Agroekologicheskaya otsenka zemel': ucheb. posobie* [Agroecological estimation of soils: tutorial]. Penza: RIO PGSKhA, 2016, 215 p.
3. Stockmann U., Minasny B., McBratney A. B. *Advances in Agronomy*. 2011, vol. 113, pp. 1–71.
4. Gogmachadze G. D. *Degradatsiya pochv: prichiny, sledstviya, puti snizheniya i likvidatsii* [Soil degradation: causes, consequences, reduction and elimination solutions]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2011, 272 p.
5. Gogmachadze G. D. *Agroekologicheskii monitoring pochv i zemel'nykh resursov Rossiyskoy Federatsii* [Agroecological monitoring of soils and land resources of the Russian Federation]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2010, 592 p.
6. Vasenev I. I., Buzylev A. B., Kurbatova Yu. A., Rudnev N. I., Tiunov A. I., Chistotin M. V. *Agroekologicheskoe modelirovanie i proektirovanie* [Agroecological modeling and simulation]. Moscow: RGAU-MSKhA, 2010, 260 p.
7. *Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu kompleksnogo monitoringa plodorodiya pochv zemel' sel'skokhozyaystvennogo naznacheniya* [Guidelines on complex monitoring of agricultural soils' fertility]. Eds.: L. M. Derzhavin, D. S. Bulgakov. Moscow: FGNU «Rosinformagrotekh», 2003, 240 p.
8. Yakovlev A. S., Sheptukhov V. N., Matveev Yu. M., Reshetina T. V., Kaplunova E. V., Fokin A. D., Sorokina N. P., Gorbatov V. S., Reshetnikov S. I., Makarov O. A. *Sbornik normativnykh aktov «Okhrana pochv»* [Collected normative acts “Soil protection”]. Moscow: REFIA, 1996, pp. 174–198.

9. Kuznetsov A. Yu., Chekaev N. P. *Rekul'tivatsiya antropogenno narushennykh zemel': ucheb. posobie* [Recultivation of anthropogenically harmed soils: tutorial]. Penza: RIO PGSKhA, 2016, 216 p.
10. Chernogorov A. L., Chekmarev P. A., Vasenev I. I., Gogmachadze G. D. *Agroekologicheskaya otsenka zemel' i optimizatsiya zemlepol'zovaniya* [Agroecological estimation of soils and optimization of land management]. Moscow: Izd-vo Moskovskogo universiteta, 2012, 268 p.
11. Kiryushin V. I. *Klassifikatsiya pochv i agroekologicheskaya tipologiya zemel'* [Soil classification and agroecological typology of soils]. Saint-Petersburg: Lan', 2011, 288 p.
12. Fomin N. A., Chekaev N. P., Aref'ev A. N., Kuznetsov A. Yu. *Obshchee pochvovedenie: ucheb. posobie* [General pedology: teaching aid]. Penza: RIO PGSKhA, 2014, 219 p.
13. Chekaev N. P., Aref'ev A. N., Kuzina E. E., Erkaev V. N. *Fiziko-khimicheskie svoystva pochv: ucheb. posobie* [Physical and chemical properties of soils: teaching aid]. Penza: RIO PGSKhA, 2016, 222 p.
14. Kozlovskiy F. I. *Sovremennye estestvennye i antropogennye protsessy evolyutsii pochv* [Modern natural and anthropogenic processes of soil evolution]. Moscow: Nauka, 1991, 196 p.
15. *Encyclopedia of soils in the environment*. Eds.: D. Hillel, J. L. Hatfield, C. Rosenzweig, K. M. Scow, M. J. Singer, D. L. Sparks. Amsterdam: Elsevier, 2005.
16. *Encyclopedia of soil science*. Ed. R. Lal. New York: Marcel Dekker, 2002.

---

***Чекаев Николай Петрович***

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой почвоведения, агрохимии и химии, Пензенский государственный аграрный университет (Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: chekaev1975@mail.ru

***Chekaev Nikolay Petrovich***

Candidate of agricultural sciences, associate professor, head of sub-department of soil science, agrochemistry and chemistry, Penza State Agrarian University (30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

***Блинохватова Юлия Владимировна***

кандидат биологических наук, доцент, кафедра почвоведения, агрохимии и химии, Пензенский государственный аграрный университет (Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: julechka83@inbox.ru

***Blinokhvatova Yuliya Vladimirovna***

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of soil science, agrochemistry and chemistry, Penza State Agrarian University (30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

***Кузнецов Александр Юрьевич***

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, кафедра почвоведения, агрохимии и химии, Пензенский государственный аграрный университет (Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: alex200278@yandex.ru

***Kuznetsov Aleksandr Yur'evich***

Candidate of agricultural sciences, associate professor, sub-department of soil science, agrochemistry and chemistry, Penza State Agrarian University (30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

**Власова Татьяна Алексеевна**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, кафедра почвоведения,  
агрохимии и химии, Пензенский  
государственный аграрный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: julechka83@inbox.ru

**Vlasova Tat'yana Alekseevna**

Candidate of agricultural sciences, associate  
professor, sub-department of soil science,  
agrochemistry and chemistry, Penza State  
Agrarian University (30 Botanicheskaya  
street, Penza, Russia)

**Корягина Наталья Викторовна**

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, кафедра селекции, семеноводства  
и биологии растений, Пензенский  
государственный аграрный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: liza.tania@mail.ru

**Koryagina Natal'ya Viktorovna**

Candidate of agricultural sciences, associate  
professor, sub-department of plant breeding,  
seed production and biology, Penza State  
Agrarian University (30 Botanicheskaya  
street, Penza, Russia)

---

УДК 631.95

**Оценка степени деградации почв на земельных участках сельскохозяйственного назначения в результате антропогенного воздействия / Н. П. Чекаев, Ю. В. Блинохватова, А. Ю. Кузнецов, Т. А. Власова, Н. В. Корягина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 51–61. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-6.**

УДК 633.15: 576.354: 575. 224  
DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-7

Л. П. Лобанова, А. Ю. Колесова, О. А. Шацкая,  
Ш. В. Магеррамов

## ХАРАКТЕРИСТИКА СПОРАД МИКРОСПОР У ТЕТРАПЛОИДНОЙ ЛИНИИ КУКУРУЗЫ КрП-1

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Исследование развития пыльцы у тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 имеет большое значение для оценки возможности ее использования в селекционной работе. Цель работы заключалась в изучении спорад микроспор, а также особенностей их строения, которых в значительной степени определяют качество пыльцы и успешность оплодотворения.

*Материалы и методы.* Анализ тетрад микроспор у растений тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 проводился на временных препаратах, окрашенных ацетокармином. Препараты анализировались на микроскопе “Axiostar-plus” при увеличении 10×40. Фотографирование проводили при таком же увеличении с использованием программы визуализации “Zoombrowser”.

*Результаты.* Получены данные о количестве и качестве образовавшихся продуктов мейоза на стадии тетрад. Обнаружены тетрады микроспор с разными типами заложения клеточных перегородок и споранды с числом клеток, отличным от четырех. Образование аномальных структур в тетрадогенезе (монад, диад триад, тетрад с морфологическими отклонениями и полиад) может быть причиной частичной стерильности пыльцы или может привести к образованию нередуцированных и анеуплоидных гамет. Выявлена возможность образования микроспор аномально удлиненной формы в спорандах с различным числом клеток. Последнее предполагает наличие специфической мутации, изменяющей форму мейотических клеток у исследуемой линии кукурузы.

*Выводы.* Морфология спорад микроспор у тетраплоидных растений крайне разнообразна и обусловлена нарушениями деления ядер и заложения клеточных перегородок в мейозе. Однако высокий процент образования типичных тетрад микроспор свидетельствует о возможности образования у данной линии кукурузы достаточно большого количества фертильной пыльцы и эффективном ее использовании в селекции.

**Ключевые слова:** тетраплоидная кукуруза, микроспорогенез, аномальные споранды, нередуцированные и анеуплоидные микроспоры, атипичная форма микроспор.

---

© 2018 Лобанова Л. П., Колесова А. Ю., Шацкая О. А., Магеррамов Ш. В. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

L. P. Lobanova, A. Yu. Kolesova, O. A. Shatskaya, Sh. V. Magerramov

## CHARACTERISTICS OF MICROSPORES' SPORADES IN TETRAPLOID MAIZE LINE KrP-1

### Abstract.

*Background.* The study of the pollen development in the tetraploid maize line KrP-1 is important for assessing the possibility of its usage in breeding work. The work aimed on the study of the microspores' sporades structure, the features of which largely determine the pollen quality and the fertilization success.

*Materials and methods.* The analysis of microspores tetrads in plants of the tetraploid maize line KrP-1 was carried out on temporary preparations stained with acetocarmine. The preparations were analyzed on an Axiostar-plus microscope at a magnification of 10×40. Photographing was performed at the same magnification using the Zoom browser visualization program.

*Results.* Data were obtained on the quantity and quality of the resulting meiosis products at the tetrad stage. Tetrads of microspores with different types of cell partitioning and sporades with a number of cells different from four were found. The formation of abnormal structures in tetradogenesis (monades, diades, triades, tetrades with morphological abnormalities and polyades) may cause partial sterility of pollen or lead to the formation of unreduced and aneuploid gametes. The possibility of the formation of microspores of anomalously elongated shape in sporades with different numbers of cells was revealed. The latter implies the presence of a specific mutation that changes the shape of meiotic cells in the studied maize line.

*Conclusions.* Sporades morphology in tetraploid plants are extremely diversified and are due to abnormalities in nuclear fission and cell walls initiation in meiosis. However, a high percentage of formation of typical tetrads of microspores indicates the possibility of the formation of a sufficiently large amount of fertile pollen in this line and its usage in breeding.

**Keywords:** tetraploid corn, microsporogenesis, abnormal Sporades, unreduced and aneuploid microspores, atypical form of microspores.

### Введение

В настоящее время тетраплоидные линии кукурузы нередко используются для создания ее тетраплоидных сортов и гибридов, превышающих диплоидные аналоги по продуктивности и устойчивости к биотическим и абиотическим факторам среды [1, 2]. Решающее значение в такой работе имеет выбор исходных тетраплоидных форм, проводящийся на основе их морфологических и цитологических характеристик. Для повышения семенной продуктивности большое значение имеют особенности течения мейоза и характеристика сформировавшихся микроспор. Общепризнано, что в мейозе тетраплоидных растений кукурузы наблюдаются различные нарушения, и их количество зависит от степени сбалансированности генома [3, 4].

Качество мейоза в значительной степени определяет последующие процессы формирования мужского и женского гаметофитов. Однако стадии мейоза, на которых осуществляются кариокинез и цитокинез, сравнительно кратковременны, и при анализе мейоза сложно анализировать большое количество клеток на нужной стадии. Наиболее длительной и доступной для изучения является стадия тетрад, позволяющая выявить аномальные продукты мейоза (монады, диада триады, тетрады аномального строения и полиады).

Сопоставление измененных продуктов мейотического деления с причинами, которые вызывают их формирование, может значительно облегчить цитологический анализ аномального мейоза [5]. В связи с этим предполагается, что более рационально вначале проводить анализ продуктов мейоза на стадии тетрад, а затем анализировать причины, приведшие к появлению именно таких продуктов.

Цель данной работы заключалась в оценке качества спорад микроспор у тетраплоидной кукурузы КрП-1.

### Материалы и методы

Материалом исследования послужили спорад микроспор тетраплоидных растений кукурузы (*Zea mays* L.) линии КрП-1, которая была получена в Краснодарском научно-исследовательском институте сельского хозяйства и в течение ряда лет подвергалась отбору на повышение фертильности и скороспелости на кафедре генетики Саратовского госуниверситета.

Всего с девяти растений было проанализировано 3177 спорад микроспор. Пыльники на стадии микроспорогенеза фиксировали ацетоалкоголем (3:1). Анализ спорад проводился на стадии, когда микроспоры были окружены общей каллозной оболочкой. Для анализа использовали временные препараты, окрашенные ацетокармином и приготовленные по стандартной методике [6]. Препараты анализировались на микроскопе "Axiostar-plus" (Zeise) при увеличении 10×40. Фотографирование проводили при том же увеличении с использованием программы визуализации "Zoombrowser".

### Результаты и обсуждение

Результатом мужского мейоза у кукурузы в норме является группа из четырех спор, образующих изобилатеральную тетраду (рис. 1,а). Вследствие различных нарушений карио- и цитокинеза в мейозе у тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 формировались разнообразные аномальные спорад (табл. 1). При анализе были обнаружены тетрады микроспор нетипичной формы и спорад с числом клеток, отличным от четырех. В среднем количество спорад аномального строения в проанализированной выборке растений составило 23,8 %. С наибольшей частотой встречались тетрады с различными морфологическими отклонениями (11,4 %).

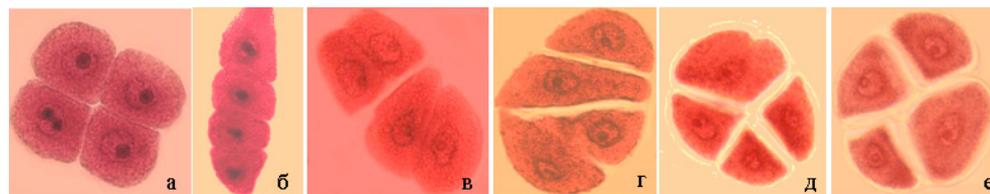


Рис. 1. Формы тетрад микроспор у тетраплоидной кукурузы:  
а – изобилатеральная; б – линейная; в – т-образная; г – с косыми перегородками;  
д, е – с неравными по величине клетками. Увеличение × 400

Частота спорад аномального строения у большинства растений близка к среднему значению и варьирует от 19,4 до 24,8 %. Однако были обнаружены два растения, у которых количество аномальных спорад значительно от-

личалось от среднего показателя и составило 6,8 и 50 %. Эти растения достоверно отличались по данному признаку от других растений.

Таблица 1

Результаты анализа спорад микроспор у тетраплоидных растений

Номер растения	Число проанализированных спорад	Количество аномальных спорад, %	Спорады аномального строения, %						
			тетрады			монады	диады	триады	пентады, гексады
			т-образные	линейные	другие типы				
431-3	227	34,1	6,2	4,1	3,9	10,8	1,6	2,2	5,3
515-3	275	22,7	4,0	1,3	10,7	–	–	2,0	4,7
515-7	443	20,3	3,3	2,3	4,7	4,0	4,0	–	2,0
523-11	228	14,1	2,6	1,9	2,9	–	–	1,9	4,8
523-8	336	22,5	8,3	2,5	2,5	2,0	–	2,0	5,2
525-12	246	50,0	–	–	–	30,3	19,7	–	0,0
527	395	6,8	1,1	2,1	2,1	–	–	0,5	1,0
535-1	278	24,8	11,5	5,5	3,5	1,0	0,5	1,5	1,3
535-2	436	19,4	6,6	2,0	7,6	–	–	0,5	2,7
Среднее		23,8	4,8	2,4	4,2	5,3	2,9	1,2	3,0

У тетрад с морфологическими отклонениями в основном наблюдалось изменение расположения клеток относительно друг друга. Такие структуры образуются чаще в результате изменения позиции веретен деления в мейозе, что вызывает линейное, т-образное или промежуточное положение микроспор в тетраде (рис. 1, б–г). В ряде работ отмечается, что возможной причиной изменения ориентации веретена могут быть изменения формы микроспорциотов [7, 8]. Считается, что в большинстве случаев нарушения, изменяющие позиции веретен деления в мейозе II (на перпендикулярное или диагональное), являются инертными и не влияют на дальнейшее развитие предшественников пыльцы. Другой тип нарушений связан с аномалиями деления ядер. Отдельные хромосомы, находящиеся вне хромосомных групп, и неравное распределение хромосом между полюсами служат причиной образования микроядер и микроспор разной величины (рис. 1, д, е), что свидетельствует о возможности появления анеуплоидных микроспор [9, 10, 11].

В настоящей работе, кроме тетрад, были обнаружены различные типы монад, диад, триад и полиад.

Образование монад возможно при комбинации нарушений кардио- и цитокинеза, поэтому морфологическая характеристика типов монад очень разнообразна. Их общая частота у разных растений варьирует от 0 до 30,3 %. Монады с числом ядер от одного до четырех образуются при разной степени блокировки процессов кардио- и цитокинеза в ходе мейотических делений (рис. 2, а–в). Считается, что причиной формирования многоядерных монад являются множественные веретена и выпадение цитокинеза, или асинаптические

ский мейоз с отсутствием цитокинеза (рис. 2,з). Появление монад с «тоннельным цитокинезом» или «рассеченных» монад с насечкой с внешней стороны определяется аномалиями веретена деления и неполным цитокинезом в мейозе I, а также полным выпадением цитокинеза в мейозе II (рис. 2,д-и) [5, 12].

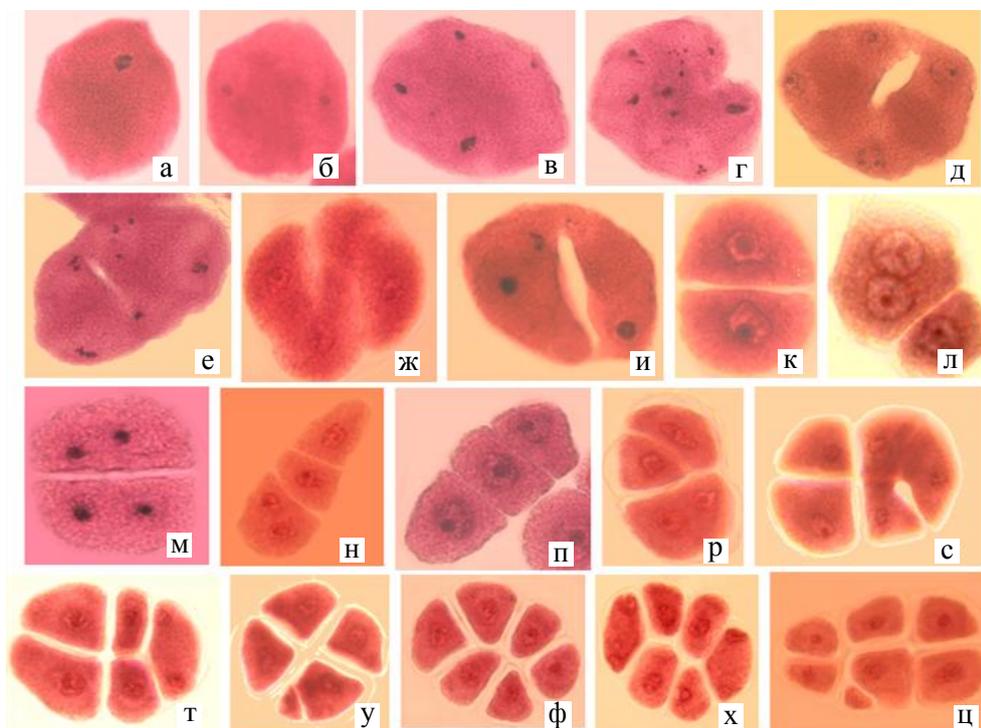


Рис. 2. Типы аномальных спорад у тетраплоидной кукурузы КрП-1:  
а-г – монады с различным числом ядер; д, е – монады с тоннельным цитокинезом;  
ж, и – рассеченные монады; к – диада с 1-ядерными клетками; л – диада с одной  
2-ядерной клеткой; м – диада с двумя 2-ядерными клетками; н-р – триады  
с 1-2-ядерными клетками; с – триада с рассеченной микроспорой; т, у – пентады;  
ф, х – гексады; ц – гептада. Увеличение  $\times 400$

Диады любого типа на стадии тетрад представляют собой аномальное явление и означают формирование у тетраплоидов  $4n$  гамет. Образование различных по морфологии диад также является комбинацией двух и более типов нарушений в ходе мейоза. У тетраплоидной кукурузы КрП-1 зарегистрировано несколько типов диад. Диады с равноценными ядрами в обеих клетках являются результатом реституции ядер в результате выпадения первого или второго деления мейоза (рис. 2,к). Диады с одной двуядерной клеткой могут образоваться при выпадении второго мейотического деления в одной из клеток диады микроспор и нарушении цитокинеза во второй клетке (рис. 2,л). Диады с двумя двуядерными клетками образуются при подавлении цитокинеза в телофазе II (рис. 2,м).

Триада состоит из трех дочерних клеток. Отдельные микроспоры триады часто являются нередуцированными или анеуплоидными. Триады с линейным положением микроспор бывают двух типов. Линейная триада

с одной двудерной клеткой является результатом подавления цитокинеза в одной из клеток в телофазе II (рис. 2,н). Линейная триада из трех одноядерных клеток может образоваться в результате блокировки второго мейотического деления в одной из клеток диады (рис. 2,л). Т-образная триада с одной двудерной клеткой появляется при комбинации двух аномалий: изменения взаимной ориентации веретен в метафазе II с параллельного положения на перпендикулярное и отсутствия образования клеточной перегородки в телофазе II (рис. 2,р). Предполагаем, что обнаруженная триада с насечкой в одной трехъядерной клетке могла сформироваться в результате образования трехполюсного веретена во втором делении и неполного цитокинеза (рис. 2,с).

Полиады микроспор включают разное число клеток, количество которых более четырех. У тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 частота полиад у разных растений варьирует от 0 и до 5,3 %. Чаще всего встречались пентады, реже гексады и как единичные структуры – гептады. Число ядер в обнаруженных полиадах не всегда бывает равно числу клеток. Нередко клетки полиад кукурузы содержат по два ядра. Поскольку основной причиной появления полиад являются нарушения деления ядер в мейозе, то многие клетки являются анеуплоидными.

Доля пентад у отдельных растений может быть довольно высокой – до 5 % от общего числа просмотренных спорад. У тетраплоидных растений были обнаружены пентады с одноядерными клетками неравноценными по размеру, с одно- и двудерными микроспорами и пентады с безъядерными цитопластами (рис. 2,т,у).

Гексады и гептады содержали соответственно шесть и семь клеток одинакового или разного размера, с одним или двумя ядрами (рис. 2,ф–ц). Гексады присутствовали у всех растений, которые содержали пентады. Гептады удалось наблюдать только дважды у разных растений.

Главная причина появления полиад – нарушение сегрегации хромосом и последующее образование дополнительных ядер. У злаков, с характерным для них последовательным цитокинезом, в разные клетки в норме расходятся только сестринские группы хромосом, находящиеся на полюсах одного и того же веретена. Несестринские ядра (например, микроядра) отделиться друг от друга при таком механизме цитокинеза не могут. Поэтому нарушения структуры биполярного веретена, приводящие к аномальному расхождению хромосом и образованию микроядер в мейозе однодольных, обычно вызывают образование спорад с дополнительными ядрами или микроядрами [12].

Считается, что появление полиад у однодольных возможно за счет формирования дополнительных случайно ориентированных клеточных пластинок на беспорядочно ориентированных фибриллах цитоскелета. Образовавшиеся затем дочерние клеточные мембраны рассекают клетку случайным образом независимо от того, как в ней располагаются микроядра. Ряд авторов полагают, что это единственный механизм формирования полиад в аномальном мейозе у однодольных [5, 12].

В этом плане образование трехполюсных веретен во втором мейотическом делении, обнаруженное у линии КрП-1 [13], вполне могло обеспечить появление спорад с числом клеток более 4 (пентад и гексад). Единичные гептады появляются, возможно, в результате образования разбросанных по клет-

ке фибрилл цитоскелета. Следует отметить, что в этом случае многие микроспоры являются анеуплоидными.

На стадии сформировавшихся тетрад у всех растений были зарегистрированы споры с различным числом клеток, одна из которых имела атипичную удлиненную форму. Аномально удлиненные микроспоры были обнаружены в диадах (рис. 3,а), триадах (рис. 3,б), тетрадах (рис. 3,в,г), пентадах (рис. 3,д) и гексадах (рис. 3,е).

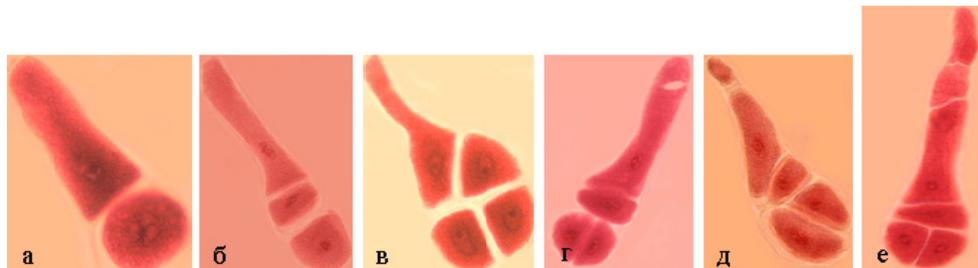


Рис. 3. Атипичная форма микроспор в спорах тетраплоидных растений:  
а – диаде; б – триаде; в, г – тетрадах; д – пентаде; е – гексаде. Увеличение  $\times 400$

Частота обнаружения спор, содержащих микроспору аномальной формы, у растений линии КрП-1 варьировала от 0,2 до 7,6 %. Наиболее часто такие микроспоры встречались в тетрадах.

Образование спор с микроспорами атипичной формы представляет значительный интерес, поскольку данные о формировании подобных структур в литературе не обнаружены. У линии КрП-1 они встречаются у всех проанализированных растений, и частота их образования у большинства растений превышает 3 %, что свидетельствует о неслучайных причинах появления этого признака. На неслучайный характер образования клеток аномальной формы указывает также присутствие у данной линии на всех стадиях мейотического деления микроспороцитов нетипичной удлиненной формы [13] и обнаруженная нами возможность передачи аномального признака при скрещивании линии КрП-1 с диплоидными линиями триплоидному потомству. Возможно, такие изменения формы микроспор вызваны специфической мутацией, влияющей на форму мейотических клеток. Можно предположить, что цитологической причиной появления таких клеток послужили нарушения в формировании цитоскелетных структур, одна из функций которых – определение формы клетки [14].

### Заключение

Результаты проведенного исследования стадии тетрад микроспор тетраплоидной линии кукурузы КзП-1 позволили сделать следующее заключение:

– морфология спор микроспор у линии КрП-1 крайне разнообразна и включает образование монад, диад, триад, типичных и аномальных тетрад, пентад, гексад и гептад;

– в тетрадах с морфологическими отклонениями наблюдаются изменения положения микроспор относительно друг друга (линейное, т-образное,

промежуточное), а также образование неравных по размеру клеток, иногда с дополнительными ядрами;

– у всех изученных растений обнаружены споры с различным числом клеток, одна из которых имела атипично удлиненную форму;

– формирование до 76 % типичных тетрад свидетельствует о возможности образования у данной линии достаточно большого количества фертильной пыльцы и использования ее в качестве донора диплоидных гамет и, в меньшей степени, полиплоидных и анеуплоидных гамет.

#### Библиографический список

1. **Хатефов, Э. Б.** К вопросу селекции тетраплоидной кукурузы / Э. Б. Хатефов, В. С. Щербак // *Аграрная Россия*. – 2011. – № 4. – С. 44–50.
2. **Хатефов, Э. Б.** Тетраплоидная кукуруза как перспективное направление в селекции / Э. Б. Хатефов, А. В. Хачидогов, Р. А. Гажева // *Международные научные исследования*. – 2015. – № 3 (24). – С. 166–171.
3. **Семенов, В. И.** Изучение характера конъюгации хромосом и анеуплоидии в связи с плодовитостью автотетраплоидной кукурузы / В. И. Семенов, Е. В. Семенова, Л. Ф. Капицына // *Генетика*. – 1969. – Т. V, № 10. – С. 67–83.
4. **Хатефов, Э. Б.** Семенная продуктивность тетраплоидной кукурузы и пути ее повышения в условиях Кабардино-Балкарии : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Хатефов Э. Б. – СПб., 2012. – 45 с.
5. **Шамина, Н. В.** Диагностикум аномалий растительного мейоза по его продуктам / Н. В. Шамина // *Цитология*. – 2006. – Т. 48, № 6. – С. 486–494.
6. **Юдакова, О. И.** Методы исследования репродуктивных структур и органов растений / О. И. Юдакова, О. В. Гуторова, Ю. А. Беляченко. – Саратов : Изд-во Саратов. гос. ун-та им. Н. Г. Чернышевского, 2012. – 38 с.
7. **Penet, L.** Premeiotic microsporocyte cell shape influences shape of tetrads during microsporogenesis / L. Penet // *Int. J. Plant Sci.* – 2012. – № 173 (4). – P. 375–381.
8. **Volkova, O. A.** A developmental study of pollen dyads and notes on floral development in Scheuchzeria (Alismatales: Scheuchzeriaceae) / O. A. Volkova, M. V. Remizowa, D. D. Sokoloff, E. E. Severova // *Botanical Journal of the Linnean Society*. – 2016. – Vol. 182, № 4. – P. 791–810.
9. **Тырнов, В. С.** Гаметофитные мутации / В. С. Тырнов, Н. Х. Еналеева // *Эмбриология цветковых растений. Терминология и концепции. Т. 3. Системы репродукции*. – СПб. : Мир и Семья, 2000. – С. 378–384.
10. **Шамина, Н. В.** Цикл реорганизации цитоскелета в делении растительной клетки : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Шамина Н. В. – Новосибирск, 2005. – 32 с.
11. **Ricci, G. C. L.** Microsporogenesis in inbred line of popcorn (*Zea mays L.*) / G. C. L. Ricci, N. Silva, M. S. Pagliarini, C. A. Scapim // *Genet. Mol. Res.* – 2007. – № 6 (4). – P. 1013–1018.
12. **Дорогова, Н. В.** Структурная и функциональная организация цитокинеза у высших растений на примере мейотического деления в материнских клетках пыльцы : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Дорогова Н. В. – Новосибирск, 2003. – 18 с.
13. **Магеррамов, Ш. В.** Некоторые возможности статистического анализа для характеристики мейоза тетраплоидной кукурузы / Ш. В. Магеррамов, Л. П. Лобанова, А. Ю. Колесова // *Специалисты АПК нового поколения (экономические науки) : сб. ст. Всерос. науч.-практ. конф.* – Саратов, 2016. – С. 457–460.
14. **Ченцов, Ю. С.** Введение в клеточную биологию / Ю. С. Ченцов. – М. : Академкнига, 2004. – 495 с.

**References**

1. Khatefov E. B., Shcherbak V. S. *Agrarnaya Rossiya* [Agrarian Russia]. 2011, no. 4, pp. 44–50.
2. Khatefov E. B., Khachidogov A. V., Gazheva R. A. *Mezhdunarodnye nauchnye issledovaniya* [International scientific research]. 2015, no. 3 (24), pp. 166–171.
3. Semenov V. I., Semenova E. V., Kapitsyna L. F. *Genetika* [Genetics]. 1969, vol. V, no. 10, pp. 67–83.
4. Khatefov E. B. *Semennaya produktivnost' tetraploidnoy kukuruzy i puti ee povysheniya v usloviyakh Kabardino-Balkarii: avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [Seed production of tetraploid maize and ways of its improvement in Kabardino-Balkaria: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Saint-Petersburg, 2012, 45 p.
5. Shamina N. V. *Tsitologiya* [Cytology]. 2006, vol. 48, no. 6, pp. 486–494.
6. Yudakova O. I., Gutorova O. V., Belyachenko Yu. A. *Metody issledovaniya reproductivnykh struktur i organov rasteniy* [Methods of researching plants' reproductive structures and organs]. Saratov: Izd-vo Saratov. gos. un-ta im. N. G. Chernyshevskogo, 2012, 38 p.
7. Penet L. *Int. J. Plant Sci.* 2012, no. 173 (4), pp. 375–381.
8. Volkova O. A., Remizova M. V., Sokoloff D. D., Severova E. E. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 2016, vol. 182, no. 4, pp. 791–810.
9. Tyrnov V. S., Enaleeva N. Kh. *Embriologiya tsvetkovykh rasteniy. Terminologiya i kontseptsii. T. 3. Sistemy reproduksii* [Embryology of flowering plants. Terminology and conceptions. Vol. 3. Reproductive systems]. Saint-Petersburg: Mir i Sem'ya, 2000, pp. 378–384.
10. Shamina N. V. *Tsikl reorganizatsii tsitoskeleta v delenii rastitel'noy kletki: avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [Cytoskeleton reorganization cycle in plant cell fission: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Novosibirsk, 2005, 32 p.
11. Ricci G. C. L., Silva N., Pagliarini M. S., Scapim C. A. *Genet. Mol. Res.* 2007, no. 6 (4), pp. 1013–1018.
12. Dorogova N. V. *Strukturnaya i funktsional'naya organizatsiya tsitokineza u vysshikh rasteniy na primere meioticheskogo deleniya v materinskikh kletkakh pyl'tsy: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Structural and functional organization of cytokinesis in higher plants by the example of meiotic fission in pollen mother cells: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Novosibirsk, 2003, 18 p.
13. Magerramov Sh. V., Lobanova L. P., Kolesova A. Yu. *Spetsialisty APK novogo pokoleniya (ekonomicheskie nauki): sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf.* [Agricultural sector specialists of new generation (economic sciences): proceedings of an All-Russia scientific and practical conference]. Saratov, 2016, pp. 457–460.
14. Chentsov Yu. S. *Vvedenie v kletchnuyu biologiyu* [Introduction into cell biology]. Moscow: Akademkniga, 2004, 495 p.

---

**Лобанова Людмила Петровна**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра генетики, Саратовский  
национальный исследовательский  
государственный университет имени  
Н. Г. Чернышевского (Россия, г. Саратов,  
ул. Астраханская, 83)

E-mail: lobanova-lp@yandex.ru

**Lobanova Lyudmila Petrovna**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of genetics,  
N. G. Chernyshevsky Saratov State  
University (83 Astrakhanskaya street,  
Saratov, Russia)

**Колесова Алла Юрьевна**

кандидат биологических наук,  
заведующий отделом генетики, учебно-  
научный центр «Ботанический сад»,  
Саратовский национальный  
исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского  
(Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83)

E-mail: kolesovaau@yandex.ru

**Шацкая Ольга Александровна**

старший научный сотрудник, отдел  
селекции и семеноводства кукурузы,  
Национальный центр зерна имени  
П. П. Лукьяненко (Россия, г. Краснодар,  
Центральная усадьба КНИИСХ)

E-mail: o.shatskaya@mail.ru

**Магеррамов Шамиль Валехович**

аспирант, Саратовский национальный  
исследовательский государственный  
университет имени Н. Г. Чернышевского  
(Россия, г. Саратов, ул. Астраханская, 83)

E-mail: magerramov.1994@list.ru

**Kolesova Alla Yur'evna**

Candidate of biological sciences, head  
of department of genetics, "Botanical  
Garden" Educational and Research Center,  
N. G. Chernyshevsky Saratov State  
University (83 Astrakhanskaya street,  
Saratov, Russia)

**Shatskaya Ol'ga Aleksandrovna**

Senior researcher, department of corn  
breeding and seed growing division,  
National Center of Grain named after  
P. P. Lukyanenko (Central Estate  
of KNIISH, Krasnodar, Russia)

**Magerramov Shamil' Valekhovich**

Postgraduate student, N. G. Chernyshevsky  
Saratov State University  
(83 Astrakhanskaya street,  
Saratov, Russia)

---

УДК 633.15: 576.354: 575. 224

**Лобанова, Л. П.**

**Характеристика спорад микроспор у тетраплоидной линии кукурузы КрП-1 / Л. П. Лобанова, А. Ю. Колесова, О. А. Шацкая, Ш. В. Магеррамов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. – № 4 (24). – С. 62–71. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-7.**

# МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

---

УДК 591.557:599.322.2

DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-8

С. В. Титов, А. А. Кузьмин, С. С. Закс, О. В. Чернышова

## АПРОБАЦИЯ НОВОГО МАРКЕРА ЯДЕРНОЙ ДНК ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ ГИБРИДИЗАЦИИ КРАПЧАТОГО (*SPERMOPHILUS SUSLICUS* GÜLD.) И БОЛЬШОГО СУСЛИКОВ<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Исследование гибридных популяций в пространстве и времени является актуальной задачей эволюционной биологии и популяционной экологии. Несмотря на довольно успешное изучение современных гибридных зон сусликов (Rodentia, Sciuridae, Spermophilus) в Поволжье, в процессе слежения за гибридными популяциями постоянно возникают вопросы по использованию для этого молекулярно-генетических маркеров. Целью исследования было изучение эффективности применения ранее не используемого маркера яДНК – фрагмента гена HOX b5 – в диагностике видовой принадлежности особей в контактных поселениях большого и крапчатого сусликов.

*Материалы и методы.* Генетический материал для работы был собран в Ульяновской области в ходе проведения полевых работ по изучению гибридной зоны большого и крапчатого сусликов в 2018 г. Аналитическая выборка составила 28 особей *S. suslicus*, 41 особь *S. major* и 5 межвидовых гибридов, выявленных другими молекулярно-генетическими маркерами ранее. Полученные 69 фрагментов гена HOX b5 крапчатых и больших сусликов были секвенированы. Генетический анализ полученных последовательностей фрагмента гена HOX b5 был проведен при использовании пакета программ MEGA 7.0.21 и DnaSP 5.10. По полученным нуклеотидным последовательностям выявляли видоспецифические особенности этого маркера.

*Результаты.* Анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента гена HOX b5 (716 пн) больших сусликов ( $n = 41$ ) выявил пять гаплотипов, а у крапчатых сусликов ( $n = 28$ ) – только два гаплотипа – “Ss A” и “Ss G”. Проанализированный фрагмент ядерного маркера HOX b5 содержит как сайты, надежно дифференцирующие гаплотипы у каждого из гибридизирующих видов, так и сайт, имеющий специфическую для видов замену G–C (позиция 308), создающую участок узнавания рестрикционной эндонуклеазы *BmeI 3901*.

*Выводы.* Результаты проведенных исследований изменчивости нуклеотидных последовательностей гена HOX b5 у двух видов гибридизирующих сусли-

---

<sup>1</sup> Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках проекта № 18-04-00687 а.

© 2018 Титов С. В., Кузьмин А. А., Закс С. С., Чернышова О. В. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

ков в Поволжье и выявление видоспецифических нуклеотидных особенностей этих последовательностей свидетельствуют о хорошей диагностической способности этого молекулярно-генетического маркера в исследовании генетического статуса особей из контактных поселений.

**Ключевые слова:** большой суслик, крапчатый суслик, межвидовая гибридизация, ядерная ДНК, ген HOX b5, рестрикционный анализ гибридов.

*S. V. Titov, A. A. Kuz'min, S. S. Zaks, O. V. Chernyshova*

## TESTING A NEW NUCLEAR DNA MARKER FOR STUDIES OF HYBRIDIZATION IN SPECKLED (*SPERMOPHILUS SUSLICUS* GÜLD.) AND LARGE GROUND SQUIRRELS

### Abstract.

*Background.* Researching hybrid populations in space and time is an urgent task of evolutionary biology and population ecology. Despite a rather successful study of modern hybrid zones of ground squirrels (Rodentia, Sciuridae, Spermophilus), there are questions about the use of molecular genetic markers in the process of observation of hybrid populations. The aim of the study was to study the effectiveness of the previously unused marker of the nuclear DNA fragment of the HOX B5 gene in the diagnosis of species belonging to individuals in the contact colonies of large and speckled ground squirrels.

*Materials and methods.* Genetic material was collected in Ulyanovsk region during the expedition to study the hybrid zone of large and speckled ground squirrels in 2018. An analytical sample included 28 individuals of *S. suslicus*, 41 individuals *S. major* and 5 interspecific hybrids identified by other molecular genetic markers. The obtained 69 HOX b5 gene fragments of large and speckled ground squirrels were sequenced. A genetic analysis of the obtained sequence of HOX B5 gene fragment was carried out using MEGA 7.0.21 and DnaSP 5.10 software package. The obtained nucleotide sequences revealed species-specific features of this marker.

*Results.* The analysis of the nucleotide sequences of a fragment of the gene HOX b5 (716 bp) in large ground squirrels ( $n = 41$ ) revealed 5 haplotypes, and in speckled ground squirrels ( $n = 28$ ) – only two haplotype. The analyzed fragment of the nuclear marker HOX b5 contains both sites that reliably differentiate haplotypes in each of the hybridizing species, and a site that has a species-specific replacement G–C (position 308), creating a site for recognition of the restriction endonuclease *BmeI* 3901.

*Conclusions.* The results indicate a good diagnostic ability of this molecular genetic marker in the study of the genetic status of individuals from contact colonies on the conducted studies of the variability of nucleotide sequences of the HOX B5 gene in two species of hybridizing ground squirrels and the identification of species-specific nucleotide features of these sequences.

**Keywords:** large ground squirrel, speckled ground squirrel, interspecific hybridization, nuclear DNA, HOX b5 gene, PCR-RFLP analysis of hybrids.

Исследование гибридных популяций в пространстве и времени является актуальной задачей эволюционной биологии и популяционной экологии [1–3]. Такие целенаправленные исследования необходимы для понимания механизма процесса естественной межвидовой гибридизации, а также для выявления последствий смешения видоспецифических генотипов для попу-

ляции и видов в целом [4–6]. Использование в исследованиях гибридных и смешанных популяций молекулярно-генетических маркеров ядерной и митохондриальной ДНК (выявляющих гибридное происхождение, направление и силу интрогрессии генов), а также микросателлитной ДНК (выявляющих индивидуальный полиморфизм, родство и родственные связи особей) в исследованиях такого рода поднимает решение указанных проблем на совершенно иной уровень [7–10].

Изучение структуры и состава населения гибридных, смешанных и одновидовых поселений млекопитающих с целью построения истории популяционной динамики максимально информативно при использовании «биографического» метода [11], базирующегося на исследованиях статуса особей без изъятия их из популяции и при условии полного их отлова. Проводимая таким образом прижизненная диагностика происхождения и популяционного статуса каждой конкретной особи в популяции позволяет получить максимальный объем информации и, что самое главное, не искажает популяционную ситуацию в результате изъятия особи из популяции.

Несмотря на довольно успешное изучение современных гибридных зон сусликов (Rodentia, Sciuridae, Spermophilus) в Поволжье, в частности гибридизации большого (*Spermophilus major*) и крапчатого (*S. suslicus*), большого и желтого (*S. fulvus*) сусликов [12–15], в процессе слежения за гибридными популяциями постоянно возникают вопросы по использованию для этого молекулярно-генетических маркеров. Используемые диагностирующие видовую принадлежность наборы маркеров, хорошо работающие при изучении гибридизации в одной паре скрещивающихся видов, не всегда эффективны в применении для другой пары видов. Так, в исследованиях гибридной зоны сусликов нами были использованы два маркера мтДНК (D-loop, Cyt b), два маркера яДНК (6 интрон гена p53, псевдоген p53), два маркера половых хромосом (SmcY, ZfY(X)) и девять маркеров микросателлитной ДНК [13, 14]. Как показали пробные исследования, для пары гибридизирующих видов сусликов «большой – желтый» все перечисленные маркеры были эффективны в использовании. В отличие от этого для пары «большой – крапчатый» маркер яДНК псевдоген p53 оказался непригодным вследствие его отсутствия у крапчатого суслика. Поэтому возникла методическая задача поиска еще одного диагностического маркера яДНК для этой пары контактирующих видов.

Целью исследования было изучение эффективности применения ранее не используемого маркера яДНК – фрагмента гена NOX b5 – в диагностике видовой принадлежности особей в контактных поселениях большого и крапчатого сусликов.

### **Материалы и методы**

Генетический материал для работы был собран в Ульяновской области в ходе проведения полевых работ по изучению гибридной зоны большого и крапчатого сусликов в 2018 г. Аналитическая выборка составила 28 особей *S. suslicus*, 41 особь *S. major* и пять межвидовых гибридов, выявленных другими молекулярно-генетическими маркерами ранее.

Молекулярно-генетические исследования проводили на базе лаборатории молекулярной экологии и систематики животных кафедры зоологии и экологии Пензенского государственного университета.

ДНК выделяли из образцов ткани, зафиксированных после биопсии в этаноле (96 %) по общепринятой хлороформ-фенольной методике [16]. Полимеразную цепную реакцию (PCR) проводили в 25 мкл реакционной смеси, содержащей 50 мМ Трис-НСl (рН 8,9), 20 мМ сульфата аммония, 20 мкМ ЭДТА, 170 мкг/мл бычьего сывороточного альбумина (BSA), смесь дезокси-нуклеозидтрифосфатов (200 мкМ каждого из них), 2 мМ хлористого магния, 0,6 мкМ каждого из праймеров, 0,1–0,2 мкг ДНК и 2 ед. акт. Таq-полимеразы.

В качестве молекулярно-генетического маркера для диагностики происхождения особей был использован фрагмент гена *HOX b5*, кодирующий гомеодоменные белки, уже использованный нами ранее для описания генетической структуры популяций крапчатого суслика.

В работе были использованы специфические для сусликов праймеры, применяемые для амплификации фрагментов *HOX b5*: *HOX 5D* – 5'-agactcctca gatattccccc-3' и *HOX 5R* – 5'-gaactcctctccagctcca-3'. Реакцию проводили при условиях – 94 °С – 1 мин, 62 °С – 1 мин (отжиг), 72 °С – 3 мин (30 циклов). Впоследствии полученные таким образом PCR-продукты были подвергнуты электрофоретическому разделению в 6 %-м полиакриламидном геле (ПААГ) с целью качественного подтверждения прохождения реакции и выделения проб каждого образца для последующего секвенирования. Полученные таким образом 69 фрагментов гена *HOX b5* крапчатых и больших сусликов были секвенированы на генетическом анализаторе ABI 3500 при использовании реактива BigDye® Terminator v3.1 Cycle Sequencing Kits.

Генетический анализ полученных последовательностей фрагмента гена *HOX b5* был проведен при использовании пакета программ MEGA 7.0.21 [17] и DnaSP 5.10 [18]. По полученным нуклеотидным последовательностям выявляли видоспецифические особенности этого маркера.

### Результаты и обсуждение

Анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *HOX b5* (716 пн) больших сусликов ( $n = 41$ ) выявил пять гаплотипов (табл. 1). При этом гаплотипическое разнообразие ( $H_d$ ) проанализированной выборки составило 0,626, нуклеотидное разнообразие ( $P_i$ ) – 0,00118, а среднее число нуклеотидных различий ( $k$ ) – 0,841.

Анализ нуклеотидных последовательностей фрагмента гена *HOX b5* (716 пн) крапчатых сусликов ( $n = 28$ ) выявил только два гаплотипа – “Ss A” и “Ss G” (см. табл. 1). При этом показатели генетического разнообразия этой выборки оказались значительно ниже по сравнению с показателями у большого суслика – 0,443, 0,00062 и 0,443 соответственно.

Как видно из полученных, данных последовательность проанализированного фрагмента ядерного маркера *HOX b5* содержит как сайты, надежно дифференцирующие гаплотипы у каждого из гибридизирующих видов, так и сайт, имеющий специфическую для видов замену G–C (позиция 308), создающую участок узнавания рестрикционной эндонуклеазы *BmeI 390I*. Эту генетическую особенность можно использовать для диагностирования гибридного происхождения особей в контактных поселениях большого и крапчатого сусликов, что и было показано в ходе проверочного эксперимента (рис. 1). При рестрикции последовательностей гена *HOX b5* больших сусликов получают три фрагмента ~360 пн, ~205 пн и ~110 пн. Для крапчатых

сусликов рестрикционный спектр иной – ~360 пн, ~110 пн и ~95 пн. У особой гибридного происхождения отмечается наличие фрагментов обоих родительских видов.

Таблица 1  
Гаплотипы фрагмента ядерного гена *NOX b* больших ( $n = 41$ ) и крапчатых ( $n = 28$ ) сусликов из правобережного Среднего Поволжья

Гаплотип								N, %
		1	1	1	3	3	5	
		2	7	8	0	3	7	
	1	1	6	2	8	9	3	
Большой суслик								
Нап Sm 1	T	G	G	T	C	T	G	21, 51.2
Нап Sm 2	.	A	.	.	.	.	.	14, 34.2
Нап Sm 3	A	A	.	.	.	.	.	1, 2.4
Нап Sm 4	A	.	.	.	.	.	.	4, 9.8
Нап Sm 5	.	.	.	G	.	A	A	1, 2.4
Крапчатый суслик								
Нап Ss A	–	.	A	.	G	.	.	19, 67.9
Нап Ss G	–	.	.	.	G	.	.	9, 32.1

**Примечание.** Во второй колонке указаны характерные нуклеотидные замены и номер их позиций в последовательности. Не закрашенные колонки – замены, характерные для большого суслика, закрашенная серым – тоже самое для крапчатого, закрашенная красным – замены диагностирующая виды.

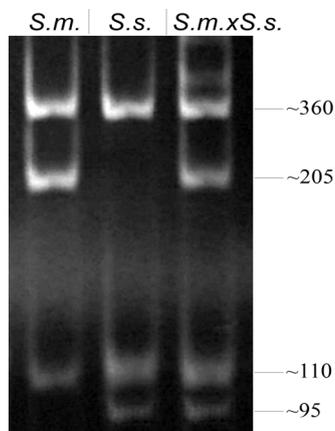


Рис. 1. Результаты рестрикционного анализа ПЦР-фрагментов гена *NOX b5* (*BmeI 390I*) больших (*S.m.*), крапчатых (*S.s.*) сусликов и их гибридов (*S.m.xS.s.*) из контактного поселения

Таким образом, результаты проведенных исследований изменчивости нуклеотидных последовательностей гена *NOX b5* у двух видов гибридизирующих сусликов в Поволжье и выявление видоспецифических нуклеотид-

ных особенностей этих последовательностей свидетельствуют о хорошей диагностической способности этого молекулярно-генетического маркера в исследовании генетического статуса особей из контактных поселений.

### Библиографический список

1. **Hewitt, G. M.** Hybrid zones – natural laboratories for evolutionary studies / G. M. Hewitt // *Trends Ecol. Ev.* – 1988. – № 3. – P. 158–167.
2. **Barton, N. H.** Adaptation, speciation and hybrid zones / N. H. Barton, G. M. Hewitt // *Nature*. – 1989. – Vol. 341. – P. 497–503.
3. **Hewitt, G. M.** Speciation, hybrid zones and phylogeography – or seeing genes in space and time / G. M. Hewitt // *Mol. Ecol.* – 2001. – № 10. – P. 537–549.
4. **Harrison, R. G.** Hybrid zones: windows on the evolutionary process / R. G. Harrison // *Ox. surv. Ev. Biol.* – 1990. – № 7. – P. 69–128.
5. **Barton, N. H.** The role of hybridization in evolution / N. H. Barton // *Mol. Ecol.* – 2001. – № 10. – P. 551–568.
6. **Howard, D. J.** Evolution in hybrid zones / D. J. Howard, S. C. Britch, W. E. Braswell, J. L. Marschall // *The Evolution of Population Biology* / ed. R. K. Singh, M. K. Uyenoyama. – Cambridge : Cambridge University Press, 2003. – P. 297–314.
7. **Queller, D. C.** Microsatellites and kinship / D. C. Queller, J. E. Strassmann, C. R. Hughes // *Trends Ecol. Ev.* – 1993. – № 8. – P. 285–288.
8. **Рысков, А. П.** Мультилокусный ДНК-фингерпринтинг в генетико-популяционных исследованиях биоразнообразия / А. П. Рысков // *Молекулярная биология*. – 1999. – Т. 33, № 6. – С. 880–892.
9. **Sunnucks, P.** Efficient genetic markers for population biology / P. Sunnucks // *Trends Ecol. Ev.* – 2000. – Vol. 15, № 5. – P. 199–203.
10. **Funk, D. J.** Species-level paraphyly and polyphyly: Frequency, causes, and consequences, with insights from animal mitochondrial DNA / D. J. Funk, K. E. Omland // *Annu Rev. Ecol. Ev. Syst.* – 2003. – Vol. 34. – P. 397–423.
11. **Овсяников, Н. Г.** Биографический метод в изучении популяции млекопитающих / Н. Г. Овсяников // *Методы исследования в экологии и этологии* : сб. тр. – Пущино : Науч. центр биол. исслед., 1986. – С. 157–168.
12. **Кузьмин, А. А.** Зона гибридизации большого (*Spermophilus major* Pall., 1778) и крапчатого (*S. suslicus* Güld., 1770) сусликов: экологические, поведенческие и генетические особенности : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Кузьмин А. А. – М. : Изд-во МГУ, 2009. – 24 с.
13. **Титов, С. В.** Популяционные и генетические механизмы межвидовой гибридизации млекопитающих (на примере рода *Spermophilus*) : автореф. дис. ... д-ра биол. наук / Титов С. В. – М. : Изд-во МГУ, 2009. – 48 с.
14. **Шмыров, А. А.** Гибридизация большого и желтого сусликов (экологические и генетические аспекты) : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Шмыров А. А. – М. : ИПЭЭ РАН, 2009. – 24 с.
15. Динамика ареалов и современное состояние поселений наземных белых в правобережных районах Поволжья / С. В. Титов, А. А. Кузьмин, Р. В. Наумов, О. А. Ермаков, С. С. Закс, О. В. Чернышова. – Пенза : Изд-во ПГУ, 2015. – 124 с.
16. **Sambrook, J.** Molecular cloning: A laboratory Manual / J. Sambrook, E. F. Fritsch, T. Maniatis. – New York : Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, 1989. – P. 58–64.
17. Estimating Divergence Times in Large Molecular Phylogenies / K. Tamura, F. U. Battistuzzi, P. Billing-Ross, O. Murillo, A. Filipiński, S. Kumar // *Proceedings of the National Academy of Sciences*. – 2012. – № 109. – P. 19 333–19 338.
18. **Librado, P.** DnaSP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data / P. Librado, J. Rozas // *Bioinformatics*. – 2009. – 25 (11). – P. 1451, 1452.

**References**

1. Hewitt G. M. *Trends Ecol. Ev.* 1988, no. 3, pp. 158–167.
2. Barton N. H., Hewitt G. M. *Nature*. 1989, vol. 341, pp. 497–503.
3. Hewitt G. M. *Mol. Ecol.* 2001, no. 10, pp. 537–549.
4. Harrison R. G. *Ox. surv. Ev. Biol.* 1990, no. 7, pp. 69–128.
5. Barton N. H. *Mol. Ecol.* 2001, no. 10, pp. 551–568.
6. Howard D. J., Britch S. C., Braswell W. E., Marschall J. L. *The Evolution of Population Biology*. Cambridge: Cambridge University Press, 2003, pp. 297–314.
7. Queller D. C., Strassmann J. E., Hughes C. R. *Trends Ecol. Ev.* 1993, no. 8, pp. 285–288.
8. Ryskov A. P. *Molekulyarnaya biologiya* [Molecular biology]. 1999, vol. 33, no. 6, pp. 880–892.
9. Sunnucks P. *Trends Ecol. Ev.* 2000, vol. 15, no. 5, pp. 199–203.
10. Funk D. J., Omland K. E. *Annu Rev. Ecol. Ev. Syst.* 2003, vol. 34, pp. 397–423.
11. Ovsyanikov N. G. *Metody issledovaniya v ekologii i etologii: sb. tr.* [Research methods in ecology and ethology: collected articles]. Pushchino: Nauch. tsentr biol. issled., 1986, pp. 157–168.
12. Kuz'min A. A. *Zona gibridizatsii bol'shogo (Spermophilus major Pall., 1778) i krapchatogo (S. suslicus Guld., 1770) suslikov: ekologicheskie, povedencheskie i geneticheskie osobennosti: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [The hybridization area of large (Spermophilus major Pall., 1778) and speckled (S. suslicus Guld., 1770) ground squirrels: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Moscow: Izd-vo MGU, 2009, 24 p.
13. Titov S. V. *Populyatsionnye i geneticheskie mekhanizmy mezhvidovoy gibridizatsii mlekopitayushchikh (na primere roda): avtoref. dis. d-ra biol. nauk* [Population and genetic mechanisms of interspecies hybridization of mammals (by the example of Spermophilus genus): author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences]. Moscow: Izd-vo MGU, 2009, 48 p.
14. Shmyrov A. A. *Gibridizatsiya bol'shogo i zheltogo suslikov (ekologicheskie i geneticheskie aspekty): avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Hybridization of large and yellow ground squirrels (ecological and genetic aspects): author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Moscow: IPEE RAN, 2009, 24 p.
15. Titov S. V., Kuz'min A. A., Naumov R. V., Ermakov O. A., Zaks S. S., Chernyshova O. V. *Dinamika arealov i sovremennoe sostoyanie poseleniy nazemnykh belich'ikh v pravo berezhnykh rayonakh Povolzh'ya* [Habitat dynamics and modern conditions of settlements of ground squirrels on the right bank of Volga region]. Penza: Izd-vo PGU, 2015, 124 p.
16. Sambrook J., Fritsch E. F., Maniatis T. *Molecular cloning: A laboratory Manual*. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, Cold Spring Harbor, 1989, pp. 58–64.
17. Tamura K., Battistuzzi F. U., Billig-Ross P., Murillo O., Filipski A., Kumar S. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2012, no. 109, pp. 19 333–19 338.
18. Librado P., Rozas J. *Bioinformatics*. 2009, 25 (11), pp. 1451, 1452.

---

**Титов Сергей Витальевич**

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой зоологии и экологии, декан факультета физико-математических и естественных наук, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: svtitov@yandex.ru

**Titov Sergey Vital'evich**

Doctor of biological sciences, professor, head of sub-department of zoology and ecology, dean of the Faculty of Physics, Mathematics and Natural Sciences, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Кузьмин Антон Алексеевич**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биотехнологий и техносферной  
безопасности, Пензенский  
государственный технологический  
университет (Россия, г. Пенза,  
проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11)

E-mail: kuzmin-puh@yandex.com

**Kuz'min Anton Alekseevich**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology  
and technosphere safety, Penza State  
Technological University (1a/11 Baidukova  
lane/Gagarina street, Penza, Russia)

**Закс Светлана Сергеевна**

кандидат биологических наук, старший  
научный сотрудник, Научно-учебная  
лаборатория молекулярной экологии  
и систематики животных, Пензенский  
государственный университет (Россия,  
г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: s.s.zaks@yandex.ru

**Zaks Svetlana Sergeevna**

Candidate of biological sciences, senior  
researcher, research and educational  
laboratory of molecular ecology and  
systematics of animals, Penza State  
University (40 Krasnaya street, Penza,  
Russia)

**Чернышова Ольга Валерьевна**

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

E-mail: oliarabbit@yandex.ru

**Chernyshova Ol'ga Valer'evna**

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

---

УДК 591.557:599.322.2

**Титов, С. В.**

**Апробация нового маркера ядерной ДНК для исследований гибри-  
дизации крапчатого (*Spermophilus suslicus* Güld.) и большого сусликов /  
С. В. Титов, А. А. Кузьмин, С. С. Закс, О. В. Чернышова // Известия высших  
учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2018. –  
№ 4 (24). – С. 72–79. – DOI 10.21685/2307-9150-2018-4-8.**

## **Внимание 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 подрисовочными 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 сотовые).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. Рукопись, полученная редакцией, не возвращается. Редакция оставляет за собой право проводить редакторскую и допечатную правку текстов статей, не изменяющую их основного смысла, без согласования с автором.

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

### **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.

