

## ПОВЕРХНОСТНЫЕ СПОРОВО-ПЫЛЬЦЕВЫЕ СПЕКТРЫ НА ГРАНИЦЕ ЛЕСА И СТЕПИ ЗАПАДНОЙ СИБИРИ

Тупицын С.С.<sup>1</sup>, Рябогина Н.Е.<sup>2</sup>, Иванов С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБОУ ВО «Тюменский государственный университет», г. Тюмень, e-mail: s\_typicin@mail.ru

<sup>2</sup> Институт проблем освоения севера СО РАН, г. Тюмень, e-mail: nataly.ryabogina@gmail.com

В работе исследован состав поверхностных спорово-пыльцевых спектров на границе лесной и степной зоны в юго-западном секторе Западной Сибири. На тестовых участках в подтайге, северной лесостепи и средней лесостепи проанализирована специфика соотношения долей отдельных таксонов в ключевых составляющих группах палиноспектров – пыльцы деревьев и кустарников, пыльцы трав и спор.

Показано, что пыльца семейства Pinaceae доминирует в составе спектров всех подзон. Поэтому доля пыльцы древесных растений колеблется от 75% до 93% даже в слабозалесенных районах, доля группы пыльцы травянистых растений не превышает 4,7–20,8%, споровых – от 0,9% до 3,5%. Спектр подтайги отличается наименьшим таксономическим разнообразием пыльцы и спор. Показано увеличение доли пыльцы травянистых растений в лесостепной зоне по сравнению с подтайгой. Для пыльцы Pinaceae характерна обратная зависимость: чем южнее отобрана проба, тем меньше частота пыльцы этого семейства в процентном пыльцевом спектре.

Ключевые слова: палинология, спорово-пыльцевой анализ, поверхностные пробы, подтайга, лесостепь, доля пыльцы и спор, Западная Сибирь

## SURFACE SPORE-POLLEN SPECTRA ON THE BOUNDARY OF FOREST AND STEPPE OF WESTERN SIBERIA

Tupicyn S.S.<sup>1</sup>, Ryabogina N.E.<sup>2</sup>, Ivanov S.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tyumen State University, e-mail: s\_typicin@mail.ru

<sup>2</sup> Institute of problems development of the North Siberian branch the Russian academy of sciences, e-mail: nataly.ryabogina@gmail.com

The compound of palynological spectra on the boundary forest and steppe zones in the south-western sector of the Western Siberia was analyzed in the article. The specific character of the ratio of individual taxons' shares was investigated in the main groups of palynological spectra. These characteristic aspects were analyzed in the test plots of sub-taiga, northern and middle forest steppe. It is shown that the pollen of the bloodline Pinaceae dominated in the compound of spectra in all subzones. That is why the proportion of tree vegetation's pollen varied between 75 per cent and 93 per cent even in the areas, where there were not so many forests. The proportion of herbaceous plants' pollen was not above 4.7 per cent - 20.8 per cent, the proportion of spores sporophytes varied between 0.9 per cent and 3.5 per cent. The sub-taiga's spectra were characterized as the least taxonomic diversity of pollen and spores. The increase of the proportion of herbaceous plants' pollen is more visible in forest steppe than in sub-boreal forest. Inverse relation is typical for the pollen of the bloodline Pinaceae: if a sample was taken southward of sub-boreal forest there is a loss in frequency of the pollen in the whole bloodline.

Keywords: palynology, spore-pollen analysis, modern pollen spectra, pollen grain, subtaiga, forest-steppe, frequency of pollen and spores, Western Siberia

Каждый природный регион имеет свою уникальную растительную специфику. Аналогичным своеобразием характеризуется состав пыльцы и спор, продуцируемый растениями. Хотя итоговый состав спорово-пыльцевого дождя, осаждаемого на почву, зависит от множества локальных и региональных факторов, тем не менее спорово-пыльцевой спектр с некоторыми допущениями отражает состав растительных сообществ, характерных для территории вокруг точки отбора почвенной пробы. Благодаря физической и химической устойчивости оболочки пыльца может сохраняться в осадочных породах, являясь важным

источником информации о растительности в прошлом. Анализ состава поверхностных палинологических спектров важен для оценки достоверности отражения черт современной зональной растительности и состава растительных сообществ исследуемых территорий в спорово-пыльцевых материалах [2]. Эта информация формирует методическую базу для корректной интерпретации ископаемых палиноспектров и на их основе — реконструкции изменений растительности в прошлом.

### **Объекты исследования**

Основной задачей данного исследования явилось выявление отличительных особенностей состава палинологических спектров на границе леса и степи юго-западного сектора Западной Сибири, в административных границах юга Тюменской области. В отличие от предшествующих работ, посвященных анализу случайно отобранных проб на юге Тюменской области [6, 7], данное исследование базировалось на серии из 32 проб, целенаправленно отобранных на трех ключевых участках в природных подзонах: подтайге, северной и типичной лесостепи [1]. На каждом участке в наиболее типичных растительных сообществах отобраны пробы дерна мощностью 0,5 см.

### **Методика**

Химическая пробоподготовка проведена по стандартной щелочной методике Поста и сепарационной методике Гричука, без применения ацетализа [10]. Микроскопирование проведено при помощи светового микроскопа OMAX при рабочем увеличении в 400 раз. В исследуемых образцах подсчитывали от 300 до 600 микрофоссилий, в каждом образце просмотрено от 1 до 5 стекол, фотозахват выполнен с применением программы OMAXTourView. Для идентификации таксонов использовали атласы-определители [4, 5, 9]. Состав палиноспектров разделен на три группы: пыльца деревьев и кустарников, пыльца трав и споры. Таксоны, встреченные в единичных количествах, были объединены в условные категории («прочие древесные», «прочие травы», «прочие споровые»), а трудноопределимая пыльца группы трав — в категории «3-бороздные» и «3-бороздные 3-поровые». Таким образом, пыльца и споры были разбиты на 22 категории спектра. Статистическая обработка была проведена по стандартным методикам (расчет средней частоты, ошибка средней,  $t$ -критерий,  $\chi^2$ ) [3] при использовании программного обеспечения Microsoft Office Excel 2010.

### **Результаты**

В составе палиноспектров на юге Тюменской области в подавляющем большинстве представлена пыльца растений-анемофилов. В спектрах доминирует пыльца древесных растений, составляя от 75% в пробах из типичной лесостепи до 93% — с территории подтайги, и в среднем составила 84 %. Доля травянистых растений колеблется от 4,7% до 20,8%, споровых – от 0,9% до 3,5% (рис. 1).

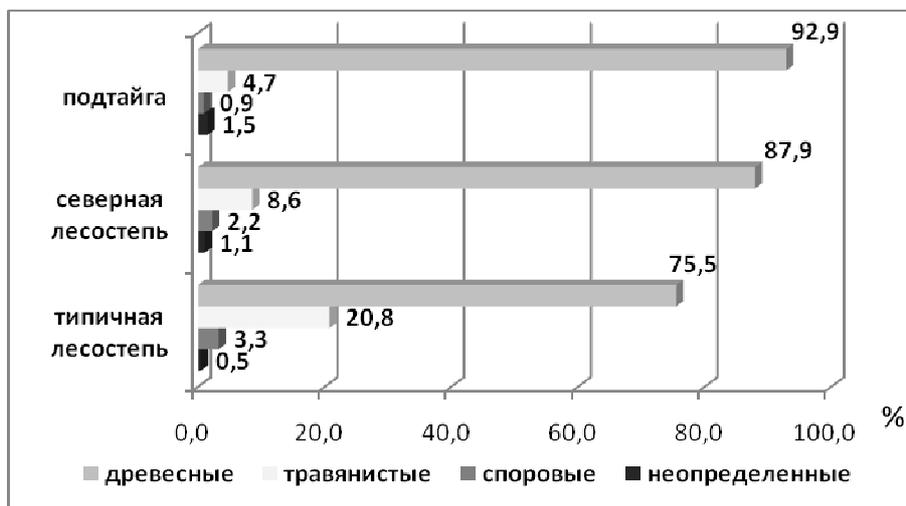


Рис. 1. Общий состав палиноспектров (%) трех природных подзон на юге Тюменской области.

Среди пыльцы древесных растений (рис. 2) на исследуемой территории преимущественно встречается пыльца представителей семейств Pinaceae (*Pinussylvestris.L* – 49,7% и *PiceaobovataL*edeb. – 0,9%) и Betulaceae (*Betula sp.* - 33,6%, *Alnus sp.* - 0,1%).

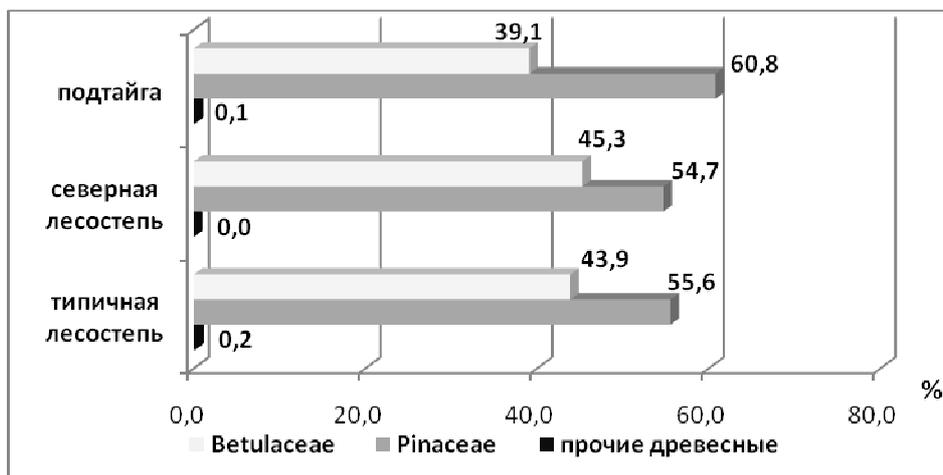


Рис. 2. Процентное соотношение пыльцы в группе древесных растений.  
Примечание: прочие древесные: *Tiliasp.*, *Salixsp.*

Практически во всех случаях частота встречаемости в пробах пыльцы семейства Pinaceae выше, чем семейства Betulaceae: в подтайге в 1,6 раза, в северной лесостепи в 1,2 раза, в типичной лесостепи в 1,3 раза. Преобладание пыльцы семейства Pinaceae в палиноспектрах связано с продуцированием сосной большого количества пыльцы и ее способностью разноситься воздушными потоками на расстояния до 500–700 км благодаря аэродинамическим свойствам пыльцевых зерен этого вида [8].

Состав и соотношение основных представителей пыльцы травянистых растений, являющихся второй по величине группой в спорово-пыльцевом спектре, представлены на рисунке 3.

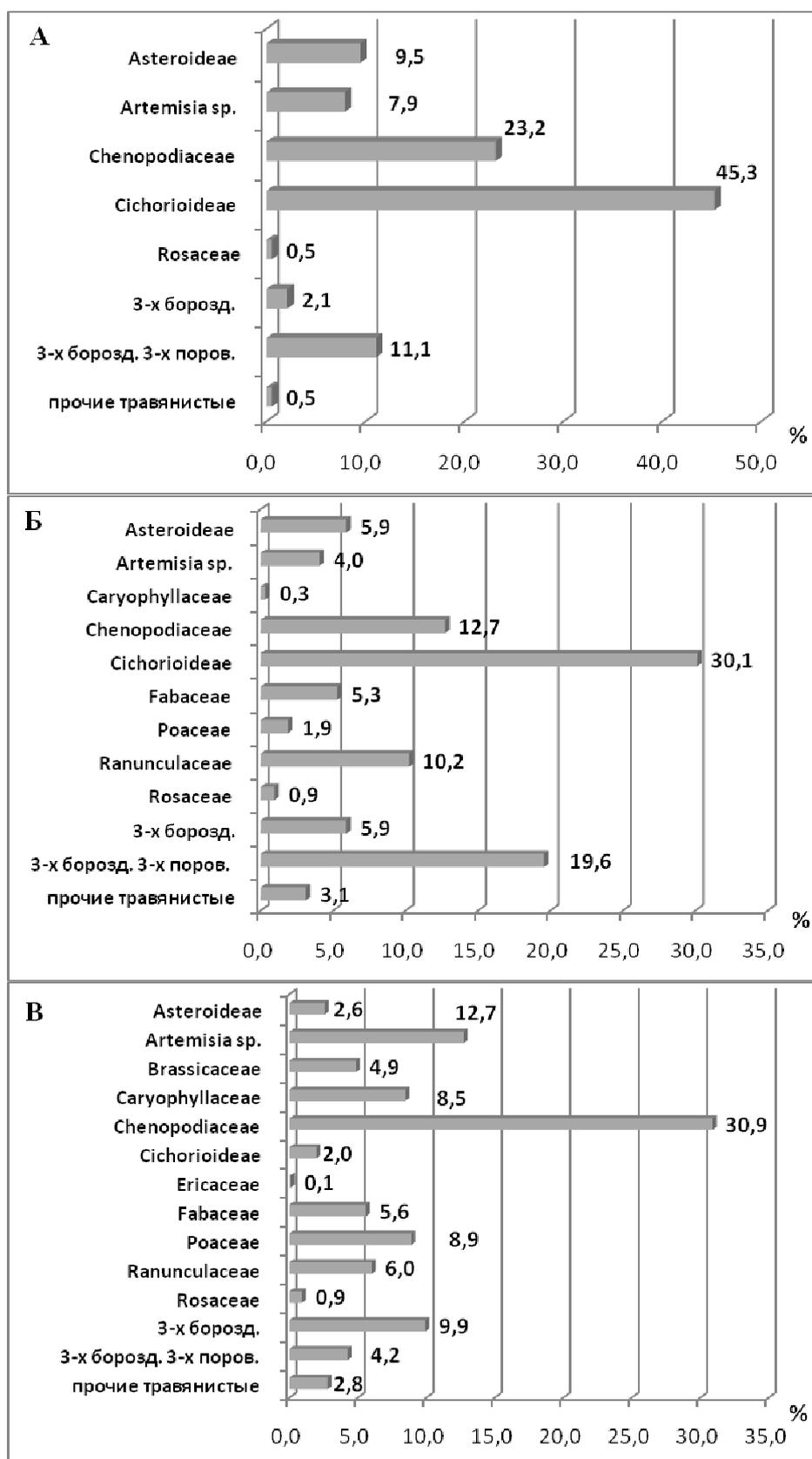


Рис. 3. Соотношение пыльцы в группе травянистых растений (%) в палиноспектрах трех подзон. А – подтайга, Б – северная лесостепь, В – типичная лесостепь

Примечание: прочие травянистые: Ариaceae, Campanulaceae, Convolvulaceae, Geraniaceae, Euphorbiaceae, Liliaceae, Polygalaceae, Polygonaceae, Scrophulariaceae, Urticaceae

В палиноспектрах подтайги выявлено наименьшее разнообразие пыльцы трав — зафиксировано присутствие пыльцы только из 8 категорий. Наибольших значений достигает пыльца подсемейства Cichorioideae (45,3%), типичным для этого района является пыльца Chenopodiaceae (23,2%), Asteroideae (10%), Artemisia (7,9%), реже всех встречалась пыльца семейства Rosaceae (0,5%).

В палиноспектре северной лесостепи найдены и идентифицированы пыльцевые зерна из 12 категорий. Самая высокая частота встречаемости выявлена для пыльцы из подсемейства Cichorioideae, характерны повышенные значения для Chenopodiaceae (12,7%), Ranunculaceae (10,2%), Asteroideae (5,9%), Fabaceae (5,3%), Artemisia (4%), и самый низкий показатель имеет пыльца из семейства Caryophyllaceae (0,3%).

Наибольшее видовое разнообразие пыльцы травянистых растений выявлено в пробах типичной лесостепи — все 14 категорий. В группе пыльцы трав доминирует пыльца семейства Chenopodiaceae — 30,9%, характерны повышенные значения пыльцы Artemisia (12,7%), Poaceae (8,9%), Caryophyllaceae (8,5%) Ranunculaceae (6%) и Fabaceae (5,6%), реже всего встречалась пыльца Ericaceae (0,1%).

Выявленные в палиноспектре споры принадлежат к 4 категориям Bryaceae, Lycoperdiaceae, Polypodiaceae, Sphagnaceae (рис. 4). К группе «прочие споровые» были отнесены единично встреченные споры *Botrichium sp.* (сем. Ophioglossaceae), *Osmunda sp.* (сем. Osmundaceae), *Polytrichum sp.* (сем. Polytrichaceae). Наиболее репрезентативен палиноспектр споровых растений южной лесостепи. Это связано с тем, что при снижении доли пыльцы древесных в пыльцевом спектре автоматически повышается частота встречаемости всех остальных его элементов. Споры встречаются в палиноспектре в 13,8 раз реже, чем пыльца древесных растений, и их частота встречаемостив 1,8 раз ниже таковой травянистых растений.

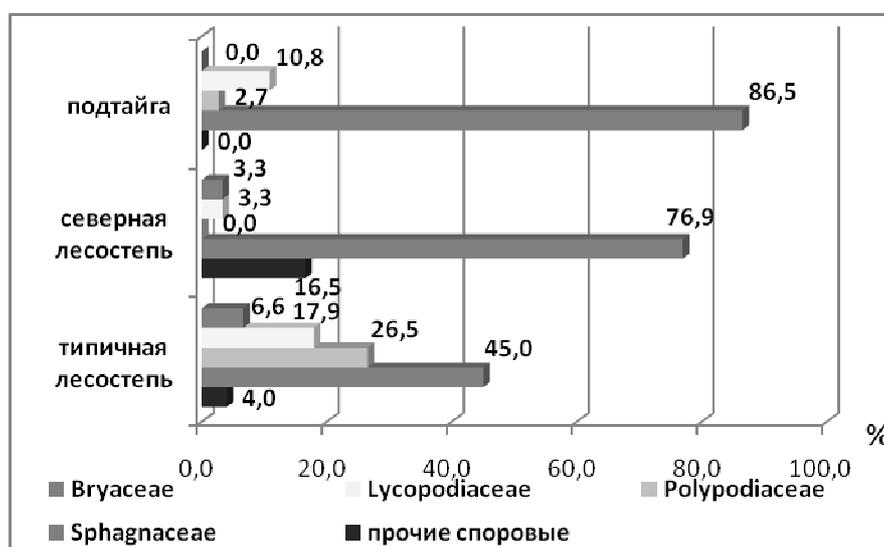


Рис. 4. Соотношение таксонов в группе спор (%) трех исследованных подзон

Анализ особенностей пространственной динамики частоты встречаемости пыльцы и спор на исследуемой территории показал, что доля пыльцы древесных растений уменьшается с севера на юг – с 92,9% в подтайге до 87,9% в северной лесостепи и вплоть до 75,5% в типичной лесостепи. Доля пыльцы травянистых растений и споровых, наоборот, увеличивается – с 4,7% и 0,9% в подтайге, 8,6% и 2,4% в северной лесостепи, 20,8% и 3,3% в типичной лесостепи соответственно (табл. 1).

**Таблица 1**

Доля пыльцы и спор в трех природных подзонах на юге Тюменской области

Группа	Подтайга		Северная лесостепь		Типичная лесостепь	
	Число	Частота (%)	Число	Частота (%)	Число	Частота (%)
<i>Betulaceae</i>	3224	36,3±0,8 Δ	1495	39,8±0,6 △	1541	33,1±0,7 Δ△
<i>Pinaceae</i>	8992	56,5±0,8 * °	1807	48,1±0,7 * ^	1951	42,0±0,7 ^ °
Травянистые	558	4,7±0,4 * °	322	8,6±0,2 * ^	967	20,8±0,4 ^ °
Споровые	544	0,9±0,2 * °	91	2,4±0,3 * ^	151	3,3±0,3 ^ °

Примечание: символы \* ° ^ отмечают пары статистически достоверно различающихся средних значений признака при  $P < 0,001$ ; Δ, △ — различия средних достоверны при достигнутом уровне значимости  $P < 0,05$

Следовательно, для травянистых и споровых растений выявлена устойчивая динамика увеличения доли пыльцы и спор в палиноспектрах в зависимости от расположения участка обследования в направлении с севера на юг. В то же время для пыльцы семейства *Pinaceae* установлена обратная зависимость: чем южнее расположена территория, тем меньше представительство пыльцы этого семейства в палиноспектре. Для пыльцы семейства *Betulaceae* пространственная динамика не столь очевидна: различия средних, указанные в таблице, достоверны при уровне значимости  $P < 0,05$ , но при помощи метода  $\chi^2$  достоверность этих различий не подтверждается.

Таким образом, исследование поверхностных спектров пыльцы и спор в подтайге, северной лесостепи и типичной лесостепи подтвердило, что спорово-пыльцевые данные отражают основные закономерности изменения растительного покрова на рубеже лесной и степной зон Западной Сибири. Увеличение доли лесов в ландшафтах подтаежных районов отразилось в палиноданных повышенными значениями пыльцы древесных пород при абсолютном доминировании пыльцы сосны. Южнее, при продвижении в подзону типичной лесостепи, пропорционально сокращается количество пыльцы древесных пород за счет семейства *Pinaceae* и возрастает доля пыльцы трав за счет представителей семейства *Chenopodiaceae*.

## Список литературы

1. Бакулин В.В., Козин В.В. География Тюменской области / Учеб.пособие. — Екатеринбург: Сред.-Урал. кн. изд., 1996. — 240 с.
2. Борисова О.К. Интерпретация палинологических данных с учетом процессов формирования спектров, концентрации и скорости аккумуляции пыльцы и спор // Методы палеоэкологических исследований. Тезисы докладов палинологической школы-конференции с международным участием / Под ред. А.А. Величко, Н.С. Болиховская, Е.Ю. Новенко, С.С. Фаустов. М.: Изд. Моск. ун-та, 2014. С. 16–17.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб.пособие для биол. спец. вузов – Изд. 4-е, перераб. и доп. — М.: Высшая школа, 1990. – 352 с.
4. Пыльца и споры растений флоры Европейской части СССР / Куприянова Л.А., Алешина Л. А., Том 1. — Л.: Наука, 1972. 170 с.
5. Пыльца двудольных растений флоры Европейской части СССР / Куприянова Л.А., Алешина Л. А. — Л.: Наука, 1978. — 183 с.
6. Рябогина Н.Е. Характерные черты поверхностных спектров и закономерности отражения в их составе растительного покрова лесостепной зоны Ишимской и Туринской равнин // Проблемы взаимодействия человека и природной среды: Тюмень, Изд-во ИПОС СО РАН, 2003. Вып. 4. С. 54–62.
7. Рябогина Н.Е., Иванов С.Н. Археопалинологические исследования в Приишимье // Вестник археологии, антропологии и этнографии. Тюмень: ИПОС СО РАН, 2009. Вып. 11. С. 174–187.
8. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ / М.: Наука, 1967. — 270 с.
9. Споры папоротникообразных и пыльца голосеменных и однодольных растений флоры Европейской части СССР / Бобров Е.А., Куприянова Л.А., Литвинцева М.В., Тарасевич В.Ф. — Л.: Наука, 1983. — 208 с.
10. Чернова Г.М. Спорово-пыльцевой анализ отложений плейстоцена-голоцена / Учеб. пособие – СПб.: Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. — 128 с.

### Рецензенты:

Боме Н.А., д.с-х.н., профессор, заведующая кафедрой ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры Института биологии Тюменского государственного университета, г. Тюмень;

Гашев С.Н., д.б.н., профессор, заведующий кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета, г. Тюмень.