

© А.А. КОНОВАЛОВ<sup>1</sup>, В.А. ГЛАЗУНОВ<sup>1</sup>, Д.В. МОСКОВЧЕНКО<sup>1</sup>,  
А.А. ТИГЕЕВ<sup>1</sup>, С.Н. ГАШЕВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем освоения Севера СО РАН (г. Тюмень)

<sup>2</sup>Тюменский государственный университет  
gashevsn@yandex.ru, konov7@rambler.ru

УДК 581.9, 591.9

## **ЗАВИСИМОСТЬ СТРУКТУРЫ БИОТЫ ОТ КЛИМАТА НА ТЕРРИТОРИИ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА**

### **DEPENDENCE OF THE BIOTA STRUCTURE ON THE CLIMATE THROUGHOUT THE TERRITORY OF YAMALO-NENETS AUTONOMOUS OKRUG**

*АННОТАЦИЯ.* Исследуются количественные закономерности распределения биотических таксонов на территории Ямало-Ненецкого автономного округа. Показана их тесная связь с климатом через посредство индекса тепла (суммы положительных температур), контролирующего поступление тепла из атмосферы на поверхность Земли. Составлены схематические карты изолиний основных характеристик климата в ЯНАО. Установлен характер распределения таксонов биоты: растений (видов, родов, семейств, порядков, классов) и животных (видов, родов, семейств, отрядов) по географическим зонам и подзонам рассматриваемого региона. Установлены особенности, построены графики и получены формулы географической (климатической) и иерархической зависимости количества биотических таксонов любого ранга, оценена их достоверность. Проанализированы соотношения таксонов животных и растений на территории ЯНАО.

Показаны единство и взаимообусловленность существования растений и животных, их общая зависимость от климата, при этом отношение численности родов, видов, семейств, а у животных и отрядов — к численности видов, — постоянная величина, не зависящая от климата.

*SUMMARY.* The article examines quantitative regularities in the distribution of biotic taxa in Yamalo-Nenets autonomous okrug. Their close relationship with the climate is demonstrated with the heat index (the sum of positive temperatures), which controls the flow of heat from the atmosphere to the Earth surface. We created schematic maps of isolines of the main characteristics of the climate in YNAO. The character of distribution of biota taxa is described, concerning plants (species, genera, families, orders, classes) and animals (species, genera, families, orders) by geographic zones and sub-zones of the studied region. We consider features, graphs and formulas of the geographical (climatic) and hierarchical dependence of the number of biotic taxa of different ranks, and assess their reliability. The ratio of taxa of animals and plants on the territory of Yamal is analyzed.

*It is concluded that the unity and interdependence of the existence of plants and animals, their total dependence on the climate and, thus, the relation of number of geni, species, families (and orders — when speaking of animals) to the number of species is constant and does not depend on climate.*

**КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА.** Ямало-Ненецкий автономный округ, биота, таксоны, климат, распределение, индекс тепла.

**KEY WORDS.** Yamalo-Nenets autonomous okrug, biota taxa, climate, distribution, heat index.

**Введение.** Ямало-Ненецкий автономный округ (ЯНАО) занимает северную часть Западно-Сибирской равнины (ЗСР), пересекая пять климатических зон и подзон — арктическую, северную и южную тундру, лесотундру и северную тайгу в пределах Тюменской обл. Геоботаники [1, 2] дополнительно выделяют подзональные полосы — северную и южную — в субарктических типичных тундрах и в северной тайге. Таким образом, всего на территории ЯНАО выделяется семь биоклиматических комплексов — БК (I..VII на рис. 1-3).

Качественные показатели богатства и разнообразия биоты ЯНАО охарактеризованы в ряде работ [1-5, 11]. Эта статья посвящена количественным закономерностям их распределения на территории округа. Задачей исследования является установление: а) количественных связей биотического богатства и его структуры с климатическими показателями и б) закономерностей их распределения по природным комплексам и уровням ранжирования в регионе.

Климатические показатели взяты по данным метеостанций [6, 7]. Аппроксимации искомым зависимостей и их достоверность (коэффициент детерминации)  $R^2$  определялись по программе MS Excel.

### **Основные показатели климата, их взаимосвязи**

Климат ЯНАО резко континентальный. Зима длится до восьми месяцев, температура воздуха опускается до минус 50-60°C. Самая высокая температура воздуха, как правило, наблюдается в июле. Среднегодовое значения среднегодовых ( $t_c$ ) и июльских ( $t_7$ ) температур (°C), а также годовые нормы осадков (мм) в ЯНАО на период до 1965 составляют: -7,9; 12,3 и 441; то же на период до 2011 г.: -7,7; 13,3 и 422 [6, 7]. Цифры отражают повсеместную тенденцию к потеплению климата в последние 50 лет.

Важнейшими комплексными показателями климата являются: индекс сухости  $J = B/Lg$  ( $B$  — годовой радиационный баланс, ккал/см<sup>2</sup>;  $L = 0,6$  ккал/см<sup>3</sup> — теплота испарения;  $g$  — годовая сумма осадков в см.), отражающий соотношение между поступающими в почву теплом и влагой, и индекс тепла — сумма положительных температур воздуха  $\Sigma_0$ , градусосутки (гс), ответственный за поступление тепла.

В зависимости от величины  $J$  фитосфера делится на северную (холодную, влажную) и южную (теплую, сухую). Граница между ними проходит примерно по изолинии  $J \approx 1$  [8, 9]. ЯНАО находится в северной фитосфере, характеризующейся возрастанием обилия и разнообразия биоты с севера на юг; в южной фитосфере, при  $J > 1$  эти показатели убывают [9, 10].

Все элементы климата (ЭК) связаны между собой. Ранее найдены количественные выражения этих связей для условий Тюменской области [10], позволяющие по любому известному ЭК, например, индексам тепла, определить и все остальные. На рис. 1-2 показано распределение основных ЭК в регионе.

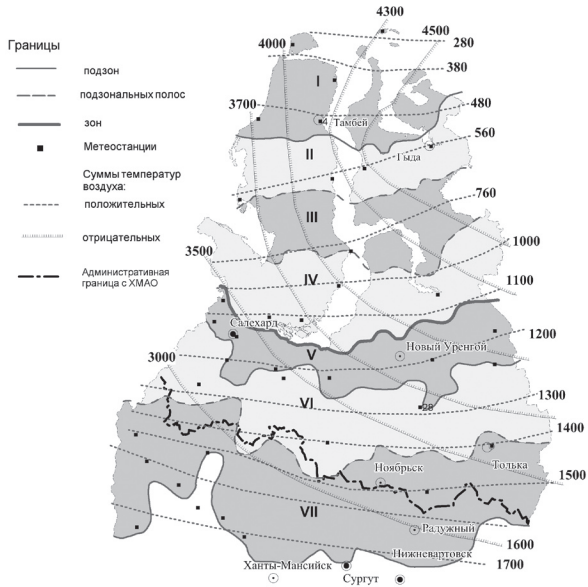


Рис. 1. Биоклиматические комплексы — БК (I — арктическая тундра, II — северная полоса субарктических типичных тундр, III — южная полоса субарктических типичных тундр, IV — субарктические кустарниковые тундры, V — лесотундра, VI — северная полоса северотаежной подзоны, VII — южная полоса северотаежной подзоны); суммы положительных ( $\Sigma_0$ ) и отрицательных ( $\Sigma_{-0}$ ) температур, градусосутки (гс) на территории ЯНАО

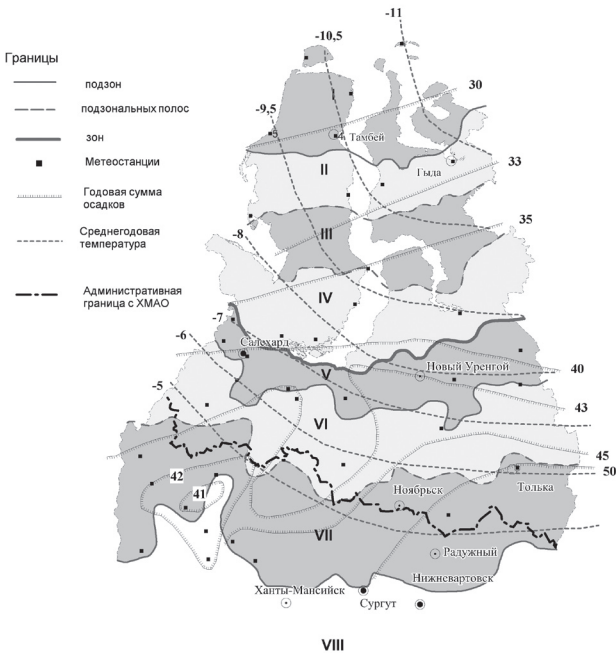


Рис. 2. Распределение среднегодовой температуры ( $t_c$ , °C) и годовой суммы осадков (г, см) в ЯНАО; I...VII — номера БК (по рис. 1)

Территория ЯНАО — область сплошного распространения вечной мерзлоты. В теплое время года подошва оттаивающего слоя служит водоупором, вызывающим его переувлажнение. Таяние мерзлоты и недостаточное испарение способствуют заболачиванию территории и развитию здесь специфического озерно-болотного комплекса с преобладанием травянистой растительности.

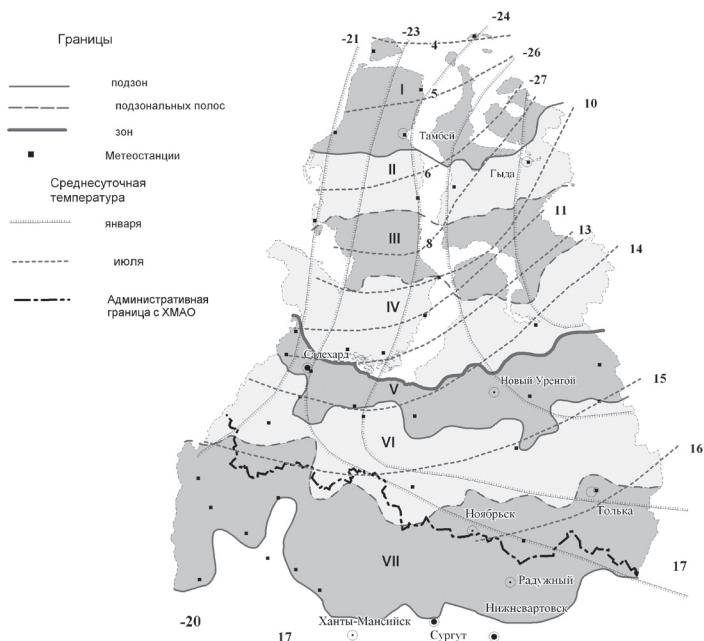


Рис. 3. Распределение среднесуточной температуры января ( $t_1$ , °С) и июля ( $t_7$ , °С) в ЯНАО; I..VII — номера БК (по рис. 1)

Совмещение существующих схем природного зонирования ЗСР с климатическими показателями показывает, что распределение ЭК довольно существенно отклоняется от широтной зональности, особенно на севере, где изолинии температур, особенно в холодное время года, имеют скорее меридиональное направление, чем широтное (рис. 1-3). Сказывается потенциал давления между Исландским минимумом и Якутским максимумом, управляющий здесь потоками тепла и влаги. Из-за этого на востоке региона климат холоднее и суше, чем на западе. Например, в Салехарде  $t_c = -6,4^\circ\text{C}$ ,  $t_7 = 13,8^\circ\text{C}$ ,  $r = 418$  мм,  $\Sigma_0 = 1114$  гс, а в Тазовском, лежащем примерно на той же широте, но восточней —  $t_c = -9,4^\circ\text{C}$ ,  $t_7 = 13,4^\circ\text{C}$ ,  $r = 394$  мм,  $\Sigma_0 = 1029$  гс.

#### **Климатическая зависимость биотического разнообразия**

В.А. Глазунов обобщил имеющиеся на сегодняшний день материалы по флористическому многообразию ЯНАО. В табл. 1 показана климатическая зависимость количества видов (В), родов (Р), семейств (С), порядков (П), классов (К) и отделов (Од) травянистых и деревянистых (деревья, кустарники, полукустарники, кустарнички и полукустарнички) растений в арктической, северной и южной тундре (1-3), в лесотундре (4) и в северной тайге (5).

Таблица 1

Номера подзон, средняя температура в июле ( $t_7$ ), индексы тепла ( $\Sigma_0$ ) и численность таксонов сосудистых растений ( $N_p$ ) на территории ЯНАО

№ <sub>2</sub>	$t_7$ , °C	$\Sigma_0$ , гс	Все растения ( $N_p = Tr + D$ )						Травянистые (Tr)			Деревянистые (D)		
			В	Р	С	П	К	Од	В	Р	С	В	Р	С
1	4,2	320	162	74	31	28	4	3	148	67	15	14	7	6
2	5,3	480	339	134	46	38	5	4	301	115	34	38	19	12
3	6,7	610	358	145	52	41	6	5	311	121	38	47	24	14
4	11,1	1010	400	177	57	45	7	5	343	150	42	57	27	15
5	14,2	1293	435	214	66	52	7	5	377	186	51	58	28	15

С.Н. Гашев показывает характер распределения видов млекопитающих по природным зонам и подзонам Тюменской области (в т.ч. на территории ЯНАО) с севера на юг [11]. В статье [9] установлено количественное соответствие количества животных  $N_{ж}$  (млекопитающих и птиц) и индексов сухости  $J$  и тепла  $\Sigma_0$ . В табл. 2 приведены эти данные для четырех подзон северной фитосферы, в пределах которой находится ЯНАО.

На рис. 4 показаны графики зависимости численности таксонов животных ( $N_{ж}$ ) и растений ( $N_p$ ) разного иерархического уровня от индекса тепла ( $\Sigma_0$ ), построенные по данным таблиц 1-2.

Таблица 2

Средние значения индексов сухости ( $J$ ) и тепла ( $\Sigma_0$  гс), продукции растительности ( $Pr$ , т/га·год), а также численности видов ( $B$ ), родов ( $P$ ), семейств ( $C$ ) и отрядов ( $O$ ) животных ( $N_{ж}$ ) — млекопитающих и птиц, в северной фитосфере ЗСР

Подзона	$J$	$\Sigma_0$	$Pr$	$B$	$P$	$C$	$O$
Северная тундра	0,44	340	1,69	73+18	46+15	20+9	7+5
Южная тундра	0,6	610	5,59	148+32	79+22	30+11	11+5
Лесотундра	0,75	1010	8,05	194+42	107+27	39+12	15+5
Северная тайга	0,87	1293	9,21	207+51	115+33	41+15	16+6

Аналогичные графики построены также для годовой продукции ( $Pr$ ) и численности таксонов деревянистых ( $D$ ) и травянистых ( $Tr$ ) растений отдельно и найдены их аппроксимации.

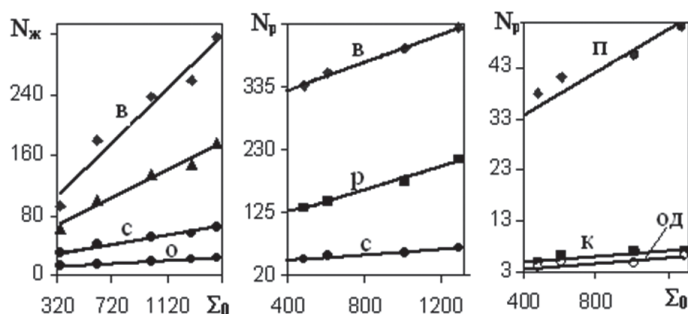


Рис. 4. Графики зависимости  $N_{ж}$  и  $N_p$  от  $\Sigma_0$  для разных таксонов (буквенные обозначения таксонов такие же, как в табл. 1-2)

Анализ показал, что общая формула зависимости показателей богатства биоты от  $\Sigma_0$  практически линейна:

$$Y = A\Sigma_0 + B \quad (1)$$

где  $Y$  — общее обозначение показателей,  $A$  и  $B$  — численные параметры, найденные с помощью программы Excel и сведенные в табл. 3.

Таблица 3

**Постоянные в формуле (1) для элементов биоты (ЭБ): млекопитающих (М), птиц (Пт), всех животных ( $N_{ж} = M + Пт$ ), деревянистых (Д) и травянистых (Тр) растений, всех растений ( $N_p$ ), а также значения  $R^2$**

ЭБ	Таксоны	A	B	$R^2$	ЭБ	Таксоны	A	B	$R^2$
М	виды	0,125	53,1	0,92	Д	виды	0,0024	30	0,88
	роды	0,063	34,9	0,93		роды	0,001	16	0,87
	семейства	0,02	16,1	0,94		сем-ства	0,0003	11,3	0,73
	отряды	0,008	5,8	0,9		виды	0,09	255	0,99
Пт	виды	0,031	10,3	0,98	Тр	роды	0,09	30	0,97
	роды	0,017	10,1	0,95		семейства	0,02	25	0,94
	семейства	0,006	6,8	0,96		виды	0,115	285	0,99
	отряды	0,001	4,5	0,80		роды	0,096	86,3	0,94
$N_{ж}$	виды	0,176	49,8	0,98	$N_p$	семейства	0,022	36,4	0,91
	роды	0,091	37,2	0,98		порядки	0,021	25,4	0,9
	семейства	0,029	21	0,98		классы	0,003	3,6	0,86
	отряды	0,01	9,2	0,99		отделы	0,0026	2,7	0,84

На рис. 5 (а, б) даны графики зависимости количества родов  $N_2$ , семейств  $N_3$  и отрядов (порядков)  $N_4$  биоты от количества видов  $N_1$ . Количество каждого таксона зависит от климата, увеличиваясь с севера на юг. А их отношение к количеству видов, как следует из рисунка, — постоянная величина. Зная количество видов, по формулам на рис. 5 можно рассчитать количество и других таксонов в данном БК.

На рис. 5в отражена устойчивая линейная связь численности таксонов флоры и фауны.

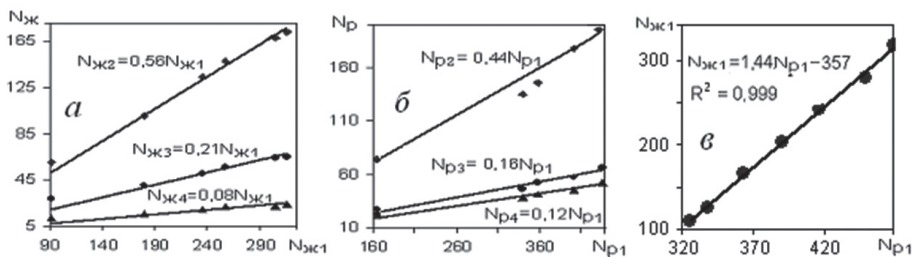


Рис. 5. Зависимости  $N_{ж2} - N_{ж4}$  от  $N_{ж1}$ ,  $N_{р2} - N_{р4}$  от  $N_{р1}$  (а, б), и  $N_{ж1}$  от  $N_{р1}$

Итоговые результаты работы приведены в табл. 4, в которой сведены определяющие характеристики климата и зависящие от них количественные показатели структуры биоты ЯНАО, сгруппированные по выделенным биоклиматическим комплексам.

Таблица 4

**Индексы сухости (J, д.ед) и тепла ( $\Sigma_0$ , гс); продукция (Pr, т/га•год); число видов растений ( $N_p$ ) и животных ( $N_ж$ ) в разных БК (по рис. 1)**

БК	I	II	III	IV	V	VI	VII
J	0,45	0,5	0,6	0,7	0,75	0,81	0,88
$\Sigma_0$	340	439	658	877	1097	1316	1536
Pr	3,2	4,2	6	7,3	8,5	9,3	9,8
$N_p$	325,8	337,7	364	390,2	416,6	449	469,3
$N_ж$	110	127	166	204	243	281	320

**Выводы.** Основными климатическими показателями, определяющими богатство и разнообразие биоты, являются индексы сухости и тепла. Количество биотических таксонов в пределах ЯНАО увеличивается с севера на юг вслед за увеличением этих показателей. В то же время отношение числа родов, видов, семейств, а у животных и отрядов — к числу видов, — постоянная величина, не зависящая от климата.

Количество видов флоры и фауны устойчиво увязано друг с другом. В целом полученные результаты демонстрируют единство и взаимообусловленность существования растений и животных, а также их общую зависимость от климата.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ильина И.С., Лапшина Е.И., Лавренко Н.Н. и др. Растительный покров Западно-Сибирской равнины. Новосибирск: Наука, 1985. 250 с.
- Ребристая О.В. Флора полуострова Ямал. Современное состояние и история формирования. СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. 312 с.
- Гашев С.Н. База данных «Рабочее место орнитолога» Свидетельство № 2012620405 (зарегистрировано в Реестре баз данных 3 мая 2012 г.).
- Хозяинова Н.В. Флора и растительность северной тайги Пуровского района Тюменской области (север Западной Сибири) // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2007. № 8. С. 27-50.

5. Титов Ю.В., Потокин А.Ф. Растительность поймы р. Таз. Сургут: Изд-во СурГУ, 2001. 141 с.
6. Научно-прикладной справочник “Климат России”. URL: [aisori.meteo.ru/ClspR](http://aisori.meteo.ru/ClspR)
7. Справочник по климату СССР. Вып. 7. Ч. 1. Л.: Гидрометеиздат, 1965. 275 с.
8. Будыко М.И. Климат и жизнь. Л.: Гидрометиздат, 1971. 472 с.
9. Коновалов А.А., Гашев С.Н., Казанцева М.Н. Распределение и иерархия биотических таксонов на территории Тюменской области // Аграрная Россия. 2013. № 4. С. 48-57.
10. Коновалов А.А., Иванов С.Н. Реконструкция истории климата по групповым палиносpectрам на примере Западной Сибири. Saarbrücken: Palmarium academic publishing, 2012. 119 с.
11. Гашев С.Н. Млекопитающие Тюменской области: справочник-определитель. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. 333 с.

## REFERENCES

1. Il'ina, I.S., Lapshina, E.I., Lavrenko, N.N. et al. *Rastitel'nyi pokrov Zapadno-Sibirskoi ravniny* [Vegetative cover of the West Siberian plain]. Novosibirsk, 1985. 250 p. (in Russian).
2. Rebristaya, O.V. *Flora poluostrova Iamal. Sovremennoe sostoianie i istoriia formirovaniia* [The flora of Yamal peninsula. The current status and history of formation]. St-Petersburg, 2013. 312 p. (in Russian).
3. Gashev, S.N. The database «A workstation of the ornithologist». Certificate № 2012620405 (registered in the Registry of databases, May 3, 2012).
4. Khoziainova, N.V. The flora and vegetation of the Northern taiga of Purovsky district of Tyumen region (North of Western Siberia). *Vestnik ekologii, lesovedeniia i landshaftovedeniia — Bulletin of ecology, dendrology and landscape study*. 2007. № 8. Pp. 27-50. (in Russian).
5. Titov, Yu., Potkin, A.F. *Rastitel'nost' poimy r. Taz* [The vegetation of floodplain of the river Taz]. Surgut, 2001. 141 p. (in Russian).
6. *Nauchno-prikladnoi spravochnik "Klimat Rossii"* [A scientific and practical guide “The Climate of Russia”]. URL: [www.aisori.meteo.ru/ClspR](http://www.aisori.meteo.ru/ClspR)
7. *Spravochnik po klimatu SSSR. Vyp. 7. Ch. 1* [A handbook on the climate of the USSR. Issue 7. Part 1]. Leningrad, 1965. 275 p. (in Russian).
8. Budyko M.I. *Klimat i zhizn'* [The climate and life]. Leningrad, 1971. 472 p. (in Russian).
9. Konovalov, A.A., Gashev, S.N., Kazantseva, M.N. The distribution and hierarchy of biotic taxa on the territory of Tyumen region. *Agrarnaia Rossiia — Agrarian Russia*. 2013. № 4. Pp. 48-57. (in Russian).
10. Konovalov, A.A., Ivanov, S.N. *Rekonstruktsiia istorii klimata po gruppovym palinospektram na primere Zapadnoi Sibiri* A reconstruction of the history of climate, based on the group palynospectrums, by the example of Western Siberia]. Saarbrücken, 2012. 119 p. (in Russian).
11. Gashev, S.N. *Mlekovitaiushchie Tiimenskoi oblasti: spravochnik-opredelitel'* [Mammals of Tyumen region: a guidebook for identification]. Tyumen, 2008. 333 p. (in Russian).

## Авторы публикации

- Коновалов Александр Александрович** — главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН (г. Тюмень), доктор технических наук
- Глазунов Валерий Александрович** — старший научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН (г. Тюмень), кандидат биологических наук
- Московченко Дмитрий Валерьевич** — главный научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН (г. Тюмень), доктор географических наук



**Тигеев Александр Анатольевич** — старший научный сотрудник Института проблем освоения Севера СО РАН (г. Тюмень), кандидат географических наук

**Гашев Сергей Николаевич** — заведующий кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных Института биологии Тюменского государственного университета, доктор биологических наук, профессор

**Authors of the publication**

**Alexander A. Kononov** — Dr. Sci. (Techn.), Leading Researcher, Institute of Problems Development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch, Tyumen)

**Valeriy A. Glazunov** — Cand. Sci. (Biol.), Senior Researcher, Institute of Problems Development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch, Tyumen)

**Dmitriy V. Moskovchenko** — Dr. Sci. (Geogr.), Leading Researcher, Institute of Problems Development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch, Tyumen)

**Alexander A. Tigeev** — Cand. Sci. (Geogr.), Senior Researcher, Institute of Problems Development of the North, Russian Academy of Sciences (Siberian Branch, Tyumen)

**Sergey N. Gashev** — Dr. Sci. (Biol.), Head of Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals, Institute of Biology, Tyumen State University