

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК
Ямало-Ненецкого
автономного округа

Scientific Bulletin
of the Yamal-Nenets
Autonomous District

Российская Федерация
Ямало-Ненецкий автономный округ
Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа
«Научный центр изучения Арктики»

ISSN 2587-6996 (печатное издание)



№ 2 (115)

апрель-июнь

НАУЧНЫЙ ВЕСТНИК Ямало-Ненецкого автономного округа

Scientific Bulletin
of the Yamal-Nenets
Autonomous District

Salekhard 2022

Научный журнал
Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа
Издается с 1999 года по инициативе Правительства Ямало-Ненецкого
автономного округа
В год 4 номера

Главный редактор:

Г.Н. Краев – канд. геогр. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия).

Редакционная коллегия:

Е.В. Абакумов – д-р биол. наук, профессор, Санкт-Петербургский государственный университет (Санкт-Петербург, Россия);

Е.В. Агбалиян – д-р биол. наук (Тюмень, Россия);

В.Д. Богданов – д-р биол. наук, член-корреспондент РАН, Институт экологии растений и животных УрО РАН (Екатеринбург, Россия);

С.Н. Гашев – д-р биол. наук, профессор Тюменского государственного университета (Тюмень, Россия);

А.В. Головнев – д-р ист. наук, профессор, член-корреспондент РАН, Музей антропологии и этнографии им. Петра Великого (Кунсткамера) РАН (Санкт-Петербург, Россия);

Е.И. Григорьева – д-р культурологии, профессор, Российский государственный социальный университет (Москва, Россия);

Е.В. Дзякович – д-р культурологии, профессор Российского государственного гуманитарного университета (Москва, Россия);

А.А. Егоров – канд. биол. наук, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет (Санкт-Петербург, Россия);

Б.Н. Зырянов – д-р мед. наук, профессор (Омск, Россия);

Н.Б. Кошкарева – д-р филол. наук, Институт филологии СО РАН (Новосибирск, Россия);

В.В. Кириллов – канд. биол. наук, Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия);

Р.А. Колесников – канд. геогр. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия);

Ю.П. Курхинен – д-р биол. наук, профессор, Университет Хельсинки (Финляндия), Карельский научный центр РАН (Россия);

Е.Н. Моргун – канд. биол. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия);

Д.В. Московченко – д-р геогр. наук, Тюменский научный центр СО РАН (Тюмень, Россия);

А.С. Несмелая – канд. пед. наук, Научный центр изучения Арктики (Салехард, Россия);

Д.А. Петрашова – канд. биол. наук, Кольский научный центр РАН (Апатиты, Россия);

А.Н. Пилясов – д-р геогр. наук, профессор, МГУ имени М.В. Ломоносова (Москва, Россия);

А.В. Соромотин – д-р биол. наук, профессор Тюменского государственного университета (Тюмень, Россия);

Д.В. Черных - д-р геогр. наук, Институт водных и экологических проблем СО РАН (Барнаул, Россия);

И.М. Чубаров – д-р филос. наук, Тюменский государственный университет (Тюмень, Россия);

Г.Ю. Ямских – д-р геогр. наук, профессор Сибирского федерального университета (Красноярск, Россия).

Редакция:

В.В. Пономарев – зам. главного редактора, Научный центр изучения Арктики;

Е.А. Сухова – корректор, Научный центр изучения Арктики;

Р.В. Серебрякова – переводчик, канд. филол. наук, Научный центр изучения Арктики.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОЛОГИЯ

A. Yu. Levykh, R. M. Piyasov, N. V. Ganzherli
Small Mammal Population Fauna and Structure as an Indicator
of Ecosystem State in the Area of Critically Endangered
Leucogermanus leucogermanus Reintroduction 6

Шарапова Т.А., Герасимова А.А., Герасимов А.Г.
Таксономический состав и особенности распределения
насекомых в перифитоне озер лесотундры
Ямало-Ненецкого автономного округа 27

Казанцева М.Н., Арефьев С.П., Гашев С.Н., Левых А.Ю.
Мониторинг биоразнообразия и состояния леса
в 2001-2021 гг. на подтаёжном биогеоценоотическом
полигоне «Кучак» (Тюменская область) 39

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Поляков В.И., Абакумов Е.В., Лахтионова А.А., Мавлюдов Б.Р.
Анализ полидисперсности органоминеральных
компонентов криоконита на ледниковой поверхности
архипелага Шпицберген 58

Замолодчиков Д.Г., Грабовский В.И., Иванов А.В.
Защитные леса Ямало-Ненецкого автономного округа 78

Быков Н.И., Шигимага А.А., Ильясов Р.М.
Особенности радиального роста древесных растений
в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа 98

СЕВЕРНАЯ УРБАНИСТИКА

Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю., Поляченко А.Е., Никитин Б.В.
Города азиатской Арктики в условиях новых вызовов
изменений климата и пандемии Covid-19 114

СЕВЕРНОЕ ОЛЕНЕВОДСТВО

Южаков А.А., Зуев С.М.

Фенотипические показатели северных оленей
при переводе их на изгородное содержание142

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Гурьянова Г.Г.

Станковое искусство и визуальный код Салехарда154

ЧЕЛОВЕК В АРКТИКЕ

Зырянов Б.Н.

Местный иммунитет и кариес зубов у детей дошкольного возраста
коренного и пришлого населения на Крайнем Севере168

ЭКОЛОГИЯ

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 6-26.

Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 6-26.

ЭКОЛОГИЯ

Original article

UDK 502.175: [574.91:598.241.2]

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.001

SMALL MAMMAL POPULATION FAUNA AND STRUCTURE AS AN INDICATOR OF ECOSYSTEM STATE IN THE AREA OF CRITICALLY ENDANGERED *LEUCOGERANUS LEUCOGERANUS* REINTRODUCTION

A. Yu. Levykh¹, R. M. Ilyasov¹, N. V. Ganzherli²

¹*Arctic Research Center, Russia*

²*Tyumen State University, Russia*

¹*aljurlev@mail.ru*

¹*frandly@mail.ru*

²*n.v.ganzherli@utmn.ru*

Abstract. This article presents a research into fauna and communities structure of small mammals inhabiting the Kunovat River area, the Kunovat Sanctuary (northern taiga subzone, Yamal-Nenets Autonomous District, Russia), the range of critically endangered *Leucogeranus leucogeranus*. The animals were trapped in trap lines of 25-100 steel spring traps, and in a pitfall trap with 6 cylinders. We performed taxonomic, ecological, and faunal and genetic analyses of species. Performed quantitative assessment of species distribution across biotopes. During 1,250 trap days, 174 cylinder days, 6 small mammal species Insectivora and Rodentia were trapped. The biotope distribution of certain species complies with the latter's ecological and biological features. Certain species abundance indices are comparable with those of northern taiga ecosystems of the north-western European Russia flatland, Siberia and Western Siberia north-west, and Kamchatka Peninsula forest tundra. There are two pairs of species (*Cl. rutilus* – *M. schisticolor* and *S. caecutiens* – *S. araneus*) whose abundance dynamics shows inverse correlation over the season and in certain

biotopes; this fact is indicative of a low resource capacity of the studied habitats. The micromammal fauna composition and structure of the area under investigation are completely in line with its zone and subzone characteristics, biotope composition and ratio, Western Siberia mammal complexes history, and showing the structure of natural complexes typical for the northern taiga subzone.c.

Keywords: small mammals, fauna, abundance, Kunovatsky Reserve, Yamal-Nenets Autonomous District.

Citation: Levykh A. Small Mammal Population Fauna and Structure as an Indicator of Ecosystem State in the Area of Critically Endangered *Leucogeranus leucogeranus* Reintroduction/ A. Levykh, R. Ilyasov, N. Ganzherli // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). №2. P. 6-26. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.001.

Introduction

The Siberian white crane, or the snow crane (*Leucogeranus leucogeranus* Pallas, 1773) is a stenotopic crane species, threatened with extinction (IUCN, CR), one of the few endemic species of the Russian subarctic territories [1]. Over the last four decades it is the subject of focused attention from scientists and nature conservation organizations [2-4]. In the Red Data Book of the Russian Federation, the West Siberian (Ob) population of the white crane falls into Category One [5], i.e. it "can become extinct in the near future", as its number reached the threshold of extinction [6-8].

Supported by the Department of International Relations of the Yamal-Nenets Autonomous District, Russia, and with its direct involvement, the Siberian White Crane Ob Population Recruitment project was launched in 2019. From the point of view of preserving biodiversity and achieving sustainable development, the project makes a difference not only regionally and nationally, but also internationally, and is geared to observe the UN Convention on Biological Diversity [9], and Russia's obligations under the Convention on the Conservation of Migratory Species of Wild Animals, or the Bonn Convention [10]. At the same time, the published materials and reports from the previous stages of the project show extremely little data on the existing white crane Ob population condition in its breeding grounds, including data on the population's interrelationships with other species of the ecosystem, and data on the ecosystems' condition in the area of white crane probable breeding, range and wild return. These data are indispensable for scientifically based planning of the project's future activities. From this perspective, the white crane population condition assessment as connected with general condition of the neighboring ecosystems takes a full-scale field study with the use of both special bird study methods and a complex

of methods for investigating other living organisms' groups. As a result, the purpose of this study is to research the condition of terrestrial ecosystems in the probable white crane range and breeding grounds with the help of micromammal populations and communities' indicator characteristics.

Materials and Methods

The field study was held in the Northern taiga subzone around the Siberian White Crane scientific station (the Kunovat River flood-plain area, the Kunovat Sanctuary (Kunovatsky Zakaznik), Shuryshkarsky Region, the Yamal-Nenets Autonomous District, Russia; 55.75°N, 35.61667°E), from June 8 to June 20, 2021 and from August 17 to August 21, 2021 (Fig. 1).



Figure 1. The Study Area Plan

The landscape of the area under investigation includes small coniferous and mixed forests growing on upland patches in dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskegs and extensive equisetum-sedge-grass bogs with a lot of deep watercourses (Fig. 2).

The animals were captured in the forest patches with steel spring traps arranged in trapping lines of 25-75 traps, one trapping line per homogeneous habitat (biotope) [11-12]. The habitats were described in terms of plant association dominants of each layer [13-14]. In these descriptions, the dominant species of a layer are hyphenated, while layers are space-separated. In formulae representing Latin species names of such descriptions, the former are listed through a plus sign, and the first species of a new layer is listed after a minus sign.

In June, 25 cylinders (half-liter plastic cups) spaced 5 m apart were set along the border of a dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg and a birch-spruce-Siberian-pine dwarf-shrub white-and-green-moss forest. In August,

2021 in the birch-spruce-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest, a pitfall trap with 6 cylinders was set. The steel spring traps were baited with pieces of bread soaked in crude sunflower oil. The traps were checked daily and relocated to a new habitat every 2-4 days. In some cases, the traps were removed the next day after being mounted. The pitfall trap was checked daily.



Figure 2. The Kunovat Landscape. Photograph by R. Ilyasov

In total, there were 1,250 trap days and 174 cylinder days. The trap and cylinder days split across biotopes is as follows:

- 275 trap days, 24 cylinder days in the spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (*Pinus sibirica* + *Betula sp.* + *Picea obovata* – *Lédum palústre* + *Vaccínium vítis-idaea* + *Vaccínium uliginosum* – *Pleurozium schreberi* + *Ptilium crista-castrénsis* (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc), study plot one (SP₁));
- 300 trap days in the birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (*Pinus sibirica* + *Betula sp.* – *Vaccínium vítis-idaea* + *Lédum palústre* – *Pleurozium schreberi* + *Ptilium crista-castrénsis* (Ps+B–Vv+Lp–Ps+Pc), study plot two (SP₂));
- 400 trap days in the spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub-and-white-and-green-moss forest (*Pinus sibirica* + *Picea obovata* + *Betula sp.* – *Vaccínium vítis-idaea* + *Rubus chamaemorus* + *Lédum palústre* – *Sphágnum sp.* + *Pleurozium schreberi* + *Ptilium crista-castrénsis* (Ps+Po+B–Vv+Rc+Lp–S+Ps+Pc), study plot three (SP₃));
- 100 trap days in the birch-Siberian-pine dwarf-shrub-white-moss-and-lichen open forest (*Pinus sibirica* + *Betula sp.* – *Betula nana* – *Lédum palústre* + *Vaccínium vítis-idaea* – *Sphágnum sp.* + *Cladonia sp.* (Ps+B–Bn–Lp+Vv–S+C), study plot four (SP₄));
- 25 trap days in the birch-spruce-Siberian-pine equisetum-and-quackgrass forest (*Pinus sibirica* + *Betula sp.* + *Picea obovata* – *Elytrigia sp.* + *Equisetum sp.* (Ps+B+Po–E+E), study plot five (SP₅));

- 75 trap days, 150 cylinder days on the dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg (*Bétula nána* + *Betula* sp. – *Vaccinium oxycoccos* + *Vaccinium uliginosum* – *Sphágnum* sp. (Bn+B–Vo+Vu–S));

- 75 trap days on the birch-equisetum-and-buckbean bog (*Betula* sp. + *Bétula nána* – *Menyanthes trifoliáta* + *Equisétum fluviatile* (B+Bn–Mt+Ef)).

In the traps and cylinders, no living animals were found and no retraps were made.

The small mammal abundance (relative abundance) was calculated in specimens per 100 trap days or 100 cylinder days (hereinafter “sp./100 tr.days” and “sp./100 cyl.days”, respectively). In order to compare our research results with other available data, the abundance in specimens per 100 trap days was converted into specimens per 100 cylinder days. For that end, the specimen number per 100 trap days was multiplied by a conversion factor of 400, normalized to 1 km², and divided to be converted to 100 cylinder days (dry cylinders) – by 246.5 for rodents, and by 195 for insectivores [15-16].

The animals were identified to species by the peculiarities of their built, their teeth and skull characteristics [17-19]. The relative age was determined by thymus gland presence/absence, dental wear, cranial crest sizes. The current work uses the genus name *Clethrionomys* although it was considered a junior synonym to *Myodes* in the last decade, but a recent article by B. Kryštufek et.al [20] advocated the use of the former as it is the oldest valid unambiguous name for red-backed voles.

Species composition and relative abundance of micromammal species served as indicators of the ecosystem’s condition.

For quantitative assessment of species distribution across biotopes, the biotopic allocation index was calculated (F_{ij}) [21]:

$$F_{ij} = \frac{n_{ij} N - n_i N_j}{n_{ij} N + n_i N_j - 2n_{ij} N_j},$$

where n_{ij} – number of individuals of i th species in j th sample of size N_j ; n_i – the number if its individuals in all samples of size N . Values of F_{ij} run from -1, when a species is not registered in a given biotope, to +1, when a species is registered only in a given biotope ($-1 \leq F_{ij} \leq +1$). And at $F_{ij}=0$, a species is indifferent to a given biotope; with $F_{ij}<0$ a species avoids a given biotope; with $F_{ij}>0$ a species prefers a given biotope. If a species is registered only in one habitat ($F_{ij}=+1$) or prefers it ($F_{ij}>+0.7$) with negative or tending to zero values of the index for other biotopes, then it is a stenotopic species. With $F_{ij}=0 \pm 0.3$ a species should be considered eurytopic. Species with a wide ecological valence (plasticity) are on the borderline [22].

The study results were processed with the help of univariate statistical analysis methods [23].

Results

During the research we trapped 112 individuals around the White Crane scientific station. These small mammals come from two orders: Insectivora (22 individuals of *Sorex caecutiens* Laxmann, 1788, 8 individuals of *Sorex araneus* L., 1758) and Rodentia (53 individuals of *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779, 17 individuals of *Microtus oeconomus* Pallas, 1776, 10 individuals of *Microtus agrestis* L., 1761, 2 individuals of *Myopus schisticolor* Lilljeborg, 1844). A muskrat (*Ondatra zibethicus* L., 1766) lodge and canals were found on a quaking bog. On the studied sites of dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg and birch equisetum-buckbean bog, a lot of small mammals' nest holes and runways were registered, but no individuals were trapped (Fig. 3, 4).

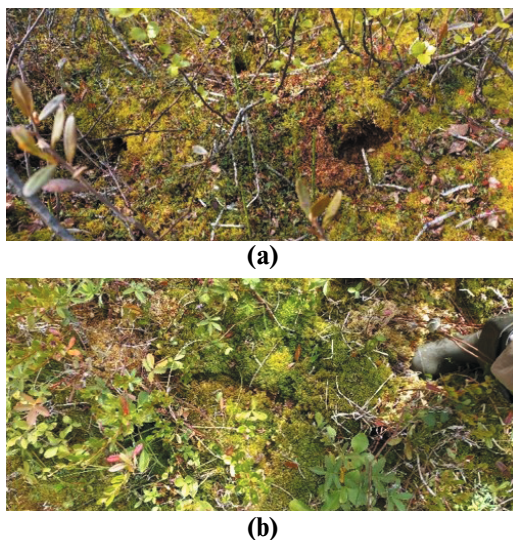


Figure 3. Small mammal nest holes (a) and runways (b) on dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg. Picture by: A. Levykh

On the studied territory, the small mammals total abundance more than doubled (from 6.67 sp./100 tr.days to 14 sp./100 tr.days) from June to August, which is indicative of normal reproduction processes (Table 1).

The maximum total abundance of small mammals (16.0 sp./100 tr.days) with an equal share of many species was registered in August in birch-Siberian-cedar dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B–Vv+Lp–Ps+Pc), on all sides bordering quaking bogs and dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskegs. Steel spring trap catches both in June and August show that rodents (Rodentia) predominate. The share of insectivores (Insectivora) was under a third for the whole season albeit almost doubled from June to August (Table 2). August pitfall trap data show that *S. caecutiens* is the absolute dominant, which contributed to more than threefold dominance of Insectivora (Tables 1, 2).

The differences between Rodentia and Insectivora abundance numbers may be accounted for by trapping selectiveness [12]. However steel spring trap and pitfall trap censuses show that both main small mammal groups – Rodentia and Insectivora – are represented on the territory under investigation in certain ratios. Their proportion may significantly vary year on year depending on the climatic conditions of the year (season) and certain species population cycles.

The maximum total abundance of small mammals (16.0 sp./100 tr.days) with an equal share of many species was registered in August in birch-Siberian-cedar dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B–Vv+Lp–Ps+Pc), on all sides bordering quaking bogs and dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskegs. Steel spring trap catches both in June and August show that rodents (Rodentia) predominate. The share of insectivores (Insectivora) was under a third for the whole season albeit almost doubled from June to August (Table 2). August pitfall trap data show that *S. caecutiens* is the absolute dominant, which contributed to more than threefold dominance of Insectivora (Tables 1, 2).

The differences between Rodentia and Insectivora abundance numbers may be accounted for by trapping selectiveness [12]. However steel spring trap and pitfall trap censuses show that both main small mammal groups – Rodentia and Insectivora – are represented on the territory under investigation in certain ratios. Their proportion may significantly vary year on year depending on the climatic conditions of the year (season) and certain species population cycles.

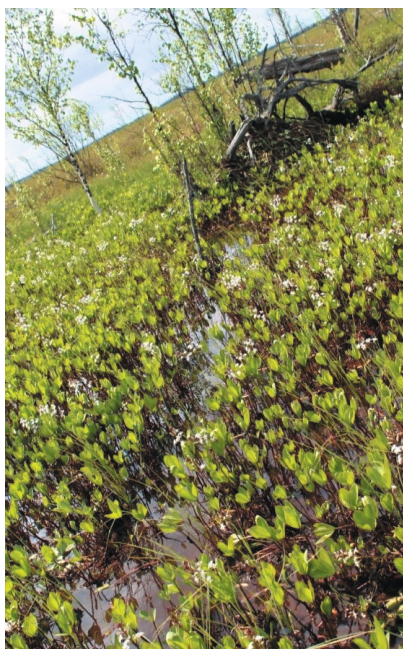


Figure 4. *O. zibethicus* lodge and canal. Picture by: A. Levykh

Table 1. Relative small mammal species abundance in various biotopes of the studied site of Kunovatsky State Nature Reserve

Species, share trapped (%) min-max abundance indices	Habitats										Mean abundance		
	SP ₁		SP ₂		SP ₃		SP ₄		SP ₅	June	August	total	
	Ps+B+Po- Lp+Vv+Vu- Ps+Pc		Ps+B- Vv+Lp- Ps+Pc		Ps+Po+B- Vv+ Rc+Lp- S+Ps+Pc		Ps+B-Bn- Lp+Vv-S+C		Ps+B+ Po- E+E				
	June	August	June	August	June	August	June	August	June				
<i>Cl. rutilus</i>	6.0 9.74	5.33 4.17*	5.0 8.11	4.0 6.49	3.67 5.96	3.0 4.87	4.0 6.49	5.33 8.65	12.0 19.47	6.13 ± 1.52	4.41 ± 0.57	5.37 ± 0.89	
F _{ij} <i>Cl. rutilus</i>	0.08		-0.06		-0.03		-0.09		0.19				
<i>M. oeconomus</i>	-		1.0 1.62	5.0 8.11	0.33 0.54	6.0 9.74	4.0 6.49	2.67 4.33	-	1.78 ± 1.13	4.56 ± 0.99	3.17 ± 0.91	
F _{ij} <i>M. oeconomus</i>	-1.0		0.26		0.28		0.26		-1.0				
<i>M. agrestis</i>	-	4.0 6.49	-	2.0 3.25	0.67 1.09	-	-	4.0 6.49	-	-	3.33 ± 0.67	2.67 ± 0.82	
F _{ij} <i>M. agrestis</i>	0.07		-0.25		-0.22		0.55		-1.0				
<i>S. araneus</i>	0.5 1.03	-	-	3.0 6.15	-	3.0 6.15	-	-	4.0 8.21	2.25 ± 1.75	3.0 ± 0	2.63 ± 0.75	
F _{ij} <i>S. araneus</i>	0.45		0.18		0.21		-1.0		0.54				
<i>S. caecutiens</i>	2.0 4.10	4.0 41.67*	0.5 1.03	2.0 4.10	-	2.0 4.10	-	-	-	1.25 ± 0.75	2.67 ± 0.67	2.10 ± 0.56	
F _{ij} <i>S. caecutiens</i>	0.51		0.04		-0.37		-1.0		-1.0				
<i>M. schisticolor</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Species number	3	3	3	5	3	4	2	3	2	5	6	6	
Total abundance	8.5	13.33 54.17*	6.5	16.0	4.67	14.0	8.0	12.0	16.0	6.67	14.0 54.17*	9.0 54.17*	

Note: the number above the line is abundance in specimen/ 100 trap days; below the line, in specimen/ 100 cylinder days; * – empirical abundance indices from pitfall trapping; without asterisk – abundance indices calculated with conversion factors from steel spring trapping numbers; SP_i – study plot (the subscript is a plot number); F_{ij} – is biotopic allocation index.

Certain species abundance and their share in the total small mammal abundance vary from one biotope to another according to species-specific ecologic and biological peculiarities.

Table 2. Ratio of small mammal species abundance in the studied area of Kunovatsky State Nature Reserve

Species	Species share, %			
	min	max	X _{mean}	combined sample
	June / August			
Rodentia				June /August / total
<i>Cl. rutilus</i>	50.0/21.4	78.6/44.4	70.2±5.2/ 32.7±5.6	74.0/30.6/53.5 7.7
<i>M. oeconomus</i>	7.1/22.2	50.0/42.9	24.2±13.1/ 32.1±6.0	8.0/26.5/17.2
<i>M. agrestis</i>	-/12.5	-/33.3	-/25.3±6.5	4.0/16.3/10.1 -
<i>M. schisticolor</i>	-	-	-	-/- 15.4
	Total Rodentia:			86.0/73.5/79.8 23.1

Continuation of Table 2

Species	Species share, %			combined sample
	min	max	X _{mean}	
	June / August			
Insectivora				
<i>S. araneus</i>	5.9/18.8	25.0/21.4	15.4±9.6/ 20.1±1.3	4.0/12.2/8.1
<i>S. caecutiens</i>	7.7/12.5	23.5/30.0	15.6±7.9/ 18.9±5.6	10.0/14.3/12.1 76.9
	Total Insectivora:			14.0/26.5/20.2 76.9

Note: the number above the line is steel spring trap data; under the line, pitfall trap data.

Discussion

The trapped micromammal species have been reported to be registered in Northern Eurasia, the Northern and Polar Urals; in the northern taiga of the East European Plain, Western Siberia, the Yamal-Nenets Autonomous District [24-31].

Sorex (L., 1758), *Clethrionomys* (= *Myodes*) (Pallas, 1811), *Microtus* (Schrank, 1798) are Holarctic genera, and *Myopus* (Miller, 1910) genus is Palearctic. *Cl. rutilus* and *M. oeconomus* are transholarctic species, found in the Eurasian boreal zone and Western North America [32-40]. *Cl. rutilus* is of East Palearctic origin with the range optimum in Siberian taiga zone [28; 38; 41-43]. *M. schisticolor* is a typical Palearctic taiga species, whose range borders almost coincide with the Palearctic taiga borders, and the species range optimum is in the northern taiga subzone [44]. Within its whole species range, *M. schisticolor* is sporadically spread, as it is a stenobiontic species and is allocated to habitats with a well-developed moss cover. *S. caecutiens* – is a widely spread Transpalearctic species with the optimum in the southern taiga and northern forest steppe of the Southern Urals and Western Siberia [45]. *S. araneus* and *M. agrestis* are typical Western Palearctic species; their ranges form a southeastward tapering wedge. The area under investigation is the northernmost limit of *S. araneus*.

According to E.N. Matyushkin [46] faunal and genetic classification, *Cl. rutilus*, *M. oeconomus*, *M. schisticolor* are part of the East Siberian complex or Arctic-Boreal fauna element, a “northern red-backed vole and elk” faunula. *S. caecutiens* belongs to the Far Eastern complex or “Laxmann’s shrew and elk” faunula. E.A. Shvarts lists *M. agrestis* in the group of European forest species [31]. Some authors include *M. agrestis* along with *Cl. rutilus* and *S. caecutiens* in one and the same group of Transpalearctic boreal species in spite of their different origins [47-48].

All these species except for *M. schisticolor* were included in the Pleistocene mammal fauna of Tyumen Oblast, Russia, (when the southern borders of the tundra mammal complex spread to the modern middle taiga latitude, 64° N, and to

the South, there were tundra steppes and steppes there) [32; 49]. The trapped shrew species were found in Pleistocene deposits of the Middle Trans-Urals: *S. araneus* – in fauna complexes of forest flood-plains, *S. caecutiens* – in forest tundras. The trapped vole species were found in the Lower Irtysh River Pleistocene deposits: *Cl. rutilus* – in fauna complexes of forest habitats, *M. oeconomus* – in near-water habitats, *M. agrestis* – in moistened habitats. On the whole, this distribution of the species across stations corresponds to the modern biotope preferences of the above species [28; 31-32; 42]. *M. oeconomus*, *M. agrestis*, red-backed voles from the *Clethrionomys* genus and shrews from the *Sorex* genus were jointly described in the fauna complexes of Chembakchino (500-470 thousand years old, when the southern taiga spread to 60° S) and Yarsino (127-115 thousand years old, when the landscape zones should have moved 500-700 km northward) coming from the tundra-forest steppe Low Irtysh faunas of Western Siberia [49-51]. The fact that the vast northern Western Siberia Pleistocene fossil record does not have anything on a typical taiga species *M. schisticolor* may be due to either its very low number and sporadic range distribution (it is characteristic of the species at present), or its absence on the territory at the time and, consequently, absence of the contemporary taiga mammal complex here. L.I. Galkina [52-53] and N.G. Smirnov et al. [49] believe that the taiga-forest mammal complex was derived from tundra steppe and forest steppe ones, and took on the modern composition only in the second half of the Holocene (not earlier than 6 000 years ago).

All these facts evidence that the small mammal species trapped around the White Crane scientific station historically developed as a component of the associated faunal complexes and now are typical for the ecosystems of northern taiga subzone, the territory under study located here.

As per S.N. Gashev [32] classification, the trapped species fall into the following ecological groups in relation to man: synanthropes – *S. araneus*; anthropophils – *M. agrestis*; neutrals – *Cl. rutilus*, *M. oeconomus*, *S. caecutiens*, anthropophobes – *M. schisticolor*. The anthropophobic species *M. schisticolor*, has the lowest index of anthropogenic adaptation (8.0) of 31 Tyumen Oblast (Russia) small terrestrial rodent species, and its presence in the small mammal population may evidence that the studied territories are not affected by human economic activities [32].

Steel spring trap censuses show that *Cl. rutilus* dominates in most habitats with *M. oeconomus* or *M. agrestis* in rodents and *S. caecutiens* or *S. araneus* in insectivores subdominating in different biotopes. Such a composition of dominants and subdominants was reported by other researchers studying northern taiga systems [28; 42; 54]. As per the spatiotypological classification of terrestrial vertebrates of the West-Siberian Plane [54], the following species are most abundant in the following assemblage types: *Cl. rutilus*, *S. caecutiens*, *M. agrestis* in forest tundra–northern taiga swamp-forest communities; *M. oeconomus* – in forest tundra–subarctic swamp-tundra communities; *S. araneus*

– in forest tundra–steppe meso-europhic communities with oligotrophic bogs of the middle and southern taiga. Zoning of Northern Eurasia in terrestrial vertebrates fauna types showed that *S. araneus* and *S. caecutiens* are among the most abundant species of certain districts and provinces of forest transpalaearctic subregion of the forest region [55]. Thus, the investigated area small mammal fauna composition and structure are in line with the area's zonal and subzonal characteristics, its biotopes' composition and ratios. The composition of the fauna complex under investigation is consistent with its territoriality in zoogeographic zoning of Tyumen Oblast, and belongs to the flood-plain complex of Nadym-Pur province of the northern taiga subzone [56].

Cl. rutilus is the most eurytopic species. Its biotopic allocation index deviates slightly from zero (Table 1). Maximum abundance of the species was registered in the most drained biotopes with the most dense leaf canopy (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc; Ps+B+Po–E+E), where F_{ij} values are positive (Tables 1, 2). As the forests get sparser (Ps+B–Bn–Lp+Vv–S+C) and moister (Ps+Po+B–Vv+Rc+Lp–S+Ps+Pc) *Cl. rutilus* abundance decreases. The inverse relation between *Cl. rutilus* abundance and forest stand sparseness or absence and habitat moistness was reported by other researchers [28; 42]. *Cl. rutilus* shows significantly higher values of mean abundance over the season when compared to the same of *M. agrestis* ($p < 0.05$), *S. araneus* ($p < 0.05$), *S. caecutiens* ($p < 0.01$) and a significantly lower coefficient of abundance variation across biotopes (CV=49.6%) as compared to the same of *M. oeconomus* (CV=70.7%; $p < 0.001$), *M. agrestis* (CV=61.2%; $p < 0.001$), *S. araneus* (CV=56.9%; $p < 0.001$), *S. caecutiens* (CV=59.3%; $p < 0.01$). The statistic comparison demonstrates the discussed species numerical dominance and its comparatively even distribution across biotopes (habitat versatility) in the study area.

M. oeconomus was trapped in biotopes where trap lines were mounted on the forest-bog or forest-muskeg edge (Bn+B–Vo+Vu–S; B+Bn–Mt+Ef). Maximum species abundance (5.0; 6.0 sp./100 tr.days) is characteristic of the moistest forest patches bordering on both the bog and the muskeg (Table 1). A burrow hole and runways detected on a dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg are obviously the *M. oeconomus*' (Fig. 4).

M. agrestis was trapped in only one habitat (Ps+Po+B–Vv+Rc+Lp–S+Ps+Pc), where it dominates together with *Cl. rutilus*. In August, *M. agrestis* was trapped in three biotopes more, in two of which it is a co-dominant of *Cl. rutilus* (Table 1). Co-dominance of these two species in forest habitats is coherent with I.Ya. Polyakov's opinion that *M. agrestis* belongs to forest voles biological group [42; 57]. It is known that steel spring traps baited with bread perform poorly for *M. agrestis* and *M. oeconomus*, with except for the most optimal habitats with high species density [42]. This fact suggests that *M. agrestis* density around the White Crane scientific station is sufficiently high. F_{ij} values for meadow voles (*Microtus*) evidence that in the study area *M. agrestis* shows higher ecological plasticity than

M. oeconomus, preferring a more open biotope – birch-Siberian-pine dwarf-shrub-white-moss-and-lichen open forest (Ps+B–Bn–Lp+Vv–S+C) (Table 1). The latter fact is in line with a certain preference of this species for open or sparse forest stations in the northern end of its range [58-60]. At the same time, the share of *M. oeconomus* in the combined Micromammalia sample, both in each month separately and over the whole season is higher than that of *M. agrestis*. It may be accounted for by a wide spread of flood-plain biotopes in the study area, a considerable area of bogs and muskegs, and probably, a certain population cycle phase.

M. schisticolor was pitfall trapped only in August in spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc). This is in line with a very low steel spring trapping rate of *M. schisticolor* reported by previous research [42]. The calculated abundance is consistent with maximum mean abundance (8.0 sp./100 cyl.days) reported as a result of long-term censuses in the Little Sosva (Malaya Sosva) Nature Reserve located in the subzone of middle taiga Siberian pine waterlogged forests (Kondo-Sosva middle taiga province of the Ob-Irtysh geographical region) [42]. Y.L. Volpert and E.G. Shadrina [28] note that in the north-west of Siberia there is an asynchronous dynamics of *M. schisticolor* and *Cl. rutilus*. In the northern reaches of their range, these species compete for the scarce resources. This is coherent with the fact that *M. schisticolor* was trapped in August when *Cl. rutilus* abundance declined. The harsh climate of the territory (a high precipitation ratio, a low heat supply, a short growing period, a slow biological cycle of matter, permafrost soils, etc.) and the small area of forest patches surrounded by bogs and muskegs induce a low resource capacity of the habitats under study, making it inappropriate for living through a harsh winter [61-63]. The following fact also evidences that the resource capacity is low: in June 2021, spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc) showed a comparatively high abundance of small mammals in the first three days of steel spring trapping (11.3 sp./100 r.days), while from the fourth day onwards no retraps were made, obviously for the reason that all the resident animals were trapped and no migrants from adjacent territories came there. Therefore, in the adjacent dwarf-birch-thicket dwarf-shrub sphagnum muskeg (Bn+B–Vo+Vu–S) there were no wintered animals.

S. araneus and *S. caecutiens* were steel spring trapped in all the studied habitats except for birch-Siberian-pine dwarf-shrub white-moss-and-lichen open forest (Ps+B–Bn–Lp+Vv–S+C) ($F_{ij} = -1$ for both species). This is in line with previous data on *S. araneus* and *S. caecutiens* keeping away from lichen pine forests [42]. The highest values of abundance and biotopic allocation of *S. araneus* were registered in spruce-birch-Siberian-pine equisetum-quackgrass forest (Ps+B+Po–E+E), *S. caecutiens* – in spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc) (Table 1). On the whole, the space and

biotope variability of incidence and abundance of *S. araneus* and *S. caecutiens* is in line with an idea that there is a close connection between *S. caecutiens* and taiga forest communities with mosses dominating ground vegetation [25; 64-65], and that *S. araneus* prefers grass stations of various kinds [42; 66-68]. Throughout the summer period the abundance of both species increased, but in one and the same biotope one of the species outnumbered the other, which shows their inverse correlation in their distribution across biotopes (Tables 1, 2). F_{ij} values show the same trend in almost all the biotopes except for spruce-birch-Siberian-pine dwarf-shrub green-moss forest (Ps+B+Po–Lp+Vv+Vu–Ps+Pc) with a well developed dwarf shrub and moss cover, and, consequently, a relatively higher resource capacity; it is also consistent with S.V. Puchkovsky's evidence [69]. Mean shares in both species catches are comparable, but in the combined sample for the season (without the pitfall trap data) *S. caecutiens* share is 1.5 times larger than that of *S. araneus* (Table 2). A decrease in the share of *S. araneus*, dominating among the shrews (*Sorex*), almost throughout its whole wide range is also registered by other scientists for northern taiga landscapes in the eastern part of this species range [31].

Our resulting abundance of certain species complies with long-term mean abundance calculated for the Tyumen Oblast [32; 70-71]: 5.0 sp./100 cyl.days. for *Cl. rutilus*, with a maximum (9.0 sp./100 cyl.days) in the middle taiga; 3.0 sp./100 cyl. days. *M. oeconomus*, with a maximum (9.0 sp./100 cyl.days) in the southern taiga; 1.0 sp./100 cyl.days. for *M. agrestis*, with a maximum (3.0 sp./100 cyl. days) in the subtaiga; 0.4 sp./100 cyl.days. for *M. schisticolor*, with a maximum (16.0 sp./100 cyl.days) in the middle taiga; 10.0 sp./100 cyl.days. for *S. araneus*, with a maximum (26.0 sp./100 cyl.days) in the southern taiga; 8.0 sp./100 cyl. days. for *S. caecutiens*, with a maximum in the middle (18.0 sp./100 cyl. days) and southern taiga (13.0 sp./100 cyl.days). Our pitfall trap abundance of *S. caecutiens* (41.67 sp./100 cyl.days) is close to the maximum abundance (50.0 sp./100 cyl. days), reported by S.N. Gashev [32] for a brook flood-plain near Numto village (the Khanty-Mansi Autonomous District, Russia, the northern taiga subzone).

Our abundance values for certain species are comparable with those of other researchers studying northern taiga ecosystems of the European Russia flatland's North-East [31; 42; 72-74], Siberia's North-East [28], as well as with our own data for the forest tundra zone of the Kamchatka Peninsula and Western Siberia northern taiga [75-76].

Conclusions

Within the framework of complex research of the ecosystems condition in the endangered species *Leucogermanus leucogermanus* Ob population range, six small mammal species were trapped in various biotopes of the northern taiga forest outliers bordering on dwarf-birch-thicket-and-shrub sphagnum muskegs and quaking bogs near the Kunovat River flood-plain in June and August, 2021.

These species come from two order: Rodentia (*Cl. rutilus*, *M. oeconomus*, *M. agrestis*, *M. schisticolor*) and Insectivora (*S. caecutiens*, *S. araneus*). We also found *O. zibethicus* lodge and canals on a quaking bog.

Certain species biotope distribution patterns correspond to their well-studied ecologic and biologic characteristics.

Certain species abundance indices are comparable with those of northern taiga ecosystems of the north-western European Russia flatland, Siberia and Western Siberia north-west, and Kamchatka Peninsula forest tundra.

From June to August, small mammals total abundance more than doubled (from 6.67 sp./100 tr.days to 14 sp./100 tr.days), exhibiting normal reproduction processes.

The fact that two pairs of species (*Cl.rutilus* – *M. schisticolor* and *S. caecutiens* – *S. araneus*) occupying similar ecological niches show inverse correlation of abundance across biotopes and over the whole season evidences a low resource capacity of the studied habitats.

This preliminary investigation of micromammal fauna and population shows that the ecosystems in the Siberian white crane reintroduction area have a structure typical for the northern taiga subzone. In order to confirm and extend the findings it is essential to continue investigation of small mammals and launch research of other ecosystem components (birds, vegetation, invertebrates).

References

1. Krajewski C. Complete Mitochondrial Genome Sequences and the Phylogeny of Cranes (Gruiformes: Gruidae) / C. Krajewski, J.T. Sipiorski, F.E. Anderson // *The Auk*. – 2010. – Vol. 127. – Issue 2. – Pp. 440–452. – doi: <https://doi.org/10.1525/auk.2009.09045>.
2. Sorokin A. *Grus leucogeranus* recruitment programme in Western Siberia (in the nesting range and along its migration routes), and its main results / A. Sorokin, Yu. Markin, V. Panchenko [et al.] // *Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District*. – 2000. – Issue 1. – Pp. 60–73. [In Russian]
3. Sorokin A. Current status and conservation work on western and central populations of *Grus leucogeranus* / A. Sorokin, Yu. Markin, V. Panchenko [et al.] // *Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District*. – 2000. – Issue 1. – P. 74–84. [In Russian]
4. Sorokin A. Experimental work on the introduction of *Grus leucogeranus* into the wild at breeding sites in the Kunovat River basin / A. Sorokin, Yu. Markin, A. Shilina // *Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District*. – 2000. – Issue 1. – P. 52. [In Russian]
5. Red Book of the Russian Federation (animals) / V. Danilov-Danil'yan, A. Zamotajlov (Eds.). – Moscow: AST, 2001. – 862 p. [In Russian]

6. Red Book of the Tyumen Oblast: Animals, Plants, Fungi / V.N. Bol'shakov, V.D. Bogdanov, A.G. Vasiliev (Eds.). – Ekaterinburg: Ural University Publishing House, 2004. – 496 p. [In Russian]
7. Red Book of the Yamal-Nenets Autonomous District. Animals. Plants. Fungi / S. Ektova, D. Zamyatin (Eds.). – Ekaterinburg: Basko, 2010. – 307 p. [In Russian]
8. Red Book of the Khanty-Mansi Autonomous District – Yugra. Animals, plants, fungi / A. Vasin, A. Vasina (Eds.). – Ekaterinburg: Basko, 2004. – 460 p. [In Russian]
9. UN Convention on Biological Diversity, 1992. – URL: <https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-en.pdf>.
10. Convention on the Conservation of Depository's Original Migratory Species of Wild Animals (CMS). This publication: February, 2006. – URL: <https://www.cms.int/en/convention-text>.
11. Experience of Critical Analysis of Quantity Census of Rodents and Insectivores with the Help of Trap-Line Method / V. Kucheruk, N. Tupikova, V. Evseeva [et al.] // Organization and Methods of Birds' and Harmful Rodents' Census. – Moscow: USSR Academy of Sciences Publishing, 1963. – P. 52–62. [In Russian]
12. Karaseva E. Methods for the study of rodents in the field / E. Karaseva, A. Telitsyna, O. Zhigal'skiy. – Moscow: LKI Publishing, 2008. – 416 p. [In Russian]
13. Prokop'ev E.P. Ecology of plant communities (phytocenology) / E.P. Prokop'ev. – Tomsk: Tomsk State University, 2003. – 456 p. [In Russian]
14. Khozyainova N.V. Flora and vegetation of north taiga in the Pur district, Tyumen Oblast (West Siberian north) / N.V. Khozyainova // Ecology, Forest and Landscape Study Herald. – 2007. – Issue 8. – P. 27–50. [In Russian]
15. Ravkin Y.S. Factorial zoogeography: principles, methods and theoretical concepts / Y.S. Ravkin, S.G. Livanov. – Moscow: Nauka Publishing House, 2008. – 205 p. [In Russian]
16. Spatial variability of the Siberian brown lemming *Lemmus sibiricus* (Kerr, 1792) abundance in Western Siberia: population approaches in distribution analysis / A.A. Kislyj, Y.S. Ravkin, I.N. Bogomolova [et al.] // Tomsk State University Journal of Biology. – 2019. – Issue 46. – P. 115–134. – doi:10.17223/19988591/46/6.
17. Yudin B.S. Insectivorous mammals of Siberia / B.S. Yudin. – Novosibirsk: Nauka Publishing House, Siberian branch, 1989. – 360 p. [In Russian]
18. Pavlinov I.Y. A brief identification guide to terrestrial animals of Russia / I.Y. Pavlinov. – Moscow: Moscow University Press, 2002. – 167 p. [In Russian]
19. Mammals of Russia and adjacent territories. Lipotyphlans / M.V. Zaitsev, L.L. Vojta, B.I. Sheftel'. – Saint Petersburg: Russian Academy of Sciences, Zoological Institute, 2014. – 391 p. [In Russian]

20. Back to the future: the proper name for red-backed voles is *Clethrionomys Tilesius* and not *Myodes Pallas* / B. Kryštufek, A.S. Tesakov, V.S. Lebedev [et al.] // *Mammalia*. – 2019. – Vol. 84. – Issue 2. – P. 214–217. – doi: 10.1515/mammalia-2019-0067.
21. Pesenko Y.A. Principles and methods of quantitative analysis in fauna studies / Y.A. Pesenko. – Moscow: Nauka, 1982. – 287 p. [In Russian]
22. Naglov V. Statistical analysis of species occurrence and community structure / V. Naglov, I. Zagorodniuk // *Teriofauna skhodu Ukraïni*. – Lugansk, 2006. – P. 291–300.
23. Ivanter E.V. Elementary biometrics: a study guide / E.V. Ivanter, A.V. Korosov. – Petrozavodsk: Publishing House of PetrSU, 2013. – 110 p. [In Russian]
24. Vinogradov B.S. Rodents of USSR fauna / B.S. Vinogradov, I.M. Gromov. – Moscow-Leningrad: USSR Academy of Sciences Publishing, 1952. – 298 p. [In Russian]
25. Yudin B.S. Mammals of the Altai-Sayan Mountains / B.S. Yudin, L.I. Galkina, A.F. Potapkina. – Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch, 1979. – 296 p. [In Russian]
26. Small mammals of the Ural Mountains (Ecology of the Ural mammals) / V.N. Bol'shakov, V.S. Balakhonov, I.E. Benenson [et al.]. – Sverdlovsk: Ural Scientific Center of USSR Academy of Sciences, 1986. – 102 p. [In Russian]
27. Shvarts E.A. Formation of the fauna of small rodents and insectivores of the Eurasian taiga / E.A. Shvarts // *Rodent fauna and ecology*. – 1989. – № 17. – P. 114–135. [In Russian]
28. Volpert Y.L. Small mammals of the Northeast of Siberia / Y.L. Volpert, E.G. Shadrina. – Moscow: Nauka, 2002. – 246 p. [In Russian]
29. Species diversity of small mammal communities in the gradient of climatic and biotic conditions / A.V. Bobretsov, I.F. Kupriyanova, A.A. Kalinin [et al.] // *Advances in Current Biology*. – 2008. – Issue 128. – P. 409–416. [In Russian]
30. Kataev G.D. Monitoring of populations of small mammals micromammalia in north taiga of Fennoscandia / G.D. Kataev // *Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological Series*. – 2015. – Vol. 120. – Issue 3. – P. 3–13. [In Russian]
31. Bobretsov A.V. The population of small mammals in the eastern part of the Middle Timan / A.V. Bobretsov // *Tomsk State University Journal of Biology*. – 2017. – Issue 37. – P. 105–121. – doi:10.17223/19988591/37/6. [In Russian]
32. Gashev S.N. Mammals in the system of ecological monitoring (on the example of the Tyumen region) / S.N. Gashev. – Tyumen: Tyumen State University, 2000. – 220 p. [In Russian]

33. Smith W.P. Seasonal habitat distribution of swamp rabbits, white-tailed deer, and small mammals in old growth and managed bottomland hardwood forests / W.P. Smith, P.A. Zollner // Gen. Tech. Rep. SRS 42. Asheville, NC: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Southern Research Station, 2001. – P. 83–98.
34. Voles and mice / R. Boonstra, C.J. Krebs, S. Gilbert [et al.]; C.J. Krebs, S. Boutin, R. Boonstra (Eds.) // Ecosystem dynamics of the boreal forest – the Kluane project. – New York: Oxford University Press, 2001. – P. 215–239.
35. Pearce J. Small mammals as bioindicators of sustainable boreal forest management / J. Pearce, L. Venier // Forest Ecology and Management. – 2005. – Vol. 208. – Issue 1-3. – P. 153-175. – doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2004.11.024>.
36. Trophic dynamics of the boreal forests of the Kluane region / C.J. Krebs, R. Boonstra, S. Boutin [et al.] // Arctic. – 2014. – Vol. 67. – Issue 5. – P. 71–81. – doi: [10.14430/arctic4350](https://doi.org/10.14430/arctic4350).
37. Ivanter E.V. Ecology of root vole (*Microtus oeconomus* Pall.) in anthropogenic landscape of Karelia / E.V. Ivanter, E.A. Moiseeva, I.A. Leont'ev // Proceedings of Petrozavodsk State University. Biological Sciences. – 2014. – Issue 6. – P. 7–12. [In Russian]
38. Ivanter E.V. On the ecology of the red vole (*Clethrionomys rutilus* Pall.) in the south-western periphery of the range / E.V. Ivanter, E.A. Moiseeva // Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences. Ecological Studies. – 2015. – Issue 1. – P. 37–47. – doi: [10.17076/eco44](https://doi.org/10.17076/eco44) [In Russian]
39. Long-term dynamics and correlations of ecophysiological parameters in murine rodent communities / L.P. Agulova, N.S. Moskvitina, N.P. Bol'shakova [et al.] // Russian Journal of Ecology. – 2016. – Issue 47. – P. 460–466. – doi: [10.7868/S036705971604003X](https://doi.org/10.7868/S036705971604003X) [In Russian]
40. Sullivan T.P. Mammalian responses to windrows of woody debris on clearcuts: Abundance and diversity of forest-floor small mammals and presence of small mustelids / T.P. Sullivan, D.S. Sullivan, J.H. Sullivan // Forest Ecology and Management. – 2017. – Issue 399. – P. 143–154. – doi: [10.1016/j.foreco.2017.05.028](https://doi.org/10.1016/j.foreco.2017.05.028).
41. Mordosov I.I. Mammals of the Lena-Aldan interfluvies: monograph / I.I. Mordosov, N.P. Prokop'ev. – Yakutsk: North-Eastern Federal University Publishing House, 2013. – 268 p. [In Russian]
42. Bobretsov A.V. Population ecology of small mammals of plain and mountain landscapes in the North-East of European Russia / A.V. Bobretsov. – Moscow: Scientific Press Ltd, 2016. – 381 p.
43. Polikarpov I.A. Interpopulation variability of energy exchange parameters in the red vole (*Myodes rutilus* Pallas, 1779): PhD thesis, Institute of Systematics and Ecology of Animals of Siberian Branch of Russian Academy of Sciences,

2017. – 149 p. – URL: http://eco.nsc.ru/abstract/2017_05/Polikarpov_%20diss.pdf. [In Russian]
44. Emel'yanova L.G. The spatial organization of the eastern part of range of wood lemming (*Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844)) range / L.G. Emel'yanova // Bulletin of Moscow Society of Naturalists. Biological Series. – 2015. – Issue 120. – P. 26–30. [In Russian]
 45. Balakirev A.E. On the analysis of factors affecting the *Sorex araneus* number dynamics in the north and south of its habitat / A.E. Balakirev, N.M. Okulova, E.V. Ivanter // Povolzhskiy Journal of Ecology. – 2004. – Issue 2. – P. 111–122. [In Russian]
 46. Matyushkin E.N. Mixture of theriofauna of the Ussuri Region: its common features, historical roots and modern manifestations in the communities of Middle Sikhote-Alin / E.N. Matyushkin // Proceedings of Zoological Museum of Moscow University. – 1972. – Issue 13. – P. 86–144. [In Russian]
 47. Kulik I.L. Comparative analysis of faunal complexes of mammals (Mammalia) of the forest part of Northern Eurasia / I.L. Kulik // Teriologiya. – 1974. – Issue 2. – P. 151–162. [In Russian]
 48. Revin Y.V. Mammals of South Yakutia / Y.V. Revin. – Nauka: Novosibirsk, 1989. – 321 p. [In Russian]
 49. Smirnov N.G. Pleistocene rodents of the North of Western Siberia / N.G. Smirnov, V.N. Bolshakov, A.V. Borodin. – Moscow: Nauka, 1986. – 145 p. [In Russian]
 50. Volkova V.S. Quaternary deposits of the lower Irtysh and their biostratigraphic characteristics / V.S. Volkova. – Novosibirsk: Nauka, Siberian Branch, 1966. – 174 p. [In Russian]
 51. Volkova V.S. History of Late Cenozoic vegetation in Western Siberia / V.S. Volkova. – Moscow: Nauka, 1977. – 236 p. [In Russian]
 52. Galkina L.I. Formation of the anthropogenic rodentia fauna of Southeast Western Siberia / L.I. Galkina // Fauna and systematics of Siberian vertebrates. – Novosibirsk: Nauka, 1977. – P. 141–156. [In Russian]
 53. Late Pleistocene and modern theriofauna of the Chulymoyenisei Depression (Nazarovsk Basin) and Kuznetsk Alatau / L.I. Galkina, A.F. Potapkina, T.A. Dupal [et al.] // Problems of zoogeography and history of fauna. – Novosibirsk: Nauka, 1980. – P. 245–255. [In Russian]
 54. Ravkin Y.S. Ecological organization of the spatiotypological diversity of amphibian, reptile, and small mammal communities in the West Siberian Plain / Y.S. Ravkin, I.N. Bogomolova // Biology Bulletin. – 2018. – Vol. 45. – Issue 10. – P. 1241–1249. [In Russian]
 55. Zoning Northern Eurasia based on the fauna of terrestrial vertebrates and their classification by similarity of distribution / Y.S. Ravkin, I.N. Bogomolova, O.N. Nikolaeva [et al.] // Contemporary problems of ecology. – 2014. – Vol.7. – Issue 2. – P. 137–150.

56. Gashev S.N. Contemporary zoogeographical division of the Tyumen Region in connection with the development history of theriofaunistic and host-parasite complexes during anthropogenic period / S.N. Gashev, N.V. Sorokina, O.A. Khritan'ko // Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology. – 2010. – Issue 3. – P. 4–11. [In Russian]
57. Gromov I.M. Voles (Microtinae). Fauna of the USSR Mammals / I.M. Gromov, I.Ya. Polyakov. – Leningrad: Nauka, 1977. – Vol. 3. – Issue. 8. – 504 p. [In Russian]
58. Henttonen H. Interspecific competition between small rodents in subarctic and boreal ecosystems / H. Henttonen, A. Kaikusalo, J. Tast, J. Viitala // Oikos. – 1977. – Vol. 29. – Issue 3. – P. 581–590.
59. Ivanter E.V. On the ecology of the dark vole (*Microtus agrestis* L.) / E.V. Ivanter, T.V. Ivanter // Ecology of terrestrial vertebrates of North-West USSR. – Petrozavodsk, 1986. – P.64–91. [In Russian]
60. Kurhinen J.P. Impact of logging on the structure of taiga theriocomplexes of Middle Taiga / J.P. Kurhinen // V congress of all-union theriological society of USSR Academy of Sciences. – Moscow, 1990. – P. 242–243. [In Russian]
61. Climatic dependence of the biota on the territory of Yamalo-Nenets Autonomous District (quantitative aspect) / A.A. Konovalov, V.A. Glazunov, D.V. Moskovchenko [et al.] // Agrarnaya Rossiya. – 2014. – Issue 10. – P. 23–29. [In Russian]
62. Dependence of the biota structure on the climate throughout the territory of Yamalo-Nenets Autonomous District / A.A. Konovalov, V.A. Glazunov, D.V. Moskovchenko [et al.] // Tyumen State University Herald. Natural Resource Use and Ecology. – 2014. – Issue 12. – P. 15–23. [In Russian]
63. Approximations of biotas climatic dependence in the North of Tyumen Region / A.A. Konovalov, D.V. Moskovchenko, V.A. Glazunov [et al.] // Proceedings in Cybernetics. – 2015. – Issue 1. – P. 11–23. [In Russian]
64. Dokuchaev N.E. The ecology of the North-East Asian shrew / N.E. Dokuchaev. – Moscow: Nauka, 1990. – 160 p. [In Russian]
65. Dolgov V.A. The Old World shrews / V.A. Dolgov. – Moscow: Moscow State University Publishing House, 1985. – 221 p. [In Russian]
66. Puchkovskiy S.V. Peculiarities of distribution of the shrew (Insectivora, Soricidae) by biotopes in Onega taiga / S.V. Puchkovskiy // Fauna, ecology and geography of animals. – Moscow, 1969. – P. 100–109. [In Russian]
67. Kupriyanova I.F. Numbers and biotopic relationships of the shrew (Insectivora, Soricidae) in the Arkhangelsk Region / I.F. Kupriyanova // Fauna and ecology of animals. – Moscow: Moscow State V.I. Lenin Pedagogical Institute, 1976. – Vol. 2. – P. 170–184. [In Russian]
68. Saburova L.Y. Population of small mammals of natural and transformed territories of the white Sea-Kuloi plateau / L.Y. Saburova, V.V. Anufriev

- // Arctic Environmental Research. – 2016. – Issue 2. – doi:10.17238/issn 2227-6572.2016.2.82 [In Russian]
69. Puchkovskiy S.V. On the biotopical distribution patterns of the brown bear (*Sorex*) / S.V. Puchkovskiy // Proceedings of Sverdlovsk State Pedagogical Institute. – 1973. – Issue 221. – P. 109–125. [In Russian]
 70. Fedorov V.B. 1992. Allozyme polymorphism, sex ratio and population structure of the forest lemming: PhD thesis / V.B. Fedorov. – Moscow: Vavilov Institute of General Genetics of Russian Academy of Sciences, 1992. – 23 p. [In Russian]
 71. Peculiarities of distribution of small mammals of West Siberian Plain / Y.S. Ravkin, I.N. Bogomolova, L.N. Erdakov [et al.] // Contemporary Problems of Ecology. – 1996. – Vol. 3. – Issue 3–4. – P. 307–317. [In Russian]
 72. Koloskova N.I. Numbers of small mammals of the north-east of the European part of the USSR / N.I. Koloskova // Influence of anthropogenic factors on the structure and functioning of biocenoses. – Moscow, 1983. – P. 154–158. [In Russian]
 73. Kupriyanova I.F. Comparison of the evolutionary pathways of some features of the ecology of shrews (*Sorex*) and forest voles (*Clethrionomys*) / I.F. Kupriyanova, S.P. Naumov // Biology Bulletin Review. – 1983. – Vol. 44. – Issue 3. – P. 375–380. [In Russian]
 74. Zhevnovskaya A.N. Small mammal communities in the zone of influence of electromagnetic field of industrial frequency / A.N. Zhevnovskaya, S.N. Gashev, S.V. Solov'yova // International Journal of Applied and Fundamental Research. – 2015. – № 12-1. – P. 102–105. [In Russian]
 75. Levykh A.Yu. Species composition and community structure of small mammals in Parapolsky Dol (Koryak State Nature Reserve, Kamchatka) / A.Yu. Levykh, V.V. Panin // Nature Conservation Research. – 2019. – Vol. 4. – Issue 3. – P. 1–12. – doi: 10.24189/ncr.2019.026
 76. Revisiting Malaya Sosva: State Reserve characteristics of fauna and population structure of small mammals / A.Yu. Levykh, N.E. Suppes, V.S. Vilkov [et al.] // Samara Journal of Science. – 2020. – Vol. 9. – Issue 3. – P. 86–92. [In Russian]

Information about the authors

Alyona (Alena) Yurievna Levykh, born in 1969, in 1991 she graduated from the Tyumen State University (Tyumen, Russia) in Biology, qualified biologist, teacher of biology and chemistry, Candidate of Sciences in Biology (PhD), Docent. In 1991-2020 she held classes in Ishim P.P.Eshov Teachers Training Institute, Tyumen State University. In 2005-2010 and 2012-2020 she was Chairlady of Biology, Geography and Their Teaching Methods Chair. Starting from 2021 she heads Chemical Analysis Laboratory, the Arctic Research Center

(Salekhard, Russia). Research interests: small mammals population biology, vertebrate population and community ecology, general ecology.

Ruslan Mikhailovich Ilyasov, born in 1989, in 2011 graduated from Institute of Social Sciences and Humanities, Faculty of International Relations, Tyumen State University; in 2015 got a degree in geography from Institute of Earth Sciences, Tyumen State University; did a post graduate study at Herzen State Pedagogical University of Russia, Department of Political Science. Researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia). Research interests: geography, geographic information systems, Earth remote sensing, orthophotogrammetry.

Nadezhda Vladimirovna Ganzherli, born in 1984, in 2007 she graduated from the Tyumen State University in Linguistics, MA in Linguistics (2015) from the Tyumen State University, Tyumen, Russia. In 2008-2018 was an interpreter/translator at UTair Aviation Company. Since 2017 she has been a teacher at English Philology and Translation Chair, Tyumen State University, Tyumen, Russia. Research interests: computer linguistics, humor, Nenets language, ecology.

The article was submitted on March 14, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 27-38.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 27-38.

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 595.7:574.586 (285.2) (571.121)

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.002

ТАКСОНОМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАСЕКОМЫХ В ПЕРИФИТОНЕ ОЗЕР ЛЕСОТУНДРЫ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Татьяна Александровна Шарапова¹, Анастасия Андреевна Герасимова², Алексей Геннадьевич Герасимов³

^{1,2}Тюменский научный центр СО РАН, Тюмень, Россия

³Тюменский филиал ФГБНУ «ВНИРО» («Госрыбцентр»), Тюмень, Россия

¹tshartum@mail.ru

²nstya_vid@mail.ru

³g.aleksey72@gmail.com

Аннотация. Проведен анализ таксономического состава насекомых пойменных и непоймённых озёр лесотундры ЯНАО. Выявлено 82 вида, относящихся к 6 отрядам. Наибольшее видовое богатство отмечено в семействе хирономид из отряда двукрылых. Ряд видов найдены в районе исследований впервые.

Ключевые слова: зооперифитон, насекомые, хирономиды, озера, лесотундра, Западная Сибирь.

Благодарности: Авторы приносят глубокую благодарность сотрудникам Тюменского научного центра СО РАН с.н.с. к.б.н. В.А. Глазунову и с.н.с. к.б.н. С.А. Николаенко за помощь в отборе проб. Исследование выполнено при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований и Тюменской области, проект № 20-44-720008.

Цитирование: Шарапова Т.А., Герасимова А.А., Герасимов А.Г. Насекомые в перифитоне озёр лесотундры Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С 27-38. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.002

Original article

TAXONOMIC COMPOSITION AND DISTRIBUTION FEATURES OF INSECTS IN THE PERIPHYTON OF FOREST-TUNDRA LAKES IN THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

*Tatyana A. Sharapova*¹, *Anastasia A. Gerasimova*²,
*Aleksey G. Gerasimov*³

^{1,2}*Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia*

³*Tyumen branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography, Tyumen, Russia*

¹*tshartum@mail.ru,*

²*nstya_vid@mail.ru*

³*g.aleksey72@gmail.com*

Abstract. An analysis of insects' taxonomic composition in the floodplain and non-floodplain lakes of the Yamal-Nenets Autonomous District forest-tundra zone was carried out. 82 species belonging to 6 orders have been identified. The highest species weald was noted in the family Chironomidae from the order Diptera. Several species were found in the study area for the first time.

Keywords: zooperiphyton, insects, Chironomidae, lakes, forest-tundra zone, Western Siberia.

Acknowledgements: The authors express their deep gratitude to the staff of the Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, senior researcher Ph.D. V.A. Glazunov and senior researcher Ph.D. S.A. Nikolaenko for their assistance in sampling. The research was funded by RFBR and Tyumen Region, project number 20-44-720008.

Citation: Sharapova T.A., Gerasimova A.A., Gerasimov A.G. Taxonomic composition and distribution features of insects in the periphyton of forest-tundra lakes in the Yamal-Nenets Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 27-38. Doi:10.26110/ARCTIC.2022.115.2.002

Введение

Личинки насекомых в гидробиоте водоемов и водотоков Западной Сибири играют огромную роль. В значительной степени их разнообразие и богатые количественные показатели связаны с химическими особенностями гидроэкосистем региона, поскольку экспериментальные и натурные исследования показали, что при низкой минерализации, характерной для вод севера Западной Сибири, наиболее благоприятные условия создаются для развития личинок насекомых [1, 2]. Наиболее длительно и в больших объемах изучались насекомые в зообентосе гидроэкосистем севера Западной Сибири [3–9]. Исследования гидробионтов зооперифитона проводились относительно недавно и имели меньшие масштабы [10–12]. Целью данной работы был анализ состава и распределения насекомых в перифитоне озер лесотундровой зоны ЯНАО.

Материалы и методы

Экспедиционные исследования зооперифитона пойменных и непойменных озер зоны лесотундры были проведены в 2013–2016 гг. Пробы отобраны в 24 озерах, расположенных между 66°01' и 68°28' с.ш., 67°31' и 78°50' в.д. на трех участках – западном (Приуральский район, Полуйский заказник и близлежащие территории), центральном (Пуровский район, окрестности пос. Самбург) и восточном (Тазовский район, окрестности пос. Тазовский и Газ-Сале). Зооперифитон отбирали прямым сбором с затопленной древесины и макрофитов, учитывая их площадь [12], с глубины 0,3–0,5 м. Все пробы фиксировали 4% раствором формальдегида. Обработка проб проведена в лабораторных условиях по стандартным методикам [12].

Результаты и обсуждение

В составе насекомых выявлено 82 таксона, включающих представителей отрядов Neuroptera, Megaloptera, Trichoptera, Coleoptera, Ephemeroptera и Diptera. Количество таксонов на разных участках лесотундровой зоны отличалось незначительно, не выявлено и закономерностей в распределении видового богатства насекомых между пойменными и непойменными озерами (Таблица 1). Расчет индекса видового сходства Серенсена показал его невысокие значения как между пойменными и непойменными озерами внутри каждого участка (45–60%), так и еще более низкие значения между сравниваемыми участками (36–46%). Наибольшее видовое богатство отмечено в семействе хирономид из отряда двукрылых. На западном участке они составляли 67% от общего ко-

личества видов насекомых, в озерах центрального участка – 75% и на восточном – 80%.

Таблица 1. Таксономический состав насекомых в зооперифитоне озер лесотундры ЯНАО

№	Таксоны	Приураль- ский район		Пуровский район		Тазовский район	
		1	2	1	2	1	2
Отряд Neuroptera							
1	<i>Sisyra terminalis</i> Curt.	-	-	-	+	-	-
2	<i>S. fuscata</i> (Fabr.)	-	-	-	-	-	+
Отряд Megaloptera							
3	<i>Sialis sordida</i> Klingstedt	-	-	+	-	-	+
Отряд Trichoptera							
4	<i>Cyrnus flavidus</i> McL.	-	+	-	-	-	-
5	<i>Plectrocnemia conspersa</i> (Curtis)	-	-	-	+	-	-
6	<i>Oxyethira costalis</i> Curt.	+	-	-	-	-	-
7	<i>Agraylea multipunctata</i> Curt.	+	-	-	-	+	+
8	<i>Micrasema gelidum</i> Machachlan	-	-	-	-	-	+
9	<i>Limnephilus borealis</i> (Zett.)	-	-	+	+	-	+
10	<i>L. bipunctatus</i> Curtis	-	-	-	-	-	+
11	<i>Athripsodes annulicornis</i> (Steph.)	-	-	-	-	+	-
12	<i>Athripsodes</i> sp.	+	-	-	-	-	-
13	<i>Ceraclea senilis</i> (Burmeister)	-	-	-	-	-	+
Отряд Coleoptera							
14	<i>Haliphus apicalis</i> Thomson	+	-	-	+	-	-
15	<i>Haliphus</i> sp.	-	-	-	-	+	+
16	<i>Gyrinus</i> sp.	-	-	-	-	+	-
17	Dityscidae	-	+	-	-	-	-
Отряд Ephemeroptera							
18	Baetidae juv.	-	+	-	-	-	-
19	<i>Baetis vernus</i> Curtis	-	-	-	+	-	-
20	<i>Cloen (Procloen) pennulatum</i> (Eaton)	-	-	-	+	-	-
21	<i>Caenis horaria</i> L.	+	-	-	-	-	-
22	<i>Paraleptophlebia submarginata</i> Steph.	-	+	-	-	-	-
Отряд Diptera							
Семейство Dixidae		+	-	-	-	-	-
23	<i>Dixella luctuosa</i> (Peus)	-	-	-	+	-	-

Продолжение таблицы 1

№	Таксоны	Приураль- ский район		Пуровский район		Газовский район	
		1	2	1	2	1	2
	Семейство Ceratopogonidae	+	+	+	+	+	+
	Семейство Chironomidae:						
	Подсемейство Tanypodinae						
24	<i>Ablabesmyia gr.monilis</i>	+	-	+	+	+	+
25	<i>Ablabesmyia lentiginosa</i> (Fries).	-	-	-	+	-	-
	Подсемейство Chironominae						
26	<i>Tanytarsus excavates</i> Edw.	+	-	-	-	-	+
27	<i>Tanytarsus sp.</i>	-	-	-	-	+	-
28	<i>Paratanytarsus quintuplex</i> Kieff.	+	+	-	+	-	+
29	<i>P.confusus</i> Palmen	-	-	-	-	+	+
30	<i>P.austriacus</i> Kieffer	-	-	-	-	+	+
31	<i>P.siderophila</i> (Zvereva)	-	-	-	+	-	-
32	<i>Cladotanytarsus sp.</i>	+	-	-	-	-	-
33	<i>Dicrotendipes nervosus</i> (Staeg.)	+	+	+	+	+	+
34	<i>D. tritonus</i> Kieff.	-	-	-	-	-	+
35	<i>Parachironomus arcuatus</i> Goetgh.	+	-	-	+	+	+
36	<i>P.kuzini</i> Shilova	-	-	-	-	+	+
37	<i>Endochironomus albipennis</i> (Meig.)	+	+	-	+	+	+
38	<i>E. impar</i> (Walk.)	-	+	+	+	-	-
39	<i>E.tendens</i> (Fabr.)	+	+	-	-	-	-
40	<i>Glyptotendipes barbipes</i> Staeg.	+	+	-	-	-	-
41	<i>G. viridis</i> Macquart	-	-	-	-	+	+
42	<i>G.glaucus</i> (Meigen)	+	-	+	+	+	+
43	<i>G. paripes</i> Edw.	-	-	-	+	-	-
44	<i>G. mancurianus</i> Edw.	-	-	+	+	-	-
45	<i>G.gripekoveni</i> (Kieff.)	-	-	-	-	-	+
46	<i>G. varipes</i> Goetgh.	-	-	-	-	-	+
47	<i>Polypedilum convictum</i> (Walker)	-	+	-	+	-	+
48	<i>P.tetracrenatum</i> Hirvenoja	-	-	-	-	+	-
49	<i>P. scalaenum</i> (Schrank)	-	+	-	-	-	+
50	<i>P.nubeculosum</i> (Meigen)	-	-	+	-	-	-
51	<i>Polypedilum (Pentapedilum) sordens</i> (Van der Wulp)	+	+	-	-	+	+
52	<i>Polypedilum (Pentapedilum) exectum</i> Kieff.	+	-	+	+	+	+
53	<i>Zavreliella marmorata</i> (Van der Wulp)	+	-	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1

№	Таксоны	Приураль- ский район		Пуровский район		Тазовский район	
		1	2	1	2	1	2
54	<i>Xenochironomus xenolabis</i> (Kieff.)	-	-	-	-	-	+
55	<i>Stenochironomus gibbus</i> (Fabr.)	+	-	-	+	+	+
56	<i>Microtendipes pedellus</i> (De Geer)	+	+	-	-	-	-
Подсемейство Diamesinae							
57	<i>Prodiamesa</i> sp.	+	-	-	-	-	-
58	<i>Potthastia campestris</i> (Edw.)	-	-	-	+	-	+
Подсемейство Ortocladiinae							
59	<i>Cricotopus algarum</i> Kieff.	+	+	-	+	+	+
60	<i>C.sylvestris</i> (Fabr.)	+	+	+	+	+	+
61	<i>C.bicinctus</i> Meigen	-	-	-	-	-	+
62	<i>Acricotopus lucens</i> Zett.	-	-	-	-	-	+
63	<i>Psectrocladius psilopterus</i> Kieff.	-	-	-	-	-	+
64	<i>P.septentrionalis</i> Tsh.	+	+	+	+	+	+
65	<i>P.dilatatus</i> Van der Wulp	-	+	-	+	-	-
66	<i>P.simulans</i> Johannsen	-	-	-	-	-	+
67	<i>Eukiefferiella similis</i> Goetgh.	-	-	-	-	-	+
68	<i>Eukiefferiella longicalcar</i> (Kieff.)	-	+	-	-	-	-
69	<i>E.longipes</i> Chernovskij	-	-	-	-	+	+
70	<i>Eukiefferiella</i> sp.	-	-	-	-	-	+
71	<i>Orthocladus consobrinus</i> (Holmgr.)	-	-	-	-	-	+
72	<i>Orthocladus frigidus</i> (Zetterstedt)	-	-	-	-	+	+
73	<i>O.thienemanni</i> Kieffer	-	-	-	+	-	-
74	<i>Trissocladus potamophilus</i> (Tshern.)	-	-	-	-	-	+
75	<i>Limnophyes prolongatus</i> Kieff.	-	-	-	+	+	+
76	<i>L.septentrionalis</i> Tshern.	-	-	+	+	-	-
77	<i>Limnophyes</i> sp.	-	-	-	+	-	+
78	<i>Synorthocladus semivirens</i> Kieff.	+	-	-	-	-	-
79	<i>Nanocladus bicolor</i> (Zett.)	-	-	-	+	-	-
80	<i>Thienemaniella clavicornis</i> Kieffer	+	-	-	+	+	+
81	<i>Corynoneura scutellata</i> Winner	-	-	-	-	+	-
82	<i>Corynoneura celeripes</i> Winner	-	-	+	+	+	+

Примечания: 1- пойменные озера, 2 – непойменные озера

Впервые на территории ЯНАО были найдены личинки отряда сетчатокрылых (Neuroptera) – *Sisyra terminalis* и *S. fuscata*. Вся жизнь этих личинок связана с пресноводными губками, они питаются их клетками [13–17]. И только в присутствии крупных колоний губок, найденных в Пуровском и Тазовском районах, были обнаружены эти виды. Личинки отряда большекрылых (Megaloptera) в перифитоне встречались единично. Отряд ручейников (Trichoptera) был представлен 10 видами, относящимися к 5 семействам. Наиболее интересны два вида – *Micrasema gelidum* и *Ceraclea senilis*, они отмечены в списках ручейников для Западной Сибири [18], но впервые найдены в зооперифитоне на территории ЯНАО. Личинки ручейника *Ceraclea senilis* входят в комплекс беспозвоночных, обитающих совместно с губками [13–17], они не только питаются клетками губок, но и используют спиккулы в построении домиков [19].

Отряд жесткокрылых (Coleoptera) был представлен единично встречающимися личинками и взрослыми жуками, часть экземпляров из-за мелких размеров была идентифицирована только до рода или семейства. Личинки, относящиеся к отряду поденок (Ephemeroptera), также были малочисленны, зарегистрированные виды относятся к обычным для района исследований. В отряде двукрылых (Diptera) было отмечено три семейства: – земноводные комары (Dixidae), встречались исключительно редко; – мокрецы (Ceratopogonidae), в зооперифитоне постоянно встречались мелкие молодые личинки, не определяемые из-за малых размеров; – хирономиды (Chironomidae).

Личинки хирономид представляют большой интерес как из-за высокого разнообразия видов – в районе исследований найдено 59 видов и форм, так и богатого количественного развития – в 53% проб личинки хирономид доминировали по биомассе [19]. Наибольшую биомассу создавали личинки родов *Endochironomus*, *Glyptotendipes*, а также *Dicrotendipes nervosus*, *Cricotopus sylvestris*, редко – *Stenochironomus gibbus*. Наибольшее видовое богатство отмечено в родах *Paratanytarsus*, *Glyptotendipes*, *Polypedilum*, *Psectrocladius*, *Eukiefferiella*. Впервые на этой территории в зооперифитоне отмечены виды *Zavreliella marmorata*, *Xenochironomus xenolabis*, *Stenochironomus gibbus* и *Synorthocladius semivirens*. Личинки *Xenochironomus xenolabis* входят в комплекс беспозвоночных, обитающих совместно с губками.

При сравнении таксономического состава зооперифитона озер лесотундры и южных тундр ЯНАО [11] можно отметить более высокое разнообразие насекомых в водоемах лесотундры как на видовом уровне, так и на уровне крупных таксонов. В наиболее богато представленном семействе хирономид при продвижении на север происходит изменение соотношения подсемейств, так в зоне лесотундры на подсемейство

хириноmid приходится 52% всех видов комаров-звонцов, а на подсемейство ортокладиин – 40%; в зоне южных тундр на первое место по количеству видов выходит подсемейство ортокладиин – 53%, хирономиды составляют 40%.

Заключение

В составе перифитона озер лесотундры ЯНАО найдено 82 вида насекомых, наиболее разнообразно было представлено семейство хирономид, в изученных озерах они составляли в среднем 72% от общего количества всех обнаруженных видов насекомых. Впервые на территории ЯНАО зарегистрированы виды насекомых из отрядов сетчатокрылых, ручейников и хирономид, личиночные стадии которых обитают на пресноводных губках. Между озерами различных типов и участками лесотундры (западный, центральный, восточный) в пределах района исследований значительных различий в количестве видов и таксонов более высокого ранга насекомых не выявлено. Видовое сходство между озерами различных типов и участками невысокое, что может свидетельствовать как о формировании различных комплексов, по причине варьирования комбинаций факторов среды, так и о недостаточной изученности. Для достижения ясности в этом вопросе необходимы дополнительные исследования.

Список источников

1. Березина Н.А. Влияние ионного состава воды на пресноводный макрозообентос в природных и экспериментальных условиях: автореф. дис...канд. биол.наук: Борок, 2000. 23 с.
2. Березина Н.А. Резистентность пресноводных беспозвоночных к изменению минерализации воды // Экология. 2003. № 4. С. 296–301.
3. Мартынов А.В. Trichoptera Ямалской Экспедиции Императорского Русского Географического Общества 1908 года подь руководствомъ Б.М. Житкова // Ежегодник Зоологического Музея Императорской Академіи Наукъ, т. XV, 1910. С. 334–349.
4. Бурмакин Е.В. Кормовые ресурсы Гыданского залива и близлежащих водоемов // Рыбы и рыболовство в бассейне Гыданского залива: Труды НИИ полярного земледелия, животноводства и промыслового хозяйства. Серия «Промысловое хозяйство». 1941. Вып. 15. Ленинград: Изд-во АН СССР. С. 159–177.
5. Иоффе Ц.И. Донная фауна Обь-Иртышского бассейна и ее рыбохозяйственное значение // Известия Всероссийского научно-исследовательского института озерного и речного рыбного хозяйства. 1947. Т. 25. Вып. 1. С. 113–160.
6. Польшский В.М. К лимнологии озер Гыданского полуострова // Изв. ГосНИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1971. Т. 75. С. 32–45.
7. Кузикова В.Б. Донные зооценозы Обской губы // Сборник научных трудов ГосНИИ озер. и реч. рыб. хоз-ва. 1989. Вып. 305. С. 66.

8. Степанов Л.Н. Зообентос водоемов и водотоков Среднего Ямала (бассейн Байдарацкой губы) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2008. Вып. 8(60). С. 60-75.
9. Ковешников М.И., Крылова Е.Н., Красненко А.С. Таксономический состав и пространственное распределение зообентоса в озере Большое Щучье (Полярный Урал) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2019. № 3. С. 10–16.
10. Шарапова Т.А. Фауна перифитона водотоков южной части Ямала // Природная среда Ямала, Т. 3. Тюмень: Институт проблем освоения Севера СО РАН, 2000. С. 73–88.
11. Шарапова Т.А., Абдуллина Г.Х. К изучению водных беспозвоночных южных тундр Западной Сибири // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтологии. 2004. № 5. С. 97–115.
12. Шарапова Т.А. Зооперифитон внутренних водоемов Западной Сибири. Новосибирск: Наука. 2007. 167 с.
13. Резвой П.Д. Губки // Фауна СССР. 1936. М.—Л.: Изд-во АН СССР. Т. 2. Вып. 2. 124 с.
14. Arndt W., Viets K. 1938. Die biologischen (parasitologischen) Beziehungen zwischen Arachnoideen und Spongien // Zeitschrift für Parasitenkunde. B. 10. S. 67–93.
15. Rintelen Kv., Rintelen Tv., Meixner M. et al. Freshwater shrimp–sponge association from an ancient lake // Biology Letters. 2007. V. 3. P. 262–264.
16. Roback S.S. Insects associated with the sponge *Spongilla fragilis* in the Savannah River // Notulae Naturae. 1968. V. 412. P. 1–10.
17. Steffan A.W. Ectosymbiosis in aquatic insects // Symbiosis. 1967. V. II. Ch. 4. New York: Academic Press. P. 207–289.
18. Ivanov V.D., Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity. Zoosymposia. 2011. 5: 171–209.
19. Шарапова Т.А., Герасимова А.А., Гонтарь В.И., Бабушкин Е.С., Глазунов В.А., Николаенко С.А., Герасимов А.Г. Таксономический и ценотический состав зооперифитона озер лесотундры (Западная Сибирь) // Биология внутренних вод. 2021. № 6. С. 586–596.

References

1. Berezina N.A. Influence of ionic composition of water on freshwater macrozoobenthos in natural and experimental conditions: Abstract of the PhD thesis: Borok, 2000. 23 p.
2. Berezina N.A. Resistance of freshwater invertebrates to changes in water mineralization // Ecology. 2003. №4. P. 296–301.
3. Martynov A.V. Trichoptera of Yamal Expedition of the Imperial Russian Geographical Society in 1908, under the guidance of B.M. Zhitkov // Yearbook of the Zoological Museum of the Imperial Academy of Sciences, Vol. XV, 1910. P. 334–349.
4. Burmakin E.V. Feed resources of the Gydan Bay and nearby reservoirs // Fish and fishing in the Gydan Bay basin: Proceedings of the Research Institute of Polar Agriculture, Animal Husbandry and Commercial Farming. The series “Commercial economy”. 1941. Issue 15. Leningrad: Academy of Sciences of USSR. P. 159–177.

5. Ioffe C.I. Bottom fauna of the Ob-Irtysch basin and its fishery significance // Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries. 1947. Vol. 25. Issue 1. P. 113–160.
6. Polymski V.M. To the limnology of the lakes of the Gydan Peninsula // Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries. 1971. Vol. 75. P. 32–45.
7. Kuzikova V.B. Bottom zoocenoses of the Ob Bay // Proceedings of the All-Russian Scientific Research Institute of Lake and River Fisheries. 1989. Vol. 305. P. 66.
8. Stepanov L.N. Zoobenthos of waterbodies and watercourses of Middle Yamal (Baydaratskaya Bay basin) // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2008. Issue 8(60). P. 60–75.
9. Koveshnikov M.I., Krylova E.N., Krasnenko A.S. Taxonomic composition and spatial distribution of zoobenthos in Bolshoe Shchuchye lake (Polar Urals) // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2019. №3. P. 10–16.
10. Sharapova T.A. Fauna of the periphyton of the watercourses of the southern part of Yamal // Natural environment of Yamal, Vol. 3. Tyumen: Institute of the Problems of Northern Development SB RAS, 2000. P. 73–88.
11. Sharapova T.A., Abdullina G.H. On the study of aquatic invertebrates of the southern tundra of Western Siberia // Bulletin of Ecology, Forestry and Landscape Science. 2004. № 5. P. 97–115.
12. Sharapova T.A. Zooperiphyton of West Siberian inland water bodies. Novosibirsk: Nauka. 2007. 167 p.
13. Rezvoi P.D. Sponges // Fauna of the USSR. 1936. Moscow–Leningrad: Academy of Sciences of USSR. Vol. 2. Issue 2. 124 p.
14. Arndt W., Viets K. Die biologischen (parasitologischen) Beziehungen zwischen Arachnoideen und Spongien // Zeitschrift für Parasitenkunde. 1938. B. 10. S. 67–93.
15. Rintelen Kv., Rintelen Tv., Meixner M. et al. Freshwater shrimp–sponge association from an ancient lake // Biology Letters. 2007. Vol. 3. P. 262–264.
16. Roback S.S. Insects associated with the sponge *Spongilla fragilis* in the Savannah River // Notulae Naturae. 1968. Vol. 412. P. 1–10.
17. Steffan A.W. Ectosymbiosis in aquatic insects // Symbiosis. 1967. Vol. II. Ch. 4. New York: Academic Press. P. 207–289.
18. Ivanov V.D. Caddisflies of Russia: Fauna and biodiversity. Zoosymposia. 2011. Vol. 5. P. 171–209.
19. Sharapova T.A., Gerasimova A.A., Gontar V.I., Babushkin E.S., Glazunov V.A., Nikolaenko S.A., Gerasimov A.G. 2021. Taxonomic and Community Composition of Zooperiphyton in Forest-Tundra Lakes (Western Siberia) // Inland Water Biology. Vol. 14(6). P. 586–596.

Сведения об авторах

Шарапова Татьяна Александровна, 1958 г.р., в 1981 г. окончила Тюменский государственный университет (ТюмГУ) по специальности «биология». В 1998 г. защитила кандидатскую диссертацию по специальности «гидро-биология». С 1993 г. работает в ФГБУН «Тюменский научный центр», подразделение «Институт проблем освоения Севера», старшим научным

сотрудником сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: гиробиология, зообентос и зооперифитон.

Герасимова Анастасия Андреевна, 1987 г.р., в 2008 г. окончила Тюменский государственный университет (ТюмГУ) по специальности «биология». В 2015 году защитила кандидатскую диссертацию по специальности «экология». С 2008 года работает в ФГБУН «Тюменский научный центр», подразделение «Институт проблем освоения Севера», научным сотрудником сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: гидробиология, зообентос и зооперифитон, развитие и распространение губок и мшанок.

Герасимов Алексей Геннадьевич, 1988 г.р., в 2010 г. окончил Тюменский государственный университет (ТюмГУ) по специальности «биология». С 2016 года работает в Тюменском филиале ФГБНУ «ВНИРО» главным специалистом лаборатории промысловых беспозвоночных. Область научных интересов: гидробиология, зообентос и зооперифитон, водные насекомые, популяционная экология.

Участие авторов

Шарапова Т.А. – концепция исследования, обработка гидробиологических проб, сбор литературных данных, написание и редактирование текста;

Герасимова А.А. – обработка гидробиологических проб, редактирование текста;

Герасимов А.Г. – определение Coleoptera, редактирование текста.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Tatyana Alexandrovna Sharapova, born in 1958, graduated from the Tyumen State University in 1981 with a degree in biology. In 1998 she defended her Ph.D. thesis on hydrobiology. Since 1993, she has been working at the Tyumen Scientific Center SB RAS, at the Institute of the Problems of Northern Development as a senior researcher of the Sector of Biodiversity and Natural Complexes Dynamics. Research interests: hydrobiology, zoobenthos and zooperiphyton.

Anastasiya Andreevna Gerasimova, born in 1987, graduated from the Tyumen State University in 2008 with a degree in biology. In 2015 she defended her Ph.D. thesis on ecology. Since 2008, she has been working at the Tyumen Scientific Center SB RAS, at the Institute of the Problems of Northern Development as a researcher of the Sector of Biodiversity and Natural Complexes Dynamics.

Research interests: hydrobiology, zoobenthos and zooperiphyton, development and distribution of sponges and bryozoans.

Aleksey Gennadievich Gerasimov, born in 1988, graduated from the Tyumen State University in 2010 with a degree in biology. Since 2016, he has been working at the Tyumen branch of the Russian Federal Research Institute of Fisheries and Oceanography as a chief specialist of the laboratory of commercial invertebrates. Research interests: hydrobiology, zoobenthos and zooperiphyton, aquatic insects, population ecology.

Authors Contribution

Sharapova T.A. – the concept of the study, processing of hydrobiological samples, collection of literature data, writing and editing the text;

Gerasimova A.A. – processing of hydrobiological samples, text editing;

Gerasimov A.G. – Coleoptera definition, text editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 18.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 18, 2022, accepted for publication on July 19, 2022

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 39-56.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 39-56.

ЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 581.524; 574.42

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

МОНИТОРИНГ БИОРАЗНООБРАЗИЯ И СОСТОЯНИЯ ЛЕСА В 2001-2021 ГГ. НА ПОДТАЁЖНОМ БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКОМ ПОЛИГОНЕ «КУЧАК» (ТЮМЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Казанцева Мария Николаевна¹, Арефьев Станислав Павлович², Гашев Сергей Николаевич³, Левых Алёна Юрьевна⁴

^{1,2}*Институт проблем освоения Севера ТюмНЦ СО РАН, Тюмень, Россия*

³*Тюменский государственный университет, Тюмень, Россия*

⁴*Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия*

¹*Kazantseva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1227-6720>*

²*sp_arefyev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>*

³*gsn-61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5774-0427>*

⁴*aljurlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1749-0806>*

Аннотация. Представлены результаты многолетних исследований (2001-2021 гг.) лесного биоценоза на подтаёжном полигоне «Кучак» в Тюменской области. Приведены данные по динамике состояния и биологического разнообразия растительного покрова, сообществ грибов и наземных позвоночных животных. Проанализировано влияние на нее погоднo-климатических условий отдельных лет, сезонов и многолетних климатических трендов, связанных с глобальными процессами. В целом за период наблюдений отмечается усиление ксерофильности лесной биоты полигона.

Ключевые слова: Тюменская область, подтайга, лесной биоценоз, экологический мониторинг, биоразнообразие.

Цитирование: М.Н. Казанцева, С.П. Арефьев, С.Н. Гашев, А.Ю. Левых. Мониторинг биоразнообразия и состояния леса в 2001-2021 гг. на подтаёжном биогeоцeнотическом полигоне «Кучак» (Тюменская

область) // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 39-56. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

Original article

MONITORING OF BIODIVERSITY AND FOREST CONDITION AT THE KUCHAK SUB-TAIGA BIOGEOCENOTIC TEST SITE (TYUMEN REGION) IN 2001-2021

Mariya N. Kazantseva¹, Stanislav P. Arefyev², Sergei N. Gashev³, Alyona Yu. Levykh⁴

^{1,2}Institute of the problems of Northern development of the Tyumen Scientific Center SB RAS, Tyumen, Russia

³University of Tyumen, Russia

⁴Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹Kazantseva@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1227-6720>

²sp_arefyev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-8621-9884>

³gsn-61@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-5774-0427>

⁴aljurlev@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-1749-0806>

Abstract. The article presents the results of long-term studies (2001-2021) of forest biocenosis at the Kuchak sub-taiga test site in the Tyumen region. Data on the dynamics of the state and biological diversity of vegetation cover, fungal communities and terrestrial vertebrates are presented. The influence of weather conditions of certain seasons and global climate trends on biodiversity is analyzed. In general, during the observation period, an increase in the xerophilicity of the biota of the forest biocenosis is noted.

Keywords: Tyumen region, sub-taiga, forest biocenosis, ecological monitoring, biodiversity.

Citation: M.N. Kazantseva, S.P. Arefyev, S.N. Gashev, A.Yu. Levykh. Monitoring of biodiversity and forest condition at the Kuchak sub-taiga biogeocenotic test site (Tyumen region) in 2001-2021 // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). N 2. P. 39-56. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.003

Введение

Показатели биологического разнообразия традиционно и вполне справедливо считаются одними из базовых при проведении экологического мониторинга. Они тесно связаны с устойчивостью и стабильностью экосистем, являются «исходными» при проведении натуральных исследований и поэтому содержат минимальный «шум», обусловленный возможными ошибками при углубленном анализе первичных данных. В 2000 г. по заказу департамента недропользования и экологии администрации Тюменской области нами разработана «Методика регионального экологического мониторинга», которая была одобрена Министерством природных ресурсов РФ и рекомендована для производственной проверки и внедрения. По этой методике в 2001 г. в г. Тюмени создана сеть постоянных пробных площадей регионального экологического мониторинга с целью изучения влияния факторов урбанизации на биотические сообщества лесопарков и парковых зон [1]. В качестве контроля в рамках этих работ была заложена постоянная пробная площадь на не подверженном антропогенному воздействию биогеоценотическом полигоне «Кучак» в 50 км к северо-востоку от г. Тюмени. Площадь рассматривалась также как ключевой полигон для изучения естественных (в том числе климатогенных) процессов развития лесного биоценоза, представленного одним из наиболее типичных зональных вариантов сосновых лесов подтайги Западной Сибири в пределах Тюменской области.

Целью настоящего исследования является оценка многолетних изменений биологического разнообразия и состояния подтаёжных сосновых лесов юга Тюменской области в связи с изменением климата на примере биогеоценотического полигона «Кучак».

Материалы и методы

Постоянная пробная площадь (ПП) на биогеоценотическом полигоне «Кучак» заложена в 2001 г. в сосняке травяно-кустарничковом (57°22'41" N, 66°02'59" E). Леса этого типа имеют широкое распространение в подтайге Западной Сибири, являясь одним из зональных элементов лесной растительности. Размер ПП составляет 1/4 га (50×50 м). Работы по изучению видового состава и состояния лесной биоты (включая растения, грибы и позвоночных животных) на полигоне проводились с 2001 по 2021 гг. По данным ближайшей метеостанции Тюмень [2], за этот период среднегодовая температура воздуха в целом увеличилась на 0,6°C, а количество осадков уменьшилось на 94 мм (рис. 1), то есть рассматриваемые изменения биоты могут быть связаны с этими климатическими трендами.

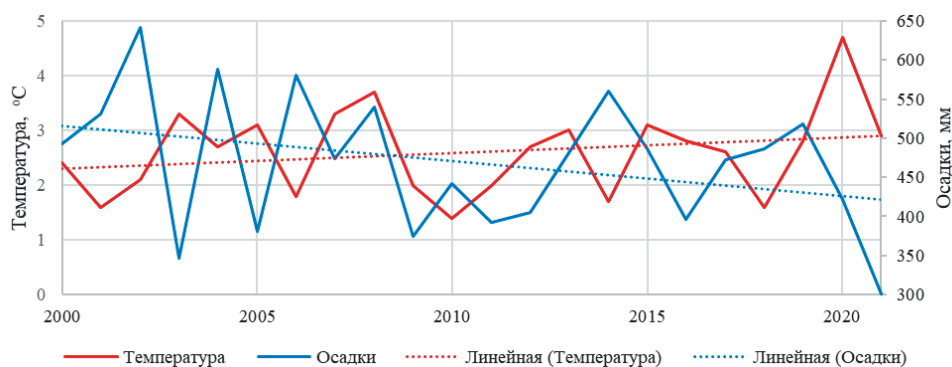


Рис. 1. Изменение годовых показателей температуры воздуха и количества осадков по метеостанции Тюмень (с трендами)

При закладке ПП на ней был проведён полный перечёт древостоя и определены его таксационные показатели [3-4]. Каждому дереву присвоен номер, составлена схема размещения деревьев. Повторные обследования древостоя проводили в 2012 и 2021 гг.

За ряд лет сделаны сплошные учёты состава и обилия дереворазрушающих грибов (афиллофороидных макромицетов, разрушающих основной пул древесного отпада). Анализ грибного сообщества проведён с использованием матрицы *Betula*-комплекса афиллофороидных грибов [5], где каждый вид координирован в системе экологических факторов (состояние субстрата, гидротермический режим, сукцессия).

Описание травянистой растительности осуществлялось в соответствии с общепринятыми геоботаническими методами [6] на 5 постоянных учётных площадках размером 10×10 м. Для более полного выявления флористического состава дополнительно проводились маршрутные учёты.

Сообщества наземных позвоночных изучались общепринятыми методами: на пробных площадках и учётных маршрутах [7-9].

Статистическая обработка полученных данных проведена с использованием программ Microsoft Excel и STATAN-64.

Результаты и обсуждение

Динамика состояния древостоя

Древесная растительность в лесном биоценозе имеет важнейшее эдификаторное значение, определяя его структурные и функциональные особенности. Изменения, происходящие в составе и состоянии древесного яруса, неизбежно приводят к перестройкам всех компонентов биоценоза.

В год закладки ПП с лесоводственных позиций насаждение на ней было определено как сосняк травяно-кустарничковый, II класса бонитета, приспевающий, высокополнотный. В составе древостоя помимо главной лесообразующей хвойной породы *Pinus sylvestris* L. присутствовали также мелколиственные – *Betula pendula* Roth и *Populus tremula* L. За период наблюдений насаждение перешло в статус спелого. Роль лиственных пород усилилась за счёт частичной гибели сосны. Развитие леса сопровождалось увеличением средних морфометрических показателей деревьев (табл. 1). Средняя высота древостоя за 20 лет увеличилась на 8,5 м, средний диаметр – на 9,1 см, объём стволовой древесины (запас) вырос в 1,9 раза. Класс бонитета уже к 2012 г. сменился на I.

За рассматриваемый период в насаждении существенно увеличилось количество погибших деревьев (рис. 2). В 2021 году на долю сухостоя и валежника пришлось более четверти от общего первоначального числа стволов. В эту категорию в основном перешли деревья сосны низших классов роста. Несмотря на большой процент отпада, прирост здоровых деревьев обеспечил сохранение высокой полноты насаждения.

Таблица 1. Таксационная характеристика древостоя на пробной площади по годам

Показатели	2001 г.	2012 г.	2021 г.
Состав древостоя	9С1Б+Ос	8С1Б1Ос	7С2Б1Ос
Возраст деревьев, лет	68	79	88
Число деревьев, шт./га	748	676	560
Средний диаметр ствола, см	24,2	28,7	33,3
Средняя высота ствола, м	18,8	24,1	27,3
Средний диаметр кроны, м	2,1	2,8	3,8
Полнота	1,0	1,2	1,3
Запас, куб. м./га	301,7	448,2	561,7
Бонитет, класс	II	I	I

Примечание: С – сосна, Б – береза, Ос – осина; знаком «+» в формуле древостоя отмечаются отдельно стоящие растения, представленность которых на пробной площади не достигает 10%.

В 2021 г. отмечена гибель нескольких деревьев сосны первой величины в результате поражения стволовыми вредителями, что может свидетельствовать об ухудшении лесорастительных условий, ослаблении

деревьев и снижении их способности сопротивляться негативным факторам внешнего воздействия. Возможной причиной этого могут быть наблюдаемые процессы аридизации климата, последствия которых особенно выражены в подзоне подтайги на южной границе распространения лесной растительности.

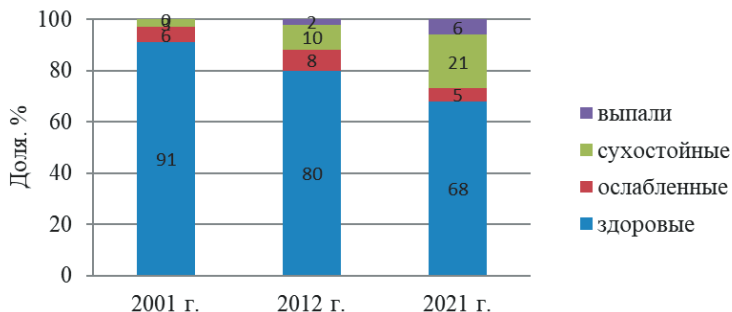


Рис. 2. Распределение деревьев на пробной площади по категориям состояния в годы обследования

За 20 лет из состава древостоя выпало 12 деревьев. В результате этого, а также за счёт разрушения крон сухостойных деревьев и частичной их дефолиации у ослабленных экземпляров, на отдельных участках ПП произошло разрежение лесного полога, и, как следствие, увеличение освещённости нижних ярусов леса.

Мониторинг разнообразия и состояния грибной биоты

Грибы являются неотъемлемой частью биогеоценозов, выполняя в ней не только свою основную функцию редукации мёртвого органического вещества, но и функцию регулятора их состава и структуры. В свою очередь, видовой состав и структура микоценоза проявляют большую чувствительность к изменениям состояния внешней среды и биоты [10]. Плодовые тела афиллофороидных грибов хорошо сохраняются в зимнее время, поэтому весной 2001 г. был зафиксирован ксиломиценоз генерации 2000 г. За период с 2001 по 2021 гг. на полигоне проведено 6 учётов грибов.

В общей сложности учтено 207 особей 47 видов афиллофоровых грибов (рис. 3). Их состав представлен широко распространёнными бореальными и лесостепными видами, характерными для юга Западной Сибири. Хотя древостой является почти чистым сосняком с небольшим участием лиственных пород, на сосне отмечено только 6 видов (20 особей) грибов, на берёзе – 24 (72), на осине – 15 (51), на иве – 12 (58); на рябине грибы отмечены с 2014 г. – 3 (6).

Видовое разнообразие и обилие грибов на ПП существенно изменялось по годам. При увеличении общего обилия грибов число их видов

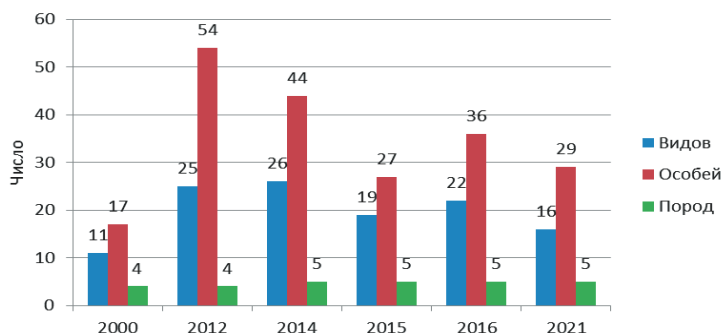


Рис. 3. Изменение видового разнообразия и обилия дереворазрушающих грибов на полигоне «Кучак» в период с 2000 по 2021 г.

возрастало ($R=0,92$). Наименьшие показатели были отмечены в 2000 г. (17 особей 11 видов). Наибольшие показатели (54 особи 25 видов) отмечены в засушливо-жарких пожароопасных условиях 2012 г. (после также сухого 2011 г.). Судя по индикаторной подсистеме грибов *Betula*-комплекса, к 2012 г. доля засухоустойчивых видов (*Daedaleopsis tricolor* (Bull.) Bondartsev & Singer, *Plicaturopsis crispa* (Pers.) D.A. Reid, *Picipes badius* (Pers.) Zmitr. & Kovalenko и др.) увеличилась на 12% (рис. 4), доля грибов, характерных для сомкнутых лесов (*Fomitopsis betulina* (Bull.) B.K. Cui, M.L. Han & Y.C. Dai и др.) уменьшилась на 12%. Появились и составили 25% ксиломиценоза грибы, характерные для усыхающих нарушенных древостоев (*Irpex lacteus* (Fr.) Fr., *Metuloidea murashkinskyi* (Burt) Miettinen & Spirin, *Phlebia tremellosa* (Schrad.) Nakasone & Burds. и др.) (рис. 5).

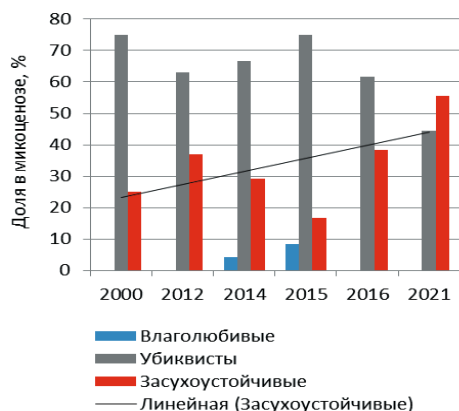


Рис. 4. Изменение численной доли грибов-индикаторов гидротермического режима на полигоне «Кучак» (в *Betula*-комплексе)

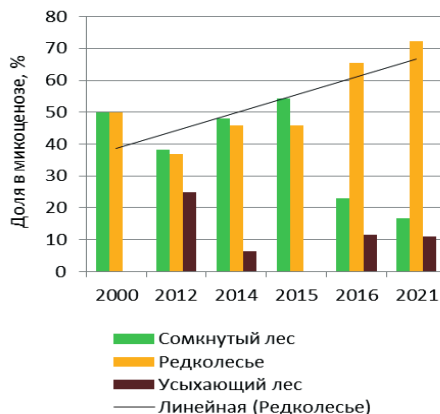


Рис. 5. Изменение численной доли грибов-индикаторов состояния леса на полигоне «Кучак» (в *Betula*-комплексе)

В аномально холодном и влажном 2014 г. обилие грибов, напротив, заметно уменьшилось, а число видов увеличилось с 25 до максимального за весь период значения 26. На 8% уменьшилась доля засухоустойчивых лесостепных грибов, на 19% – доля грибов, индицирующих усыхание древостоя, впервые появился влаголюбивый гриб *Antrodiella semisupina* (Berk. & M.A. Curtis) Ryvarden (рис. 4, 5). В следующий, средний по климатическим условиям 2015 г., по сравнению с 2012 г. обилие грибов сократилось в 2 раза, число видов – на четверть. Доля засухоустойчивых лесостепных видов достигла минимума за период наблюдений (17%), исчезли виды, характерные для усыхающих древостоев, напротив, доля лесных видов достигла максимума в 54%.

В жаркий засушливый 2016 г. разнообразие и обилие грибов увеличились по сравнению с 2015 г., хотя и в меньшей степени, чем в 2012 г. Более существенные изменения произошли в индикаторном *Betula*-комплексе: доля лесных грибов снизилась до 23%, а доля грибов редколесий увеличилась до 65%; в два раза увеличилась доля засухоустойчивых грибов, вновь появились грибы, индицирующие усыхание древостоя (12%).

В засушливый маловодный 2021 г. видовое разнообразие (16) и обилие (29) грибов оказалось сравнительно невелико, но усилились изменения структуры ксилмикобиоты в тенденции 2016 г. Доля лесных грибов уменьшилась до минимума (17%), доля грибов, характерных для редколесий (72%), и засухоустойчивых грибов (56%) достигла максимума, сохранили свои позиции грибы-индикаторы усыхания древостоя (11%). Таким образом, в 2021 году структура изучаемого подтаёжного ксилмикоченоза соответствовала таковой для лесостепной зоны.

В целом за период наблюдений произошло усиление ксерофильности биоты дереворазрушающих грибов и индицируемое ею ослабление лесной среды, что подтверждает наши предыдущие оценки [11]. Наибольшее разнообразие и обилие грибов фиксируется в годы с неблагоприятными климатическими условиями (засуха 2012 г.). Это связано со спецификой дереворазрушающих грибов как биологических деструкторов, получающих наибольшее развитие на отпаде при ухудшении лесорастительных условий в ходе климатогенной трансформации лесных экосистем.

Состояние и разнообразие живого напочвенного покрова

Описание растительности нижних ярусов лесного фитоценоза в течение периода наблюдений проводилось 4 раза (2001, 2012, 2015, 2021 гг.).

Живой напочвенный покров на ПП отличается хорошим развитием. Общее проективное покрытие травяно-кустарничковой растительностью

и видовая насыщенность высокие и по годам варьируют слабо (табл. 2). Отмечена тенденция увеличения проективного покрытия после 2012 г., что связано с разрастанием по площади некоторых доминирующих лесных видов: *Pteridium aquilinum* (L.) Kuhn, *Calamagrostis arundinacea* (L.) Roth, *Vaccinium myrtillus* L., *Vaccinium vitis-idaea* L.

Таблица 2. Показатели живого напочвенного покрова на пробной площади по годам

Показатели	2001 г.	2012 г.	2015 г.	2021 г.	CV, %
Проективное покрытие, %	86,0 ± 9,5	84,4 ± 7,1	95,0 ± 1,6	94,0 ± 1,9	6,0
Насыщенность, видов /уч. пл.	19,2 ± 3,6	22,8 ± 4,1	22,6 ± 3,9	23,6 ± 1,8	9,3

Примечание: средние значения показателей приводятся со статистической ошибкой; CV – коэффициент вариации показателя по годам, %.

В составе травяно-кустарничкового яруса за всё время наблюдений было отмечено 79 видов сосудистых растений, принадлежащих к 64 родам и 30 семействам. Данные по годам приводятся на рисунке 6. В 2012 г. видовое богатство было максимальным, в дальнейшем отмечается его постепенное снижение.

Список ведущих семейств стабильно включает в себя семь основных таксонов: Poaceae, Rurolaceae, Ericaceae, Rosaceae Fabaceae, Ariaceae, Asteraceae. На эти семейства приходится более 63% от общего флористического списка во все годы исследований.

Состав видов живого напочвенного покрова ПП различается по годам наблюдений. Флористическое сходство относительно 2001 г. постепенно снижается (табл. 3), что указывает на направленные перестройки в видовой структуре фитоценоза. Об этом же свидетельствуют и изменения, происходящие в соотношении групп растений, относящихся к различным широтным географическим элементам флоры (рис. 7).

В 2012 г. отмечено существенное снижение доли бореальной группы растений (на 14%) по сравнению с 2001 годом. При этом в составе сообщества возросла роль неморальных и лесостепных видов, оказавшихся в более оптимальных погодно-климатических условиях и реализующих свое конкурентное преимущество.

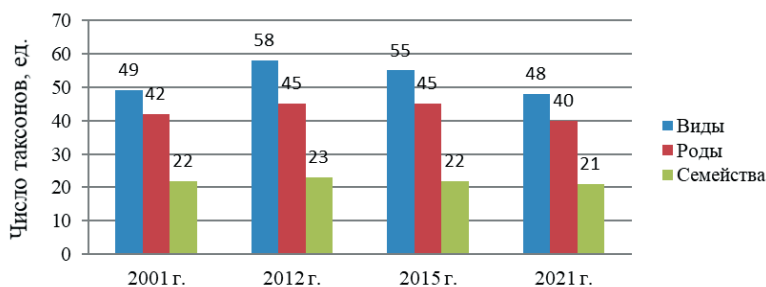


Рис. 6. Таксономическое богатство живого напочвенного покрова пробной площади «Кучак» по годам наблюдений

Такое соотношение широтных групп в фитоценозе в основном сохраняется на протяжении последующих лет наблюдений, что можно рассматривать, как следствие происходящих климатических изменений. Если виды неморальной группы реагируют в первую очередь на потепление климата, то лесостепные также и на увеличение его сухости.

Таблица 3. Флористическое сходство живого напочвенного покрова на пробной площади в годы исследования (по Серенсону-Чекановскому), %

Год	2001	2012	2015	2021
2001	-	74,8	75,0	66,0
2012	-	-	71,8	78,2
2015	-	-	-	81,6

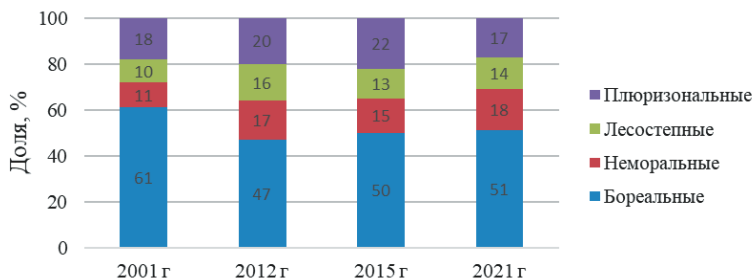


Рис. 7. Таксономическое богатство живого напочвенного покрова пробной площади «Кучак» по годам наблюдений

Наземные позвоночные животные

Сообщества наземных позвоночных исследуемого участка в три исследованных периода (2001, 2010 и 2021 гг.) представлены видами из 4 классов (Amphibia, Reptilia, Aves и Mammalia), однако из первых двух отмечено лишь по одному виду – *Rana arvalis* Nilsson, 1842 и *Zootoca vivipara*

Lichtenstein, 1823 соответственно. При этом вид *R. arvalis* встречался только в 2001 и 2010 гг. в количестве 3 и 1 особи на 1 км маршрута. Вид *Z. vivipara* встречался в течение всех периодов наблюдения с обилием 1, 2 и 4 особи на 1 км маршрута соответственно. Наблюдаемая динамика встречаемости амфибий и рептилий свидетельствует о снижении доли влаголюбивых и увеличении доли ксерофильных видов герпетофауны.

Сообщества птиц и млекопитающих представлены в целом за три года соответственно 27 и 12 видами. В течение всего срока исследований число зарегистрированных видов обоих классов постепенно снижалось (рис. 1). Эта динамика наблюдалась на фоне закономерного снижения относительного обилия как птиц (с 291 до 92 эк./км²), так и млекопитающих (с 18,6 до 9,5 экз./100 лов.-суток). При этом в сообществе птиц понижалась доля растительноядных видов, а всеядные встречались только в 2001 г. (рис. 1 А). Однако наблюдается обратная картина при смене доминирующих по численности видов с *Sylvia borin* Boddaert, 1783 и *Phylloscopus trochiloides* Sundevall, 1837 на *Fringilla coelebs* L., 1758. Это, на наш взгляд, может быть следствием осветления подпологового пространства в результате дефолиации крон и частичной гибели деревьев. Как следствие, наблюдается увеличение видового спектра насекомых при снижении обилия влаго- и тенелюбивых видов (например, Culicidae и др.).

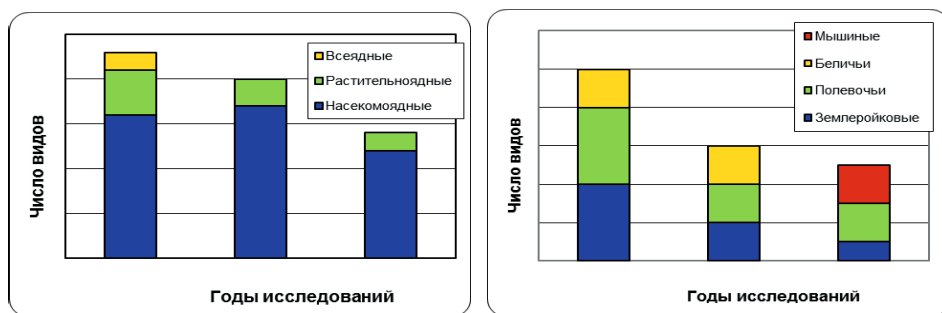


Рис. 8. Динамика соотношения числа видов в экологических группах птиц (А) и семействах млекопитающих (Б) на исследуемом участке

В сообществе млекопитающих отмечено сокращение количества видов семейства Soricidae (с 4 до 1 наиболее экологически пластичного вида *Sorex araneus* L., 1758) и в меньшей степени Arvicolidae на фоне исчезновения видов семейства Sciuridae и появления ранее отсутствующих видов Muridae (рис. 1 Б). В свою очередь, среди полёвок исчезли представители серых полёвок рода *Microtus*, а среди лесных полёвок рода *Clethrionomys* вдвое выросло доминирование более ксерофильной *Clethrionomys rutilus* Pallas, 1779 по сравнению с *Clethrionomys glareolus* Schreber, 1780. Все это также может свидетельствовать о ксерофитизации местообитаний наземных по-

звоночных [12]. Естественно, что эти динамические процессы не могли не найти отражения и в показателях биологического разнообразия (табл. 4).

Таблица 4. Показатели биологического разнообразия сообществ наземных позвоночных (птиц/млекопитающих) в разные годы исследований

Показатель биоразнообразия	2001	2012	2021
Индекс видового богатства Маргалефа (R)	8,93 / 7,09	9,00 / 4,20	6,62 / 4,09
Индекс видового разнообразия Шеннона (H)*	3,71 / 2,35	3,79 / 2,21	3,10 / 2,04
Величина предельного хаоса	4,52 / 3,32	4,32 / 2,58	3,81 / 2,32
Индекс видового разнообразия Симпсона (D)	0,91 / 0,74	0,91 / 0,75	0,85 / 0,72
Индекс доминирования Симпсона (C)	0,095 / 0,26	0,094 / 0,25	0,150 / 0,28
Индекс Животовского	16,02 / 6,62	16,48 / 5,21	10,69 / 4,50
Доля редких видов	0,30 / 0,34	0,18 / 0,13	0,24 / 0,10
Резистентная устойчивость (UR)	1,32 / 1,18	1,32 / 1,56	1,40 / 1,52
Упругая устойчивость (UU)	22,97 / 8,16	22,97 / 8,67	15,94 / 7,22

Примечание: * – Обычно эмпирические значения индекса видового разнообразия Шеннона (H) не превышают 6,64.

Анализ таблицы свидетельствует в целом о снижении с 2001 по 2021 гг. показателей разнообразия в сообществах птиц и мелких млекопитающих: индексов видового богатства, видового разнообразия Шеннона и Симпсона, Животовского, доли редких видов, величины предельного хаоса на фоне повышения индекса доминирования Симпсона. В то же время у птиц и млекопитающих изменения разнообразия выражены по-разному. У птиц в период с 2001 по 2012 гг. наблюдается незначительное понижение отдельных показателей разнообразия – величины предельного хаоса, индекса Животовского, в том числе и индекса доминирования Симпсона, в то время как остальные параметры незначительно повышаются или остаются неизменными. Значимо снижается лишь доля редких видов. В период с 2012 по 2021 гг. все показатели разнообразия резко сокращаются на фоне существенного повышения индекса доминирования Симпсона и доли редких видов.

У млекопитающих все показатели разнообразия, за исключением индекса видового разнообразия Симпсона, понижаются в течение всего периода наблюдений. При этом более резкие изменения отмечены в период с 2001 по 2012 гг. Индекс видового разнообразия Симпсона в течение всего периода изменяется незначительно.

В обеих группах высших позвоночных за период исследований отмечается увеличение показателя резистентной устойчивости, что характерно для

нарушенных экосистем, и, наоборот, снижение показателя упругой устойчивости, более высокие значения которого отмечаются в естественных сообществах [13, 14]. В сообществе птиц показатели устойчивости изменяются лишь в последние 10 лет, из двух показателей наиболее значимо изменение упругой составляющей (UR увеличивается в 1,06 раза; UU уменьшается в 1,44 раза). В сообществе млекопитающих изменения показателей устойчивости разнонаправлены в разные периоды наблюдений – с 2001 по 2012 гг. оба показателя увеличиваются (более выражено увеличение резистентной составляющей – в 1,32 раза), с 2012 по 2021 гг. оба показателя уменьшаются (более значимо снижение упругой составляющей – в 1,2 раза).

Некоторое отставание в изменении показателей разнообразия и устойчивости сообществ птиц по сравнению с мелкими млекопитающими, вероятно, можно объяснить тем, что в силу эколого-биологических особенностей авифауна более чувствительна к изменению структуры растительности, а териофауна – к изменению микроклимата.

Заключение

На основании данных 20-летних наблюдений на подтаёжном полигоне «Кучак» можно заключить, что состояние лесного биоценоза – сосняка травяно-кустарничкового и динамика видового разнообразия отдельных групп организмов в значительной степени определялись погодными условиями конкретного года, вегетационного сезона, а также многолетними климатическими трендами, связанными с глобальными процессами.

За период наблюдений выявлены многолетние направленные изменения фитоценоза – частичное разрежение лесного полога вследствие отпада хвойных деревьев; увеличение доли лиственных пород; уменьшение видового богатства, сокращение доли бореальных и увеличение доли неморальных и лесостепных видов растений травяно-кустарничкового яруса; увеличение проективного покрытия доминирующих видов трав и кустарничков. Они во многом определили структурно-функциональные изменения других компонентов биоценоза.

В сообществе дереворазрушающих грибов отмечены существенные перестройки таксономической и экологической структуры по годам в зависимости от климатических условий конкретного сезона; увеличение в течение всего периода наблюдений доли засухоустойчивых грибов; увеличение в засушливые годы доли грибов – индикаторов редколесий; выявлено приближение структуры изучаемого подтаёжного ксиломиценоза к структуре микобиоты лесостепной зоны.

В населении позвоночных животных отмечены снижение обилия влаголюбивых и увеличение обилия ксерофильных видов герпетофауны; из-

менение таксономической и экологической структуры орнитоценозов и микротериоценозов, в т.ч. смена доминирующих видов; сокращение количества видов, общего обилия и интегральных показателей разнообразия птиц и млекопитающих на фоне усиления доминирования отдельных видов; повышение показателя резистентной устойчивости, индицирующего изменение сообществ и экосистем, и понижение показателя упругой устойчивости, индицирующего относительную стабильность экосистем. Некоторое отставание в изменении показателей разнообразия и устойчивости сообществ птиц по сравнению с мелкими млекопитающими позволяет считать, что авифауна более чувствительна к изменению структуры растительности, а териофауна — к изменению микроклимата.

В целом за 20-летний период наблюдений на подтаежном биогеоэкологическом полигоне «Кучак» отмечено усиление ксерофильности лесной биоты.

Работа выполнена в рамках госзадания:

проект № АААА-А17-117050400146-5 НИР ТюмНЦ СО РАН

Список источников

1. Начальный этап мониторинга экосистем г. Тюмени и его пригородной зоны / С.Н. Гашев, О.А. Алешина, С.П. Арефьев [и др.] // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. — 2002. — № 3. — С. 11–23.
2. Погода и климат. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28367> (дата обращения 25.03.2022 г.).
3. Анучин Н.П. Лесная таксация / Н.П. Анучин. — Москва: Лесная промышленность, 1982. — 552 с.
4. Грошев Б.И. Лесотаксационный справочник / Б.И. Грошев, П.И. Мороз, И.П. Сеперович [и др.]. — Москва: Лесная промышленность, 1973. — 208 с.
5. Арефьев С.П. Системный анализ биоты дереворазрушающих грибов / С.П. Арефьев. — Новосибирск: Наука, 2010. — 260 с.
6. Понятовская В.М. Учёт обилия и особенности размещения видов в естественных растительных сообществах / В.М. Понятовская // Полевая геоботаника. — Москва-Ленинград: Наука, 1964. — Т.3. — С. 209–289.
7. Равкин Ю.С. К методике учёта птиц в лесных ландшафтах / Ю.С. Равкин // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. — Новосибирск: Наука, 1967. — С. 66-75.
8. Кучерук В.В., Никитина Н.А. Основные задачи и итоги мечения млекопитающих в СССР / В.В. Кучерук, Н.А. Никитина // Итоги мечения млекопитающих. — Наука: Москва, 1980. — 259 с.
9. Гашев С.Н. Методика комплексной оценки состояния сообществ и популяций доминирующих видов или видов-индикаторов мелких млекопитающих, амфибий и рыб: методические указания / С.Н. Гашев. — Тюмень: ТюмГУ, 2005. — 95 с.

10. Бурова Л.Г. Экология грибов макромицетов / Л.Г. Бурова. — Москва: Наука, 1986. — 223 с.
11. Арефьев С.П., Казанцева М.Н. Изменение структуры сообществ ксилотрофных афиллофороидных грибов в системе комплексного экологического мониторинга г. Тюмени / С.П. Арефьев, М.Н. Казанцева // Микология и фитопатология. — 2016. — Т. 50. — № 1. — С. 5-13.
12. Гашев С.Н. Влияние нефтяного загрязнения на фауну и экологию мелких млекопитающих Среднего Приобья: автореф. дисс. ... канд. биол. наук / С.Н. Гашев. — Свердловск: ИЭРИЖ УрО АН СССР, 1991. — 26 с.
13. Гашев С.Н. Млекопитающие в системе экологического мониторинга / С.Н. Гашев. — Тюмень: ТюмГУ, 2000. — 220 с.
14. Гашев С.Н. Конспекты лекций по системной экологии: учебное пособие / С.Н. Гашев. — Тюмень: ТюмГУ, 2007. — 212 с.

References

1. The initial stage of monitoring of ecosystems in Tyumen and its suburban area / S.N. Gashev, O.A. Aleshina, S.P. Arefiev [et al.] // Bulletin of Ecology, Forestry and Landscape Science. — 2002. — № 3. — P. 11-23. [In Russian]
2. Weather and climate. — URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/monitor.php?id=28367> (accessed 25.03.2022).
3. Anuchin N.P. Forest taxation / N.P. Anuchin. — Moscow: Forest Industry, 1982. — 552 p. [In Russian]
4. Groshev B.I. Forest taxation handbook / B.I. Groshev, P.I. Moroz, I.P. Seperovich [et al]. — Moscow: Forest Industry, 1973. — 208 p. [In Russian]
5. Arefyev S.P. Systemic analysis of lignicolous mycobiota / S.P. Arefyev. — Novosibirsk: Nauka, 2010. — 260 p. [In Russian]
6. Poniatovskaya V.M. Accounting abundance and peculiarities of species distribution in natural plant communities / V.M. Poniatovskaya // Field Geobotany. — Moscow-Leningrad: Nauka, 1964. — Vol.3. — P. 209-289. [In Russian]
7. Ravkin Y.S. To the method of counting birds in forest landscapes / Y.S. Ravkin // Nature of foci of tick-borne encephalitis in Altai. — Novosibirsk: Nauka, 1967. — P. 66-75. [In Russian]
8. Kucheruk V.V., Nikitina N.A. Main tasks and results of tagging of mammals in the USSR / V.V. Kucheruk, N.A. Nikitina // Results of tagging of mammals. — Nauka: Moscow, 1980. — 259 p. [In Russian]
9. Gashev S.N. Methodology of complex assessment of the state of communities and populations of dominant species or indicator species of small mammals, amphibians and fish: guidelines / S.N. Gashev. — Tyumen: Tyumen State University, 2005. — 95 p. [In Russian]
10. Burova L.G. The ecology of larger fungi / L.G. Burova. — Moscow: Nauka, 1986. — 223 p. [In Russian]
11. Arefiev S.P., Kazantseva M.N. Changes in structure of wood-inhabiting aphyllorphoroid fungi communities in the system of complex environmental monitoring of Tyumen / S.P. Arefiev, M.N. Kazantseva // Mycology and Phytopathology. — 2016. — Vol. 50. — № 1. — P. 5-13.

12. Gashev S.N. The impact of oil pollution on the fauna and ecology of small mammals of the Middle Ob region: abstract of a thesis... Candidate of Biological Sciences / S.G. Gashev. – Sverdlovsk: Institute of Ecology and Natural Resources of the Ural Branch of the Academy of Sciences of the USSR, 1991. – 26 p. [In Russian]
13. Gashev S.N. Mammals in the ecological monitoring system (Tyumen Region) / S.N. Gashev. – Tyumen: Tyumen State University, 2000. – 220 p. [In Russian]
14. Gashev S.N. Systems Ecology Lecture: study guide / S.N. Gashev. – Tyumen: Tyumen State University, 2007. – 212 p. [In Russian]

Сведения об авторах

Мария Николаевна Казанцева, 1961 г.р., в 1983 г. окончила Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», кандидат биологических наук. С 2000 г. работает в ФГБУН «Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН» (г. Тюмень, Россия). В настоящее время является ведущим научным сотрудником сектора биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: экология популяций и сообществ, биоразнообразие.

Станислав Павлович Арефьев, 1961 г.р., в 1983 г. окончил Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», доктор биологических наук. С 1991 г. работает в ФГБУН «Институт проблем освоения Севера Тюменского научного центра СО РАН» (г. Тюмень, Россия). В настоящее время заведует сектором биоразнообразия и динамики природных комплексов. Область научных интересов: дендроклиматический анализ, лесная микология.

Сергей Николаевич Гашев, 1961 г.р., в 1983 г. окончил Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», доктор биологических наук, профессор. С 1991 г. по настоящее время работает в Тюменском государственном университете, с 1997 г. по настоящее время заведует кафедрой зоологии и эволюционной экологии животных. Область научных интересов: фаунистика, зоогеография и история фаун, териология, орнитология, герпетология и батрахология, экологический мониторинг, устойчивость сообществ и экосистем.

Алёна Юрьевна Левых, 1969 г.р., в 1991 г. окончила Тюменский государственный университет по специальности «биология», квалификация «биолог, преподаватель биологии, химии», кандидат биологических наук, доцент. С 1991 по 2020 гг. преподавала в Ишимском педагогическом институте им. П.П. Ершова (филиале) Тюменского государственного университета, с 2005 по 2010 гг. и с 2012 по 2020 гг. – заведовала кафедрой биологии, географии и методики их преподавания. С 2021 года работает

в ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (г. Салехард, Россия) заведующей химико-аналитической лабораторией. Область научных интересов: популяционная биология мелких млекопитающих, экология популяций и сообществ животных, общая экология.

Участие авторов

Казанцева М.Н. — концепция исследования, полевые геоботанические работы, написание и редактирование текста;

Арефьев С.П. — концепция исследования, полевые микологические работы, написание и редактирование текста;

Гашев С.Н. — концепция исследования, полевые орнитологические работы, написание и редактирование текста;

Левых А.Ю. — концепция исследования, полевые териологические работы, написание и редактирование текста.

Все соавторы — утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Maria Nikolayevna Kazantseva, born in 1961, graduated from the Tyumen State University in 1983 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Candidate of Biological Sciences. Since 2000, she has been working at the Institute of the Problems of Northern Development of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia). She is currently a leading researcher in the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes. Research interests: population and community ecology, biodiversity.

Stanislav Pavlovich Arefiev, born in 1961. In 1983 he graduated from the Tyumen State University with a degree in biology, qualified as a biologist, teacher of biology and chemistry. Doctor of Biological Sciences. Since 1991, he has been working at the Institute of the Problems of Northern Development of the Tyumen Scientific Center SB RAS (Tyumen, Russia). Currently, he is the head of the Sector of Biodiversity and Dynamics of Natural Complexes. Research interests: dendroclimatic analysis, forest mycology.

Sergey Nikolayevich Gashev, born in 1961, graduated from the Tyumen State University in 1983 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Doctor of Biological Sciences, professor. Since 1991, he has been working at the Tyumen State University, since 1997 being the head of the Department of Zoology and Evolutionary Ecology of Animals. Research interests: faunistics, zoogeography and history of faunas, theriology, ornithology, herpetology and batrachology, environmental monitoring, sustainability of communities and ecosystems.

Alyona Yurievna Levykh, born in 1969, graduated from the Tyumen State University in 1991 with a degree in biology, qualification “Biologist, teacher of biology and chemistry”, Candidate of Biological Sciences, Docent. From 1991 to 2020 she held classes at the Ishim P.P. Ershov Teachers Training Institute. From 2005 to 2010 and from 2012 to 2020, she was Chairlady of Biology, Geography and Their Teaching Methods Chair. Starting from 2021 she heads Chemical Analysis Laboratory, the Arctic Research Center (Salekhard, Russia). Research interests: population biology of small mammals, vertebrate population and community ecology, general ecology.

Authors Contribution

Kazantseva M.N. - study concept, field geobotanical work, text writing and editing

Arefiev S.P. - study concept, field mycological works, text writing and editing

Gashev S.N. - study concept, field ornithological works, text writing and editing

Levykh A.Yu. - study concept, field theriological work, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 04.04.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on April 4, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 631.48

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.004

АНАЛИЗ ПОЛИДИСПЕРСНОСТИ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНЫХ КОМПОНЕНТОВ КРИОКОНИТА НА ЛЕДНИКОВОЙ ПОВЕРХНОСТИ АРХИПЕЛАГА ШПИЦБЕРГЕН

*Вячеслав Игоревич Поляков¹, Евгений Васильевич
Абакумов², Алена Александровна Лахтионова³, Булат
Рафаэлевич Мавлюдов⁴*

^{1,2,3}Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

⁴Институт географии РАН, Москва, Россия

¹slavon6985@gmail.com

²e_abakumov@mail.ru

³lakhtionova.alena@gmail.com

⁴mavlyudov@igras.ru

Аннотация. Формирование криоконита обусловлено накоплением на поверхности ледников частиц черного углерода и минеральных отложений. Аккумуляции криоконита способствуют проявлению сильного светопоглощающего эффекта, который приводит наряду с другими факторами (изменение климата, антропогенная деятельность) к активной дегляциации в горных и полярных районах по всему миру. В данной работе представлены результаты анализа полидисперсности, физико-химических и химических параметров органоминеральных отложений, извлеченных из криоконита, а также почвоподобных тел, сформированных на поверхности ряда ледников в окрестностях поселка Баренцбург, Шпицберген. Криоконит в отмерших колодцах и в трещинах ледников аккумулирует существенное количество органического углерода по сравнению с криоконитом, формирующимся на поверхности ледника. В результате

анализа полидисперсности органоминеральных отложений было установлено, что в значительной степени накапливаются мелкий песок, крупная пыль, а также до 30% ила. Накопление крупной пыли и ила преимущественно имеет атмосферный характер, более крупные частицы – локальное происхождение.

Ключевые слова: криоконит, почвоподобные тела, полидисперсность, архипелаг Шпицберген, Арктика.

Благодарности: работа выполнена при поддержке РФФИ, проект № 19-05-50107. Авторы выражают благодарность Институту Арктики и Антарктики за помощь в организации полевых работ.

Цитирование: Поляков В.И., Абакумов Е.В., Лахтионова А.А., Мавлюдов Б.Р. Анализ полидисперсности органоминеральных компонентов криоконита на ледниковой поверхности архипелага Шпицберген // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 58-77. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.004

Original article

ANALYSIS OF THE POLYDISPERSITY OF ORGANOMINERAL COMPONENTS OF CRYOCONITE ON THE GLACIAL SURFACE OF THE SVALBARD ARCHIPELAGO

Vyacheslav I. Polyakov¹, Evgeny V. Abakumov², Alena A. Lakhionova³, Bulat R. Mavlyudov⁴

^{1,2,3}Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

⁴Institute of Geography RAS, Moscow, Russia

¹slavon6985@gmail.com

²e_abakumov@mail.ru

³lakhtionova.alena@gmail.com

⁴mavlyudov@igras.ru

Abstract. The formation of cryoconite is caused by the accumulation of black carbon particles and mineral deposits on the surface of glaciers. The accumulation of cryoconite contributes to the appearance of a strong light-absorbing effect, which leads, along with other factors (climate change, anthropogenic activity), to active deglaciation in mountainous and polar regions around the world. The paper presents the results of the analysis of polydispersity, physicochemical and chemical parameters

of organomineral deposits extracted from cryoconite, as well as soil-like bodies formed on the surface of a number of glaciers in the vicinity of the settlement of Barentsburg, Svalbard. Cryoconite in dead wells and in glacier fissures accumulates a significant amount of organic carbon compared to cryoconite that forms on the surface of a glacier. As a result of the analysis of the polydispersity of organomineral deposits, it was found that fine sand, coarse dust, and up to 30% of silt are accumulated. The accumulation of coarse dust and silt is predominantly atmospheric in nature, larger particles are of local origin.

Keywords: cryoconite, soil-like bodies, polydispersity, Svalbard Archipelago, Arctic.

Acknowledgments: This work was supported by Russian Foundation for Basic Research, project No 19-05-50107. The authors express their gratitude to the Institute of the Arctic and Antarctic for their help in organizing the field work.

Citation: V.I. Polyakov, E.V. Abakumov., A.A. Lakhtionova, B.R. Mavlyudov. Analysis of the polydispersity of organomineral components of cryoconite on the glacial surface of the Svalbard Archipelago // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 58-77. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.004

Введение

Арктика является наиболее уязвимым биомом в мире, в конце XIX века были получены данные, свидетельствующие о загрязнении ледового покрова Арктики частицами, приносимыми воздушными массами из бореальных и суббореальных широт [1]. Впервые в 1950-х годах военные летчики США наблюдали слои загрязняющих веществ в арктических экосистемах [2]. Позже было обнаружено, что это была так называемая «арктическая дымка» («arctic haze»), которая состоит из пепла, пыли и сульфатсодержащих соединений, выбрасываемых промышленными комплексами, расположенными в Евразии и переносимыми в Арктику [3-4]. Многие авторы считают светопоглощающие аэрозоли важнейшим фактором, приводящим к быстрому таянию арктических снегов и льдов [5-8]. В исследованиях светопоглощающих аэрозолей, вызывающих изменения арктического климата, чаще всего упоминается черный углерод (ЧУ). Clarke и Noone [8] считают, что накопление черного углерода и органико-минеральных отложений вызывает потемнение поверхностей, которые в свою очередь начинают поглощать больше солнечной радиации. Это приводит к нагреву нижних слоев атмосферы и увеличению температуры в полярных и горных областях. ЧУ является наиболее сильно поглощаю-

щим свет компонентом твердых частиц (ТЧ) и образуется при неполном сгорании ископаемого топлива, биотоплива и биомассы [9]. Под этим термином понимаются климатообразующие вещества, находящиеся в атмосфере в течение короткого промежутка времени — от нескольких дней до нескольких лет [10-12]. ЧУ и органоминеральные отложения, попадая на снежно-ледяной покров, приводят к таянию льда, это вызвано их нагреванием и увеличением количества поглощаемой солнечной энергии. Изменения альbedo поверхности из-за атмосферных отложений и особенно ЧУ являются важным фактором ускорения таяния ледников [13-14]. Это чрезвычайно важно для полярных и горных районов в условиях дегляциации и изменения климата на планете. Величина альbedo на заснеженных поверхностях в незагрязненных условиях составляет 80-85% от всех поступающих солнечных лучей. Когда эти поверхности загрязнены, отражается 30-50% [13-17]. За последние десятилетия площадь распространения и объем арктических льдов неуклонно сокращается [18]. Исследования показывают, что нынешнее сокращение ледников беспрецедентно для Арктики и что темпы их деградации очень высоки [7]. Многочисленные международные и межправительственные органы и агентства, включая Программу Организации Объединенных Наций по окружающей среде (ЮНЕП), Всемирную метеорологическую организацию (ВМО), Конвенцию о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния и Арктический совет, определили ЧУ как вещество, которое оказывает существенное влияние на изменение климата [7, 9].

Климатические исследования в Арктике показывают, что при нынешнем уровне повышения температуры Северный Ледовитый океан может оставаться свободным ото льда в течение всего лета в течение ближайших 30-40 лет [19-21]. Глобальные изменения климата приводят к деградации ледников, что сопровождается активной трансформацией рельефа и выносом больших объемов обломочного материала с суши в морские бассейны. Концентрация аэрозолей в атмосфере Арктики сильно меняется в течение года [22]. Период с максимальной концентрацией аэрозолей в атмосфере приходится на весну, когда повышенные уровни аэрозолей и газовых примесей во многом определяют полидисперсность компонентов атмосферных микроэлементов. Микрочастицы состоят в основном из сульфатов и органических компонентов, а также золы (тонкодисперсный остаток сгорания органических компонентов) и других микроэлементов, образующихся в результате антропогенного воздействия. Высокая весенняя концентрация аэрозолей является результатом сжигания биомассы [23].

Перенос насыщенных аэрозолями воздушных масс из умеренных широт в высокие в периоды арктической дымки сопровождается малым количеством осадков (2-3 мм за 10 дней), тогда как летом выпадает большее

количество осадков (в среднем 7-8 мм за 10 дней) [20]. Зимой осадки постепенно уменьшают накопление микрочастиц. Летом увеличение количества жидких осадков также влияет на уменьшение объема аэрозоля и способствует образованию и росту новых микрочастиц [20].

Во время арктической дымки количество осадков минимально, что приводит к эффективному переносу аэрозолей и микрочастиц. Годовая и средняя концентрации черного углерода на Шпицбергене в районе станции Цеппелин с 1998 по 2010 г. составляли 39 и 27 нг/м³ соответственно [20, 24], тогда как среднемесячная концентрация колебалась от максимума 80 нг/м³ в феврале/марте (период арктической дымки) до минимума 0-10 нг/м³ с июня по сентябрь (период с обильными осадками) [24]. Помимо атмосферных аэрозолей в накоплении криоконита участвуют органо-минеральные осадки локального происхождения. В горных и арктических природных средах такие частицы формируются преимущественно механическим путем в ходе разрушения горных пород. Накопление таких частиц происходит в трещинах, отмерших колодцах (формируется из трещины в леднике при попадании в нее воды и органо-минеральных осадков с поверхности ледника и стаканов криоконита), а также муравьиных кучах (моренный материал, возвышающийся над поверхностью ледника) [25].

Работа Hegg et al. [26] также свидетельствует о более высоких концентрациях частиц ЧУ в атмосфере Арктики в весеннее время. В районе Северного полюса (5 ± 2 нг/м³), в арктической Канаде (8 ± 3 нг/м³), а также в Гренландии (4 ± 2 нг/м³) эти концентрации заметно ниже полученных в районе архипелага Шпицберген. Hegg et al. [26] также отмечают, что самые высокие концентрации были получены в арктическом секторе Восточной Евразии (21 ± 30 нг/м³), что коррелирует с данными по архипелагу Шпицберген и подтверждает мысль о том, что один из глобальных источников ЧУ в Арктике – это последствия лесных пожаров в Азии. В связи с этим целью работы было изучение полидисперсности криоконита формирующихся на поверхности и сносимых в трещины и отмершие ледниковые колодцы различных ледников Западного Шпицбергена. Для достижения данной цели были поставлены следующие задачи: 1 – охарактеризовать полидисперсность криоконита на различных ледниках и почвоподобных телах перигляциальной зоны Западного Шпицбергена; 2 – проанализировать полученные данные по полидисперсности органо-минеральных отложений, аккумулирующихся в скоплениях криоконита, муравьиных кучах и почвоподобных телах.

Материалы и методы

Исследование криоконита проводилось на ледниках архипелага Шпицберген, его юго-западной береговой линии, район между $77^{\circ}91'$ и $78^{\circ}10'$

с.ш. и 14°00' и 14°85' з.д. Участки исследований расположены в прибрежной зоне Гренфьорда и прилегающей к нему территории (рис.1). Климат данной территории субарктический, среднегодовая температура -5,8 °С. Средняя температура самого теплого месяца (июля) - (8 °С), самого холодного (февраля) – (-18 °С). Глубина активного слоя почв составляет от 1,8 до 2,5 м. Толщина снежного покрова колеблется до 1 м. Среднегодовое количество осадков – 563 мм, количество осадков летом – 87 мм [18].

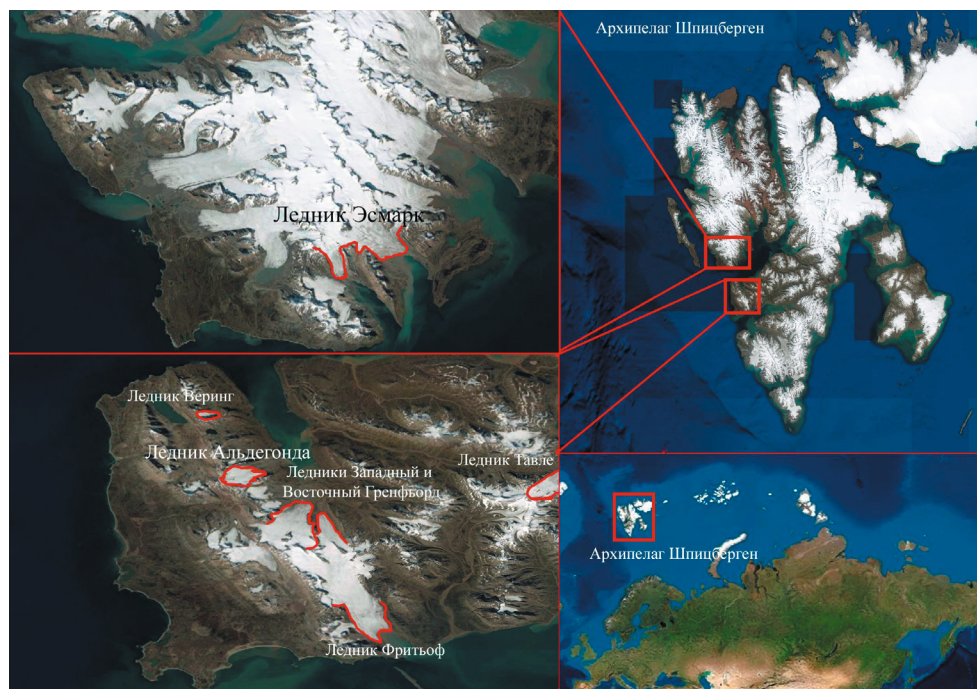


Рис. 1. Регион исследования. Архипелаг Шпицберген

Ледник Гренфьорд (Западный Шпицберген) образован двумя ледниками - Западным Гренфьордом и Восточным Гренфьордом, которые занимают две соседние долины, оканчивающиеся посреди залива Гренфьорд, южного притока Исфьорда – крупнейшего фьорда Западного Шпицбергена. Распространение растений на архипелаге неоднородно. Растительность относится к тундровому типу, где преобладают представители *Salix polaris*, *Cerastium alpinum*, *Luzula confusa*, *Saxifraga cespitosa*, *Trisetum spicatum*. Рельеф архипелага среднегорный с широкими долинами, осложненными типичными морскими (террасы), речными (террасы, дельты, поймы) и криогенными формами (пинго, мерзлотные полигоны, ледяные жилы) [27-29].

Пробы отложений из скоплений криоконита и муравьиных куч, сформировавшихся на месте отмерших ледниковых колодцев и трещин, рас-

положенных на поверхности ледников Западного Шпицбергена (см. таблица 1).

Таблица 1. Описание исследуемых органоминеральных отложений из исследованных криоконитов

№ образца	Описание места отбора	Координаты	Высота отбора
1-Ш	Восточный Гренфьорд, криоконит по трещине	77.92039/ 14.33532	320
2-Ш	Восточный Гренфьорд, криоконит по мертвому колодцу	77.90400 / 14.35451	239
3-Ш	Западный Гренфьорд, криоконит	77.93459 /14.24975	102
4-Ш	Грунт, накопившийся в результате движения ледника Альдегонда	77.98897 /14.16943	29
5-Ш	Перевал Западный Фритьоф, криоконит по трещине	77.88686 / 14.22591	575
6-Ш	Ледник Эсмарка, криоконит в трещине	78.32172 /13.58408	179
7-Ш	Моренный комплекс левой ветви ледника Тавле, моренно-озерный грунт	77.97983 / 15.94749	146
8-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит	77.98202 / 14.08999	176
9-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.97716 / 14.06104	239
10-Ш	Ледник Тавле, криоконит	77.96955 / 15.11371	327
11-Ш	Западный Гренфьорд, криоконит	77.93285 / 14.24701	123
12-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.98175 / 14.08704	186
13-Ш	Ледник Эсмарк, криоконит	78.32121/ 13.89433	130
14-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.97226 /14.07392	249
15-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит на краю льда	77.97526 /14.07692	190
16-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит на краю льда	77.98328 / 14.09999	140
17-Ш	Восточный Гренфьорд, криоконит по трещине	77.89848 / 14.34147	317
18-Ш	Западный Гренфьорд, криоконит	77.91855 / 14.23447	246
19-Ш	Ледник Эсмарк, криоконит	78.31848 / 13.84912	180
20-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по мертвому колодцу	77.97263 / 14.05516	255
21-Ш	Фритьоф, озерные отложения	77.86959 / 14.34951	304
22-Ш	Ледник Эсмарка, криоконит	78.30940 / 13.93309	48
23-Ш	Фритьоф, криоконит в трещине	77.87988 / 14.35806	385
24-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.98056 / 14.07659	210

Продолжение таблицы 1

№ образца	Описание места отбора	Координаты	Высота отбора
25-Ш	Ледник Эсмарка, криоконит по трещине	78.31387 / 13.93075	52
26-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по отмершему колодцу	77.96912 / 14.09359	245
27-Ш	Ледник Эсмарка, криоконит	78.31769 / 13.86366	165
28-Ш	Ледник Тавле, криоконит	77.97508 / 15.12987	289
29-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.97496 / 14.05914	247
30-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит	77.96427 / 14.07565	314
31-Ш	Ледник Эсмарка, криоконит	78.31812 / 13.85379	174
32-Ш	Ледник Эсмарка, грунт у края ледника	78.30669 / 13.92934	29
33-Ш	Ледник Тавле, криоконит	77.97755 / 15.14730	252
34-Ш	Ледник Альдегонда, криоконит по трещине	77.96857 / 14.08003	276
35-Ш	Ледник Вёринг, криоконит по трещине	78.04177 / 13.94469	276
36-Ш	Западный Гренфьорд, криоконит	77.92401 / 14.23852	212
37-Ш	Ледник Альдегонда, озерные отложения у края льда	77.98335 / 14.11423	175
38-Ш	Ледник Альдегонда, почвоподобное тело у границы ледника	77.98535 / 14.11623	134

Методы анализа

Для анализа химических и физико-химических параметров криоконита и почвоподобных тел все образцы были растерты в ступке и просеяны через сито с размером ячейки 1 мм. Содержание органического углерода (С, %) в почве определяли методом Тюрина (мокрое сжигание). рН измеряли в водной суспензии в соотношения почва-вода 1:2,5. Гранулометрический состав почв был определен пипеточным методом (метод Качинского), суспензию готовили с добавлением в пробу пирофосфата натрия ($\text{Na}_4\text{P}_2\text{O}_7$). Микробиологическую активность почв, базальное дыхание, определяли в условиях инкубационного лабораторного эксперимента [30]. Для статистической обработки информации были использованы: коэффициент корреляции Пирсона, а также кластерный анализ (Метод Марда).

Результаты и обсуждение

Химический состав исследованных образцов органоминеральных отложений из криоконита и почвоподобных тел различается в широком пределе (см. таблицу 2). Согласно полученным результатам, реакция рН

для органоминеральных веществ из криоконита имеет близкую к слабокислой реакцию среды и различается в пределе от кислой до слабокислой. Однако реакция рН для почвоподобных тел находится в относительно широком диапазоне от сильнокислой до нейтральной. Слабокислая реакция среды обусловлена местной геологической обстановкой. Высокий диапазон значений рН почвоподобных тел в приледниковой зоне может быть результатом переноса насыщенных водных растворов с поверхности ледника в приледниковую зону.

Таблица 1. Описание исследуемых органоминеральных отложений из исследованных криоконитов

№	рН H ₂ O	Базальное дыхание, мгСО ₂ /100 г*день-1	С, %	Гранулометрический состав					
				Крупный и средний песок (1-0,25 мм)	Мелкий песок (0,25-0,05 мм)	Крупная пыль (0,05-0,01 мм)	Средняя пыль (0,01-0,005 мм)	Мелкая пыль (0,005-0,001 мм)	Ил (< 0,001 мм)
1-Ш	6,20	38,50	1,36	10	27	31	13	7	12
2-Ш	6,08	38,50	1,69	3	32	45	2	8	10
3-Ш	5,14	60,50	1,25	1	35	42	9	4	9
4-Ш	6,39	19,25	0,35	3	53	26	2	3	13
5-Ш	5,54	27,50	1,86	3	28	39	15	4	11
6-Ш	5,48	27,50	1,36	3	39	42	4	2	10
7-Ш	4,13	22,00	1,19	1	20	34	14	8	23
8-Ш	5,98	27,50	1,03	9	28	32	10	9	12
9-Ш	6,13	49,50	0,69	5	19	56	6	4	10
10-Ш	5,78	49,50	1,80	7	29	43	7	4	10
11-Ш	5,91	22,00	1,14	5	32	42	7	5	9
12-Ш	5,89	44,00	0,97	1	24	51	1	13	10
13-Ш	6,65	30,25	1,03	13	28	41	5	3	10
14-Ш	5,95	44,00	1,91	1	22	58	6	3	10
15-Ш	6,48	27,50	0,53	2	27	38	15	8	10
16-Ш	5,96	38,50	2,47	1	30	49	5	5	10
17-Ш	5,45	27,50	1,14	5	31	15	34	4	11
18-Ш	5,18	24,75	1,30	4	37	42	6	3	8
19-Ш	5,30	27,50	0,92	7	27	51	5	3	7
20-Ш	5,58	27,34	1,12	2	24	53	7	4	10
21-Ш	7,10	28,29	0,50	1	15	41	16	11	16

Продолжение таблицы 1

№	рН H ₂ O	Базальное дыхание, мгСО ₂ /100 г*день-1	С, %	Гранулометрический состав					
				Крупный и средний песок (1-0.25 мм)	Мелкий песок (0.25-0.05 мм)	Крупная пыль (0.05-0.01 мм)	Средняя пыль (0.01-0.005 мм)	Мелкая пыль (0.005-0.001 мм)	Ил (< 0.001 мм)
22-Ш	6,40	31,37	0,45	1	15	23	12	19	30
23-Ш	6,80	31,43	1,79	2	29	27	28	4	10
24-Ш	6,68	44,01	1,00	2	35	40	4	7	12
25-Ш	6,86	31,43	0,39	1	30	55	8	2	5
26-Ш	5,95	75,43	1,00	1	30	53	7	3	6
27-Ш	5,21	62,86	1,34	2	25	2	58	3	10
28-Ш	5,76	44,00	1,40	6	42	32	12	3	5
29-Ш	6,38	88,00	1,06	9	44	18	18	5	6
30-Ш	5,75	94,29	1,17	2	32	50	7	3	6
31-Ш	5,14	56,35	1,19	3	37	45	5	3	7
32-Ш	6,33	44,01	0,47	5	31	40	15	1	8
33-Ш	5,93	25,14	0,80	2	32	38	14	7	7
34-Ш	5,30	40,86	1,53	1	29	55	6	2	7
35-Ш	5,04	88,01	0,97	5	28	48	6	5	8
36-Ш	5,57	62,86	0,69	5	33	44	7	3	8
37-Ш	6,18	72,29	0,47	2	56	28	3	2	9
38-Ш	5,30	31,43	1,47	4	27	47	8	7	7

Микробиологическая активность органоминеральных веществ в криоконите характеризуется относительно низкой величиной, которая сравнима с криогенными почвами (от 22 до 143 мг СО₂/100г*день⁻¹) и органоминеральными отложениями из криоконита (от 6 до 48 мг СО₂/100г*день⁻¹) на ледниках г. Эльбрус [31-32]. Несколько повышенные значения микробиологической активности органоминеральных веществ в криоконите Шпицбергена по сравнению с Эльбрусом, видимо, связаны с наличием птичьих базаров на скалах вокруг многих ледников Шпицбергена. Почвоподобные тела вблизи приледниковых озер также характеризуются относительно низкой микробиологической активностью. В целом, данные величины характерны для органоминеральных веществ, накапливающихся в стаканах криоконита. Низкая микробиологическая активность обусловлена постоянными низкими температурами льда, а также длительными низкими температурами атмосферного воздуха на архипелаге Шпицберген. Согласно коэффициенту корреляции Пирсона установлена

устойчивая положительная связь ($r=0,89$) между микробиологической активностью и содержанием органического углерода. Содержание углерода варьирует в пределах от 0,35 до 2,47 %, что немного выше, чем в криоконите с ледников Эльбруса (от 0,05 до 1,41 %), и значительно ниже, чем в криогенных почвах (от 3,3 до 49,6 %) [31-32]. Наибольшее содержание углерода отмечается в криоконите, в отмерших колодцах и в трещинах на ледниках, среднее значение содержания углерода составляет 1,12 %. Однако, в условиях дегляциации ледяного покрова в Арктике, органическое вещество, накапливающееся в мертвых колодцах, трещинах и на поверхности ледников может поступить в перигляциальную зону и существенно повлиять на трансформацию ландшафта, создавая условия для первичного почвообразования совместно с рыхлыми продуктами морены.

Одним из фундаментальных свойств органоминеральных отложений является их полидисперсность, определяемая по соотношению разновеликих фракций механических элементов [33-34]. Одним из методов определения полидисперсности является анализ гранулометрического состава. Согласно анализу результатов гранулометрического состава было выявлено, что в образцах преобладают фракции крупной пыли и мелкого песка. Высокая доля мелкого песка может свидетельствовать о локальном характере накопления данной фракции. Однако накопление крупной пыли может иметь как локальное происхождение, также аккумуляроваться в результате атмосферного переноса. Также отмечается относительно большое содержание ила до 30%. Накопление тонкодисперсных частиц ила в большей степени является результатом атмосферного переноса и формирования арктической дымки над Арктикой, и некоторая доля обусловлена локальными условиями трансформации горных пород и ветровым переносом. Тонкодисперсная фракция играет особую роль в формировании почвоподобных тел, илистая фракция в большей степени влияет на гидрофизические свойства, почвенно-поглощающий комплекс по отношению к более крупным по размеру механическим частицам [35]. Наибольшее содержание ила было зафиксировано в образцах из почвоподобных тел вблизи ледников, это говорит о том, что сюда попадает как сток органоминеральных отложений с ледника, так и атмосферное накопление. Накопление крупной фракции песка было установлено преимущественно в трещинах на ледниках, и связано с локальным перераспределением физически разрушенных горных пород. В пробах почвоподобных тел распределение различных фракций отличается от криоконита с ледников на г. Эльбрус, так в криоконите на леднике Шхельда преобладают фракции песка [31]. Это может указывать на то, что почвоподобные тела формируются в результате деградации ледяного покрова и переноса органоминеральных частиц с ледников в перигляциальную зону. Согласно данным кластерного анализа по содержанию углерода было выявлено, что из изученных образ-

цов с разных ледников можно выделить три однородные группы (Метод Варда), которые различаются по особенностям накопления на ледниках (Рис. 2). В первую группу входят изученные образцы криоконита, накапливающегося в отмерших колодцах и трещинах с ледника Альдегонда, почвоподобное тело, формирующееся в результате смыва с ледника Альдегонда, а также криоконит в трещине с ледника Фритьоф. Во вторую группу входят образцы криоконита с ледника Эсмарк, а также почвоподобные тела вблизи ледников Фритьоф и Альдегонда, в третью группу входит криоконит, накапливающийся на поверхности ледника Альдегонда, Вёринг, Тавле, Западный и Восточный Гренфьерд. Таким образом, мы можем говорить о том, что процесс накопления органического материала различается в зависимости от рельефа ледника и орнитогенного влияния. Так, криоконит, накапливающийся в колодцах и трещинах ледника, аккумулируют в себе больше углерода по отношению к криокониту, который формируется на поверхности ледников. Это связано с неоднородностью поверхности ледяного покрова и высоким разнообразием химического состава атмосферных аэрозолей. Возможно, также влияет и количество накопленного криоконитом материала, самое большое количество которого аккумулируется в отмерших колодцах и трещинах. По остальным изученным параметрам (рН, базальное дыхание, гранулометрический состав) четкого разделения на группы не наблюдается.

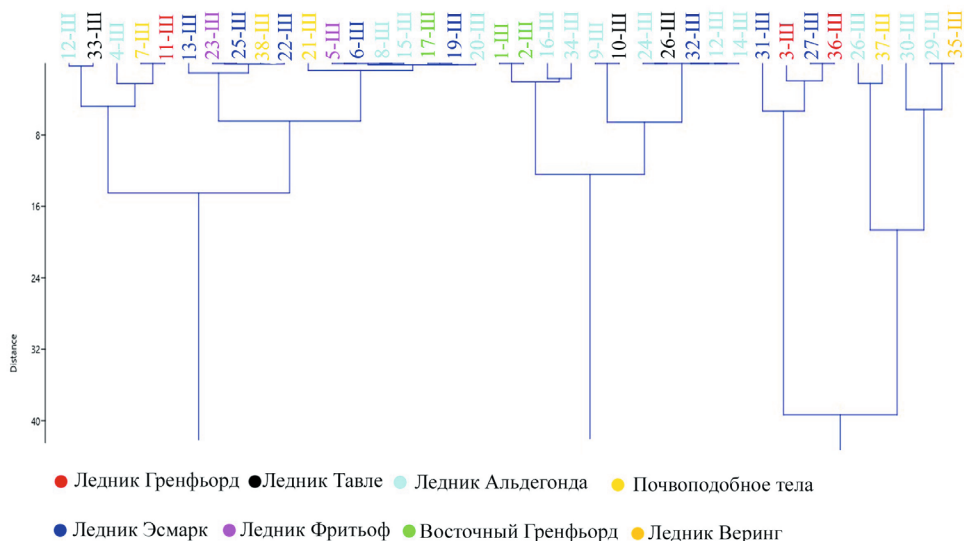


Рисунок 2. Кластерный анализ. Метод Варда

В изученных муравьиных кучах накапливается существенное количество органического углерода, что связано, скорее всего с деятельностью микроорганизмов, выпадением атмосферных аэрозолей, а также смы-

вом органоминеральных отложений с ледника. В условиях дегляциации и абляции данное органическое вещество и минеральные компоненты будут поступать в уязвимую по отношению к экзогенным процессам перигляциальную зону, что повлечет за собой активную трансформацию почвенного покрова и геохимии ландшафта в целом. Органоминеральные отложения в муравьиных кучах и скоплениях криоконита являются источником не только органического материала и минеральных частиц, а также и различных поллютантов (тяжелые металлы, полиароматические углеводороды, радионуклиды) [31]. Таким образом, формирование скоплений криоконита на поверхности ледников представляет собой один из важнейших элементов почвообразования в перигляциальной зоне, способствующий ее колонизации растительностью, а также трансформации ландшафта.

Заключение

На поверхности ледников архипелага Шпицберген происходит накопление минеральных частиц и органического вещества, это обусловлено разнообразием условий аккумуляции органоминеральных отложений на поверхности, колодцах и в трещинах ледникового покрова, и химических и физико-химических компонентов атмосферных аэрозолей. Анализ органоминеральных отложений в муравьиных кучах криоконита и почвоподобных телах приледниковой зоны показал, что в изученные объекты характеризуются слабокислой реакцией среды, содержание углерода варьирует от 0,35 до 2,47 %. Согласно кластерному анализу, было выявлено, что наибольшее содержание углерода характерно для органоминеральных отложений, аккумулирующихся в колодцах и трещинах на ледниках. Исходя из данных анализа полдисперсности криоконита, можно сделать вывод о том, что в составе органоминеральных отложений преобладает мелкий песок и крупная пыль с относительно высоким до 30% содержанием тонкодисперсного ила. Параметры микробиологической активности почв положительно коррелируют с содержанием углерода в органоминеральных отложениях, при этом уровень активности сохраняется относительно низким. Низкие темпы трансформации органического вещества связаны с постоянными низкими положительными и отрицательными температурами на поверхности ледников. Параметры полидисперсности определяются локальными и атмосферными аспектами аккумуляции криоконита. Все это влияет на формы и размеры механических частиц криоконита, а также на особенности накопления органоминеральных отложений на поверхности ледника в колодцах, стаканах, а также муравьиных кучах. Фракция крупного песка накапливается в трещинах ледников, а фракция ила преимущественно вблизи ледника в составе почвоподобных тел, что свидетельствует о транслокации веществ.

Список источников

1. Hirdman D., Sodemann H., Eckhardt S., Burkhart J. F., Jefferson A. Source identification of short-lived air pollutants in the Arctic using statistical analysis of measurement data and particle dispersion model output // *Atmos. Chem. Phys.*, 2010, № 10, P. 669-693.
2. Mitchell J. M. Visual range in the polar regions with particular reference to the Alaskan Arctic // *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1957, №17, P. 195-211.
3. Shaw G. E. Evidence for a central Eurasian source area of Arctic haze in Alaska. *Nature* // 1983. № 299, P. 815-818.
4. Shaw G. E. The Arctic haze phenomenon // *Bull. Am. Met. Soc.*, 1995, № 76, P. 2403-2413.
5. Dumont M., Brun E., Picard G. Contribution of light-absorbing impurities in snow to Greenland's darkening since 2009 // *Nat. Geosci.*, 2014, № 7(7), P. 509-512.
6. Flanner M., Zender C., Randerson J., Rasch P. Present-day climate forcing and response from black carbon in snow // *J. Geophys. Res.*, 2007, № 112:D11202.
7. AMAP. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Norway: Oslo, 2015. 116 p.
8. Clarke A. D., Noone K. J. Soot in the Arctic snowpack: a cause for perturbations in radiative transfer // *Atmos. Environ.*, 1985, № 19, P. 2045-2053.
9. Report to Congress on Black Carbon. Department of the Interior, Environment, and Related Agencies Appropriations Act, 2010 / Sasser E (Ed.)// –USA, 2012. 388 p.
10. Bond T. C., Doherty S. J., Fahey D. W., Forster P. M., Berntsen T., DeAngelo B. J., Flanner M. G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P. K., Sarofim M. C., Schultz M. G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S. K., Hopke P. K., Jacobson M. Z., Kaiser J. W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J. P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S. G., Zender C. S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // *J. Geophys. Res. Atmos.*, 2013, № 118(11), P. 5380-5552.
11. Виноградова А. А., Смирнов Н. С., Коротков В. Н. Аномальные пожары 2010 и 2012 годов в России и поступление черного углерода в Арктику // *Оптика атмосферы и океана*, 2016, № 29(6), С. 482-487.
12. Bachmann J. Black Carbon: A Science/Policy Primer. Vision air consulting, LLC // PEW Center on Global Climate Change, 2009. 47 p.
13. Горчакова И. А. Радиационное и температурное воздействие дымового аэрозоля в Московской области при летних пожарах 2010 г. // *Изв. РАН. Физика атмосферы и океана*, 2012, № 48(5), С. 558-565.
14. Twomey S. The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds // *Journal of Atmospheric Sciences*, 1977, № 34, P. 1149-1152.
15. Bond T. C., Zarzycki C., Flanner M. G., Koch D. M. Quantifying immediate radiative forcing by black carbon and organic matter with the Specific Forcing Pulse // *Atmos. Chem. Phys.*, 2011, № 11, P. 1505-1525.
16. Jacobson M. Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols // *Nature*, 2001, № 409, P. 695-697.
17. Макаров В. И., Попова С. А. Многолетние исследования динамики концен-

- трации черного (элементарного) углерода в атмосфере Новосибирской области // Интерэкспо Гео-Сибирь, 2016, № 4(2), С. 141-144.
18. Antsiferova A. R., Mokrotovarova O. I., Siekkinen E.D. Climate change of the Svalbard Archipelago. Climatic features of the winter 2013-2014 // Integrated Investigations of the Environment of the Svalbard Archipelago and the Adjacent Continental Shelf Area. 2014, № 12, P. 16-21.
 19. Serreze M. C., Holland M. M., Stroeve J. Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover // Science, 2007, № 315, P. 1533-1536.
 20. Tunved P., Strom J., Krejci R. Arctic aerosol life cycle: linking aerosol size distributions observed between 2000 and 2010 with air mass transport and precipitation at Zeppelin station, Ny-Alesund, Svalbard // Atmos. Chem. Phys., 2013, № 13, P. 3643-3660.
 21. Wang M. Y., Overland J. E. A sea ice free summer Arctic within 30 years? // Geophys. Res. Lett., 2009, № 36:L18501.
 22. Strom J., Umegard J., Torseth K., Tunved P., Hansson H. C., Holmen K., Wismann V., Herber A., Konig-Langlo G. One year of particle size distribution and aerosol chemical composition measurements at the Zeppelin Station, Svalbard, March 2000–March 2001 // Phys. Chem. Earth., 2001, № 28, P. 1181-1190.
 23. Warneke C., Bahreini R., Brioude J., Brock C. A., de Gouw J. A., Fahey D. W., Froyd K. D., Holloway J. S., Middlebrook A., Miller L., Montzka S., Murphy D. M., Peischl J., Ryerson T. B., Schwarz J. P., Spackman J. R., Veres P. Biomass burning in Siberia and Kazakhstan as an important source for haze over the Alaskan Arctic in April 2008 // Geophys. Res. Lett., 2009, № 36:L02813.
 24. Eleftheriadis K., Vratolis S., Nyeki S. Aerosol black carbon in the European Arctic: Measurements at Zeppelin station, Ny-Ålesund, Svalbard from 1998–2007 // Geophysical Research Letters, 2009, № 36:L02809.
 25. Основы гляциологии. / Войтковский К.Ф. // М.: Наука, 1999. 239 с.
 26. Hegg D. A., Warren S. G., Grenfell T. C., Doherty S. J., Clarke A. D. Sources of light absorbing aerosol in arctic snow and their seasonal variation // Atmospheric Chemistry and Physics, 2010, № 10, P. 10923-10938
 27. Szymański W., Wojtuń B., Stolarczyk M., Siwek J., Waścińska J. Organic carbon and nutrients (N, P) in surface soil horizons in a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen // Polish Polar Research, 2016, № 37(1), P. 49-66.
 28. Pengerud A., Dignac M-F., Certini G., Strand L. T., Forte C., Rasse D. P. Soil organic matter molecular composition and state of decomposition in three locations of the European Arctic // Biogeochemistry Springer. 2017, № 135 (4).
 29. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen) // Catena, 2017, № 156, P. 325-337
 30. Assessment methods for soil carbon. / Lal R, Kimble JM, Follet RF, Stewart BA // Lewis Publishers. - USA, 2001. 676 p.
 31. Kushnov I., Abakumov E., Tembotov R., Polyakov V. Geochemistry of cryoconite and soils in the Central Caucasus region and its environmental implications // Journal of Mountain Science, 2021. № 18(12).
 32. Polyakov V. I., Orlova K. S., Abakumov E. V. Soils of the Lena River Delta, Yakutia, Russia: Diversity, Characteristics and Humic Acids Molecular Composition // Polarforschung, 2019, № 88 (2), P. 135-150.

33. Мухаметова Н.В., Абакумов Е.В., Рюмин А.Г. Гранулометрический состав антарктических почв по данным седиментометрии и лазерной дифрактометрии // *Агрофизика*, 2013, № 3(13), С. 1-6.
34. Максимова Е.Ю., Быкова Г.С., Абакумов Е.В. Характеристика физических свойств послепожарных почв // *Известия Самарского научного центра Российской академии наук*, 2014, № 15(5), С. 51-57.
35. Макаров В.Н. Торговкин Н.В. Загрязнение атмосферы города Якутска взвешенными веществами // *Природные ресурсы Арктики и Субарктики*, 2020, № 25(1), С. 43-50.

References

1. Hirdman D., Sodemann H., Eckhardt S., Burkhardt J. F., Jefferson A. Source identification of short-lived air pollutants in the Arctic using statistical analysis of measurement data and particle dispersion model output // *Atmos. Chem. Phys.*, 2010, № 10, P. 669-693.
2. Mitchell J. M. Visual range in the polar regions with particular reference to the Alaskan Arctic // *J. Atmos. Terr. Phys.*, 1957, №17, P. 195-211.
3. Shaw G. E. Evidence for a central Eurasian source area of Arctic haze in Alaska. *Nature* // 1983. № 299, P. 815-818.
4. Shaw G. E. The Arctic haze phenomenon // *Bull. Am. Met. Soc.*, 1995, № 76, P. 2403-2413.
5. Dumont M., Brun E., Picard G. Contribution of light-absorbing impurities in snow to Greenland's darkening since 2009 // *Nat. Geosci.*, 2014, № 7(7), P. 509-512.
6. Flanner M., Zender C., Randerson J., Rasch P. Present-day climate forcing and response from black carbon in snow // *J. Geophys. Res.*, 2007, № 112:D11202.
7. AMAP. AMAP Assessment 2015: Black carbon and ozone as Arctic climate forcers. Arctic Monitoring and Assessment Programme (AMAP). – Norway: Oslo, 2015. 116 p.
8. Clarke A. D., Noone K. J. Soot in the Arctic snowpack: a cause for perturbations in radiative transfer // *Atmos. Environ.*, 1985, № 19, P. 2045-2053.
9. Report to Congress on Black Carbon. Department of the Interior, Environment, and Related Agencies Appropriations Act, 2010 / Sasser E (Ed.)// –USA, 2012. 388 p.
10. Bond T. C., Doherty S. J., Fahey D. W., Forster P. M., Berntsen T., DeAngelo B. J., Flanner M. G., Ghan S., Kärcher B., Koch D., Kinne S., Kondo Y., Quinn P. K., Sarofim M. C., Schultz M. G., Schulz M., Venkataraman C., Zhang H., Zhang S., Bellouin N., Guttikunda S. K., Hopke P. K., Jacobson M. Z., Kaiser J. W., Klimont Z., Lohmann U., Schwarz J. P., Shindell D., Storelvmo T., Warren S. G., Zender C. S. Bounding the role of black carbon in the climate system: A scientific assessment // *J. Geophys. Res. Atmos.*, 2013, № 118(11), P. 5380-5552.
11. Vinogradova A. A., Smirnov N. S., Korotkov V. N. Anomalous fires in 2010 and 2012 in Russia and the influx of black carbon into the Arctic // *Atmospheric and Oceanic Optics*, 2016, № 29(6), P. 482-487.
12. Bachmann J. Black Carbon: A Science/Policy Primer. Vision air consulting, LLC // PEW Center on Global Climate Change, 2009. 47 p.

13. Gorchakova I. A. Radiation and temperature effects of smoke aerosol in the Moscow region during summer fires in 2010 // *Izv. RAN. Physics of the Atmosphere and Ocean*, 2012, № 48(5), P. 558-565.
14. Twomey S. The influence of pollution on the shortwave albedo of clouds // *Journal of Atmospheric Sciences*, 1977, № 34, P. 1149-1152.
15. Bond T. C., Zarzycki C., Flanner M. G., Koch D. M. Quantifying immediate radiative forcing by black carbon and organic matter with the Specific Forcing Pulse // *Atmos. Chem. Phys.*, 2011, № 11, P. 1505-1525.
16. Jacobson M. Z. Strong radiative heating due to the mixing state of black carbon in atmospheric aerosols // *Nature*, 2001, № 409, P. 695-697.
17. Makarov V. I., Popova S. A. Long-term studies of the dynamics of the concentration of black (elemental) carbon in the atmosphere of the Novosibirsk region // *Interexpo Geo-Siberia*, 2016, № 4(2), P. 141-144.
18. Antsiferova A. R., Mokrotovarova O. I., Siekkinen E.D. Climate change of the Svalbard Archipelago. Climatic features of the winter 2013-2014 // *Integrated Investigations of the Environment of the Svalbard Archipelago and the Adjacent Continental Shelf Area*. 2014, № 12, P. 16-21.
19. Serreze M. C., Holland M. M., Stroeve J. Perspectives on the Arctic's shrinking sea-ice cover // *Science*, 2007, № 315, P. 1533-1536.
20. Tunved P., Strom J., Krejci R. Arctic aerosol life cycle: linking aerosol size distributions observed between 2000 and 2010 with air mass transport and precipitation at Zeppelin station, Ny-Alesund, Svalbard // *Atmos. Chem. Phys.*, 2013, № 13, P. 3643-3660.
21. Wang M. Y., Overland J. E. A sea ice free summer Arctic within 30 years? // *Geophys. Res. Lett.*, 2009, № 36:L18501.
22. Strom J., Umegard J., Torseth K., Tunved P., Hansson H. C., Holmen K., Wismann V., Herber A., Konig-Langlo G. One year of particle size distribution and aerosol chemical composition measurements at the Zeppelin Station, Svalbard, March 2000–March 2001 // *Phys. Chem. Earth.*, 2001, № 28, P. 1181-1190.
23. Warneke C., Bahreini R., Brioude J., Brock C. A., de Gouw J. A., Fahey D. W., Froyd K. D., Holloway J. S., Middlebrook A., Miller L., Montzka S., Murphy D. M., Peischl J., Ryerson T. B., Schwarz J. P., Spackman J. R., Veres P. Biomass burning in Siberia and Kazakhstan as an important source for haze over the Alaskan Arctic in April 2008 // *Geophys. Res. Lett.*, 2009, № 36:L02813.
24. Eleftheriadis K., Vratolis S., Nyeki S. Aerosol black carbon in the European Arctic: Measurements at Zeppelin station, Ny-Ålesund, Svalbard from 1998–2007 // *Geophysical Research Letters*, 2009, № 36:L02809.
25. *Fundamentals of glaciology.* / Voitkovsky K.F. // Moscow: Nauka, 1999. 239 p.
26. Hegg D. A., Warren S. G., Grenfell T. C., Doherty S. J., Clarke A. D. Sources of light absorbing aerosol in arctic snow and their seasonal variation // *Atmospheric Chemistry and Physics*, 2010, № 10, P. 10923-10938
27. Szymański W., Wojtuń B., Stolarczyk M., Siwek J., Waścińska J. Organic carbon and nutrients (N, P) in surface soil horizons in a non-glaciated catchment, SW Spitsbergen // *Polish Polar Research*, 2016, № 37(1), P. 49–66.
28. Pengerud A., Dignac M-F., Certini G., Strand L. T., Forte C., Rasse D. P. Soil organic matter molecular composition and state of decomposition in three locations of the European Arctic // *Biogeochemistry Springer*. 2017, № 135 (4).

29. Szymański W. Chemistry and spectroscopic properties of surface horizons of Arctic soils under different types of tundra vegetation – A case study from the Fuglebergsletta coastal plain (SW Spitsbergen) // *Catena*, 2017, № 156, P. 325–337
30. Assessment methods for soil carbon. / Lal R, Kimble JM, Follet RF, Stewart BA // Lewis Publishers. - USA, 2001. 676 p.
31. Kushnov I., Abakumov E., Tembotov R., Polyakov V. Geochemistry of cryoconite and soils in the Central Caucasus region and its environmental implications // *Journal of Mountain Science*, 2021. № 18(12).
32. Polyakov V. I., Orlova K. S., Abakumov E. V. Soils of the Lena River Delta, Yakutia, Russia: Diversity, Characteristics and Humic Acids Molecular Composition // *Polarforschung*, 2019, № 88 (2), P. 135-150.
33. Mukhametova N.V., Abakumov E.V., Ryumin A.G. Granulometric composition of Antarctic soils according to sedimentometry and laser diffractometry data // *Agrophysics*, 2013, № 3(13), P. 1-6.
34. Maksimova E.Yu., Bykova G.S., Abakumov E.V. Characteristics of the physical properties of post-fire soils // *Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*, 2014, № 15(5), P. 51-57.
35. Makarov V.N. Torgovkin N.V. Pollution of the atmosphere of the city of Yakutsk with suspended solids // *Natural Resources of the Arctic and Subarctic*, 2020, № 25(1), P. 43-50.

Сведения об авторах

Поляков Вячеслав Игоревич, 1993 г.р., окончил Санкт-Петербургский государственный аграрный университет в 2021 году. С 2015 года инженер кафедры прикладной экологии СПбГУ. Область научных интересов: экология почв, взаимодействие системы почва – атмосфера, экосистемные услуги, экотоксикологическое состояние почвенного покрова крупных городов России, биоразнообразие, conservation biology, биогеохимические циклы питательных веществ, регуляция экосистемных процессов, рекреация и экотуризм, ремедиация экосистем, секвестрация углерода, трансформация ландшафтов в условиях изменения климата, формирование карбоновых полигонов в России.

Абакумов Евгений Васильевич, 1978 г.р., доктор биологических наук, профессор, профессор РАН (отделение сельскохозяйственных наук), заведующий кафедрой прикладной экологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов: почвы Арктики и Антарктики, природное органическое вещество, экотоксикология, прикладная экология.

Лахтионова Алена Александровна, 1990 г.р., аспирант кафедры прикладной экологии Санкт-Петербургского государственного университета. Область научных интересов: экологическое состояние водной и почвенной сред, биоразнообразие, биоиндикация, биогеография, рациональное природопользование, устойчивое развитие.

Мавлюдов Булат Рафаэлевич, 1951 г.р., кандидат географических наук, старший научный сотрудник отдела гляциологии Института географии РАН. Область научных интересов: гляциология, динамика ледников, баланс массы, гляциоспелеология, спелеогляциология.

Участие авторов

Поляков В.И. – концепция исследования, лабораторные работы, написание и редактирование текста;

Абакумов Е.В. – формулировка рабочей гипотезы, лабораторные работы, написание и редактирование текста;

Лахтионова А.А. – лабораторные работы;

Мавлюдов Б.Р. – полевые экспедиционные работы и сбор материала, написание и редактирование текста.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Vyacheslav Igorevich Polyakov, born in 1993, graduated from St. Petersburg State Agrarian University in 2021. Since 2015, he has been working as an engineer at the Department of Applied Ecology of St. Petersburg State University. Research interests: soil ecology, soil-atmosphere system interaction, ecosystem services, ecotoxicological state of soil cover in large cities of Russia, biodiversity, conservation biology, biogeochemical nutrient cycles, regulation of ecosystem processes, recreation and ecotourism, ecosystem remediation, carbon sequestration, landscape transformation in the context of climate change, formation of carbon polygons in Russia.

Evgeny Vasilevich Abakumov, born in 1978, Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Russian Academy of Sciences (Department of Agricultural Sciences), Head of the Department of Applied Ecology, St. Petersburg State University. Research interests: Arctic and Antarctic soils, natural organic matter, ecotoxicology, applied ecology.

Alyona Aleksandrovna Lakhtionova, born in 1990, postgraduate student of the Department of Applied Ecology, St. Petersburg State University. Research interests: ecological state of aquatic and soil environments, biodiversity, bioindication, biogeography, rational nature management, sustainable development.

Bulat Rafaelevich Mavlyudov, born in 1951, Candidate of Geographic Sciences, senior researcher of the Glaciology Department, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences. Research interests: glaciology, glacier dynamics, mass balance, glaciосpелеology, speleoglaciology.

Authors Contribution

Polyakov V.I. - research concept, laboratory works, text writing and editing;

Abakumov E.V. - working hypothesis formulation, laboratory works, text writing and editing;

Lakhtionova A.A. - laboratory works;

Mavlyudov B.R. - field expedition works and material collection, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 22.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 22, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 78-97.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 78-97.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья
УДК 630*907 (571.121)
doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.005

ЗАЩИТНЫЕ ЛЕСА ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

*Дмитрий Геннадьевич Замолодчиков¹, Василий Исаакович
Грабовский², Александр Викторович Иванов³*

*^{1,2}Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН, Москва,
Россия*

*³Институт геологии и природопользования ДВО РАН, Благовещенск,
Россия*

¹dzamolod@cepl.rssi.ru

²wgrabo57@gmail.com

³aleksandr86@mail.ru

Аннотация. Леса на землях лесного фонда по своему назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные. Целевое назначение защитных лесов состоит в выполнении средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций. Цель настоящей статьи состоит в рассмотрении распределения площадей защитных лесов и их доминирующих категорий по территории ЯНАО, включая характеристику изменений за постсоветский период. Основным источником информации служили базы данных государственных учетов лесного фонда и Государственного лесного реестра за 1993-2020 г. Общая площадь защитных лесов ЯНАО в 2020 г. составляла 12,84 млн. га, из этой величины 46,7% было покрыто лесом, 6,3% относилось к не покрытым лесом землям, 53,1% – к нелесным землям. Доля защитных лесов от лесного фонда ЯНАО составляет 38,8% по покрытым лесом землям и 40,5% по всем землям. Для постсоветского периода характерно относительное постоянство площадей

защитных лесов ЯНАО. На долю притундровых лесов ЯНАО приходится 87,5% от всей площади защитных лесов. На втором месте по представленности среди защитных лесов находятся нерестовые полосы (8,1%), далее следуют леса на особо охраняемых природных территориях (2,7%). На сумму лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, зеленых зон и лесопарков приходится всего 0,7%. Площадь лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, возросла с 23,3 тыс. га в 1993 г. до 40,7 тыс. га в 2020 г., что свидетельствует о развитии транспортной инфраструктуры ЯНАО. Наиболее важным фактором нарушения защитных лесов ЯНАО являются лесные пожары. В условиях потепления климата меняется характер климатозащитной роли притундровых лесов. Если ранее она состояла в защите от вторжения холодных арктических воздушных масс, то ныне возрастает роль лесного покрова по предотвращению деградации многолетней мерзлоты.

Ключевые слова: защитные леса, земли лесного фонда, притундровые леса, лесничества, мерзлота.

Цитирование: Замолдчиков Д.Г., Грабовский В.И., Иванов А.В. Защитные леса Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. (115). № 2. С. 78-97. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.005

Original article

PROTECTIVE FORESTS OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Dmitrii G. Zamolodchikov¹, Vasily I. Grabovsky², Alexander V. Ivanov³

^{1,2}Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

³Institute of Geology and Nature Management, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Blagoveshchensk, Russia

¹dzamolod@cepl.rssi.ru

²wgrabo57@gmail.com

³aleksandr86@mail.ru

Abstract. Forests on the lands of the forest fund, according to their purpose, are divided into protective, operational and reserve. The intended purpose of protective forests is to perform environment-forming, water protection, protective, sanitary-hygienic, health-improving and other useful functions of forests. The purpose of this article is to consider the distribution of protective forest areas and their dominant categories across the territory of the Yamal-Nenets Autonomous District (YNAD), including a description of changes over the post-Soviet period. The databases of the State Accounts of the Forest Fund and the State Forest Registry for 1993–2020 served as the main source of information. The total area of protective forests in the YNAD in 2020 was 12,84 million ha. 46,7% of this area was covered with forests, 6,3% was unforested land, and 53,1% was non-forest land. The share of protective forests in the YNAD forest fund is 38,8% for forested lands and 40,5% for all lands. The post-Soviet period is characterized by a relatively constant area of protective forests in the YNAD. The subtundra forests of the YNAD account for 87,5% of the total area of protective forests. The second most frequent type of protective forests is spawning strips (8,1%), followed by forests in specially protected natural areas (2,7%). The amount of forests intended to protect the road network, green areas and forest parks accounts for only 0,7%. The area of forests intended to protect the road network increased from 23,3 thousand hectares in 1993 to 40,7 thousand hectares in 2020. This is evidence of the development of the transport infrastructure of the YNAD. The most important factor of the protective forests disturbances in the YNAD is forest fires. Under conditions of climate warming, the nature of the climate-protective role of subtundra forests is changing. If earlier the role of the forest cover was to protect against the invasion of cold Arctic air masses, now it is increasing in preventing the degradation of permafrost.

Keywords: protective forests, forest fund lands, subtundra forests, forest management units, permafrost.

Citation: Zamolodchikov D.G., Grabovsky V.I., Ivanov A.V. Protective forests of the Yamal-Nenets Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. (115). № 2. P.78-97. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.005

Введение

На территории Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО) располагается несколько природных зон – от арктической тундры на севере до средней тайги на юго-востоке. Распространение древесной растительности ограничивается материковой частью ЯНАО, лесистость округа в

2020 г. составляла 21,1%. Леса ЯНАО в основном располагаются на землях лесного фонда, общая площадь которых по данным Государственного лесного реестра (ГЛР) в 2020 г. составляла 31,69 млн. га при 15,49 млн га покрытых лесом земель. Небольшие площади лесов присутствуют в округе на землях сельскохозяйственного назначения, особо охраняемых территориях и объектов, запаса, населенных пунктов.

Леса на землях лесного фонда по своему назначению подразделяются на защитные, эксплуатационные и резервные [1]. Целевое назначение защитных лесов состоит в выполнении средообразующих, водоохраных, защитных, санитарно-гигиенических, оздоровительных и иных полезных функций. Допускается и ресурсное использование защитных лесов при условии, что оно совместимо с целевым назначением защитных лесов и выполняемыми ими полезными функциями. Нормативы ведения лесного хозяйства в защитных лесах периодически изменяются, в некоторых ситуациях эти изменения создают основу для опасений, что ресурсные функции таких лесов будут доминировать над защитными [2, 3]. Тем не менее, площадь защитных лесов в Российской Федерации постоянно увеличивается, в частности, за период 1993-2020 она возросла на 51% [4].

Увеличение площади защитных лесов является отражением все большего признания значимости нересурсных функций лесного покрова, которые все чаще оценивают в терминах экосистемных услуг. Понятие экосистемные услуги характеризует выгоды, которые люди получают от экосистем [5]. Обновленная классификация услуг наземных экосистем России приведена в работах [6, 7]. Сравнение этой классификации с категориями назначения защитных лесов показало, что 45,3% площадей защитных лесов России обеспечивают предоставление услуг по регулированию гидросферы, 36,3% – по формированию и защите почв, 10,2% – рекреационных и познавательных услуг, 5,4% – недревесной продукции (орехи, грибы, ягоды, лекарственные растения) [4]. При этом сложившееся соотношение категорий назначения защитных лесов далеко не всегда в полной мере соответствует потребностям экономики и населения тех или иных регионов. Например, в связи с повышением мобильности населения и распространением моды на путешествия возрастает потребность в рекреационных услугах лесов. Для окрестностей промышленных центров важнейшее значение имеют услуги по очистке атмосферного воздуха и водного стока от техногенных загрязнений. Новые угрозы, связанные с климатическими изменениями, требуют усиления услуг лесов по регулированию водного стока и по поглощению атмосферного углерода.

Решение задачи устойчивого ведения хозяйства в защитных лесах зависит от рационального выделения тех или иных категорий этих лесов в различных регионах Российской Федерации. В этой связи актуальна характеристика современного состояния и размещения защитных лесов на

территории административных регионов Российской Федерации. Цель настоящей статьи состоит в рассмотрении распределения площадей защитных лесов и их доминирующих категорий по территории ЯНАО, включая характеристику изменений за постсоветский период.

Материалы и методы

Основным источником информации служили базы данных Государственных учетов лесного фонда (ГУЛФ) (1988, 1993, 1998-2008 гг.) и Государственного лесного реестра (ГЛР) (2009-2020 гг.), имеющиеся в информационных архивах ЦЭПЛ РАН. В этих базах содержится информация о площадях земель лесного фонда в дифференциации по категориям земель и категориям защитности лесов. Категории земель включают покрытые лесом земли, не покрытые лесом земли (несомкнувшиеся лесные культуры, питомники и лесные плантации, естественные редины, гари, погибшие насаждения, вырубки, прогалины, пустыри) и нелесные земли (пашни, сенокосы, пастбища, воды, сады и ягодники, дороги и просеки, усадьбы, болота, пески, ледники, прочие земли). На составе земель, учитываемых в ГУЛФ и ГЛР, отражаются изменения полномочий по управлению лесами Российской Федерации, более подробная информация по этому поводу имеется в работе [8].

В состав защитных лесов входит категория «леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях». Отметим, что в эту категорию входят только те леса, которые располагаются на землях лесного фонда, и не входят леса на землях особо охраняемых природных территорий, то есть приводимые в настоящей статье оценки характеризуют далеко не все леса охраняемых территорий. Аналогичная ситуация складывается и с городскими лесами и лесопарками. Значительная часть городских лесных насаждений находится на землях населенных пунктов и информация по ним не входит в ГЛР.

Анализ распределения защитных лесов по лесничествам ЯНАО проведен на основе базы данных ГЛР по состоянию на 01.01.2008. К сожалению, это наиболее поздний срок, для которого у авторов имелся доступ к базам данных ГЛР по лесничествам. Формирование выборок данных и преобразования величин осуществлены в пакете Microsoft Excel. Для построения карт использован пакет ESRI ArcGIS 9.3.1.

Результаты и обсуждение

Общая площадь защитных лесов ЯНАО в 2020 г. составляла 12,84 млн га, из этой величины 6,00 млн га (46,7%) было покрыто лесом, 0,81 млн га (6,3%) относилось к не покрытым лесом землям, 6,02 млн га (46,9%) –

к нелесным землям. Доля покрытых лесом земель от всей площади защитных лесов в ЯНАО меньше, чем в целом для Российской Федерации (58,0%), что вполне логично объясняется наличием ландшафтов лесотундры и северных редколесий. Доля защитных лесов от лесного фонда ЯНАО составляет 38,8% по покрытым лесом землям и 40,5% по всем землям.

Для постсоветского периода характерно постоянство площадей защитных лесов ЯНАО (рис. 1): в 1993 г. площадь покрытых лесом земель составляла 5,71 млн. га, всех земель 12,27 млн. га. То есть для покрытых лесом земель имело место увеличение площади на 4,9%, а для всех земель – на 4,6%. Эта ситуация заметно отличается от защитных лесов Российской Федерации, в которой имел место рост площади на 50,8% и 62,8% соответственно [4]. Наиболее интенсивный рост площадей защитных лесов в России имел место в 1993-1998 гг. на фоне почти трехкратного падения лесопользования. В этот период ресурсной функции лесов стали придавать меньшее значение, потому администрации регионов были более отзывчивы на призывы усилить защитные функции лесов. ЯНАО избежал этой тенденции.

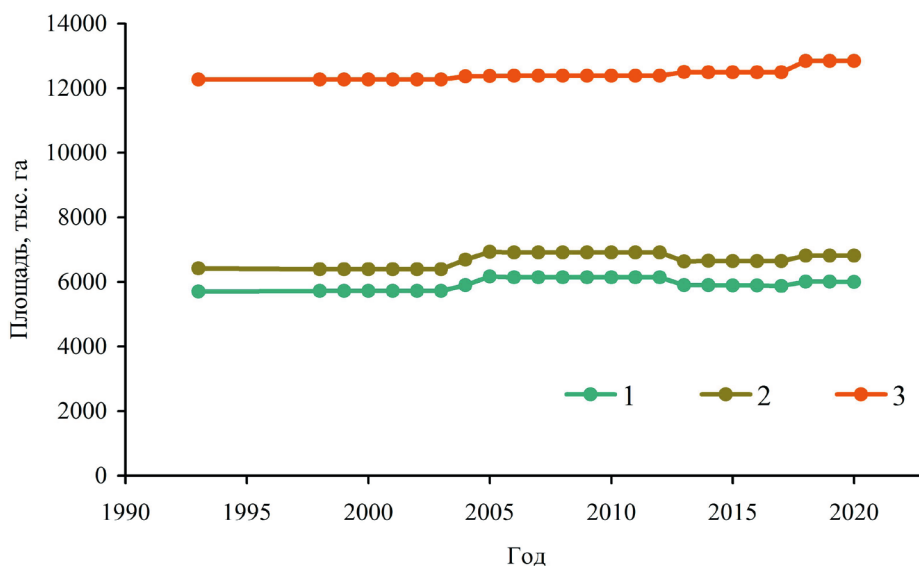


Рис. 1. Динамика площади защитных лесов Ямало-Ненецкого автономного округа. 1 – покрытые лесом земли, 2 – лесные земли, 3 – все земли

Защитные леса в современном ГЛР подразделены на 17 категорий, из них в ЯНАО имеется 7 категорий (табл. 1). В табл. 1 использованы официальные названия категорий защитных лесов, в том числе «леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, сте-

пах, горах». По отношению к ЯНАО речь, конечно же, идет только о лесах, расположенных в лесотундровых зонах, которые ранее в учетных материалах назывались «притундровые леса». Притундровые леса были выделены Постановлением правительства РСФСР в 1959 г. в качестве климатозащитной полосы с изъятием из промышленной эксплуатации [9]. Их защитное значение связано с расположением вдоль побережья Северного Ледовитого океана или на границе безлесных тундровых пространств. Притундровые леса сдерживают поступление на материк арктических масс воздуха, защищают от неблагоприятного воздействия холода и ветров, предотвращают поздневесенние заморозки в более южных районах [10]. На долю притундровых лесов ЯНАО приходится 11,23 млн га или 87,5% от всей площади защитных лесов. Доля покрытых лесом земель в этой категории составляет 44,5%. Обсуждаемая категория защитности состоит из ландшафтов лесотундр и северных редколесий, растительный покров которых представлен мозаикой северных лесов, заболоченных участков и тундр.

Таблица 1. Описание исследуемых органоминеральных отложений из исследованных криоконитов

№	Категории защитных лесов	Покрытые лесом земли			Все земли	
		тыс. га	доля от итога покрытых лесом земель, %	доля от всех зе- мель по катего- рии, %	тыс. га	доля от итога всех земель, %
1	Леса, расположенные на особо охраняемых природных территориях	164,3	2,7	47,8	343,9	2,7
2	Защитные полосы лесов, расположенные вдоль железнодорожных путей общего пользования, федеральных автомобильных дорог общего пользования, автомобильных дорог общего пользования, находящихся в собственности субъектов Российской Федерации	40,7	0,7	47,4	85,8	0,7
3	Зеленые зоны	2,6	0,0	57,8	4,5	0,0
4	Лесопарковые зоны	3,1	0,1	64,6	4,8	0,0
5	Леса, расположенные в пустынных, полупустынных, лесостепных, лесотундровых зонах, степях, горах	4998,2	83,3	44,5	11232,0	87,5
6	Запретные полосы, расположенные вдоль водных объектов	95,6	1,6	75,0	127,4	1,0

Продолжение таблицы 1

№	Категории защитных лесов	Покрытые лесом земли			Все земли	
		тыс. га	доля от итого покрытых лесом земель, %	доля от всех зе- мель по катего- рии, %	тыс. га	доля от итого всех земель, %
7	Нерестовые полосы лесов	698,0	11,6	67,0	1042,2	8,1
	Итого	6002,5	100,0	46,7	12840,6	100,0

На втором месте по представленности среди защитных лесов находятся нерестовые полосы (0,70 млн га и 8,1% от общей площади), далее следуют леса на особо охраняемых природных территориях (0,34 млн га и 2,7% от общей площади). На сумму лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, зеленых зон и лесопарков приходится всего 46,4 тыс. га и 0,7% от общей площади. В целом по Российской Федерации доля этих категорий защитных лесов почти на порядок больше (6,8%), что связано с более плотным расположением населенных пунктов и транспортной сети. Отметим, что площадь лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, возросла с 23,3 тыс. га в 1993 г. до 40,7 тыс. га в 2020 г. Фактически, это является свидетельством развития транспортной инфраструктуры ЯНАО. Эта ситуация интересна тем, что увеличение площади некоторых категорий защитных лесов является свидетельством не усиления природоохранной активности, а наоборот, следствием более мощного преобразования природных объектов.

Защитные, как и другие леса, подвержены действию нарушений (пожаров, усыханий, ветровалов, вспышек вредителей), потому в структуре защитных лесов всегда присутствует некоторая доля площадей, временно лишенных лесного покрова. По динамике таких площадей можно судить об истории нарушений. В 1993 г. площадь гарей и погибших насаждений в защитных лесах ЯНАО составляла 166,1 тыс. га, а площадь вырубок – 7,0 тыс. га (рис. 2). В дальнейшем площади вырубок варьируют в пределах 1-6 тыс. га, что связано с периодическим назначением санитарных рубок. Сплошные рубки защитных лесов с целью заготовки древесины ныне запрещены. В некоторых публикациях высказывались опасения, что под видом санитарных и выборочных рубок в защитных лесах осуществляется коммерческая заготовка древесины [2], однако по отношению к ЯНАО в последние 10 лет эти опасения не подтверждаются.

Площади гарей и погибших насаждений были минимальны в 2005-2012 гг., а с 2013 г. стали постепенно возрастать до современных 119,5 тыс. га. Можно отметить три периода резкого возрастания площадей гарей:

2012-2014, 2016-2018 гг. В эти периоды наблюдалась повышенная горимость лесов ЯНАО в связи с суровыми условиями пожароопасного сезона [11, 12].

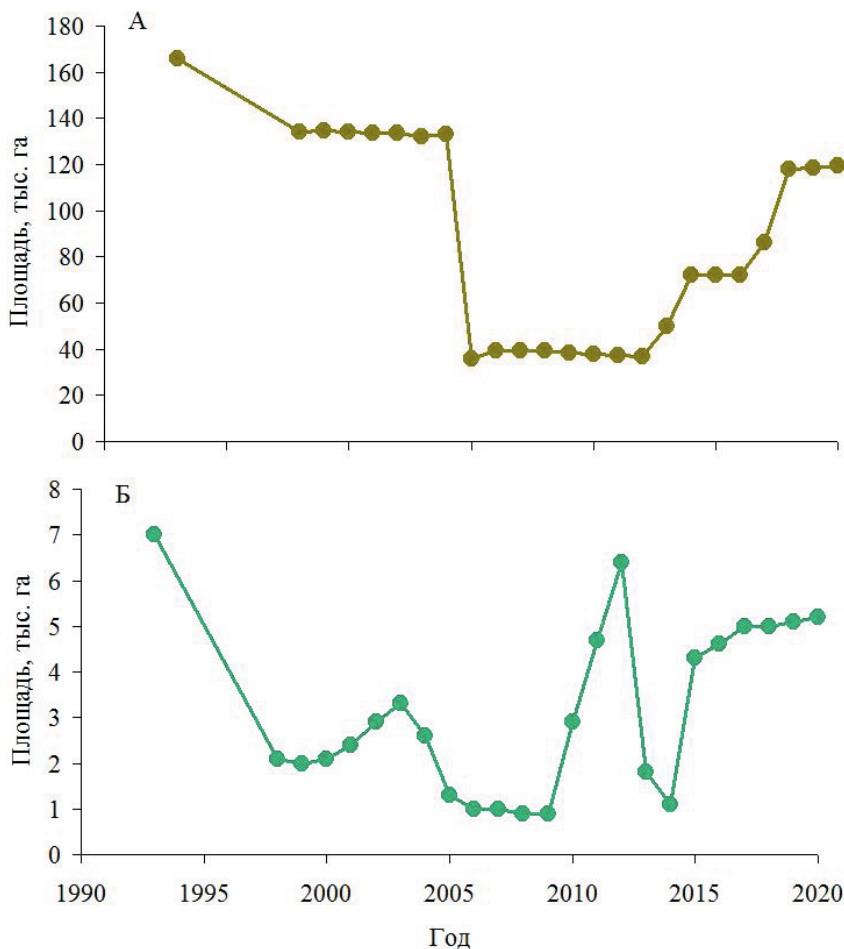


Рис. 2. Изменение площади гарей и погибших насаждений (А) и вырубок (Б) в защитных лесах Ямало-Ненецкого автономного округа

Среди древесных пород в защитных лесах ЯНАО доминирует лиственница, доля которой по площади составляет 52,3%, а по запасу древесины 67,2% (табл. 2). Из других хвойных пород заметен вклад ели (12,0% по площади и 12,1% по запасу древесины) и кедра (9,2% по площади и 15,4% по запасу). Лиственные леса в основном представлены березняками (14,1% по площади и 10,1% по запасу). К покрытым лесами землям также относятся участки высокорослых кустарников, среди которых доминируют березы, кустарниковые (7,3% по площади и 0,6% по запасу древесины).

Хотя у защитных лесов ресурсная роль имеет второстепенное значение, сведения по запасам древесины в них являются обязательным элементом лесного учета. Сравнение средних на единицу площади запасов древесины позволяет делать выводы о продуктивности лесов, а также с использованием расчетных методов оценивать величины различных экосистемных услуг, в том числе по поглощению и хранению углерода [8]. Наибольшими средними запасами в защитных лесах ЯНАО обладают древостои с доминированием пихты (114,3 м³/га) и кедра (103,5 м³/га), наименьшими из древесных пород – древостои березы (44,1 м³/га) и древовидных ив (34,6 м³/га). Средние запасы в кустарниках заметно меньше (5,6 м³/га). В целом защитные леса ЯНАО (включая кустарники) обладают средним запасом древесины, равным 61,9 м³/га. В защитных лесах Уральского федерального округа (УФО) средний запас составляет 128,1 м³/га. Эта ситуация логично объясняется наиболее северным расположением ЯНАО среди остальных регионов УФО. Отметим важно следствие – если речь идет о предоставлении экосистемных услуг, связанных с запасом древесины и фитомассой древостоя, то защитных лесов ЯНАО требуется примерно в 2 раза больше по площади, чем в среднем для УФО.

Таблица 2. Древесные породы защитных лесов Ямало-Ненецкого автономного округа согласно Государственному лесному реестру по состоянию на 01.01.2020 г.

Доминирующая порода	Площадь		Запас древесины		
	тыс. га	%	млн. м ³	%	м ³ /га
Сосна	265,9	4,4	17,86	4,8	67,2
Ель	721,0	12,0	45,00	12,1	62,4
Пихта	0,7	0,0	0,08	0,0	114,3
Лиственница	3137,4	52,3	210,76	56,7	67,2
Кедр	554,3	9,2	57,35	15,4	103,5
Итого хвойных	4679,3	78,0	331,05	89,1	70,7
Береза	848,0	14,1	37,37	10,1	44,1
Осина	2,4	0,0	0,24	0,1	100,0
Ивы древовидные	7,8	0,1	0,27	0,1	34,6
Итого мягколиственных	858,2	14,3	37,88	10,2	44,1
Березы кустарниковые	439,6	7,3	2,37	0,6	5,4
Ивы кустарниковые	25,4	0,4	0,25	0,1	9,8
Итого кустарники	465,0	7,7	2,62	0,7	5,6
Всего	6002,5	100,0	371,55	100,0	61,9

Перейдем к рассмотрению распределений площадей защитных лесов по лесничествам ЯНАО. Напомним, что этот анализ проведен на основе данных ГЛР по состоянию на 01.01.2008 г., поскольку в распоряжении авторов не было более поздних сведений по лесничествам. В ЯНАО имеется 5 лесничеств (рис. 3 А), доля защитных лесов (все земли) варьирует от 6,8% в Ноябрьском до 50,7% в Таркосалинском лесничествах. Ноябрьское лесничество находится южнее Таркосалинского, в то время как остальные лесничества перекрывают всю лесную зону от тундры на севере до южной границы ЯНАО. Подавляющая часть защитных лесов ЯНАО представлена притундровыми лесами, а они выделяются как полоса шириной 30-150 км к югу от границы лесотундры. Потому в наиболее южном Ноябрьском лесничестве притундровые леса вообще отсутствуют, а среди защитных лесов доминируют нерестовые полосы (93,9%). Из оставшихся 3 лесничеств наибольшую протяженность с севера на юг имеет Красноселькупское, потому площадь притундровых лесов в нем относительно меньше, и доля защитных от всех лесов составляет 33,6%.

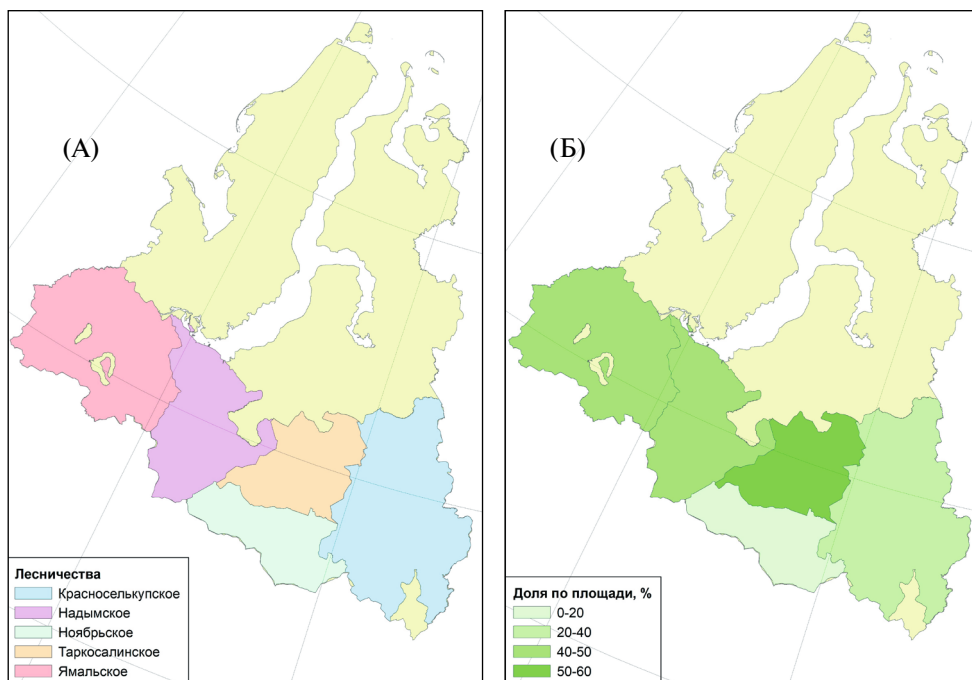


Рис. 3. Схема лесничеств (А) и доли защитных лесов от всех земель лесничеств (Б) Ямало-Ненецкого автономного округа

Ямало-Ненецкий автономный округ является важнейшим нефтегазодобывающим регионом страны. Газовые ресурсы ЯНАО не имеют равных в Российской Федерации, текущие разведанные запасы природного газа

составляют в ЯНАО 70% от российских [13]. Интенсивное освоение нефтегазовых месторождений и расширение трубопроводной сети рассматриваются как наиболее существенный фактор деградации природной среды ЯНАО [14-16 и др.]. Развитие нефтедобывающей и газотранспортной инфраструктуры признается причиной основной нагрузки на притундровые леса центральной и восточной части севера Республики Коми [17]. Сведения ГЛР не позволяют напрямую выявить воздействие нефтегазового освоения на защитные леса ЯНАО. Специфика защитных лесов состоит в том, что их площади могут пополняться из эксплуатационных. В частности, развитие дорожной сети, которое на лесных территориях неизбежно приводит к уменьшению общей площади лесов, одновременно является причиной увеличения площади лесов, предназначенных для защиты дорожной сети. Именно такая ситуация, как было отмечено выше, имеет место в ЯНАО.

Вполне очевидным фактором нарушений лесного покрова ЯНАО, в частности защитных лесов, являются лесные пожары. Для лесных пожаров характерны крайне высокие вариации как во временном, так и в пространственном отношении [11, 12, 18]. Эти вариации связаны с нерегулярностью возникновения пожароопасных ситуаций из-за длительных периодов сухой и теплой погоды. Хотя высокие межгодовые вариации сильно затрудняют выявление достоверных трендов, можно отметить, что изменения климата способствуют современному усилению пожарного воздействия на леса России [19]. Этот тезис частично подтверждается динамикой площади гарей в защитных лесах ЯНАО, для которой вполне очевиден тренд к росту в 2010-2020 гг. Однако наличие наиболее высокой площади гарей и погибших насаждений в 1993-2005 гг. полностью нарушает отмеченный тренд, и по итогу получается, что площадь гарей защитных лесов в 1993 г. была в 1,4 раза большей, чем в 2020 г. К сожалению, авторам не удалось найти информацию по динамике пожаров или гарей в ЯНАО до 1993 г., потому сроки появления указанной площади гарей остаются неизвестными. Тем не менее, можно согласиться со многими другими авторами, призывающими к повышению эффективности охраны лесов от пожаров [11, 12, 18 и др.].

Для притундровых лесов России характерно преобладание спелых и перестойных древостоев. В частности, доля по площади спелых и перестойных древостоев в притундровых лесах ЯНАО в 2020 г. составляла 41,4%. В ряде работ преобладание высоковозрастных древостоев в притундровых лесах рассматривается как негативный факт [20, 21], при этом без обоснования утверждается, что высоковозрастные леса утрачивают свои средообразующие функции. Если учесть, что защитные функции притундровых лесов в первую очередь связаны с защитой от северных ветров и вторжений арктического воздуха, то становится понятным, что

наибольшие запасы древесины, определяемые высотой и густотой деревьев, способствуют лучшему выполнению защитных функций. Добавим, что современные тенденции лесной экологии увязывают наилучшее выполнение климатообразующих функций именно со старовозрастными лесами [22]. Потому предлагаемое в работах [20, 21] проведение масштабных рубок обновления в притундровых лесах вряд ли можно считать целесообразным.

Все более заметной проблемой современности становится глобальное потепление, с максимальной скоростью идущее в высоких широтах [23]. К тому же в Арктической зоне присутствует многолетняя мерзлота, то есть природный объект, крайне уязвимый к потеплению климата. Для территории ЯНАО показано [24], что потепление вызывает повышение температуры мерзлоты, вплоть до ее полного протаивания. При переходе температуры мерзлоты к положительным значениям наблюдается ее деградация и опускание верхней кровли. Максимальное опускание кровли на геоэкологических стационарах ЯНАО составило около 10 м.

В контексте взаимодействия лесного покрова, мерзлоты и потепления климата показательна история развития Батагайского «кратера» на севере Якутии [25]. В первой половине 1960-х годов на месте образования будущего кратера была произведена рубка участка леса, вследствие этого произошло нарушение почвенно-растительного покрова, а также термического режима грунтов. В 1970-х годах случился локальный пожар, в результате появилась просадка грунта, размываемая водой из ручья, что привело сначала к образованию оврага, а затем деградации всего ледового комплекса. Ныне кратер представляет самую крупную в Северном полушарии термокарстовую котловину длиной более 1500 м и шириной 800 м [26]. Средняя глубина кратера составляет 60 м, а в районе термоэрозионного котла она достигает 100 м, варьируя в зависимости от льдистости исходного грунта и связанной с этим активностью термокарста. За последние два десятилетия выявлена связь между скоростью роста Батагайского кратера и потеплением климата. Активизация таяния многолетней мерзлоты на фоне климатических изменений после проведения рубок отмечена и на других лесных территориях [27].

Таким образом, можно говорить о современном изменении характера климатообразующей функции северных лесов. Если ранее шла речь о предотвращении вторжений арктического воздуха, то в условиях потепления климата резко возрастает значение лесного покрова как фактора сохранения многолетней мерзлоты. Конечно, далеко не вся территория криолитозоны может превратиться при потеплении в подобие Батагайского «кратера». Катастрофическая ситуация развивается при наличии мощной толщи высокольдистой мерзлоты или пластовых льдов. Отметим, что участки с повышенным риском термокарста могут находиться и южнее

зоны притундровых лесов, то есть в эксплуатационных лесах. Такая ситуация является типовой для Красноярского края и Якутии, но может присутствовать и в ЯНАО.

Для усиления функции лесного покрова по сохранению многолетней мерзлоты на фоне потепления климата авторы предлагают ввести новую категорию защитных лесов — «леса, расположенные на участках с высоким риском деградации многолетней мерзлоты». Выделению таких участков должно предшествовать геокриологическое обследование, выявляющее территории с повышенной геокриологической опасностью. Конечно, прогрессирующее потепление все равно, рано или поздно, приведет к деградации мерзлоты на территориях повышенного риска. Однако лесной покров способен отложить срок интенсивной деградации мерзлоты и дождаться стабилизации климата планеты, что является целью Парижского соглашения.

Заключение

Общая площадь защитных лесов ЯНАО в 2020 г. составляла 12,84 млн. га, из этой величины 46,7% было покрыто лесом, 6,3% относилось к не покрытым лесом землям, 53,1% — к нелесным землям. Для постсоветского периода характерно относительное постоянство площадей защитных лесов ЯНАО. На долю притундровых лесов ЯНАО приходится 87,5% от всей площади защитных лесов. На втором месте по представленности среди защитных лесов находятся нерестовые полосы (8,1%), далее следуют леса на особо охраняемых природных территориях (2,7%). На сумму лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, зеленых зон и лесопарков приходится всего 0,7%. Площадь лесов, предназначенных для защиты дорожной сети, возросла с 23,3 тыс. га в 1993 г. до 40,7 тыс. га в 2020 г., что свидетельствует о развитии транспортной инфраструктуры ЯНАО. Наиболее важным фактором нарушения защитных лесов ЯНАО являются лесные пожары. В условиях потепления климата меняется характер климатозащитной роли притундровых лесов. Если ранее она состояла в защите от вторжения холодных арктических воздушных масс, то ныне возрастает роль лесного покрова по предотвращению деградации многолетней мерзлоты.

Благодарность

Работа выполнена при поддержке темы ГЗ ЦЭПЛ РАН рег. номер 121121600118-8 «Методические подходы к оценке структурной организации и функционирования лесных экосистем» (анализ баз данных) и РНФ № 19-77-30015 (работа с ГИС).

Список источников

1. Лесной кодекс Российской Федерации. Утвержден 04.12.2006 N 200-ФЗ (ред. от 30.12.2021).
2. Кобяков К. Защитные леса: получится ли их сохранить? / К. Кобяков, Е. Лепешкин, С. Титова // Устойчивое лесопользование. – 2013. – № 1 (34). – С. 34-44.
3. Кобяков К. Новый закон о защитных лесах: возможные негативные последствия К. Кобяков, Н. Шматков, К. Тугова // Устойчивое лесопользование. – 2018. – № 4 (56). – С. 29-31.
4. Замолодчиков Д.Г. Экосистемные услуги и пространственное распределение защитных лесов Российской Федерации / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, В.В. Каганов // Лесоведение. – 2021. – № 6. – С. 581-592.
5. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment. – Washington, Covelo, London: Island Press, 2005. 268 p.
6. Экосистемные услуги России: Прототип национального доклада. Т. 1. Услуги наземных экосистем / Ред.-сост. Е.Н. Букварёва, Д.Г. Замолодчиков. – М.: Изд-во Центра охраны дикой природы, 2016. 148 с.
7. Bukvareva E.N. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia. A status report / E.N. Bukvareva, K. Grunewald, S.N. Bobylev, D.G. Zamolodchikov, A.V. Zimenko, O. Bastian // *Ambio*. – 2015. – V. 44. – P. 491-507.
8. Замолодчиков Д.Г. Динамика бюджета углерода лесов России за два последних десятилетия / Д.Г. Замолодчиков, В.И. Грабовский, Г.Н. Краев // Лесоведение. – 2011. – № 6. – С. 16-28.
9. Чертовской В.Г. Предтундровые леса СССР / В.Г. Чертовской, Б.А. Семенов // Лесоведение. – 1984. – № 5. – С. 26-33.
10. Долгов Ф.В. Сравнительная оценка экосистемных функций репрезентативных урочищ южной криолитозоны Большеземельской тундры / Ф.В. Долгов, Г.Г. Осадчая, Т.Ю. Зенгина // Известия Коми научного центра УрО РАН. – 2015. – № 2 (22). – С. 45-56.
11. Залесова Е.С. Горимость лесов Уральского федерального округа и эффективность охраны их от пожаров / Е.С. Залесова, А.С. Оплетаев, Е.Ю. Платонов, А.Ф. Хабибуллин, Г.А. Кутыева // Леса России и хозяйство в них. – 2017. – № 2 (61). – С. 47-56.
12. Куплевацкий С.В. Лесные пожары в Уральском федеральном округе и их влияние на экологию / С.В. Куплевацкий, Н.Н. Шабалина // Леса России и хозяйство в них. – 2020. – № 4 (75). – С. 4-12.
13. Вижина И.А. Анализ проектов и социальных эффектов стратегии развития Ямало-Ненецкого автономного округа до 2030 года / И.А. Вижина, Ю.Б. Золотовская // Вестник НГУ. Социально-экономические науки. – 2015. – Т. 15, вып. 3. – С. 64-72.
14. Матвеев А.А. Сохранение экологического баланса в контексте экономического развития Ямало-Ненецкого автономного округа / А.А. Матвеев, Р.А. Мусаев // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. – 2013. – № 27. – С. 167-174.

15. Дерягина С.Е. Пуровский район Ямало-Ненецкого автономного округа: производственные особенности района, основные экологические проблемы и пути их решения / С.Е. Дерягина, О.В. Астафьева // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Прикладная экология. Урбанистика. – 2017. – № 2 (26). – С. 152-163.
16. Печкин А.С. Геоэкологические проблемы арктической и субарктической территории Ямало-Ненецкого автономного округа / А.С. Печкин, Ю.А. Печкина, А.С. Красненко // Экология XXI века: синтез образования и науки. Материалы VI Международной научно-практической конференции. – Челябинск: Издательство ЮУрГГПУ, 2020. – С. 237-242.
17. Осадчая Г.Г. Притундровые леса республики Коми: экологические и социальные результаты природопользования / Г.Г. Осадчая, В.Г. Лазарева, В.В. Сератирова, Т.Ю. Зенгина // Ресурсы Европейского Севера. Технологии и экономика освоения. – 2017. – № 1 (07). – С. 84-95.
18. Гаврилов С.Н. Анализ горимости лесов Ямало-Ненецкого автономного округа и пути совершенствования охраны их от пожаров / С.Н. Гаврилов, С.В. Залесов, А.С. Попов // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2012. – № 3 (23). – С. 79-83.
19. Zamolodchikov D. State of Russian forests and forestry / D. Zamolodchikov, A. Shvidenko, S. Bartalev, E. Kulikova, A. Held, R. Valentini, M. Lindner // Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us 11. European Forest Institute, 2020. P. 17-44.
20. Желдак В.И. О лесоводственных мероприятиях в притундровых лесах Западной Сибири / В.И. Желдак, Б.Е. Чижов, Г.А. Гаркунов, А.И. Захаров // Лесоведение. – 2013. – № 3. – С. 19-29.
21. Цветков В.Ф. Проблемы ведения лесного хозяйства в Европейской части Российской Субарктики / В.Ф. Цветков, А.Н. Бровина // Лесоведение. – 2017. – № 4. – С. 284-292.
22. Лукина Н.В. Биоразнообразие и климаторегулирующие функции лесов: актуальные вопросы и перспективы исследований / Н.В. Лукина, А.П. Гераськина, А.В. Горнов, Н.Е. Шевченко, А.В. Куприн, Т.И. Чернов, С.И. Чумаченко, В.Н. Шанин, А.И. Кузнецова, Д.Н. Тебенькова, М.В. Горнова // Вопросы лесной науки. – 2020. – Т. 3. – № 4. – С. 1-90.
23. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2020 год. – М.: Росгидромет, 2021. 104 с.
24. Васильев А.А. Деградация мерзлоты в ЯНАО. Результаты многолетнего мониторинга / А.А. Васильев, Д.С. Дроздов, А.Г. Гравис, К.А. Никитин // Современные исследования трансформации криосферы и вопросы геотехнической безопасности сооружений в Арктике. – Салехард, 2021. – С. 78-80.
25. Шепелев А.Г. Мерзлотные ландшафты верхоянского района на примере Батагайского провала и Кисилыхской гряды (Северная Якутия) / А.Г. Шепелев, А.М. Черепанова // Современные проблемы территориального развития. – 2019. – № 3. – Статья № 4.
26. Алиев Р.Г. Анализ климатогенной динамики Батагайского термоденудационного «кратера» с использованием данных дистанционного зондирования

// П.Г. Алиев, А.А. Медведков // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2020. – Т. 26. – № 2. – С. 366-375.

27. Fedorov A.N. The influence of boreal forest dynamics on the current state of permafrost in Central Yakutia / A.N. Fedorov, P.Y. Konstantinov, N.F. Vasilyev, A.A. Shestakova // *Polar Science*. – 2019. – V. 22. – Art. № 100483.

References

1. Forest Code of the Russian Federation. Approved 04.12.2006 N 200-FL (ed. 30.12.2021).
2. Kobyakov K. Protective forests: will it be possible to save them? / K. Kobyakov, E. Lepeshkin, R. Titova // *Sustainable Forest Management*. – 2013. – № 1 (34). – P. 34-44.
3. Kobyakov K. New law on protective forests: possible negative consequences / K. Kobyakov, N. Smatkov, K. Tugova // *Sustainable Forest Management*. – 2018. – № 4 (56). – P. 29-31.
4. Zamolodchikov D. G. The Ecosystem Services and Spatial Distribution of Protective Forests in the Russian Federation / D. G. Zamolodchikov, V. I. Grabovskiy, V. V. Kaganov // *Russian Forest Science*. – 2021. – № 6. – P. 581-592.
5. Ecosystems and human well-being: a framework for assessment. Millennium Ecosystem Assessment. – Washington, Covelo, London: Island Press, 2005. 268 p.
6. Ecosystem services of Russia: Prototype National Report. Vol. 1. Terrestrial ecosystems services / Eds E.N. Bukvareva, D.G. Zamolodchikov. – Moscow: Center for Wildlife Conservation, 2016. 148 p.
7. Bukvareva E.N. The current state of knowledge of ecosystems and ecosystem services in Russia. A status report / E.N. Bukvareva, K. Grunewald, S.N. Bobylev, D.G. Zamolodchikov, A.V. Zimenko, O. Bastian // *Ambio*. – 2015. – V. 44. – P. 491-507.
8. Zamolodchikov D.G. Dynamics of Carbon Budget in Forests of Russia for Last Twenty Years / D.G. Zamolodchikov, V.I. Grabovskii, G.N. Kraev // *Russian Forest Science*. – 2011. – № 6. – P. 16-28.
9. Chertovskoy V.G. Foretundra forests in the USSR / V.G. Chertovskoy, Semenov B.A. // *Russian Forest Science*. – 1984. – № 5. – P. 26-33.
10. Dolgov F.V. Comparative assessment of representative natural boundaries ecosystem functions of the Bolshezemelskaya tundra southern cryolitozone / F.V. Dolgov, G.G. Osadchaya, T.Yu. Zengina. // *Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Division of the Russian Academy of Sciences*. – 2015. – № 2 (22). – P. 45-56.
11. Zalesova E.S. Forest fire burning in the Ural Federal District and their fire protection efficiency / E.S. Zalesova, A.S. Opletaev, E.Ju. Platonov, A.F. Khabibullin, G.A. Kutueva // *Forests of Russia and the forestry in them*. – 2017. – № 2 (61). – P. 47-56.
12. Kuplevatskiy S. V. Forest fires in the Ural Federal District and their impact on the environment / S. V. Kuplevatskiy, N. N. Shabalina // *Forests of Russia and the forestry in them*. – 2020. – № 4 (75). – P. 4-12.
13. Vizhina I. A. Analysis of projects and social effects of the development strategy of the Yamal-Nenets Autonomous District up to 2030 / I. A. Vizhina, Yu. B. Zolotovskaya // *Bulletin of NGU. Social and economic sciences*. – 2015. – V. 15. I. 3. – P. 64-72.

14. Matveev A.A. Preservation of the ecological balance in the context of the economic development of the Yamal-Nenets Autonomous District / A.A. Matveev, R.A. Musaev // *Economics and Modern Management: Theory and Practice*. – 2013. – № 27. – P. 167-174.
15. Deryagina S.E. Purovsky region of the Yamal-Nenets Autonomous District: industrial features of the region, the major environmental problems and their solutions / S. Deryagina, O. Astafieva // *PNRPU. Applied ecology. Urban development*. – 2017. – № 2 (26). – P. 152-163.
16. Pechkin A.S. Geocological problems of the arctic and subarctic territories of the Yamal-Nenets Autonomous District / A.S. Pechkin, Y.A. Pechkina, A.S. Krasnenko // *Ecology of XXI century: synthesis of education and science. Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference*. – Chelyabinsk: Publishing house SUSHPU, 2020. – P. 237-242.
17. Osadchaya G. G. Subtundra forests of Komi Republic: environmental and social outcomes of nature management / G.G. Osadchaya, V.G. Lazareva, V.V. Seratirova, T.Yu. Zengina // *Resources of the European North. Technologies and development economics*. – 2017. – № 1 (07). – P. 84-95.
18. Gavrilov S. Forest fire load index analysis in the Yamal-Nenets Autonomous District and the ways to improve the protection of forests from fires / S. Gavrilov, S. Zalesov, A. Popov // *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*. – 2012. – № 3 (23). – P. 79-83.
19. Zamolodchikov D. State of Russian forests and forestry / D. Zamolodchikov, A. Shvidenko, S. Bartalev, E. Kulikova, A. Held, R. Valentini, M. Lindner // *Russian forests and climate change. What Science Can Tell Us 11. European Forest Institute, 2020. P. 17-44*.
20. Zheldak V.I. On Silvicultural Practice in Near-Tundra Forests of Western Siberia / V.I. Zheldak, B.E. Chizhov, G.A. Garkunov, A.I. Zakharov // *Russian Forest Science*. – 2013. – № 3. – P. 19-29.
21. Tsvetkov V.F. Challenges of forestry in Subarctic European Russia / V.F. Tsvetkov, A.N. Brovina // *Russian Forest Science*. – 2017. – № 4. – P. 284-292.
22. Lukina N.V. Biodiversity and climate regulating functions of forests: current issues and prospects for research / N.V. Lukina, A.P. Geraskina, A.V. Gornov, N.E. Shevchenko, A.V. Kuprin, T.I. Chernov, S.I. Chumachenko, V.N. Shanin, A.I. Kuznetsova, D.N. Tebenkova, M.V. Gornova // *Forest Science Issues*. – 2020. – V. 3. – № 4. – P. 1-90.
23. Report on climate features in the territory of the Russian Federation for 2020. – Moscow: Roshydromet, 2021. 104 p.
24. Vasiliev A.A. Permafrost degradation in YNAD. Results of the long-term monitoring / A.A. Vasiliev, D.S. Drozdov, A.G. Gravis, K.A. Nikitin // *Cryosphere Transformation and Geotechnical Safety in the Arctic*. – Salekhard: 2021. – P. 78-80.
25. Shepelev A. Permafrost landscapes of Verkhoyansky district using the example of Batagaysky basin and Kysilyakh range, Northern Yakutia / A. Shepelev, A. Cherepanova // *Modern problems of territorial development*. – 2019. – № 3. – Art. № 4.
26. Aliev R.G. Analysis of the climatogenic dynamics of the Batagay thermodenudation “crater” using remote sensing data // R.G. Aliev, A.A. Medvedkov // *InterCarto. InterGIS*. – 2020. – V. 26. – № 2. – P. 366-375.

27. Fedorov A.N. The influence of boreal forest dynamics on the current state of permafrost in Central Yakutia / A.N. Fedorov, P.Y. Konstantinov, N.F. Vasilyev, A.A. Shestakova // Polar Science. – 2019. – V. 22. – Art. № 100483.

Сведения об авторах

Замолодчиков Дмитрий Геннадьевич, 1963 г.р., окончил биологический ф-т Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в 1985 году. С 2019 года работает главным научным сотрудником в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (Москва). Область научных интересов: динамика лесного покрова, глобальные изменения климата, углеродный цикл наземных экосистем, математическое моделирование.

Грабовский Василий Исаакович, 1957 г.р., окончил биологический ф-т Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова в 1980 году. С 2018 года работает ведущим научным сотрудником в Центре по проблемам экологии и продуктивности лесов Российской академии наук (Москва). Область научных интересов: математическое моделирование, углеродный цикл наземных экосистем, глобальные изменения климата.

Иванов Александр Викторович, 1986 г.р., окончил лесомеханический ф-т Костромского государственного технологического университета в 2008 г. С 2022 г. работает научным сотрудником Института геологии и природопользования Российской академии наук (Благовещенск). Область научных интересов – структура и функции лесных экосистем, биоразнообразии лесов, лесовосстановление.

Участие авторов

Замолодчиков Д.Г. – концепция и дизайн исследования, работа с базами данных, сбор литературного материала, написание и редактирование текста;

Грабовский В.И. – работа с картографическими данными, построение карт; Иванов А.И. – сбор литературного материала, написание и редактирование текста.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Dmitrii Gennadyevich Zamolodchikov, born in 1963, graduated from the Biological faculty of the Lomonosov Moscow State University in 1985. Principal researcher at the Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences

(Moscow) since 2012. Research interests: dynamics of forest cover, global climate change, carbon cycle of terrestrial ecosystems, mathematical modelling.

Vasily Isaakovich Grabovsky, born in 1957, graduated from the Biological faculty of the Lomonsov Moscow State University in 1980. Since 2018, he has been working as a leading researcher at the Center for Forest Ecology and Productivity of the Russian Academy of Sciences (Moscow). Research interests: mathematical modeling, carbon cycle of terrestrial ecosystems, global climate change.

Alexander Viktorovich Ivanov, born in 1986, graduated from the Faculty of Forestry Engineering of the Kostroma State Technological University in 2008. Since 2022, he has been working as a researcher at the Institute of Geology and Nature Management of the Russian Academy of Sciences (Blagoveshchensk). Research interests: structure and functions of forest ecosystems, forest biodiversity, reforestation.

Authors Contribution

Zamolodchikov D.G. - conception and design of the study, work with databases, collection of literary material, writing and editing of the text;

Grabovsky V.I. - cartographic data processing, map construction;

Ivanov A.I. - literature collection, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 17.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 17, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 98-112.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 98-112.

ГЕОЭКОЛОГИЯ

Научная статья
УДК 630*561.24
doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

ОСОБЕННОСТИ РАДИАЛЬНОГО РОСТА ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ В ЛЕСОТУНДРЕ ЯМАЛО-НЕНЕЦКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА

Николай Иванович Быков¹, Анна Александровна Шигимага², Руслан Михайлович Ильясов³

^{1,2}*Институт водных и экологических проблем СО РАН, Барнаул, Россия*

³*Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия*

Inikolai_bykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-1859>

²*anettshigimaga@mail.ru*

³*frandly@mail.ru*

Аннотация. В статье представлены результаты анализа радиального роста *Larix sibirica* L. и *Picea obovata*. в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа. В выборе площадок для отбора образцов использовался катенарный подход. Установлено, что популяционный сигнал у лиственниц возрастает при движении вверх по склону, а чувствительность хронологий в противоположную сторону. Наибольшее влияние на рост лиственниц оказывают температуры июня и июля. Самыми чувствительными к ним являются лиственницы плакоров. У елей реакция на температуры воздуха в нижней части катены отрицательная, в средней части – положительная.

Ключевые слова: Западно-Сибирская равнина, лесотундра, годовые кольца, древесно-кольцевые хронологии, дендроклиматология.

Цитирование: Быков Н.И., Шигимага А.А., Ильясов Р.М. Особенности радиального роста древесных растений в лесотундре Ямало-Ненецкого автономного округа // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 98-112. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания Института водных и экологических проблем СО РАН № 0306-2021-0007 «Природные и природно-хозяйственные системы Сибири в условиях современных вызовов: диагностика состояний, адаптивные возможности, потенциал экосистемных услуг» и научно-исследовательской работы «Современные климатические изменения и их влияние на ландшафтную структуру Ямало-Немецкого автономного округа» ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» при поддержке правительства ЯНАО.

Original article

PECULIARITIES OF RADIAL GROWTH OF WOODY PLANTS IN THE FOREST-TUNDRA OF THE YAMAL-NENETS AUTONOMOUS DISTRICT

Nikolay I. Bykov¹, Anna A. Shigimaga², Ruslan M. Ilyasov³

^{1,2}The Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (IWEP SB RAS), Barnaul, Russia

³Arctic Research Center, Salekhard, Russia

¹nikolai_bykov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-3756-1859>

²anettshigimaga@mail.ru

³frandly@mail.ru

Abstract. The article presents the results of the analysis of the radial growth of *Larix sibirica* L. and *Picea obovata*. in the forest-tundra of the Yamal-Nenets Autonomous District. A catenary approach was used in site selection for sampling. It was found that the population signal in larches increases when moving up the slope, while the sensitivity of the chronologies increases in the opposite direction. The air temperatures in June and July exert the greatest influence on larch growth. The most sensitive to them are larches of flat interfluves. In spruces, the reaction to air temperatures in the lower part of the catena is negative, in the middle part it is positive.

Keywords: West Siberian Plain, forest tundra, annual growth rings, tree-ring chronologies, dendroclimatology.

Citation: Bykov N.I., Shigimaga A.A., Ilyasov R.M. Peculiarities of radial growth of woody plants in the forest-tundra of the Yamal-Nenets

Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). No. 2. P.98-112. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.006

Acknowledgments: The work was carried out within the framework of the Government Contract of the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences No. 0306-2021-0007 “Natural and natural-economic systems of Siberia in the face of modern challenges: diagnostics of conditions, adaptive capabilities, potential of ecosystem services” and research work of the Arctic Research Center “Modern climatic changes and their impact on the landscape structure of the Yamal-Nenets Autonomous District” supported by the government of the YNAD.

Введение

Формирование годичных колец древесных растений в значительной степени зависит от факторов среды, в том числе климатических. Это определяет их индикационную значимость и возможность использования для реконструкции показателей природной среды. При этом особую ценность для дендроклиматических исследований представляют древесные растения экстремальных местообитаний. Одним из таких местообитаний является лесотундра Западно-Сибирской равнины, где деревья выходят на крайнюю северную границу ареала своего обитания. Исследования радиального роста деревьев здесь проводились ранее неоднократно [1-6]. При этом были выполнены оценки климатических факторов данного роста. Однако, как правило, подобные исследования имели зональный характер. Вместе с тем, на пределе произрастания деревьев существенное влияние на их радиальный рост, априори, могут оказывать локальные факторы (экспозиция, величина наклона поверхности и прочее). В этом смысле представляет интерес реакция древесных растений в зависимости от их положения в пределах ландшафтной катены. С точки зрения ландшафтоведов [7] «катенарный подход позволяет выявить основные направления трансформации плакорных условий и охарактеризовать основные факторально-динамические ряды геосистем».

В этой связи целью данного исследования является анализ радиального роста деревьев лесотундры и его реакция на климатические факторы в зависимости от местоположения, в том числе пределах катены.

Материалы и методы

В качестве территории исследования был выбран Тазовский район Ямало-Ненецкого автономного округа. Всего было заложено 6 площадок, че-

тыре их которых на катене (см. таблицу 1). В последнем случае площадки располагались от плакора до нижней части склона. В самой нижней части катены (пойма малой реки) деревья отсутствовали. Кроме того, были отобраны две дополнительные площадки на правом берегу р. Лукьяха - на вершине останца (плакора) и на террасе данной реки. Доминирующей породой на всех площадках была лиственница. Лишь изредка встречалась ель, что объясняет небольшое количество образцов, полученных с данной породы.

Методика отбора модельных деревьев на площадке соответствовала общепринятому подходу в дендроклиматических исследованиях [8]. Выбирались прямостоящие максимально удаленные от других деревья. Как правило, они были доминирующими в первом ярусе древостоя. Внешне они не имели признаков повреждения, то есть соответствовали первой или второй категории санитарного состояния согласно Правилам санитарной безопасности в лесах [9]. Выбирались прямостоящие деревья. С каждого дерева на уровне груди по двум противоположным радиусам отбирались керны. Необходимость отбора кернов на уровне груди определялась методическими требованиями дендроклиматических исследований [8]. Измерение ширины годичных колец осуществлялось с использованием специальной измерительной установки LINTAB 6 с прилагаемой к ней компьютерной программой TSAP с точностью до 0.01 мм.

Таблица 1. Географическое положение мест отбора дендрохронологических образцов, исследованные породы деревьев и число образцов

Номер площадки	Координаты	Порода	Число отобранных кернов	Географическое положение
Площадки катены				
05-21	67°2'56.77"с.ш., 79° 2' 34.40"в.д.	лиственница	30	Плакор. Микрорельеф в виде неглубоких округлых понижений
06-21	67°3'0.69"с.ш., 79° 2' 28.67"в.д.	лиственница ель	30 10	Верхняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 6°
07-21	67°3'3.84"с.ш., 79° 2' 26.20"в.д.	лиственница ель	30 2	Средняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 5°
08-21	67°3'6.99"с.ш., 79° 2' 26.52"в.д.	лиственница ель	30 8	Нижняя часть склона северной экспозиции. Угол наклона 5°
Дополнительные площадки				
04-21	67°10'26.68"с.ш., 78° 51'36.00"в.д.	лиственница	30	Вершина останцовой поверхности (плакор)
11-21	67°10'59.85"с.ш., 78° 51'13.24"в.д.	лиственница	30	Терраса р. Лукьяха

Процедура стандартизации древесно-кольцевых хронологий (ДКХ) осуществлялась в программе ARSTAN с использованием различных функций трендов. Для построения обобщенных хронологий по каждой породе деревьев исследованных площадок осуществлялась проверка популяционного сигнала (EPS - expressed population signal) [10]. Пригодность обобщенных хронологий для дендроклиматических исследований определялась с помощью коэффициента чувствительности [10]. Обобщенные хронологии анализировались на предмет их связей с климатическими показателями метеостанций Тазовский [11]. Взаимосвязь между климатом и приростом определялась с помощью расчета коэффициентов корреляции Пирсона.

Результаты и обсуждение

Возраст деревьев. Самая длинная индивидуальная ДКХ (299 лет) на исследованных площадках была получена с лиственницы террасы р. Лукьяха. Самая старая ель (217 лет) была отмечена на участке 08-21. Между тем в литературных источниках приводятся свидетельства о том, что деревья в лесотундре могут достигать возраста в 500 лет [1]. При этом наибольшего возраста достигают лиственницы (максимально старое дерево имело возраст 670 лет) [3]. Наибольший средний возраст елей (168,7 лет) и лиственниц (167,5 лет) был отмечен на площадке 08-21. Значительный разброс возраста деревьев на площадках свидетельствует о естественном возобновлении леса (см. таблицу 2).

Таблица 1. Географическое положение мест отбора дендрохронологических образцов, исследованные породы деревьев и число образцов

Номер площадки	Значения	Среднее число лет в хронологиях	Средний радиус, мм	Средний годичный прирост, мм	Порода	Примечания
11-21	среднее	135.5	103.8	0.93	Лиственница	Терраса р. Лукьяха
	минимум	35	42.3	0.41		
	максимум	299	196.8	2.12		
04-21	среднее	76.6	69.0	1.00	Лиственница	Вершина останцовой поверхности (плакор)
	минимум	42	41.4	0.35		
	максимум	173	148.8	1.54		
05-21	среднее	135.6	59,0	0,49	Лиственница	Плакор. Микрорельеф в виде неглубоких округлых понижений
	минимум	69	32.6	0.23		
	максимум	212	101.2	1.24		

Продолжение таблицы 1

Номер площадки	Значения	Среднее число лет в хронологиях	Средний радиус, мм	Средний годичный прирост, мм	Порода	Примечания
06-21	среднее	130	71.1	0.55	Лиственница	Верхняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 6°
	минимум	114	46.9	0.38		
	максимум	153	113.4	0.99		
6-21	среднее	147.9	80.3	0.55	Ель	
	минимум	115	55.9	0.40		
	максимум	187	121.0	0.85		
07-21	среднее	163.9	70.2	0.46	Лиственница	Средняя часть склона северо-западной экспозиции. Угол наклона 5°
	минимум	85	38.6	0.32		
	максимум	216	91.5	0.92		
07-21	среднее	98.5	64.0	0.65	Ель	
	минимум	98	63.1	0.64		
	максимум	99	65.0	0.66		
08-21	среднее	167.5	64.1	0.44	Лиственница	Нижняя часть склона северной экспозиции. Угол наклона 5°
	минимум	58	24,2	0.27		
	максимум	221	99.2	1.14		
08-21	среднее	168.7	89.3	0.56	Ель	
	минимум	89	58.7	0.40		
	максимум	217	111.3	0.83		

Радиусы стволов на уровне груди (без коры). Разброс радиусов (ксилемы) на площадках оказался довольно существенным – минимальные радиусы были в 1,5–5 раз меньше максимальных (см. таблицу 2). Из исследованных деревьев максимальный радиус был отмечен у лиственницы на террасе р. Лукьяха (196,8 мм). Ель максимального радиуса (121 мм) произрастала на площадке 06-21. Средние радиусы всех исследованных деревьев на площадках также существенно варьируют – от 59 мм (лиственницы площадки 05-21) до 103,8 мм (лиственницы площадки 11-21). У елей средние радиусы исследованных деревьев варьировали от 64 мм (площадка 07-21) до 89,3 мм (площадка 08-21).

Средняя ширина годичных колец. Средняя ширина годичных колец всех индивидуальных хронологий изменялась от 0,23 мм (лиственница на площадке 05-21) до 2,12 мм (у лиственницы на площадке 11-21). У елей она варьировала от 0,40 до 0,85 мм (площадка 06-21). Средняя ширина годичных колец на площадке у лиственниц изменялась в пределах от 0,44 до 1,00 мм, а у елей – от 0,55 до 0,65 мм (площадка 06-21 и 07-21 соответственно).

Средняя ширина годовых колец всех полученных индивидуальных ДКХ имеет корреляцию с длиной хронологии. Это соотношение выражено степенной функцией. Возрастные тренды ДКХ имеют традиционный вид: широкие годовые кольца формируются в начале роста дерева, а затем их ширина постепенно уменьшается. Возрастной тренд годовых колец, как правило, наиболее хорошо описывается полиномом второй степени.

Анализ связи рядов индивидуальных хронологий показал, что наилучшая синхронность и наибольшие коэффициенты корреляции отмечаются у пар хронологий с одного дерева. Крайне низкие значения коэффициента корреляции между хронологиями с одного дерева (0,23 или 0,30) являются, скорее, исключением из правила. В этом случае по одному из радиусов формируется кренивая древесина (чаще у елей). Три четверти хронологий с одного дерева обычно демонстрируют связь на уровне 0,65–0,94. Средний коэффициент корреляции пар хронологий с одного дерева примерно равен 0,7.

Таблица 3. Средний коэффициент корреляции индивидуальных ДКХ на площадке ($k_{\text{ср}}$), единый популяционный сигнал (EPS) ДКХ и чувствительность обобщенных стандартизированных ДКХ

Номер площадки	Лиственница			Ель		
	$k_{\text{ср}}$	EPS	Чувствительность обобщенных ДКХ	$k_{\text{ср}}$	EPS	Чувствительность обобщенных ДКХ
04-21	0.48	0.96	0.33			
11-21	0.29	0.93	0.38			
05-21	0.37	0,95	0.40			
06-21	0.61	0.94	0.41	0.46	0.89	0.34
07-21	0.33	0.93	0.41			
08-21	0.23	0.90	0.43	0.46	0.87	0.37

Корреляционный анализ связи всех хронологий ширины годовых колец с одного участка показывает более существенный разброс, чем у парных хронологий (см. таблицу 3). Средний коэффициент корреляции всех пар хронологий на одном участке варьирует по лиственнице от 0,23 (площадка 08-21) до 0,61 (площадка 06-21). По ели он составляет 0,46. При этом просматривается некоторая тенденция увеличения среднего коэффициента корреляции всех пар ДКХ на площадке при движении от

нижних к верхним уровням катены. Еще более наглядно это обнаруживается у популяционного сигнала (EPS): чем выше положение в катене, тем сигнал лучше. Возможно, это связано с тем, что в нижних частях катены в лесотундре мерзлотные процессы в почве и грунтах идут интенсивнее, что приводит к нарушению поверхности почвы (пучению, формированию западин) и вертикальности стволов деревьев. Это вызывает образование креновой древесины и ухудшает связь хронологий как с разных сторон одного дерева, так и между разными деревьями.

Расчет сигнала популяции EPS, который является критерием оценки надежности обобщенной хронологии [10], показывает (см. таблицу 3), что он является удовлетворительным ($EPS \geq 0.85$ [12] для построения лиственничных и еловых обобщенных хронологий на всех площадках.

Стандартизированные обобщенные ДКХ были проверены на предмет наличия в них климатического сигнала через коэффициент чувствительности [10], который дает оценку колебаний величины индексов прироста от года к году, т.е. показывает степень воздействия внешних факторов на изменение величины прироста. Анализ рассчитанных коэффициентов чувствительности показал, что все обобщенные хронологии удовлетворяют требованиям дендроклиматических исследований, то есть выше 0,3 [13]. Показатели этого коэффициента варьируют от 0,33 (площадка 04-11) до 0,43 (площадка 08-21) (см. таблицу 3). Предыдущие исследователи [3] для широты местности наших площадок в лесотундре указывают значения этого коэффициента 0,36-0,41 для лиственничных хронологий и 0,26 для еловых. Если по лиственничным хронологиям наши результаты совпадают с результатами указанных выше авторов, то по еловым хронологиям наша выборка оказалась чувствительнее, чем у предыдущих авторов. На одних и тех же участках лиственничные хронологии всегда чувствительнее еловых.

При этом обнаруживается четкая закономерность изменения коэффициента чувствительности в зависимости от положения в катене: чем ниже уровень площадки, тем выше чувствительность ДКХ. Меньшая чувствительность хронологий, расположенных вблизи р. Лукьяха, вероятно, объясняется тепляющим эффектом реки, вследствие чего для деревьев здесь формируется более благоприятный микроклимат.

Анализ тесноты связи обобщенных стандартизированных древесно-кольцевых хронологий показал, что она зависит в основном от двух факторов: расстояния между площадками и принадлежности к одной породе дерева (см. таблицу 4). Так, например, наибольшее сходство демонстрируют стандартизированные хронологии лиственниц площадок 07-21 и 06-21, которые расположены наиболее близко (коэффициент корреляции составляет 0,72), и лиственничные хронологии дополнительных площадок (коэффициент корреляции 0.70).

Таблица 4. Корреляция обобщенных ДКХ (Л – лиственничные, Е – еловые)

Номер площадки и порода дерева	11-21 Л	04-21 Л	08-21 Л	08-21 Е	07-21 Л	07-21 Е	06-21 Л	06-21 Е	05-21 Л
11-21 Л	1.00								
04-21 Л	0.70	1.00							
08-21 Л	0.48	0.52	1.00						
08-21 Е	-0.09	0.01	0.39	1.00					
07-21 Л	0.57	0.69	0.55	0.08	1.00				
07-21 Е	0.34	0.22	0.39	0.38	0.47	1.00			
06-21 Л	0.38	0.54	0.69	0.37	0.72	0.23	1.00		
06-21 Е	-0.07	0.18	0.39	0.39	0.36	0.55	0.43	1.00	
05-21 Л	0.36	0.53	0.58	0.22	0.53	0.41	0.59	0.34	1.00

Анализ климатических факторов радиального роста древесных растений. Для анализа влияния климатических показателей на радиальный рост древесных растений в исследуемом районе был выполнен статистический анализ связи между рядами обобщенных стандартизированных хронологий ширины годичных колец и метеорологическими показателями. В качестве исходных метеорологических показателей были использованы данные метеостанции Тазовский, которая находится от площадок катены на расстоянии 50 км и в 35 км от дополнительных площадок. Данная метеостанция работает с небольшими перерывами с 1932 г. Здесь для анализа применялись данные среднемесячных значений температуры воздуха с начала наблюдений по 2019 г. включительно.

Установлено, что лиственницы лесотундры положительно откликаются на увеличение среднемесячных температур воздуха в июне и особенно в июле (см. рисунок 1). Наиболее чувствительными к температурам этих месяцев являются лиственницы плакора (площадка 05-21 лесотундры), а слабее всех реагируют лиственницы верхней части склона (площадка 06-21).

Вместе с тем, положительно реагируют лиственничные хронологии на температуру января. Вероятно, это связано с тем, что при более высоких январских температурах слабее промерзает почва. Вследствие этого происходит быстрое ее оттаивание весной, что способствует более раннему началу вегетации у лиственниц. Высокие температуры конца зимы и начала весны напротив неблагоприятны для последующего роста лиственниц в вегетационный период. Положительная реакция прироста на высокие температуры воздуха осенних месяцев текущего года, вероятно, обусловлена наличием в рядах автокорреляции.

Ели лесотундры положительно чувствуют себя при повышении температур в июле, январе, октябре и ноябре текущего года. Причина такой

реакции по последним двум месяцам видимо та же, что указана у лиственниц выше.

Почти всегда отрицательно на увеличение среднемесячных значений температуры воздуха реагируют ели самой нижней площадки на катене (площадка 08-21), особенно февраля-мая. Вероятно, повышение температуры усиливает увлажнение низинных участков, что приводит к затруднению здесь роста елей.

Лиственницы лесотундры всегда положительно реагируют на увеличение сумм среднесуточных температур воздуха в периоды, указанные на рисунке 1 (см. рисунок 1). Наибольшее значение для их роста имеют температуры воздуха за июнь-июль. Наиболее чутко реагирует по всем рассмотренным периодам хронология плакора (площадка 05-21). Лиственная хронология с верхней части склона (площадка 06-21) по какой-то нам неизвестной причине остается безучастной к изменениям температур воздуха в обозначенные периоды.

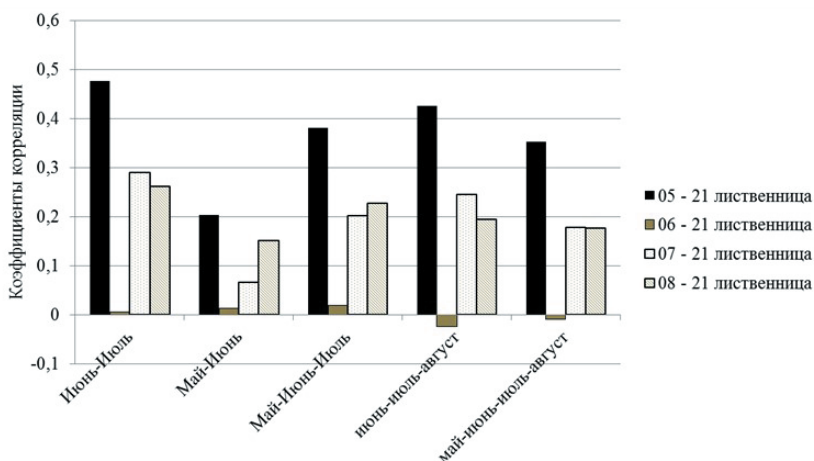


Рис. 1. Влияние сумм среднесуточных температур воздуха за группы месяцев на ширину годичных колец лиственницы в лесотундре

Ели лесотундры в разных местах катены демонстрируют различный отклик на суммы температур воздуха в выделенные периоды (см. рисунок 2). Так, например, еловые хронологии площадки 07-21 положительно откликаются на увеличение температур воздуха в июне-июле, в первую очередь, затем на суммы температур за летние месяцы и незначительно на май-июльские температуры. Ели низины (площадка 08-21) всегда уменьшают скорость роста при увеличении температур в указанные группы месяцев, особенно в мае-августе и июне-августе. Вероятно, это связано с тем, что синхронно с повышением температуры воздуха происходит изменение водного режима почв в сторону увеличения увлажнения.

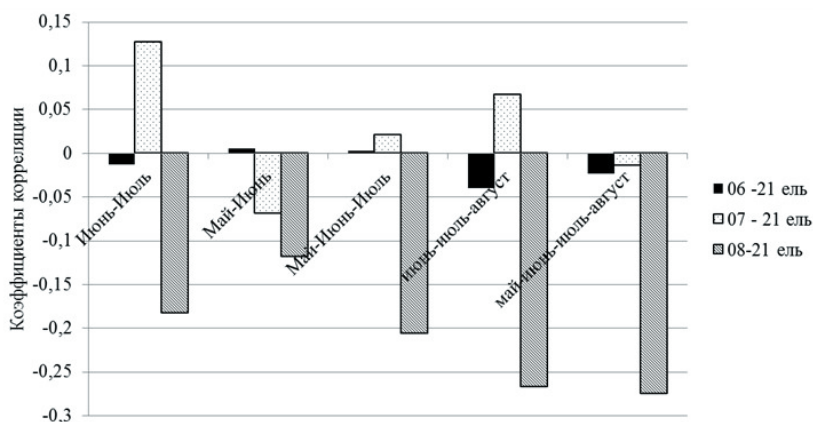


Рис. 2. Влияние сумм среднесуточных температур воздуха за группы месяцев на ширину годичных колец лиственницы в лесотундре

Таким образом, на основании проведенного анализа радиального роста деревьев лесотундры Западно-Сибирской равнины можно сделать следующие **выводы**:

1. Древесно-кольцевые хронологии со всех уровней катены, где произрастают деревья, пригодны для построения обобщенных хронологий и дендроклиматических исследований, о чем свидетельствуют популяционный сигнал (EPS) и коэффициент чувствительности.
2. Значения популяционного сигнала ДКХ на катене возрастают с повышением уровня и максимальных значений достигают на плакоре, а коэффициент чувствительности наоборот. Значения чувствительности лиственничных хронологий по сравнению с еловыми, на одних и тех же площадках, всегда выше.
3. Теснота связи обобщенных ДКХ зависит от расстояния между площадками, а также видовой принадлежности хронологий.
4. Радиальный рост лиственниц положительно реагирует на повышение температур воздуха в вегетационный период, особенно в июне и июле. Реакция елей зависит от ее положения в катене. На нижних уровнях повышение температуры летних месяцев отрицательно влияет на радиальный рост елей, что, вероятно, связано с усилением переувлажнения данных местообитаний. В средней части склона реакция елей на повышение температуры воздуха в летние месяцы часто положительная.

Заключение

Результаты проведенных исследований показывают, что древесно-кольцевая индикация может служить хорошим дополнительным

источником сведений об изменениях, происходящих в ландшафтах лесотундры под влиянием трансформации климата. Реакция древесных растений на климатические факторы существенным образом дифференцирована здесь другими компонентами ландшафта (рельефом, растительным покровом и пр.), а также антропогенным воздействием на ландшафтную оболочку. Комплексные ландшафтные исследования в условиях недостатка информации позволяют взаимодополнять и объяснять причины тех или иных изменений в растительном и почвенном покрове, степень реакции биотической части ландшафта на изменения климата.

Список источников

1. Арефьев С.П. Дендрохронологическая оценка фонового состояния природной среды на территории месторождений Уренгойской группы / С.П. Арефьев // Вестник экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 2011. № 11. С. 66-79.
2. Быков Н.И. Ландшафтные особенности радиального роста древесных растений Ямало-Ненецкого автономного округа / Н.И. Быков, А.А. Шигимага // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики. Тезисы докладов международного симпозиума. Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. Ишим. 2022. С. 13.
3. Ваганов Е.А. Дендроклиматические исследования в Урало-Сибирской Субарктике / Е.А. Ваганов, С.Г. Шиятов, В.С. Мазепа. - Новосибирск: Наука, 1996. - 246 с.
4. Шиятов С.Г. Дендрохронологические ряды Приобской лесотундры / С.Г. Шиятов // Дендроклиматологические шкалы Советского Союза. - Каунас. 1984.- Ч. 3. - С. 64-72.
5. Шиятов С.Г. Дендрохронологические ряды Тазовской лесотундры / С.Г. Шиятов // Дендроклиматологические шкалы Советского Союза.- Каунас. 1984в.- Ч. 3.- С. 54-63.
6. Ловелиус Н.В. Изменчивость прироста деревьев. Дендроиндикация природных процессов и антропогенных воздействий / Н.В. Ловелиус. - Л.: Наука. Ленингр. отд-ние. 1979. - 230 с.
7. Черных Д.В., Золотов Д.В., Бирюков Р.Ю. Плакоры и ландшафтные катены Надымских сопков // Связь климатических изменений с изменениями биологического и ландшафтного разнообразия Арктики и Субарктики. Тезисы докладов международного симпозиума. Отв. редактор А.Ю. Левых, ред. перевода Н.В. Ганжерли. Ишим. 2022. - С. 26.
8. Шиятов С.Г. Методы дендрохронологии. Ч. I. / С.Г. Шиятов, Е.А. Ваганов, А.В. Кирдянов, В.Б. Круглов, В.С. Мазепа, М.М. Наурызбаев, Р.М. Хантемиров. - Красноярск, Изд-во КрасГУ, 2000. - 80 с.
9. Правила санитарной безопасности в лесах, 2020. Постановление Правительства РФ от 9 декабря 2020 г. № 2047 «Об утверждении Правил санитарной безопасности в лесах».

10. Тишин Д.В. Дендроэкология (методика древесно-кольцевого анализа) / Д.В. Тишин. – Казань: Казанский университет, 2011. – 33 с.
11. Температура воздуха. Режим доступа: <http://meteo.ru> (дата обращения: 20.10.2021).
12. Briffa, K. R., and Jones, P. D. 1990. Measuring the statistical quality of a chronology. In *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Edited by E. R. Cook and L. A. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, Boston, Mass., USA. pp. 137–152.
13. Ferguson C. W. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // *Tree-Ring Bull.* - 1969. - Vol. 29. - No. 3-4. - P. 3-29.

References

1. Arefiev S.P. Dendrochronological assessment of the background state of the natural environment in the territory of the deposits of the Urengoy group / S.P. Arefiev // *Bulletin of ecology, forest science and landscape science*. 2011. No. 11. P. 66-79.
2. Bykov N.I. Landscape features of the radial growth of woody plants in the Yamal-Nenets Autonomous District / N.I. Bykov, A.A. Shigimaga // *Relationship between climate change and changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic. Abstracts of the reports of the international symposium*. Managing editor A.Yu. Levykh, translation editor N.V. Ganzherli. Ishim. 2022, P. 13.
3. Vaganov E.A. Dendroclimatic research in the Ural-Siberian Subarctic / E.A. Vaganov, S.G. Shiyatov, V.S. Mazepa. - Novosibirsk: Nauka, 1996. - 246 p.
4. Shiyatov S.G. Dendrochronological series of the Ob forest-tundra / S.G. Shiyatov // *Dendroclimatological scales of the Soviet Union.* - Kaunas. 1984 b.- Part 3.- P. 64-72.
5. Shiyatov S.G. Dendrochronological series of the Taz forest-tundra / S.G. Shiyatov // *Dendroclimatological scales of the Soviet Union.* - Kaunas. 1984 v.- Part 3.- P. 54-63.
6. Lovelius N.V. Tree growth variability. Dendroindication of natural processes and anthropogenic influences / N.V. Lovelius. - Leningrad: Nauka. Leningrad department. 1979. - 230 p.
7. Chernykh D.V., Zolotov D.V., Biryukov R.Yu. Flat interfluves and landscape catenas of the Nadym hills // *Relationship between climate change and changes in the biological and landscape diversity of the Arctic and Subarctic. Abstracts of the reports of the international symposium*. Managing editor A.Yu. Levykh, translation editor N.V. Ganzherli. Ishim. 2022, P. 26.
8. Shiyatov S.G. *Methods of dendrochronology. Part I.* / S.G. Shiyatov, E.A. Vaganov, A.V. Kirdeyanov, V.B. Kruglov, V.S. Mazepa, M.M. Naurzbaev, R.M. Khantemirov. - Krasnoyarsk, Publishing House of the Krasnoyarsk State University, 2000. - 80 p.
9. Rules of sanitary safety in forests, 2020. Decree of the Government of the Russian Federation of December 9, 2020 N 2047 “On approval of the Rules of sanitary safety in forests”.
10. Tishin D.V. *Dendroecology (method of tree-ring analysis)* / D.V. Silence. - Kazan: Kazan University, 2011. - 33 p.

11. Air temperature. Access mode: <http://meteo.ru> (date of access: 20.10.2021).
12. Briffa, K. R., and Jones, P. D. 1990. Measuring the statistical quality of a chronology. In *Methods of dendrochronology: applications in the environmental sciences*. Edited by E. R. Cook and L. A. Kairiukstis. Kluwer Academic Publishers, Boston, Mass., USA. pp. 137–152.
13. Ferguson C. W. A 7104-year annual tree-ring chronology for Bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the White Mountains, California // *Tree-Ring Bull.* - 1969. - Vol. 29. - No. 3-4. - P. 3-29.

Сведения об авторах

Быков Николай Иванович, 1962 г.р. Окончил Томский государственный университет по специальности «география» в 1984 году. Кандидат географических наук. Доцент с 2019 года. Старший научный сотрудник Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул, Россия). Область научных интересов: дендроэкология, древесно-кольцевая индикация, историческая география, гляциология.

Шигимага Анна Александровна, 1997 г.р. В 2019 г. окончила магистратуру Алтайского государственного университета (г. Барнаул, Россия) по направлению «география». С 2019 г. обучается в аспирантуре Института водных и экологических проблем СО РАН (г. Барнаул, Россия). Область научных интересов: дендроэкология, древесно-кольцевая индикация.

Ильясов Руслан Михайлович, 1989 г.р. Окончил ТюмГУ ИГН, факультет международных отношений; ТюмГУ ИНЗЕМ, география; РГПУ им. А.И. Герцена, аспирантура, кафедра политологии. ГКУ ЯНАО «Научный центр Изучения Арктики» (Салехард, Россия), научный сотрудник сектора охраны окружающей среды. Сфера научных интересов: международные отношения, география, картография, экология.

Вклад авторов

Быков Н.И. – концепция исследования, полевые работы по отбору дендрохронологических образцов, подготовка образцов к измерению, дендроклиматический анализ, написание и редактирование текста;

Шигимага А.А. – измерение и стандартизация дендрохронологических образцов, написание и редактирование текста;

Ильясов Р.М. – полевые работы по отбору дендрохронологических образцов, написание и редактирование текста.

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Nikolay Ivanovich Bykov, born in 1962, graduated from the Tomsk State University with a degree in geography in 1984. Candidate of Geographic Sciences. Associate Professor since 2019. Senior Researcher at the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Barnaul, Russia). Research interests: dendroecology, tree-ring indication, historical geography, glaciology.

Anna Alexandrovna Shigimaga, born in 1997, graduated from the Altai State University (Barnaul, Russia) with a master's degree in geography in 2019. Since 2019, she has been a postgraduate student at the Institute for Water and Environmental Problems of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (Barnaul, Russia). Research interests: dendroecology, tree-ring indication.

Ruslan Mikhailovich Ilyasov, born in 1989, graduated from the Tyumen State University, Institute of Social Sciences and Humanities, Faculty of International Relations; Tyumen State University, Institute of Earth Sciences with a degree in geography; post graduate study at Herzen State Pedagogical University of Russia, Department of Political Science. Researcher of the Environmental Sector of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia). Research interests: international relations, geography, cartography, ecology.

Authors Contribution

I.N. Bykov - research concept, field work on the selection of dendrochronological samples, preparation of samples for measurement, dendroclimatic analysis, text writing and editing;

A. A. Shigimaga - measurement and standardization of dendrochronological samples, text writing and editing;

R. M. Ilyasov - field work on the selection of dendrochronological samples, text writing and editing.

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

СЕВЕРНАЯ УРБАНИСТИКА

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 114-140.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 114-140.

СЕВЕРНАЯ УРБАНИСТИКА

Научная статья

УДК 332.132

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.007

ГОРОДА АЗИАТСКОЙ АРКТИКИ В УСЛОВИЯХ НОВЫХ ВЫЗОВОВ ИЗМЕНЕНИЙ КЛИМАТА И ПАНДЕМИИ COVID-19

*Александр Николаевич Пилясов¹, Надежда Юрьевна
Замятина², Андрей Евгеньевич Поляченко³, Борис
Владиславович Никитин⁴*

^{1,2,4}МГУ имени М.В. Ломоносова, АНО «Институт регионального консалтинга», Москва, Россия

³НИУ «Высшая школа экономики», Москва, Россия

¹pelyasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2249-9351>

²nadezam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4941-9027>

³apolyachenko@gmail.com

⁴borisnikitin25@gmail.com

Аннотация. Цель исследования состояла в оценке силы возникающих новых угроз для городов азиатской Арктики и определении возможных форм и направлений адаптации городского хозяйства к ним. Новизна исследования состояла в специальном акценте на города азиатской Арктики; в совместном рассмотрении современных вызовов природной и социальной нестабильности для этих городов; в расчете ущерба от деградации городской вечной мерзлоты через микропоказатели стоимости многоквартирных зданий и капитального ремонта. Ущерб шести городам Арктики Азии от климатических изменений, вызывающих деградацию вечной мерзлоты, через потерю устойчивости многоквартирных домов и через увеличение стоимости капитальных ремонтов ввиду более высокой частоты проведения ремонтных работ определяется «вилкой» от десятков до первых сотен миллиардов рублей в течение ближайших десятилетий. Общие

затраты городов Арктики Азии на борьбу с пандемией Covid-19 в 2020 году составляют десятки миллиардов рублей. Ответ городов Арктики Азии на новые вызовы включает определение оптимальной степени централизации городского теплоснабжения, рационального соотношения между капитальным ремонтом и строительством нового малоэтажного жилого фонда, адаптацию резервных мощностей системы здравоохранения крупных городов Арктики Азии к фактической численности граждан, с учетом вахтовиков и командированных.

Ключевые слова: арктический город, вечная мерзлота, изменение климата, пандемия Covid-19, адаптация, ущерб, многоквартирные здания, капитальный ремонт.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований в рамках проекта № 20-04-60490 Вирусы «Разработка территориально дифференцированных методов регулирования социально-экономических взаимодействий, отраслевой структуры и локальных рынков труда в целях обеспечения сбалансированного регионального развития в условиях сложной эпидемиологической обстановки».

Цитирование: Пилясов А.Н., Замятина Н.Ю., Поляченко А.Е., Никитин Б.В. Города азиатской Арктики в условиях новых вызовов изменений климата и пандемии Covid-19 // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 114-140. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.007.

Original article

CITIES IN THE ASIAN ARCTIC AMID NEW CHALLENGES OF CLIMATE CHANGE AND THE COVID-19 PANDEMIC

Alexander N. Pilyasov¹, Nadezhda Yu. Zamyatina², Andrei E. Polyachenko³, Boris V. Nikitin⁴

^{1,2,4}Lomonosov Moscow State University, ANO "Institute of Regional Consulting" (Moscow, Russia)

³NRU "Higher School of Economics" (Moscow, Russia)

¹pilyasov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2249-9351>

²nadezam@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4941-9027>

³apolyachenko@gmail.com

⁴borisnikitin25@gmail.com

Abstract. The aim of the study is to assess the strength of the emerging new threats to cities in the Asian Arctic and to determine the possible forms and directions of adaptation of the municipal economy to them. The novelty of the study is the special emphasis on cities in the Asian Arctic; joint consideration of contemporary challenges of natural and social instability for these cities; calculation of damage from degradation of urban permafrost through micro-indicators of the cost of apartment buildings and repairing works. The damage to six cities in the Arctic Asia from climatic changes causing the degradation of permafrost, through the loss of stability of apartment buildings and through the increase in the cost of repairs due to their frequency, is determined in the range from tens to the first hundreds of billions of rubles over the next decades. The total costs of cities in the Arctic Asia to combat the Covid-19 pandemic in 2020 amount to tens of billions of rubles. The response of the cities of the Arctic Asia to new challenges includes determining the optimal degree of centralization of the urban heating system, a rational ratio between capital repairs and the construction of new housing stock, adaptation of the reserve capacities of the healthcare system in large cities in the Arctic Asia to the actual number of citizens, taking into account shift workers and business travellers.

Keywords: Arctic city, permafrost, climate change, Covid-19 pandemic, adaptation, damage, apartment buildings, major repairs, centralization of urban heating system, reserve capacities of social infrastructure.

Acknowledgements. This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research within the framework of the project No. 20-04-60490 Viruses «Development of territorially differentiated methods of regulating socio-economic interactions, sectoral structure and local labor markets in order to ensure balanced regional development in a difficult epidemiological situation».

Citation: A.N. Pilyasov, N.Yu. Zamyatina, A.E. Polyachenko, B.V. Nikitin. Cities in the Asian Arctic amid new challenges of climate change and the Covid-19 pandemic // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 114-140. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.007.

Введение

Города Арктики являются стратегическим достоянием России [1]. По их количеству наша страна кратно превосходит всех своих северных соседей (по доле горожан в численности арктического населения Россия также вне конкуренции) [2]. В последние десятилетия они стали наряду

с месторождениями природных ресурсов уникальными концентраторами богатства человеческих, финансовых, материальных ресурсов Арктики.

Эти города в последние годы сталкиваются с новыми рисками экологических катастроф (Норильск-2020), вызовами масштабного оттока квалифицированных кадров и притока этнических мигрантов, быстрых климатических изменений и пандемии Covid-19, которая протекает в них весьма специфично. Предметом нашего исследования стала оценка потенциального ущерба в городах азиатской Арктики от угроз климатических изменений и определение возможных форм адаптации городского хозяйства к возникающим опасностям со стороны природной и социальной среды.

Выбор наиболее крупных городов приморской Арктики в качестве объекта исследования определяется следующими соображениями: 1) все эти города расположены в зоне (сплошной и прерывистой) вечной мерзлоты и уже реально сталкиваются с последствиями быстрых климатических изменений; 2) пять из шести городов данной выборки (кроме Нового Уренгоя) расположены в районах с ограниченными сроками завоза грузов, то есть существуют в условиях транспортной удаленности и изолированности, которая определяет своеобразие реакции городской системы на новые климатические и пандемийные вызовы; 3) именно в Арктике Азии в ближайшие годы будут разворачиваться новые крупные ресурсные проекты, и многие обозначенные города станут их поддерживающими базами, поэтому поддержание устойчивости их функционирования – это приоритет даже не региональной, а национальной политики; 4) обозначенная выборка полноценно представляет все многообразие городов российской Арктики: в ней присутствуют административные центры – два регионального (Салехард, Анадырь) и один районного уровня (Дудинка), два «корпоративных» города (Норильск, Новый Уренгой) и город-спутник (Лабытнанги).

Цель нашего исследования состояла в оценке силы возникающих новых угроз для городов азиатской Арктики и определении возможных форм и направлений адаптации городского хозяйства к ним. Она конкретизировалась в трех поставленных исследовательских задачах: оценка потенциального ущерба от деградации многолетней мерзлоты через изменение стоимости многоквартирных домов с риском потери устойчивости; характеристика специфичных угроз от пандемии COVID-19 для крупных городов азиатской Арктики; определение направлений адаптации городского хозяйства к новым вызовам природной и социальной нестабильности.

Новизна исследования состояла в специальном акценте на города азиатской Арктики, пока еще обойденные специальным вниманием российских и зарубежных исследователей; в совместном рассмотрении со-

временных вызовов природной и социальной нестабильности для этих городов – превалирует обособленный взгляд либо только на климатические изменения и определение ущерба от них, либо только на социально-экономические вызовы истощения ресурсной базы, вахтовой нестабильности и др.; в расчете ущерба от деградации городской вечной мерзлоты не через макропоказатели валового регионального продукта, бюджетного дохода, а через микропоказатели стоимости многоквартирных зданий и капитального ремонта.

Основным источником информации для исследования стали база данных муниципальной статистики Росстата, база данных региональной и муниципальной нормативной правовой информации «Консультант+», база данных по многоквартирным домам «Реформа ЖКХ», база статистики Росавиации¹, экспертные интервью (имеющиеся в распоряжении АНО «Институт регионального консалтинга»), материалы СМИ.

Методы и материалы

Предложенные способы расчетов ущерба от деградации городской вечной мерзлоты позволяют сравнить издержки проведения капитального ремонта многоквартирных домов (МКД) с издержками на восстановление жилья, потерявшего устойчивость из-за деградации многолетней мерзлоты.

Первый метод, основанный на элементах методики Порфирьева и др. [3-5], предполагает оценку общей площади многоквартирных домов, которые могут пострадать из-за деградации многолетней мерзлоты. Так как авторам доступна база данных по многоквартирным домам в каждом городе², в итоговой формуле может быть учтена поправка на возраст и срок службы домов.

Формула, по которой рассчитывается математическое ожидание площади дома, находящегося под угрозой обрушения из-за деградации многолетней мерзлоты:

$$E_i = type_sh * age_c_i * degr * sq_i,$$

где E – математическое ожидание площади дома, находящегося под угрозой обрушения;

$type_sh$ – доля домов, построенных на многолетней мерзлоте (зависит от типа многолетней мерзлоты в городе);

age_c_i – поправка на остаточный срок службы дома (методику расчета в пункте «Определение поправки на остаточный срок службы»);

¹ Объемы перевозок через аэропорты России / Росавиация. URL: <https://favt.gov.ru/deyatelnost-ajerorty-i-ajerodromy-osnovnie-proizvodstvennie-pokazатели-aerortov-obyom-perevoz/>

² Интернет-ресурс "Реформа ЖКХ" URL: <https://www.reformagkh.ru/> (дата обращения 20.08.2021)

degr – вероятность потери устойчивости, связанная с потерей несущей способности грунтов из-за деградации многолетней мерзлоты;

sq_i – общая площадь помещений в доме.

Сумма математических ожиданий площадей МКД под угрозой обрушения для всех многоквартирных домов в городе дает общую площадь под угрозой обрушения для города. Затем данная площадь умножается на среднюю цену квадратного метра в городе и получается общая стоимость жилья, находящегося под угрозой потери устойчивости. Формула выглядит так:

$$V = \sum E_i * sh * pr,$$

где *V* – стоимость жилья, находящегося под угрозой потери устойчивости;

∑E – сумма математических ожиданий площадей МКД, находящихся под угрозой обрушения;

sh – средневзвешенная доля площади квартир в МКД города;

pr – средняя рыночная цена квадратного метра квартиры³.

Многолетняя мерзлота бывает четырех основных типов: сплошная, прерывистая, массивно-островная и островная. По методике Стрелецкого (основанной на данных Международной ассоциации мерзловедения) [6] принимается, что в зоне сплошной мерзлоты на мерзлоте построено 90% зданий, в зоне прерывистой – 50%, в зоне массивно-островной – 10%, а в зоне островной – 0%.

Тип мерзлоты города определялся по карте [6], результаты приведены в табл. 1. Несмотря на значительную генерализацию исходной карты, бинарный характер типологии (сплошная-прерывистая мерзлота) позволяет ее использовать для целей оценки.

Таблица 1. Тип многолетней мерзлоты и доля домов, построенных на ней

Город	Тип многолетней мерзлоты	Доля домов, построенных на многолетней мерзлоте
Норильск	сплошная	0,9
Дудинка	сплошная	0,9
Анадырь	сплошная	0,9
Новый Уренгой	прерывистая	0,5
Салехард	прерывистая	0,5
Лабытнанги	прерывистая	0,5

Наличие базы данных по домам с годами постройки позволило учитывать возраст зданий при расчете вероятности повреждений. Для этого

³ Мир Квартир. URL: <https://www.mirkvartir.ru/> (дата обращения 05.09.2021)

была собрана информация о расчетном сроке службы зданий по типам (например, капитальные здания сталинского периода или современные панельные дома)⁴. Затем эти типы зданий были привязаны к году постройки⁵. Это позволило рассчитать остаточный срок службы домов на 2035 г. (середицу рассматриваемого интервала с 2020 по 2050 г.): то есть тот срок службы домов, который останется у них в 2035 г. (табл. 2). Так как типы МКД и технологии их строительства в городах Арктической зоны схожи, данная таблица актуальна для всех городов нашей выборки. Положительный остаточный срок службы означает, что полный срок службы еще не выйдет к 2035 г., отрицательный – что выйдет.

Таблица 2. Остаточный срок службы домов в 2035 г. в зависимости от года постройки

Годы постройки	Полный срок службы, лет	Остаточный срок службы на 2035 г., лет
до 1930	50	Не более -56
1930 – 1945	125	20 – 34
1945 – 1955	150	60 – 69
1955 – 1965	50	-30 – -21
1965 – 1980	100	30 – 44
После 1980	125	70 – 110

Для получения поправки к вероятности, была построена специальная функция, удовлетворяющая следующим условиям: при больших отрицательных остаточных сроках службы поправка должна быть около 2 (оценка авторов), что отражает возрастание хрупкости выработавших срок домов; при положительных и нулевых остаточных сроках службы поправка должна быть около 1, что отражает отсутствие негативного влияния срока службы на вероятность; в среднем поправка должна быть примерно равна 1, чтобы не исказить среднюю вероятность обрушения, полученную в других работах [3]. Были подобраны параметры распределения Вейбулла [3], удовлетворяющие указанным условиям. Оно имеет следующий вид

⁴ Какой срок службы панельного дома // Stroy.Podsobnik.ru. URL: <https://stroypodsobnik.ru/panelnye/srok-sluzhby-doma.html> (дата обращения 28.08.2021); Смирнова Н. Сколько простоит ваш дом? // ЦИАН. URL: <https://odintsovo.cian.ru/stati-skolko-prostoit-vash-dom-218279/> (дата обращения 28.08.2021).

⁵ Данный метод создает некоторые искажения, так как здания, построенные в один год, могут иметь разный срок службы. Однако ввиду расчетов для сотен домов города эти погрешности будут компенсированы при расчетах средних значений.

(рис. 1). Был сделан тестовый вариант расчетов без поправки на остаточный срок службы. Сравнение данных вариантов позволяет оценить значимость поправки на результат.

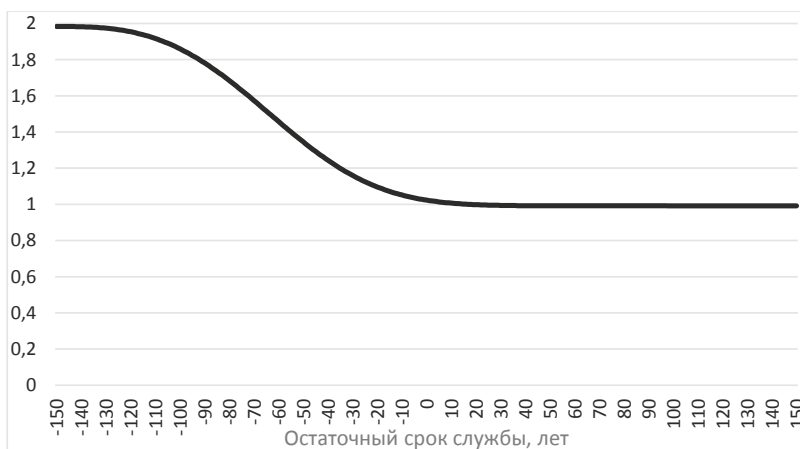


Рис. 1. Поправка к вероятности потери устойчивости в зависимости от остаточного срока службы дома

Снижение несущей способности многолетней мерзлоты (а значит, и вероятность потери устойчивости здания) в результате ее деградации определялось по специальной модели. Для этого сначала по шести климатическим моделям, участвующим в Пятом проекте по сравнению климатических моделей (CanESM2, CSIRO-Mk3-6-0, GFDL-CM3, HadGEM2-ES, IPSLCM5A-LR, NorESM1-M) [6], определяется изменение среднегодовой температуры и осадков по наиболее жесткому варианту климатических изменений RCP8.5, который соответствует динамике климата в северных регионах России. Так как результаты климатических моделей различаются, берется минимальный, средний и максимальный варианты изменения климата. Затем рассчитывается толщина слоя сезонного протаивания и связанная с ним несущая способность грунтов.

Итоговые карты по трем сценариям изменения климата представлены в работе [6]. По нашим рассматриваемым городам получаем данные, представленные в табл. 3.

Таблица 3. Снижение несущей способности многолетней мерзлоты по сценариям (в скобках указано значение, используемое в дальнейших расчетах)

Город	Снижение несущей способности по сценариям изменения климата, %		
	Минимальный	Средний	Максимальный
Норильск	10 – 19 (15)	40 – 49 (45)	70 – 79 (75)

Продолжение таблицы 3

Город	Снижение несущей способности по сценариям изменения климата, %		
	Минимальный	Средний	Максимальный
Дудинка	10 – 19 (15)	40 – 49 (45)	70 – 79 (75)
Анадырь	30 – 39 (35)	50 – 59 (55)	70 – 79 (75)
Новый Уренгой	20 – 29 (25)	60 – 69 (65)	70 – 79 (75)
Салехард	20 – 29 (25)	60 – 69 (65)	70 – 79 (75)
Лабытнанги	20 – 29 (25)	60 – 69 (65)	70 – 79 (75)

В работе Стрелецкого и др. [6] было принято, что угроза потери устойчивости зданий возникает при снижении несущей способности более чем на 50%. Однако для исследования городов такой подход представляется упрощенным, так как согласно нему город либо целиком попадет под угрозу потери несущей способности (если в нем несущая способность снизится более чем на 50%), либо нет (в случае изменения несущей способности менее чем на 50%)⁶.

Поэтому вводится непрерывная функция распределения вероятности, которая показывает зависимость вероятности обрушения здания от потери несущей способности. Данная функция должна удовлетворять следующим условиям:

- при сохранении несущей способности (снижении на 0%), вероятность обрушения должна быть пренебрежимо мала (примерно равна 0), так в рассматриваемых городах при данной несущей способности здания не обрушаются;
- при полной потере несущей способности (снижении на 100%), вероятность обрушения должна быть примерно равна 1, так как при отсутствии несущей способности здания должны обрушиться;
- даже при относительно небольших отличиях снижения несущей способности от 0% и 100% функция должна заметно отличаться от 0 или 1 соответственно, чтобы отразить небольшую, но ненулевую вероятность обрушения при небольшом сокращении несущей способности, поэтому дисперсия распределения не может быть слишком маленькой;
- при снижении несущей способности на 0,5 (50%) вероятность обрушения должна быть равна 0,5, чтобы не противоречить методике расчетов Стрелецкого, устанавливающей границу на этом уровне.

⁶ В цитируемой работе исследовались регионы, для которых изменение мерзлотных условий могло быть разным для различных частей, поэтому и результаты получаются не бинарными: регионы могут различаться по степени защищенности от обрушения домов.

Были подобраны параметры нормального распределения, удовлетворяющие указанным условиям. Оно имеет следующий график (рис. 2). Так как МКД имеют примерно одинаковую устойчивость, функция распределения универсальная для всех городов.

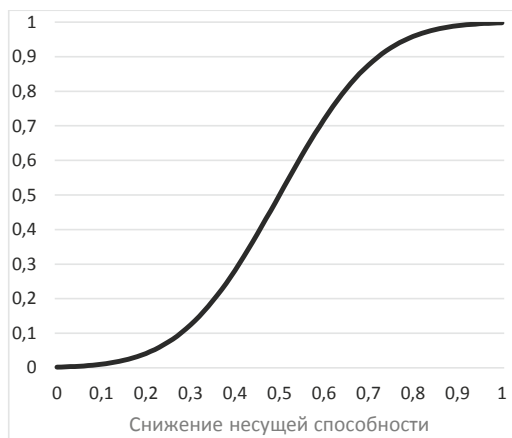


Рис. 2. Вероятность потери устойчивости зданий в зависимости от снижения несущей способности

Также был проведен тестовый вариант расчетов с дискретной вероятностью (0% при потере несущей способности менее 50% и 100% при потере более 50%).

Первый метод, основанный на элементах методики Порфирьева и др. [3], предполагает оценку общей площади многоквартирных домов, которые могут пострадать из-за деградации многолетней мерзлоты. **Второй метод** расчета ущерба от деградации многолетней мерзлоты проводится через оценку дополнительных затрат на капитальный ремонт (удорожание и более частое проведение ремонтных работ), который связан с нахождением МКД в зоне многолетней мерзлоты.

Формула оценки:

$$V = per * pr * sh * sq * len,$$

где *per* – периодичность капитальных ремонтов (измеряется числом раз в год),

pr – стоимость капитального ремонта 1 м² площади МКД,

sh – доля затрат на капитальный ремонт, связанных с деградацией многолетней мерзлоты,

sq – общая площадь МКД в городе,

len – рассматриваемый временной горизонт с 2020 по 2050 гг. (30 лет).

В силу недостаточного количества данных расчет выполнен только для городов Лабытнанги и Салехард. Периодичность капитальных ремонтов определялась как среднее отношение числа домов, в которых планировался капитальный ремонт в 2017–2019 гг. (согласно Региональному краткосрочному плану реализации региональной программы капитального ремонта общего имущества в МКД⁷, расположенных на территории ЯНАО в период 2017–2019 гг.), к общему числу домов, деленная на 3 (число лет в периоде). Стоимость ремонта 1 м² определялась исходя из Регионального краткосрочного плана путем деления общей суммы затрат на площадь ремонтируемых МКД.

Доля вклада расположения на мерзлоте в затраты на капремонт определялась путем сравнения платежей за капремонт в Ненецком автономном округе и Ямало-Ненецком Автономном округе (регионах с многолетней мерзлотой) с платежами в Мурманской и Архангельской областях (регионы без многолетней мерзлоты). При этом считалось, что только половина этого вклада (связанная с ремонтом фасадов и фундаментов) вызвана именно деградацией многолетней мерзлоты.

Общая площадь многоквартирных домов в городе взята из базы данных МКД⁸. Данные для расчетов приведены в табл. 4.

Таблица 4. Данные для расчета увеличения стоимости капитального ремонта, связанного с деградацией многолетней мерзлоты

Город	Расчетная периодичность капитального ремонта, раз в год	Стоимость ремонта 1 м ² , тыс. руб.	Доля затрат на капитальный ремонт, связанных с деградацией многолетней мерзлоты, %	Площадь МКД, тыс. м ²
Лабытнанги	0,072	1,12	8,4	221,9
Салехард	0,089	1,91	8,4	690,7

Однако данный расчет не учитывает увеличение частоты капитальных ремонтов в связи с деградацией многолетней мерзлоты. Если же допустить большую частоту проведения капитальных ремонтов, итоговая формула приобретает вид:

$$V = (per_ndeg * sh + \Delta per) * pr * sq * len,$$

⁷ Региональный краткосрочный план реализации региональной программы капитального ремонта общего имущества в многоквартирных домах, расположенных на территории Ямало-Ненецкого автономного округа на 2017–2019 года. Утвержден постановлением Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 27 октября 2016 года № 1008-П (в редакции постановления Правительства Ямало-Ненецкого автономного округа от 10 июля 2019 года № 727-П).

⁸ Интернет-ресурс «Реформа ЖКХ» (<https://www.reformagkh.ru/>)

где per_ndeg — периодичность, с которой надо было бы проводить капитальные ремонты, если бы многолетняя мерзлота не деградировала (измеряется числом раз в год, будем считать ее равной нынешней периодичности),

pr — стоимость капитального ремонта 1 м² площади МКД,

sh — доля затрат на капитальный ремонт, связанных с деградацией многолетней мерзлоты,

Δper — большая частота проведения капитальных ремонтов за счет деградации многолетней мерзлоты,

sq — общая площадь МКД в городе,

len — рассматриваемый временной горизонт с 2020 по 2050 гг. (30 лет).

Интуитивное обоснование данной формулы можно увидеть на рис. 3.

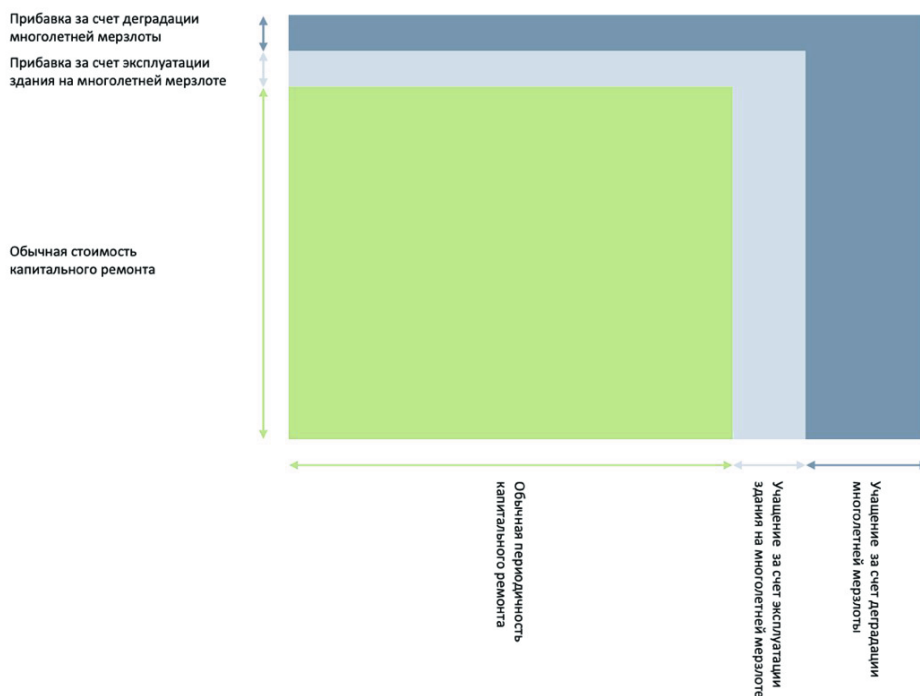


Рис. 3. Влияние особенностей мерзлотных условий на стоимость капитального ремонта

Результаты исследования

Расчеты ущерба МКД при деградации мерзлоты в городах азиатской Арктики

Результаты расчетов первым методом (через потерю устойчивости МКД) представлены в табл. 5. Поправка на срок службы мало влияет на результат (около $\pm 0,75\%$ для каждого города). Для Дудинки и Норильска

с более старым жилым фондом поправка увеличивает оценку потерь, для остальных городов – снижает ее. Различия между непрерывной (полученной согласно функции распределения «Определение вероятности потери устойчивости в зависимости от степени деградации многолетней мерзлоты») и дискретной вероятностью больше (от 8 до 63%), при этом данные, полученные с использованием непрерывной вероятности, представляются реалистичнее, поэтому далее будет использован вариант с учетом поправки на срок службы и непрерывной вероятности.

Таблица 5. Площадь домов под угрозой потери устойчивости, тыс. м²

Город	Общая площадь МКД, тыс. м ²	С учетом поправки на срок службы						Без учета поправки на срок службы					
		дискретная вероятность			непрерывная вероятность			дискретная вероятность			непрерывная вероятность		
		мин.	ср.	макс.	мин.	ср.	макс.	мин.	ср.	макс.	мин.	ср.	макс.
Норильск	5197	0	0	4716	102	1822	4365	0	0	4677	101	1807	4329
Новый Уренгой	2563	0	1271	1271	95	1025	1176	0	1282	1282	95	1034	1186
Салехард	691	0	343	343	26	276	317	0	345	345	26	279	320
Дудинка	543	0	0	485	11	187	449	0	0	488	11	189	452
Анадырь	357	0	319	319	62	196	295	0	321	321	62	197	298
Лабитнанги	222	0	110	110	8	89	102	0	111	111	8	90	103
Сумма	9573	0	2042	7244	303	3596	6704	0	2059	7225	303	3595	6687

В табл. 6 показана стоимость жилья под угрозой потери устойчивости. Общая стоимость такого жилья в данных городах составляет 13,6 млрд руб. при минимальном сценарии (минимальные климатические изменения), 150,6 млрд – при среднем и 232 млрд – при максимальном (максимальные климатические изменения), при этом большая часть приходится на Норильск и Новый Уренгой.

Таблица 6. Стоимость МКД под угрозой потери устойчивости

Город	Средняя стоимость м ² , тыс. руб.	Доля площади квартир в МКД	Стоимость МКД под угрозой, млрд руб.		
			минимальный	средний	максимальный
Норильск	25,5	0,88	2,3	40,7	97,5
Новый Уренгой	96,0	0,80	7,3	78,8	90,4
Салехард	76,5	0,82	1,6	17,3	19,9
Дудинка	29,6	0,89	0,3	4,9	11,8
Анадырь	38,9	0,82	2,0	6,2	9,4
Лабитнанги	35,9	0,83	0,2	2,6	3,0
Сумма	-	-	13,6	150,6	232,0

Результаты расчетов вторым методом (через стоимость капремонта) представлены в табл. 7. Прибавка по цене квадратного метра из-за де-

градации многолетней мерзлоты относительно невелика, а большая частота проведения капитальных ремонтов может существенно увеличить общую стоимость⁹. Так, при периодичности в 1,5 раза выше нынешней, стоимость капитальных ремонтов превысит стоимость жилого фонда под угрозой потери устойчивости при реализации максимального сценария изменения климата.

Таблица 7. Увеличение стоимости капитальных ремонтов при большей частоте проведения ремонтных работ

Город	Увеличение стоимости капитальных ремонтов при большей частоте проведения ремонтных работ, млрд руб.										
	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2
Лабытнанги	0,04	0,8	1,5	2,3	3,0	3,8	4,5	5,2	6,0	6,7	7,5
Салехард	0,30	4,3	8,2	12,2	16,1	20,1	24,0	28,0	32,0	35,9	39,9

Расчеты показали, что даже при наименьшем реалистичном сценарии изменения климата, ущерб от деградации многолетней мерзлоты в рассматриваемой выборке из шести арктических городов может составить 13,6 млрд руб., или 3,5% от всего жилого фонда, при этом для Анадыря ущерб будет значительно больше. При максимальном сценарии под угрозой окажется 59,7% жилого фонда стоимостью 232 млрд руб. Предотвратить потерю жилого фонда можно путем проведения капитальных ремонтов, однако при сильном увеличении их периодичности их стоимость превысит стоимость жилого фонда под угрозой обрушения.

Окончательный вывод о целесообразности выбора того или иного варианта действий (поддержка функционирования МКД или постепенная замена их новыми) зависит от необходимой частота проведения капитальных ремонтов при деградации многолетней мерзлоты. Если увеличение частоты будет незначительно, тогда проведение капитальных ремонтов будет выгоднее. Если ремонт придется проводить в 1,5 и более раза чаще, то выгоднее постепенно заменять МКД под угрозой обрушения новыми вместо проведения учащенных капитальных ремонтов.

Издержки (ущерб) городам Арктики Азии от пандемии Covid-19

Является общепризнанной неравномерность распространения коронавируса в пространстве стран, регионов и городов мира. Этот вывод подтверждается и для российского архипелага районов и городов-«островов» с ограниченными сроками наземной транспортной доступности. Эти

⁹ Это следует из сравнения дополнительной стоимости капитальных ремонтов для случаев с более высокой частотой проведения ремонтных работ и при обычной частоте: прибавка по цене квадратного метра из-за деградации многолетней мерзлоты почти не влияет на результат.

города и районы Арктики имели яркие специфические черты в пространственном распространении пандемии.

Ранее проведенные нами исследования подтверждают специфично высокие уровни заболеваемости инфекционными болезнями на российских «островных» территориях, что, казалось бы, противоречит здравому смыслу. Однако на поверку удаленные островные территории делятся на несколько категорий, существенно различающихся по сопротивляемости пандемии. В самом общем случае это территории-изоляты, и, наоборот, транспортные хабы — в роли последних как раз и выступают арктические города.

На основании данных наших коллег по статистике заболеваемости в мировой Арктике [7], мы можем диагностировать четыре типа динамики распространения коронавирусной заболеваемости: 1) малочисленные и малые по площади арктические острова с одним пиком заболеваемости, которая затем, после принятия карантинных мер, стабилизируется, не получая подпитки извне, — Исландия и Фарерские острова; 2) малочисленные большие по площади острова-архипелаги, в которых возникают периодически «всполохи» от передислокационной диффузии и потом спады до нулевых значений, — Гренландия и северная Канада; 3) территории открытых на мир социальных сетей, со значительной ролью передислокационной диффузии, в которых пики и спады заболеваемости соседствуют, — Аляска и северная Финляндия; 4) территории постоянных связей с «материком» и потому с постоянным эффектом масштабирования заражения из внешних сетей — арктическая Россия и ее города.

Яркой особенностью российской Арктики в год пандемии стал феномен корпоративных территорий (монопрофильных городов и вахтовых поселений), на которых государство в значительной степени отдало функции борьбы с коронавирусом ресурсным компаниям. Классическим случаем в этом ряду был Норильский промышленный район, в котором градообразующим предприятием является компания «Норильский никель».

На борьбу с пандемией в 2020 году «Норникель» потратил около 12 млрд руб., поддерживая не только своих сотрудников, но и местную систему здравоохранения. Компания модернизировала медицинские центры, закупила для них 412 аппаратов ИВЛ, семь реанимобилей, 400 тепловизоров 15 мобильных и две стационарные лаборатории для исследований, а также сотни тысяч тест-систем для выявления коронавирусной инфекции. Приобрела более 460 тыс. тестов для определения коронавируса и более 10 млн защитных масок. В период пандемии «Норильский никель» выполнял чисто государственные функции поддержки субъектов малого и среднего предпринимательства, пострадавших от введения ограничительных мер. Предприятиям малого бизнеса — арендаторам объектов компании в Норильске — были предоставлены арендные каникулы. Социальным предпринимателям, участникам корпоративного благотворительного проекта «Мир

новых возможностей», ранее получившим ссуды от «Норникеля» на развитие социального бизнеса, были предоставлены кредитные каникулы [8].

Специфика северных ресурсных городов состоит, однако, не только в том, что в них велика роль отдельного предприятия. На самом деле многие из таких городов, особенно в бездорожной, слабоосвоенной зоне Арктики – лишь «верхушки айсберга» крупных промышленных районов, и через них проходят мощные потоки людей, направляющихся на промплощадки за пределами городской черты. В целом, современная российская Арктика представляет собой как бы два уровня – явный уровень Арктики-1 с постоянным населением (в большинстве зарегистрированном в городах), и «скрытая» Арктика-2, представленная сотнями вахтовых поселков, многотысячными перемещениями людей по зимникам и авиатранспортом, практически невидимые для официальных документов стратегического планирования развития территорий.

О масштабах этой Арктики-2 можно косвенно судить по грузо- и пассажирообороту аэропортов: Новый Уренгой лидирует в российской Арктике по пассажирообороту: в среднем за 2016–2019 гг. пассажирооборот аэропорта Нового Уренгоя составлял 936 тыс. человек в год, или примерно 9 человек на каждого официально зарегистрированного жителя города (рис. 4).

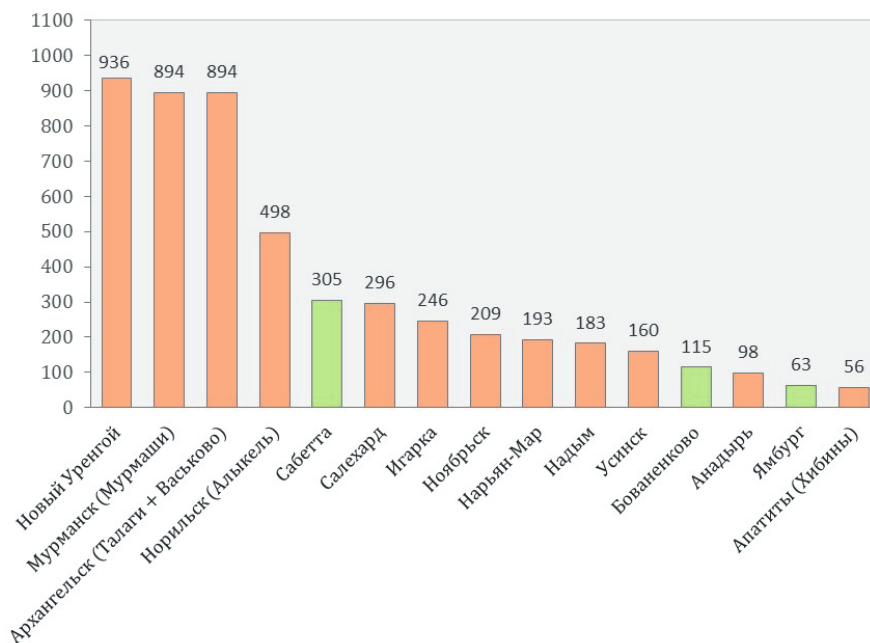


Рис. 4. Пассажирооборот крупнейших аэропортов АЗ РФ, тыс. чел в год (среднее за 2016–2019 гг.). Зеленым цветом обозначены аэропорты крупных центров нефтегазового освоения Арктики.

Два крупнейших города Арктики, Мурманск и Архангельск, с почти втрое бóльшим, чем у Нового Уренгоя, населением, уступают ему по пассажирообороту: 894 и 872 тыс. соответственно. Высокие показатели Нового Уренгоя объясняются тем, что данный город выполняет роль транспортного хаба для освоения новых районов нефтегазодобычи на севере Ямало-Ненецкого автономного округа – и в частности, промежуточным центром транспортировки вахтовых бригад. Крупные центры «перевалки» вахтовиков, как можно судить по соотношению пассажирооборота аэропорта и численности населения города базирования аэропорта (табл. 8) – это также Игарка (проект «Ванкор» «Роснефти»), Салехард/Лабытнанги, Анадырь и некоторые другие менее крупные поселения Арктики (Хатанга, Батагай, Мыс Каменный и т.д.).

Таблица 8. Соотношение среднегодового пассажирооборота аэропорта (2016–2017 гг.) и людности населенного пункта базирования аэропорта

Населенный пункт	Соотношение пассажирооборота и численности населения
Новый Уренгой	7,84
Салехард	5,91
Анадырь	5,10
Норильск (Дудинка)	2,42
Справочно: Игарка	54,18
Мурманск ¹⁰	2,08
Архангельск ¹¹	1,41

На Норильск приходится крупнейший в российской Арктике грузооборот авиатранспорта (11,4 тыс. тонн грузов в год в среднем за 2016–2019 гг.), а Мурманск и Архангельск по грузообороту сопоставимы с 15-тысячным Анадырем и уступают Норильску в пять-шесть раз (около двух тыс. тонн).

Для городов с железнодорожным сообщением дополнительный пассажиропоток приносит и оно: так например, через станцию Коротчаево в Новом Уренгое проходит большой пассажиропоток на Мессояхинское, Заполярное и Южно-Русское месторождения, а также в Тазовский и Пуровский районы¹².

Роль арктических городов как транспортных хабов и в целом как баз освоения обширных сырьевых территорий – пока явно недооценивается, в том числе и с точки зрения рисков ухудшения эпидемиологической обстановки. По сути, такие города нужно рассматривать как города со

¹⁰ Рассчитано по оценочной численности населения городской агломерации

¹¹ Рассчитано по оценочной численности населения городской агломерации

¹² <https://vk.com/@newurengoyru-12-avgusta-v-hode-rabochei-poezdki-po-okrugu-gubernator-pose>

значительно большей численностью населения — неслучайно в первый период пандемии (по состоянию на 22 мая 2020 года) на новоуренгойский очаг пандемии («во всех сводках он значится как “предприятия в районе Нового Уренгоя”») пришлось 29,6% всех инфицированных COVID-19 на Ямале — хотя доля города в населении Ямало-Ненецкого автономного округа составляет около 1/5¹³.

Переброска через города вахтовиков не только (и не столько: часто при перевозке больших групп вахтовиков они изолируются от местного населения) увеличивает общее число контактов в, казалось бы, очень небольших арктических сообществах, но и в случае форс-мажорных обстоятельств создает непомерную нагрузку на местную систему здравоохранения, отдельные параметры которой (например, потребность во врачах скорой медицинской помощи) по существующим правилам планируются исходя из численности местного населения¹⁴.

Ситуация пандемии очень ярко проявила пагубность «лага» между официальной численностью населения и всей социальной системой городов, рассчитанной именно на местных жителей, и потребностью в оказании помощи вахтовикам, заболевавшим на месторождениях: в частности, в Новый Уренгой привозили заболевших из одного из крупнейших вахтовых поселков страны — Сабетты¹⁵ и целого ряда других месторождений севера ЯНАО (с Гыданского полуострова и др.). Для перераспределения нагрузки на врачей в Новом Уренгое уже в июле 2020 года открыли отдельное приемное отделение для вахтовых рабочих, больных COVID-19 или с подозрением на эту инфекцию — до этого момента нагрузка на персонал была непомерная¹⁶. В целом, в 2020 году в СМИ появилось немало сообщений о том, что из-за переполнения больниц не было возможности оказать помощь вахтовикам, размещенным в обсерваторах, зачастую в неприиспособленных помещениях¹⁷.

Среди других дополнительных проблем, связанных с узловой ролью арктических городов в освоении окружающих территорий, — это потребность в дополнительных помещениях в случае необходимости организа-

¹³ Петрова Юлиана, Федотова Елена. Почему не удастся остановить распространение коронавируса в вахтовых поселках. Ведомости. 24 мая 2020. <https://www.vedomosti.ru/career/articles/2020/05/23/830910-rasprostranenie-koronavirusa-v-vahtovih-poselkah>

¹⁴ Приказ министра здравоохранения Российской Федерации от 26 июня 2014 г. № 322 «О методике расчета потребности во врачебных кадрах».

¹⁵ См., например: <https://www.yamalpro.ru/2020/04/19/kontaktirovavshih-s-bolnyim-koronavirusom-rabochih-sobettyi-gospitaliziruyut-v-novourengoyskuyu-tsgb/>

¹⁶ https://tv-impulse.ru/news/subjects/health/v-novom-urengoe-rabotayut-3-priyomnyh-otdeleniya-dlya-pacientov-s-covid-19/?utm_source=yxnews&utm_medium=desktop

¹⁷ <https://www.vedomosti.ru/career/articles/2020/05/23/830910-rasprostranenie-koronavirusa-v-vahtovih-poselkah>

ции обсервации прибывающих вахтовых бригад и дополнительные меры профилактики заболеваемости местного населения.

Направления адаптации городов Арктики Азии к условиям новых природных и социальных вызовов

Новые встряски для городской системы, которые вызваны быстрыми климатическими изменениями и приходом пандемии Covid-19, конечно, заставляют вновь вернуться к старым вопросам рациональной организации коммунального хозяйства, жилищного строительства, социальной сферы городов Арктики Азии.

Определение оптимальной степени централизации городского теплоснабжения

В большинстве арктических городов теплообеспечение исключительно специфично, существенно более, чем энергообеспечение или водообеспечение, потому что привязано не просто к месту (тип ландшафта, конкретный вид местного или завозимого источника теплоснабжения и др.), но к микрорайону или даже отдельному многоквартирному дому, атомарному домохозяйству. По всем городам нашей выборки протяженность тепловых сетей больше, чем водопроводных и электрических. Диапазон межгородских и внутригородских различий в схемах теплоснабжения (от архаичных печек-буржук до ультрасовременных полностью автоматизированных безлюдных котлов с дистанционным управлением) исключительно велик, и выше, чем в схемах энергообеспечения или водоснабжения города.

Изменения климата в результате растепления вечномёрзлых грунтов уже приводят в арктических городах к проседанию сетей теплоснабжения, просадкам коллекторов, значительным потерям тепловой энергии и др. В этих условиях возникает необходимость заново определить степень целесообразной централизации в схемах теплоснабжения.

Централизованная модель (Норильск, Новый Уренгой) обеспечивает экономию на масштабе выработки тепла, экономию на обслуживании компактного сетевого хозяйства. Однако при увеличении протяженности линий снижается эффективность передачи тепла и надежность всей системы, увеличиваются потери и возрастают удельные затраты на обслуживание сетей. Эти проблемы еще более обостряются ввиду сокращения численности обслуживаемого населения арктического города и снижения плотности тепловой нагрузки во многих арктических городах в последние десятилетия.

С другой стороны, децентрализованная схема, ориентированная на всемерное приближение источников выработки тепла к потребителям и сокращение протяженности теплотрасс, обеспечивает большую гибкость,

возможность уйти от массовых решений к штучным и выбору местных, а не завозимых источников теплоснабжения. В перспективе она содействует переходу от преимущественно бюджетного содержания теплового хозяйства к его содержанию за счет самих потребителей, городских домохозяйств.

Очевидна необходимость перехода от централизованных массовых, характерных для старых микрорайонов панельной застройки 1970-1980-х годов, к частично децентрализованным индивидуальным решениям в системе городского теплообеспечения, с частичным или полным отказом от дальнепривозимых теплоносителей и их замещением местными. Значительно ускоряет переход на децентрализованные схемы теплообеспечения смена ключевого теплоносителя с угля, нефти, мазута на газ, в том числе сжиженный (СПГ), и строительство нового малоэтажного жилья.

Расчеты показывают, что 1 Гкал тепловой энергии, произведенной на индивидуальном котле, существенно дешевле тепла от нефтяных, угольных и дровяных котельных [9]. Новое индивидуальное жилье востребует бессетевые, индивидуализированные или «домовые» решения по теплообеспечению (например, установление крышных блочно-модульных котельных с высокой степенью автоматизации всех процессов). И с точки зрения адаптации к условиям деградации вечной мерзлоты уход от полюсов централизации или децентрализации к смешанным, гибридным схемам будет оправданным.

Определение рационального соотношения между капитальным ремонтом и новым строительством жилого фонда

Общеизвестно, что в Арктической зоне объемы жилищного строительства отстают от среднероссийских значений в несколько раз. Неудивительно, что городской жилищный фонд здесь ускоренно стареет, на рынке недвижимости преобладает вторичное жилье, а удельный вес аварийного жилья существенно выше, чем в городах Центральной России. Изменения климата, которые приведут к сокращению доремонтной эксплуатации зданий, по-новому ставят вопрос об оптимальном соотношении капитального ремонта и нового строительства жилья в рассмотренных городах Азиатской Арктики. Вместо односторонней ориентации на капитальный ремонт целесообразно обозначить приоритет строительства разных форм стационарного и временного жилья. Но и сам капитальный ремонт должен изменить свою природу: недостаточно в основном сохранять все те материалы, которые использовались 25-30 лет назад — необходимо обязательно применять новые материалы и технологии, то есть капитальный ремонт обязательно должен включать в оправданных размерах элементы инновационной модернизации и реконструкции.

Изменение устройства арктических городов для сокращения издержек вирусных эпидемий

Главная проблема предотвращения рисков, связанных с вахтовыми перевозками, заключается в практически полной непрозрачности как направлений этих перевозок, так и численности перевозимых [10–11]. Парадоксальным образом именно пандемия COVID-19 позволила сдвинуть дело с мертвой точки. Ситуация разворачивалась следующим образом.

Во-первых, именно вахтовые поселки стали мощными очагами инфекции – в первую очередь, очевидно, из-за скученности работников в общежитиях. Концентрация заболевания в вахтовых поселках стала одной из важнейших особенностей пандемии в России – подобно ставшей уже хрестоматийной концентрацией заболевших в домах престарелых в Швеции, среди горнолыжников Австрии и футбольных болельщиков в Италии. Так, например, по Ямало-Ненецкому автономному округу известно, что на ранней стадии развития пандемии «в целом на рабочих с нефтегазовых месторождений и производств на Ямале приходится 70% подтвержденных случаев заражения COVID-19»¹⁸.

Во-вторых, борьба с пандемией, которой была придана государственная важность, заставила «проявить» статистику по вахтовым поселкам и в целом по предприятиям. Как ни парадоксально, именно благодаря ситуации пандемии стала точно известна численность размещенных на промышленных объектах вахтовиков и других работников¹⁹. В частности, появились оценки, что на том же Ямале трудится не менее 100 тыс. вахтовиков²⁰ – то есть, с их учетом, население автономного округа можно условно увеличить на 20%.

¹⁸ Петрова Юлиана, Федотова Елена. Почему не удается остановить распространение коронавируса в вахтовых поселках. Ведомости. 24 мая 2020. <https://www.vedomosti.ru/career/articles/2020/05/23/830910-rasprostranenie-koronavirusa-v-vahtovih-poselkah>

¹⁹ Характерен пример интервью, взятого одним из авторов в сентябре 2021 года на горнодобывающем предприятии в Арктической зоне Российской Федерации:

Интервьюер: Сколько сотрудников?

Респондент: 1937.

Интервьюер: С точностью до человека!

Респондент: Конечно, я знаю. Мы же сейчас в условиях пандемии, [отслеживаем] численность – сколько в отпуске, сколько заболело, сколько провакцинировано, какой прирост. Это очень классная тема, потому что мы хоть стали понимать, сколько у нас кого, где и чего. А то мы так говорили – у нас трудится около 2 000 человек. Когда начинаем разбираться – в отпуске столько процентов от численности, тут возник перекос, нагрузка перераспределилась, потом докупаем подрядчика, и пошли, пошли. Там тоже есть поле для размышления.

²⁰ Петрова Юлиана, Федотова Елена. Почему не удается остановить распространение коронавируса в вахтовых поселках. Ведомости. 24 мая 2020. <https://www.vedomosti.ru/career/articles/2020/05/23/830910-rasprostranenie-koronavirusa-v-vahtovih-poselkah>

В-третьих, пока еще несделанный шаг должен состоять в адаптации резервных мощностей системы здравоохранения к потенциальной численности всех граждан, одновременно находящихся на территории Арктики – постоянно проживающих, вахтовых работников, а также находящихся в командировке (численность которых, по-видимому, также достаточно существенна). Основная нагрузка при этом ляжет на города восточной – более сырьевой и менее освоенной – азиатской Арктики.

То же можно сказать и о системе временного размещения, возможностях организации обсерваторов и т.д. В арктических городах потребность в экстренном размещении больших групп людей возникает чаще, чем в основной зоне расселения – здесь можно привести пример вполне рядовой для Норильска «черной пурги», когда, например, в ночь на 9 декабря 2021 года были отменены автобусные рейсы до района Кайеркан, и люди, которые не могли попасть домой, были размещены на ночь в здании городского центра культуры²¹.

В этой связи совершенно очевидно, что резервные площади для временного размещения не только фактор смягчения рисков в случае ухудшения эпидемиологической обстановки, но и фактор повышения качества жизни горожан в условиях нестабильных погодных условий, типичных для Арктики. Данное наблюдение выводит на новый уровень тему «пульсирующих городов» как предположительно оптимальной формы адаптации городского пространства к специфике Арктики – не только для долгосрочной перспективы (например, сокращение и увеличение численности населения городов в связи с изменением экономических условий), но и на краткосрочную перспективу.

Другая сторона вопроса состоит в том, что подобная адаптация удорожает и так высокую стоимость содержания инфраструктуры арктических городов. Здесь стоит вызов в отношении развития принципиально новых технологий организации жилого пространства – в виде трансформируемых зданий или иных инновационных форм.

Обсуждение (дискуссия) результатов

В обсуждении ответа на новые вызовы природной (от изменений климата) и социальной (от вирусных пандемий) сферы обычно не принимается во внимание фактор времени: как должна быть организована во времени реакция на эти стрессы городской системы? Например, должна ли она быть равномерной или «залповой»? С другой стороны, должен ли ответ быть в «постоянных» координатах, то есть в виде стационарных дол-

²¹ В Норильске больше ста человек остались ночевать в городском культурном центре из-за «черной пурги». https://news.rambler.ru/weather/47740670/?utm_content=news_media&utm_medium=read_more&utm_source=copylink

гоживущих объектов и решений или, наоборот, ответ должен даваться по временным, изменчивым и заведомо коротким по своему существованию схемам?

Представляется, что именно для условий Арктики, в которой соотношение временного и постоянного исключительно специфично и тесно сопряжено друг с другом (в освоенных районах, наоборот, абсолютно обособлено) и формирует особый ритм природных и хозяйственных процессов, вопрос временной метрики ответа на новые вызовы должен быть специально поставлен и изучен. Между тем в конкретных управленческих решениях городской власти обычно приоритетное внимание отдается финансово-бюджетным ограничениям, а ограничения по возможным срокам реализации этих решений обычно недооцениваются.

В Арктике в силу ее природной и социальной нестабильности «длгострой» нередко оказывается особенно разрушительным, и наоборот, преимущества «залповых», импульсных, выполненных в рваном, неравномерном ритме решений в ответ на обозначенные новые вызовы могут быть исключительно эффективны. Это хорошо понимают ресурсные корпорации, которые стремятся реализовать свои новые проекты в Арктике предельно быстро, не в последовательном, как в советское время, а в параллельном режиме одновременного обустройства сразу в нескольких участках ресурсной цепочки «добыча-переработка-сбыт». Но это понимание реже реализуют на практике городские и региональные власти, у которых в силу особенностей бюджетного планирования реализация новых проектов имеет более равномерный и инерционный характер.

Так не пора ли в условиях новых вызовов природной и социальной нестабильности для арктических городов допустить более «рваный» ритм реализации «защитных» проектов – как более оправданный для специфичных условий Арктики? Это означает необходимость «залпового» (резко неравномерного и сконцентрированного на начальных этапах) ответа в течение короткого периода на вызовы изменений климата в виде быстрой модернизации городского теплового хозяйства (вместо текущей замены по 2-3% городских теплотрасс выйти на показатели ежегодной замены 8-10%); сочетать быстрый ввод нового элитного малоэтажного жилого фонда (для ядра постоянных жителей города), который строится на новых принципах, новых технологиях и с новыми материалами и более равномерный по годам ремонт жилья массовых серий, в возрастающей степени предусмотренный для временного проживания.

Необходимость быстрого «подтягивания» жилищного и гражданского строительства под новые вызовы климатических изменений и новых условий вирусных пандемий потенциально может создать в городах Арктики Азии новые/возрожденные старые предприятия индустрии местных стройматериалов. В этом случае новые вызовы станут источником новых

возможностей для роста экономики городов Арктики Азии на ресурсе местного рынка.

Заключение

1. В последние годы города Арктики Азии встречают новые вызовы быстрых климатических изменений и масштабных вирусных пандемий. Несмотря на то, что эти вызовы действуют совместно, они имеют разную природу: первые усиливают неопределенности городского развития, связанные с состоянием природной среды, генерируются изнутри самой Арктики; вторые отражают социальную неопределенность, которая привносится в Арктику извне, из зараженных вирусных очагов, в результате передислокационной диффузии зараженных вахтовиков, отпускников, командированных и т.д.

2. Расчет ущерба шести городам Арктики Азии от климатических изменений, вызывающих деградацию вечной мерзлоты, через потерю устойчивости многоквартирных домов и через увеличение стоимости капитальных ремонтов ввиду большей частоты проведения этих работ, определил вилку потенциального ущерба от десятков до первых сотен миллиардов рублей в течение ближайших десятилетий.

3. Только в одном Норильске на борьбу с пандемией «Норильский никель» потратил в 2020 году около 12 млрд. рублей. Общие затраты всех городов Арктики Азии нашей выборки составляют десятки миллиардов рублей. Новые вызовы пандемии обострили давно известную проблему значительных расхождений между социальной системой городов Арктики, рассчитанной на местных жителей, и фактической, существенно большей, реальной численностью населения с учетом вахтовых работников.

4. Ответ арктических городов на новые вызовы включает (но не сводится только к) определение оптимальной степени централизации городского теплоснабжения; рациональное соотношение между капитальным ремонтом и строительством нового малоэтажного жилого фонда; адаптации резервных мощностей системы здравоохранения крупных городов Арктики Азии к фактической численности граждан с учетом вахтовиков и командированных. Резервные площади для временного размещения и проживания есть фактор позитивной адаптации городов Арктики к новым условиям природной и социальной нестабильности.

Список источников

1. Пилясов А.Н. Города российской Арктики: сравнение по экономическим индикаторам// Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2011, № 4, с. 64-69.

2. Замятина Н.Ю., Гончаров Р.В. Арктическая урбанизация: феномен и сравнительный анализ// Вестник Московского университета. Серия 5: География, 2011, № 4, с. 69-82.
3. Порфирьев Б.Н., Елисеев Д.О., Стрелецкий Д.А. Экономическая оценка последствий деградации вечной мерзлоты для жилищного сектора российской Арктики// Вестник Российской Академии наук. 2021. Том. 91. № 2. С. 105-114.
4. Vasiliev A.V., Drozdov D.S., Gravis A.G., Malkova G.V., Nyland K.E., Streletskiy D.A. Permafrost degradation in the Western Russian Arctic// Environmental Research Letters. 2020. March. V. 15. Article 045001.
5. Suter L., Streletskiy D., Shiklomanov N. Assessment of the cost of climate change impacts on critical infrastructure in the circumpolar Arctic// Polar Geography. 2019. Vol. 42. № 4. P. 267-286.
6. Streletskiy D.A., Suter L., Shiklomanov N.I. et al. Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost // Environmental Research Letters. 2019. V. 14. Article 025003.
7. Petrov Andrey N., Welford Mark, Golosov Nikolay, DeGroote John, Degai Tatiana & Savelyev Alexander (2020) Spatiotemporal dynamics of the COVID-19 pandemic in the Arctic: early data and emerging trends, International Journal of Circumpolar Health, 79:1, 1835251, DOI: 10.1080/22423982.2020.1835251
8. Норильский никель. Отчет об устойчивом развитии 2020. Наш Крайний Север. М. 2021. 127 с.
9. Бычковский И.В. (рук.) Комплексная программа развития и модернизации жилищно-коммунального комплекса Ханты-Мансийского автономного округа на 2004-2010 годы. Книга 1. М. 2003. 134 с.
10. Силин А.Н. Вахтовый труд в Арктике: социально-пространственный дискурс: Монография. Минобрнауки России, ТИУ. Тамбов: Консалтинговая компания Юком, 2021. 88 с.
11. Силин А. Н. Арктический город и ваховик: новые вызовы // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2021. (110). № 1. С. 68–82. doi: 10.26110/ARCTIC.2021.110.1.005.

References

1. Pilyasov A.N. Cities of the Russian Arctic: Comparison by Economic Indicators // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography, 2011, № 4, P. 64-69. (In Russian).
2. Zamyatina N.YU., Goncharov R.V. Arctic Urbanization: Phenomenon and Comparative Analysis // Moscow University Bulletin. Series 5. Geography, 2011, № 4, P. 69-82. (In Russian).
3. Porfiriev B.N., Eliseev D.O., Streletsky D.A. Economic assessment of the consequences of permafrost degradation for the housing sector of the Russian Arctic // Vestnik Rossiyskoy Akademii nauk, 2021, Vol. 91, № 2, P. 105-114. (In Russian).
4. Vasiliev A.V., Drozdov D.S., Gravis A.G., Malkova G.V., Nyland K.E., Streletskiy D.A. Permafrost degradation in the Western Russian Arctic// Environmental Research Letters. 2020. March. V. 15. Article 045001.
5. Suter L., Streletskiy D., Shiklomanov N. Assessment of the cost of climate change

- impacts on critical infrastructure in the circumpolar Arctic// Polar Geography. 2019. Vol. 42. № 4. P. 267-286.
6. Streletskiy D.A., Suter L., Shiklomanov N.I. et al. Assessment of climate change impacts on buildings, structures and infrastructure in the Russian regions on permafrost // Environmental Research Letters. 2019. V. 14. Article 025003.
 7. Petrov Andrey N., Welford Mark, Golosov Nikolay, DeGroot John, Degai Tatiana & Savelyev Alexander (2020) Spatiotemporal dynamics of the COVID-19 pandemic in the Arctic: early data and emerging trends, International Journal of Circumpolar Health, 79:1, 1835251, DOI: 10.1080/22423982.2020.1835251
 8. Norilsk Nickel. Sustainability Report 2020. Our Far North. Moscow. 2021. 127 p.
 9. Bychkovsky I.V. (ed.) A comprehensive program for the development and modernization of the housing and communal complex of the Khanty-Mansi Autonomous Okrug for 2004-2010. Book 1. Moscow. 2003. 134 p.
 10. Silin A.N. Shift work in the Arctic: socio-spatial discourse: Minobrnauki of Russia, Industrial University of Tyumen. Tambov: Consulting company Yukom, 2021. 88 p. (In Russian).
 11. Silin A.N. Arctic city and shift worker: new challenges // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2021. (110). № 1. P. 68–82. doi: 10.26110/ARCTIC.2021.110.1.005 (In Russian).

Сведения об авторах

Пилясов Александр Николаевич, доктор географических наук, профессор кафедры социально-экономической географии зарубежных стран МГУ имени М.В. Ломоносова, генеральный директор АНО «Институт регионального консалтинга».

Замятина Надежда Юрьевна, кандидат географических наук, доцент кафедры социально-экономической географии зарубежных стран МГУ имени М.В. Ломоносова, заместитель генерального директора АНО «Институт регионального консалтинга».

Поляченко Андрей Евгеньевич, магистр НИУ «Высшая школа экономики».
Никитин Борис Владиславович, аспирант кафедры социально-экономической географии зарубежных стран МГУ имени М.В. Ломоносова, эксперт АНО «Институт регионального консалтинга».

Участие авторов

Пилясов А.Н. – концепция исследования, написание и редактирование текста;

Замятина Н.Ю. – подготовка текстовой части статьи, затрагивающей вопросы протекания пандемии Covid-19 в арктических городах;

Поляченко А.Е. – модельные расчеты влияния изменений климата и деградации мерзлоты на финансово-экономические параметры экономики

городов Арктики Азии;

Никитин Б.В. – определение факторов уязвимости арктических городов к пандемии Covid-19, подготовка иллюстративного материала статьи (карт, картосхем, графиков).

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Alexander N. Pilyasov, Doctor of Geographic Sciences, Professor of the Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Lomonosov Moscow State University, General Director of ANO “Institute of Regional Consulting”.

Nadezhda Yu. Zamyatina, Candidate of Geographic Sciences, Associate Professor of the Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Lomonosov Moscow State University, Deputy Director-General of ANO “Institute of Regional Consulting”.

Andrey E. Polyachenko, Master of Science, National Research University “Higher School of Economics”.

Boris V. Nikitin, postgraduate student of the Department of Social and Economic Geography of Foreign Countries, Lomonosov Moscow State University, expert of ANO “Institute of Regional Consulting”.

Authors Contribution

A.N. Pilyasov - research concept, text writing and editing;

N.Y. Zamyatina - preparation of the text part of the article addressing the issues of Covid-19 pandemic in Arctic cities;

A.E. Polyachenko - model calculations of the impact of climate change and permafrost degradation on the financial and economic parameters of the economy of Asian Arctic cities;

B.V. Nikitin - identification of factors of vulnerability of Arctic cities to Covid-19 pandemic, preparation of illustrative material of the article (maps, cartograms, graphs).

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 09.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 9, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

СЕВЕРНОЕ ОЛЕНЕВОДСТВО

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 142-152.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 142-152.

СЕВЕРНОЕ ОЛЕНЕВОДСТВО

Научная статья

УДК 636.294

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.008

ФЕНОТИПИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ СЕВЕРНЫХ ОЛЕНЕЙ ПРИ ПЕРЕВОДЕ ИХ НА ИЗГОРОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Александр Александрович Южаков¹, Сергей Михайлович Зуев²

¹Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН,
Санкт-Петербург, Россия

²Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

¹alyuzhakov@yandex.ru

²ssalinders@mail.ru

Аннотация. Проведен сравнительный анализ живой массы, линейных размеров и индексов телосложения у ненецкой породы северных оленей, переведенных с тундры в зону северной тайги на изгородное содержание. Разница по живой массе, основным промерам и индексам телосложения важенок не имела статистически достоверных различий. Живая масса телят, родившихся в изгороди, в 6-месячном возрасте не имела существенных отличий от показателей сверстников на свободном выпасе.

Ключевые слова: фенотип, домашние северные олени, изгородное содержание.

Цитирование: Южаков А.А., Зуев С.М. Фенотипические показатели северных оленей при переводе их на изгородное содержание // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С.142-152. Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.008.

Original article

PHENOTYPIC INDICATORS OF REINDEER WHEN THEY ARE TRANSFERRED TO A FENCED GRAZING SYSTEM

Alexander Alexandrovich Yuzhakov¹, Sergey Mikhailovich Zuev²

¹*St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg FITZ RAS);*

²*Arctic Research Center, Salekhard, Russia*

¹*alyuzhakov@yandex.ru*

²*ssalinders@mail.ru*

Abstract. A comparative analysis of the live weight, linear dimensions and physique indices of the Nenets breed of reindeer, transferred from the tundra to the northern taiga zone to a fenced grazing system, was carried out. The indicators for live weight, basic measurements and physique indices of females did not have statistically significant differences. The live weight of 6-month-old reindeer fawns born in the fence did not have significant differences from the indicators of free-grazing peers.

Keywords: phenotype, domestic reindeer, fenced grazing system.

Citation: Yuzhakov A.A., Zuev S.M. Phenotypic indicators of reindeer when they are transferred to a fenced grazing system // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 142-152.

Doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.008

Введение

Тундровый тип северного оленеводства - это один из способов искусственного биологического воспроизводства домашних северных оленей на естественных пастбищах тундры, лесотундры и северной тайги (в зимний период). Контроль за стадом осуществляется путем ежедневного окарауливания оленей при помощи оленегонной лайки, а пастбищеоборот - путем еженедельного перегона животных на пастбища, расположенные на межзональных территориях и используемые ежегодно, в разные сезоны.

Тундровый тип северного оленеводства исторически остается основным способом пастьбы домашних северных оленей в заполярных районах Ямало-Ненецкого автономного округа (Ямал, ЯНАО), где преимущественно оленеводством заняты ненецкие семьи оленеводов [1].

В тундровых и лесотундровых зонах 97,6% домохозяйств оленеводов содержат до 98% поголовья домашних северных оленей автономного округа. Около 1,5% поголовья домашних северных оленей ЯНАО круглогодично содержится на локальных территориях лесотундровой и северотаёжной зон автономного округа, где в зависимости от ландшафта и сезона года оленеводы применяют различные методы выпаса животных, свойственные как таежному типу оленеводства (стационарное содержание оленей на ограниченной территории; применение изгородей, теневых навесов, и оленьих сараев; подкормка оленей), так и тундровому.

Превышение оленепоголовья, ограниченность биологического запаса естественных кормов, частые случаи непроизводительного отхода животных в оленеводческих хозяйствах ЯНАО, и вытекающие отсюда социально-экономические проблемы оленеводов [2] акцентировали внимание заинтересованных сторон (олeneводы, представители общественности, органы государственной власти) на необходимости круглогодичного использования оленьих пастбищ в таежной зоне с применением технологий таежного типа оленеводства.

С 2014 года учеными Научного центра изучения Арктики проводятся изучение отечественного и зарубежного опыта таежного оленеводства, в том числе с применением изгородей. В целях минимизации рисков, связанных с переводом оленей на изгородное содержание, совершенствование технологий, методик и способов содержания оленей в условиях ограниченной территории выпаса и пастбищеоборота, была предложена организация пилотных проектов на лесных территориях Ямало-Ненецкого автономного округа [3]. В 2019 году, при финансировании департамента агропромышленного комплекса ЯНАО два оленеводческих хозяйства в рамках конкурса получили государственные гранты по 14,2 млн рублей, направленные на компенсацию расходов, связанных с закупом, доставкой и монтажом металлических сетчатых ограждений, предназначенных для сдерживания северных оленей на огороженных участках. На юге Надымского района проект реализуется крестьянско-фермерским хозяйством В. Слепушкин, на юге Тазовского района – Общиной КМНС «Сядэй-Яхинская».

Комплексное изучение сезонного содержания тундровых северных оленей на огороженной территории должно было показать условия адаптации тундровых оленей к изменившимся условиям выпаса, динамику и особенности изменений кормового состава оленьих пастбищ, и позволить выявить социально-экономические факторы жизнедеятельности оленеводов при организации изгородного содержания домашних северных оленей. Общий срок научного сопровождения проекта по изучению биологических, этнографических, социально-экономических процессов составляет 3-5 лет. Результатом научного сопровождения пилотных про-

ектов должны стать практико-ориентированные методические рекомендации, включающие важнейшие аспекты развития изгородного северного оленеводства в ЯНАО. В 2021 году на территориях хозяйств изгородного оленеводства были проведены геоботанические исследования оленьих пастбищ, собраны данные о социально-экономическом положении оленеводческих хозяйств. Кроме того, КФХ Надымского района было проведено выборочное зоотехническое обследование важнейших фенотипических параметров у перемещенных с тундры северных оленей ненецкой породы с целью сравнения их с исходными показателями. В качестве последних использовались данные, полученные при зоотехническом обследовании животных, выпасаемых на свободном выпасе в тундровых зонах Приуралья и Ямальского районов.

Как известно, фенотип - это комплекс хозяйственно-биологических признаков животного, имеющих наследственную детерминацию и проявившихся в определенных условиях среды (паратипические условия) в процессе роста, развития и хозяйственного использования. В число фенотипических показателей входят различные морфобиологические показатели животных: масть, экстерьер, живая масса, физиология и биохимия состояния организма и т.д. Фенотип является важнейшей характеристикой экотипа популяции или внутривидовой группы животных [4] и первым признаком адаптационных изменений при переводе в другие географические зоны или условия содержания [5, 6]. В северном оленеводстве оценка домашних северных оленей по фенотипу является главным методом оценки племенных животных, каковым останется и на ближайшую перспективу.

Материалы и методика

Линейные размеры тела и индексы телосложения изучены на 55 здоровых важенках от 3 до 9 лет, имеющих теленка. Живая масса северных оленей определялась путем взвешивания на напольных и динамометрических весах с точностью до 1 кг, а линейные размеры оленей определяли взятием промеров с точностью до 1 см (мерной палкой – *высота в холке*, *высота в локте*; мерной лентой – *косая длина туловища*, *обхват груди*; мерным циркулем – *длина головы*, *ширина в маклоках*). На основе промеров были вычислены индексы телосложения: *растянутости – отношение косой длины туловища к высоте в холке $\times 100$* ; *массивности – обхват груди к высоте в холке $\times 100$* ; *сбитости – обхват груди к косой длине туловища $\times 100$* ; *длинноголовости – длина головы к высоте в холке $\times 100$* . Полученные данные обработаны биометрически [7, 8, 10] в приложении MS Excel. Достоверность разницы считалась достигнутой по первому порогу вероятных прогнозов – $P \leq 0,05$.

Результаты и обсуждение

Важенки относятся к наиболее стабильной половозрастной группе по фенотипическим показателям: рост и формирование телосложения у них практически заканчивается к трем годам, участие в гоне не вызывает у самок тотального снижения живой массы, как у взрослых самцов. Важенок не используют на транспортных работах как быков, а зимой благодаря наличию рогов важенки являются доминирующей группой в стаде, что позволяет им сохранять свою массу и размеры тела.

Исследованная группа важенок при изгородном содержании обладала типичными для ненецкой породы показателями живой массы и линейных размеров тела (табл. 1). Наибольшее квадратическое отклонение важенки имели по показателю живой массы и промеру обхвата груди. По другим фенотипическим показателям данный параметр имел средние значения, что свидетельствует о выровненности исследуемой группы животных.

Таблица 1. Возраст и фенотип исследованной группы важенок, содержащихся в изгороди

Возраст, лет	Живая масса, кг	Промеры, см					
		высота в холке	косая длина тул.	обхват груди	ширина в маклоках	высота в локте	длина головы
5	82,6	97	106	115	23,8	56,5	34,5
5	77,5	101	104	111	23,5	60	34
7	96,0	99	110	123	26,5	59	34
3	89,0	95	100	117	27	59	33,5
6	73,0	96	101	103	25,5	54	34,5
M±m	83,6±2,65	97,6±0,7	104,2±1,36	113,8±2,03	25,2±0,48	57,7±0,73	34,1±0,12

Сравнение фенотипа важенок двух исследуемых групп показало, что по такому важному показателю, как живая масса, разница была незначительной – 1,1 кг в пользу изгородного содержания, но статистически недостоверной (табл.2).

Таблица 2. Фенотип важенок при содержании в изгороди и на тундровом выпасе

Показатель	В изгороди	На выпасе	Достоверность разницы
Живая масса, кг	83,6±2,65	82,5±0,88	н/д
Промеры, см			
высота в холке	97,6±0,7	95,3±0,42	н/д
обхват груди	113,8±2,03	115,8±0,58	н/д

Продолжение таблицы 1

Показатель	В изгороди	На выпасе	Достоверность разницы
Промеры, см			
косая длина тул.	104,2±1,36	101,1±0,41	н/д
ширина в маклоках	25,26±0,48	22,8±0,10	≤0,05
длина головы	34,1±0,12	33,8±0,21	н/д
Индексы, %			
растянутости	106,7	106,1	-
массивности	116,6	119,8	-
сбитости	109,2	114,6	-
длинноголовости	34,9	35,4	-

Статистически достоверная разница обнаружена только по промеру ширина в маклоках ($P \leq 0,05$). Небольшое преимущество по промерам высота в холке и косой длине туловища может быть объяснено малочисленностью выборки оленей, содержащихся в изгороди. Такой относительно стабильный промер как длина головы, оказался практически одинаковым (рис.1).

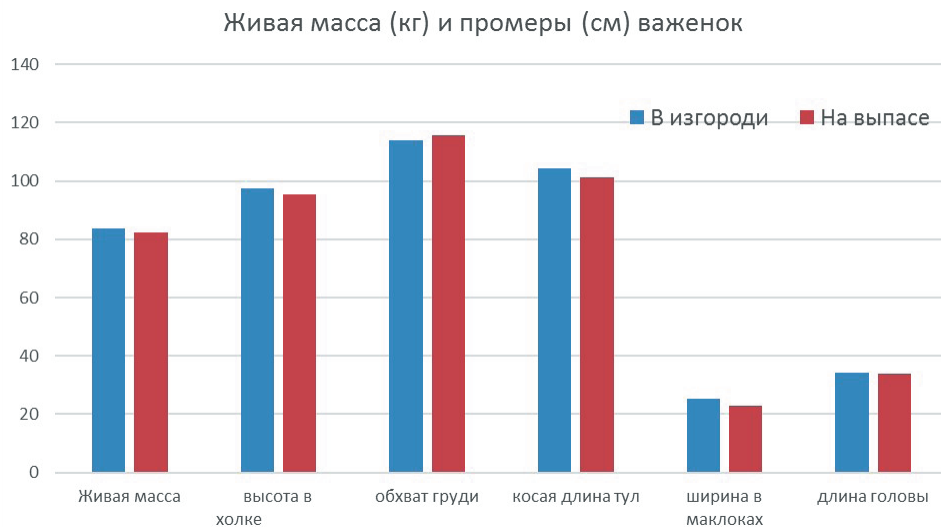


Рис. 1. Живая масса и промеры важенок при разных способах содержания

Близость величин промеров между группами важенок была подтверждена и при сравнении индексов телосложения. Индекс растянутости, показывающий особенности формата туловища животных, был практически одинаков. Индекс массивности оказался выше у «вольной» группы на 3,2% за счет преимущества в обхвате груди и более низкого по-

казателя высоты в холке. В индексе сбитости или компактности превосходство также было у «вольных» оленей на 5,4%. Индекс длинноголовости был практически одинаков (рис. 2).

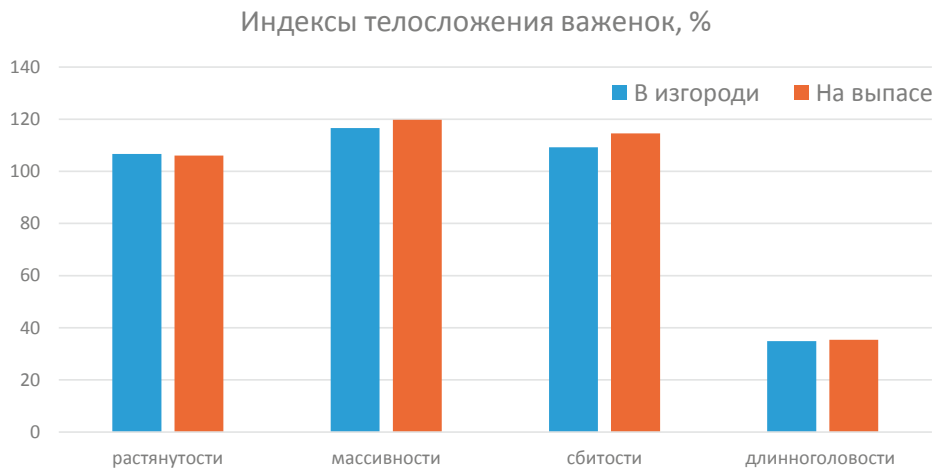


Рис. 2. Индексы телосложения важенок при разных способах содержания

Важным показателем адаптированности перемещенных животных является фенотип потомства, полученного в новых условиях содержания. В 2021 году средняя живая масса телят, полученных при изгородном содержании ($n=10$), составила $53,9 \pm 1,58$ кг (рис. 3).



Рис. 3. Взвешивание телят в изгороди.

На фото: слева – оленевод Владимир Слепушкин, справа – ученый Сергей Зуев.
Фото из личного архива Зуева С.М.



Рис. 4. Промеры обхвата груди телят в изгороди.
Фото из личного архива Зуева С.М.

Поскольку исследования телят-сверстников на тундровом выпасе в 2021 г. не проводилось, мы использовали данные, полученные нами ранее в племенных стадах Ямальского района [9]. Оказалось, что телята, выращенные в изгороди, превосходят по живой массе тундровых телят-самок – $52,8 \pm 0,71$ кг и уступают телятам-самцам – $59,0 \pm 0,66$ кг. Малочисленность выборки животных из стада изгородного содержания не дает основания считать её репрезентативной, а результаты в различиях по живой массе у телят и важенок могут считаться предварительными и требуют дополнительного исследования.

Заключение

Таким образом, северные олени, переведённые с тундры, достаточно успешно адаптировались к круглогодичному содержанию в изгородях в лесу. Незначительная и недостоверная разница в исследованных показателях фенотипа не позволяет считать процесс адаптации по данным показателям интенсивным и законченным. Для более уверенных выводов о результатах адаптации тундровых оленей к содержанию в изгороди необходимо расширить спектр и глубину научных исследований, включить в них контроль воспроизводства, анализ физиологических и биохимических изменений в организме перемещенных оленей.

Список источников

1. Zuev, S. The “success story” of private reindeer husbandry in iamal? A look at herders’ budgets 30 years after // Region: Regional Studies of Russia, Eastern Europe, and Central Asia Volume 9, Issue 1, January 2020, pp. 83-115.
2. Зуев С.М. Истощение оленьих пастбищ как причина трансформаций в оленеводстве и социальных изменений в традиционном образе жизни коренных малочисленных народов Севера ЯНАО // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2013. № (2) 79. С. 29-38.
3. Зуев С.М., Деттер Г.Ф., Филант К.Г. О развитии изгородного северного оленеводства в Ямало-Ненецком автономном округе // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. –2018. – № 3 (100). – С. 83-88.
4. Яблоков А. В., 1980. Фенетика. – М.: Наука. 132 с.
5. Южаков А.А., Романенко Т.М., Лайшев К.А. Феногеографическая изменчивость северных оленей ненецкой породы. Известия Санкт-Петербургского государственного агроуниверситета. – 2017. – № 47. – 115-122.
6. Алексеев Е.Д. Технология круглогодичного изгородного содержания домашних оленей в условиях таежной зоны Якутии //автореф. дис... канд с.-х. наук / ЯГСХА. – Якутск. – 2009. 21 с.
7. Меркурьева Е.К., Шангин-Березовский Г.Н. Генетика с основами биометрии. – М.: Колос, 1983. - 400 с.
8. Плохинский Н.А. Алгоритмы биометрии. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – 150 с.
9. Южаков А.А., Мухачев А.А., Шубин П.Н. Хозяйственное использование и экотипы северных оленей ненецкой породы. – Сиб. вестник с.-х. науки. – 1994. – № 1-2. – С. 53-58.
10. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. для биол. спец. вузов – 4 изд., перераб. и доп.- М.: Высш. шк., 1990. – 353 с.

References

1. Zuev, S. The “success story” of private reindeer husbandry in iamal? A look at herders’ budgets 30 years after // Region: Regional Studies of Russia, Eastern Europe, and Central Asia Volume 9, Issue 1, January 2020, P. 83-115.
2. Zuev S.M. Depletion of reindeer pastures as a cause of transformations in reindeer husbandry and social changes in the traditional way of life of the indigenous peoples of the North of the Yamal-Nenets Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2013. (79). № 2. P. 29-38.
3. Zuev S.M., Detter G.F., Filant K.G. Development of reindeer fencing in the Yamal-Nenets Autonomous District // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2018. № 3 (100). – P. 83-88.
4. Yablokov A. V. Phenetics. – Moscow: Nauka. 1980. 132 p.
5. Yuzhakov A.A., Romanenko T.M., Laishev K.A. Phenogeographic variability of reindeer of the Nenets breed // Izvestiya. Saint Petersburg State Agrarian University. 2017. № 47. – P.115-122.
6. Alekseev E.D. Reindeer fenced grazing technology in the taiga zone of Yakutia // Abstract of the dissertation of the candidate of agricultural sciences / Yakutsk State

- Agricultural Academy. - Yakutsk. 2009. 21 p.
7. Merkuryeva E.K. Shangin-Berezovsky G.N. Genetics with the basics of biometrics. – Moscow: Kolos, 1983. - 400 p.
 8. Plokhinsky N.A. Biometrics algorithms. - Moscow: MSU Publishing House. 1980. 150 p.
 9. Yuzhakov A.A., Mukhachev A.A., Shubin P.N. Economic use and ecotypes of reindeer of the Nenets breed, Siberian Bulletin of Agricultural Science. 1994. № 1-2. – P. 53-58.
 10. Lakin G.F. Biometrics: Textbook for biological specialties of higher education institutions - 4th edition - Moscow: Vysshaya shkola, 1990. - 353 p..

Сведения об авторах

Южаков Александр Александрович, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник Санкт-Петербургского федерального исследовательского центра РАН (СПб ФИЦ РАН) (СПб, Россия). Область научных исследований: домашнее северное оленеводство, породы домашних северных оленей, частная зоотехния, социально-экономические вопросы коренных малочисленных народов Севера.

Зуев Сергей Михайлович, младший научный сотрудник ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики» (Салехард, Россия). Область научных исследований: домашнее северное оленеводство, социально-экономические и правовые вопросы коренных малочисленных народов Севера, частная зоотехния.

Участие авторов

Южаков А.А. – концепция исследования, обработка полевых данных, разработка структуры статьи;

Зуев С.М. – сбор полевых данных, корректировка статьи;

Все соавторы – утверждение окончательного варианта статьи, ответственность за целостность всех частей статьи.

Information about the authors

Alexander Alexandrovich Yuzhakov, Doctor of Agricultural Sciences, principal researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (St. Petersburg, Russia). Research interests: domestic reindeer husbandry, breeds of domestic reindeer, private zootechnics, socio-economic issues of the indigenous peoples of the North.

Sergey Mikhailovich Zuev, junior researcher at the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District (Salekhard, Russia). Research interests:

domestic reindeer husbandry, socio-economic and legal issues of the indigenous peoples of the North, private zootechnics.

Authors Contribution

A.A. Yuzhakov – the concept of the study, processing of field data, development of the structure of the article;

S.M. Zuev – collection of field data, correction of the article;

All co-authors - approval of the final version of the article, responsibility for the integrity of all parts of the article.

Статья поступила в редакцию 21.01.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on January 21, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 154-166.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 154-166.

КУЛЬТУРОЛОГИЯ

Научная статья

УДК 711.4.01(571.121)

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.009

СТАНКОВОЕ ИСКУССТВО И ВИЗУАЛЬНЫЙ КОД САЛЕХАРДА

Галина Геннадьевна Гурьянова

Научный центр изучения Арктики, Салехард, Россия

galvarf@mail.ru

Аннотация. Статья посвящена выявлению особенностей устойчивых образов Салехарда в изобразительном станковом искусстве, которые из-за своей включенности в городской мифологический нарратив названы «визуальным кодом города». Для выявления подобных городских пейзажей были рассмотрены графические и живописные произведения, выполненные на территории Обдорска-Салехарда с начала XIX по начало XXI века. В течение XIX и XX веков визуальный код в изобразительном искусстве складывался из близких, но противоположных точек зрения: с реки Полуй на Полуийский мыс и с Полуийского мыса вдаль за реку Полуй. Подобные композиции фиксировали первое восприятие Обдорска-Салехарда и определяли ценность поселения / города в окружающем природном пространстве. В конце XX – начале XXI века появились камерные точки зрения на Салехард. Они объединяли образы уходящего, деревянного, города и его новой архитектурной среды, созданной каменными, цветными постройками. Так, постепенно, образы «первой встречи» и «взгляда вдаль» заменились образом ностальгически окрашенного городского пространства. В итоге делается вывод, что визуальный код, фиксируемый станковым изобразительным искусством, выявляет «подсознание» города, его суть, а не претензии, которые он декларирует. Материал основывается на произведениях художников, в чьих работах было зафиксировано развитие визуального кода Обдорска-Салехарда в течение более 200 лет. Это

Е. Корнеев, М. Знаменский, М. Гофман, И. Истомин, Г. Катилло-Ратмиров, Р. Сурвилло, В. Игловиков, И. Падалкина и другие.
Ключевые слова: станковое изобразительное искусство Салехарда, Ямало-Ненецкий автономный округ, региональное искусство, визуальный код города.

Цитирование: Гурьянова Г. Г. Станковое искусство и визуальный код Салехарда // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 154-166. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.009.

Original article

EASEL ART AND THE VISUAL CODE OF SALEKHARD

Galina G. Guryanova

Arctic Research Center, Salekhard, Russia

galvarf@mail.ru

Abstract. The article is devoted to identifying the features of Salekhard's stable images in the visual easel art, which, due to their inclusion in the urban mythological narrative, are called the “visual code of the city”. To identify such urban landscapes, graphic and pictorial works made in the territory of Obdorsk-Salekhard from the beginning of the 19th to the beginning of the 21st century have been considered. During the 19th and 20th centuries, the visual code in the fine arts was composed of close, but opposite points of view: from the Polui River to the Polui Cape and from the Polui Cape far beyond the Polui River. Such compositions fixed the first perception of Obdorsk-Salekhard and determined the value of the settlement / city in the surrounding natural space. At the end of the 20th – beginning of the 21st century, chamber points of view on Salekhard appeared. They combined the images of the outgoing, wooden city and its new architectural environment, created by stone, colored buildings. Thus, gradually, the images of the “first meeting” and “looking into the distance” were replaced by the image of a nostalgically colored urban space. As a result, it is concluded that the visual code, fixed by easel art, reveals the “subconscious” of the city, its essence, rather than the claims it declares. The material of the article is based on the works of artists whose works fix the development of the visual code of Obdorsk-Salekhard for more than 200 years. These are E. Korneev, M. Znamensky, M. Hoffman, I. Istomin,

G. Katilo-Ratmirov, R. Survillo, V. Iglovikov, I. Padalkina and others.

Keywords: Salekhard easel art, Yamal-Nenets Autonomous District, regional art, visual code of the city.

Citation: G. G. Guryanova Easel art and the visual code of Salekhard // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 154-166. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.009.

Введение

Поиск идентичности человека и брендинг территории, на которой он проживает, – процессы актуальные и взаимосвязанные. Их общей основой выступает изучение городской мифологии и определение *genius loci*. Да, безусловно, часто свою связь с территорией ее житель формулирует, опираясь на свою профессиональную реализацию, надежды, связанные с будущим своим и своих детей, а брендинг места тесно связано с материальными ценностями, которые оно продвигает. Но, вдумавшись в суть связи человека со своей землей, понимаешь, что опирается она на «душу» места, которая подсознательно и формирует в человеке любовь (или нелюбовь) к территории часто «несмотря», «вопреки» существующей реальности. Где и как можно увидеть душу города, определить его характер, понять его настроение? Как научиться читать тексты его мифов, что больше говорят не об истории и краеведении, а о том, что место раскрывает в нас, его жителях.

Н. П. Анциферов, один из первых исследователей городской мифологии, говорил, что нужно беседовать с городом, войти с ним в «любственное общение» [1, с.19], основанное на эмоциональном постижении внутреннего мира города, а не перечне его достопримечательностей и внешних особенностей. Поэтому немало свидетельств о душе города или его *genius loci* содержит искусство – художественная литература и изобразительное творчество.

Станковые живопись, графика создают визуальный текст, наиболее часто повторяющиеся мотивы которого тяготеют к осознанию понятийности места. Безусловно, нагляднее визуальную формулу города воплощает графический дизайнер, переводя понятие в знак и создавая логотип города, составляющую часть его бренда. Логотип часто опирается на узнаваемый либо малоизвестный, но значимый историко-культурный символ, который активно влияет на формирование идентичности жителя. В современном мире логотипом часто становится изобретенный графический образ, тяготеющий к многозначности (например, буква «П» в оформлении прямоугольного шрифта в качестве логотипа Перми [2]). Емкость графического знака объединяет содержательность, визуальную

выразительность и «товарную» узнаваемость городского кода. При этом визуальный код, рожденный в станковом искусстве, не столь лапидарен, но и его содержательный нарратив тяготеет к символизации территории, выявляет ценности места, он объединяет поколения, наполняя их жизнь общими смыслами.

Процесс формулирования визуального кода в станковом изобразительном искусстве исторически неоднороден, связан как с краем, регионом, так и с собственно развитием художественных процессов в городе. Визуальный код — плод и авторского, и коллективного творчества. В результате осознанных и подсознательных действий, закономерностей и случайностей формируется та особенность городского пространства, которая становится не просто узнаваемой, но и смысло-сохраняющей.

В европейском искусстве процесс формулирования визуальных кодов городов начался в XV—XVII столетиях, времени развития городского пейзажа как самостоятельного явления. Памятники архитектуры появлялись на полотнах в их неразрывной связи с природной средой, что само по себе повлияло на развитие городского пространства и формулирование приоритетных образов. Архитектурный памятник, для того чтобы стать частью визуального кода, должен обрести культурный бэкграунд. Чаще всего его имеют постройки, являющиеся частью истории страны. Но, порой и сооружения, неожиданно ставшие символом современного мира.

Не каждый город может представить визуальный код не только как мотив, но и как свой язык, т.е. изобразительную систему. Так, в начале XX века сформировался визуальный код Санкт-Петербурга, когда мотивы, описанные Пушкиным, Гоголем и Достоевским, были воспроизведены художниками объединения «Мир искусства», использовавшими язык ар-нуво, его стилистику и поэтику [3].

Визуальный код, таким образом, определяет город как уникальную историю, чему помогает наличие архитектурных памятников, ансамблей, скульптуры, декоративно-монументальных объектов; город, как место осознания своей особой природной среды; город как место постепенно сложившихся и узнаваемых видов и перспектив. Визуальные коды глобальных городов осознаются и считываются большинством. Оказываясь в таком месте, впервые, человек заранее готов к восприятию этой визуальной формулы, ожидает встречу с ней. Коды локальных городов понятны, прежде всего, самим жителям, но их фиксация и изучение помогает осознанию городской мифологии, характера городского пространства [4].

Цель этого материала определить, как на протяжении примерно 200 лет формировались визуальные коды Салехарда (Обдорска), места, в котором станковое изобразительное искусство развивалось медленно, неторопливо. Но несмотря на в целом небольшое количество городских

пейзажей, созданных здесь местными и приезжими художниками [5], появление и трансформация визуальной формулы заметны.

Материалы и методы

Методы изучения региональной культуры складывались и складываются либо в литературоведении, либо в новых областях знаний, например, рожденных на пересечении географии и культуры. Основой современного культурного регионоведения выступает учение о культурных гнездах. Это понятие было предложено литературоведом Н. К. Пиксановым в 1913 году. В своих трудах он описывал региональные духовные центры, складывающиеся под влиянием двух столиц – Санкт-Петербурга и Москвы, отмечая цикличность, поочередность их влияния на культуру провинции. На основе этих открытий ученый сформировал представление о наличии у провинции особой культурной специфики, формирующейся по принципу следования ориентирам столиц, которую следует изучать и формулировать [6]. Сегодня понятие «культурного гнезда» позволяет рассматривать отдельный регион, город, поселение с точки зрения изучения и анализа, с одной стороны, его встроенности в общегосударственный процесс, а с другой – выявления особенностей ритма и содержания этого процесса на конкретной территории.

Изучение памяти места связано с теорией гения места (*genius loci*), которая сложилась под влиянием практических и теоретических исследований Н. П. Анциферова в 1920-х годах [1]. По Анциферову, душа города проявляется исторически в единстве всех сторон его жизни: природы, быта и бытия населения, архитектурного пейзажа, места в жизни страны. Искусство изобразительное чаще всего служит визуализацией души города, являясь порождением городской жизни и ее зримым воплощением.

Характеристика вклада территории в развитие культуры государства связано с методом культурной географии, который активизирует в научных исследованиях ценность «малых пространств» и понятия городского брендинга. Как отмечают ведущие отечественные исследователи регионов Н. Ю. Замятина и А. Н. Пилясов, одним из факторов устойчивого развития периферии выступает сфера культуры, в индустриальной эре, воспринимавшаяся как исключительно расходная бюджетная статья, а сегодня, в постиндустриальную эпоху, непосредственно связанная с местным инновационным процессом и успехом его укоренения в местном сообществе [7, с. 286]. По словам одного из самых известных российских исследователей городского брендинга Д. В. Визгалова, города – это квинтэссенция своих регионов, они главные производители и потребители информации, они же и наиболее актуальный объект для бренди-

вания. А каждая новая работа над городским брендом требует и новых инструментов брендинга [8, с. 31, 32].

Так, классический культурно-исторический метод, помогающий выявить взаимосвязь между событиями культуры и искусства и определенным историческим этапом, был обогащен теорией культурных гнезд, методологией культурной географии, а также выявлением гения места.

Результаты и обсуждение

Итак, визуальный код города, фиксируемый станковым искусством, обычно содержит архитектурный и/или скульптурный узнаваемый объект/архитектурный ансамбль, в окружении уникальной местной природной среды. Сочетание архитектуры и природного целого рождает особые визуальные перспективы, выражаясь в способе построения пространства, ритме, цвете, пластике изображения.

Присматриваясь к столице Ямала, зная ее историю, понимаешь, что не стоит искать в составе его визуального кода значительных по меркам искусства построек [9, с. 116]. Долгие десятилетия своей жизни город был сплошь деревянным, его здания отражали конструктивные особенности строительства, нежели архитектурные стили большого искусства. Что, безусловно, не исключает внедрения в визуальный код города его «базовых» однотипных деревянных построек. Подчеркну, что лишенный раритетной архитектуры Салехард обладает более редкой особенностью — уникальным географическим положением, демонстрируя свою суть арктического города. Расположение города в максимальном приближении к широте Северного полярного круга дало ему право присвоения качества «единственного города на Полярном круге». Визуализация этого качества долгое время существовала в виде монументально-декоративного знака «66 параллель» (первый и уже утраченный был установлен в 1980 году, сегодняшний — в 2003 году). В 2015 году это качество проявилось и в постмодернистическом высказывании Сергея Баранова в проекте «Музейные апокрифы» (апокриф «Красная линия») [10, с. 4–5]. Стела «66 параллель» успешно используется в сувенирной продукции Салехарда.

Безусловно, географические определители для поселения человека на Севере являются ценными и актуальными, т. к. сразу предоставляют им уникальность, учитывая разряженность освоенного человеком пространства. Деревня близ финского города Рованиemi также имеет средовые знаки на месте Северного полярного круга, включая их в брендирование территории. В молодом Надыме одним из брендов города в 1990–2000-е был ресторан «65 параллель», который проявил в городской топонимике особенность месторасположения нового города страны [11]. Порой даже не градостроение, а просто удаленное расположение, деятельность человека

на Севере, в трудных условиях позволяла маркировать территорию в качестве уникальной. Напомню, например, культовую песню 1960-х «Ребята 70-й широты».

Средовой знак, олицетворяющий собой особое географическое расположение территории, претендует на ее визуальную формулу. Возможно, и другие примеры монументального и монументально-декоративного искусства Салехарда могут принять участие в выявлении локальной мифологии [12]. Но не все эти объекты связаны с мифологией города. Что-то из них могут представлять более значительные пространства – Арктику, Север, например. Что-то из них, напротив, отражает не территорию, а время, воплощая общегосударственные ценности. А использование этих монументальных объектов изобразительным искусством (в том числе и во время городских пленэров) также не приводит к выявлению кодов, скорее к бытийной фиксации уже готового образа.

При этом у станкового изобразительного искусства есть шанс выявить такой городской нарратив, который из бытийного превратится в мифологический. Именно в нём авторское и коллективное видение, соединяясь, может выявить визуальный код, формулу городского образа.

В целом, города Ямала в станковом изобразительном искусстве в исторической перспективе отражены мало. Я пишу «города», но имею в виду, конечно, Салехард, бывший единственным в округе до 1972 года. В такой ситуации каждое обнаруженное изображение – «на вес золота», что, безусловно, усложняет типологию. Для выявления же формульного высказывания необходима опора либо на осознанный концептуальный подход, либо, что вернее, т.к. исключает тенденциозность, на накопленную «критическую массу» мотивов, способствующую выявлению городских перспектив, опираясь на опыт «коллективного подсознательного». Доказательств наличия проектного подхода к формулированию образа Салехарда я не нашла. Поэтому использую обнаруженную «критическую массу». Среди созданных за XIX–XX века произведений искусства Обдорску-Салехарду посвящено примерно 44 работы. Преимущественно это графика, печатная и уникальная (литография, офорты, тушь, акварель и гуашь), живописных работ совсем мало, это этюды.

Неуверенность в точности подсчитанных произведений объяснима. Во-первых, полного состава произведений, созданных о Ямале (и об Обдорске-Салехарде, в том числе) в течение двух предыдущих столетий, известно пока приблизительно. Я использую материалы коллекций, прежде всего, окружного музея, а также иллюстрации в научных изданиях. Во-вторых, часть информации представлена частично. Так, например, в фонде «Документы» МВК имени И. С. Шемановского есть рукописи, хранящие информацию о двух выставках, работавших в окружной столице в 1947 и 1948 годах. По перечисленным названиям работ выставки 1948 года можно

судить о том, что часть выставленных произведений была посвящена Салехарду [13]. Это количество тоже учтено в общем примерном составе.

Мотивы работ об Обдорске-Салехарде разные, камерные и эпические, воспроизводящие природные и климатические состояния. Повторяющихся мотивов два: «взгляд вверх» (поселение/город, увиденный с реки, 10 работ) и мотив «взгляд вдаль» (поселение/город как способ обозреть окружающий мир, 8 листов и картонов). Эти 18 произведений искусства составляют примерно 41% всех «портретов» Обдорска-Салехарда XIX–XX веков. Учитывая, что остальные мотивы разрозненны, и каждый составляет явное меньшинство, выделенные два вполне могут рассматриваться как требуемый «массовый» материал. Отмечу, что они равно встречаются в искусстве XIX и XX века, их художественно осмыслили как приезжие, так и местные мастера. Будем считать, что оба мотива, представили формулу города вместе и каждый по-своему.

Рассмотрим каждый из мотивов подробнее. Как выше упоминалось, графических листов, использующих точку зрения «с реки» (мотив «взгляд вверх») среди 18 «портретов» города большинство. И среди этих 10 работ пять раскрывают момент первой встречи путешественника с новым местом (иллюстрация И. Жерена в книге путешественника Ф. Белявского, гравюра М. Гофмана, иллюстрирующая путешествие О. Финша, акварель омича Г. Катилло, офорт рязанца С. Ковригина, гуашь томича Ю. Рыбьякова) [5, с. 72, 323, 291]. Остальные пять, созданные, большей частью, местными художниками, используют этот мотив как наиболее для них привычный и часто видимый (перемещения по региону, рыбалка и пр.). Это панно-шторка Н. Шахова [5, с. 69,], рисунки М. Знаменского, И. Истомина, акварель С. Канева. Для длительного времени, включающего и XVIII, XIX века, и большую часть XX столетия, встреча с Обдорском-Салехардом как с местом новым или уже обжитым была связана именно с рекой прежде всего Полумем. Эта точка зрения кроме своей объективности, пересечения топографии и искусства, предлагает еще и опыт краеведения, позволяющий соотносить местность на мысе с современным городом, осознавать ритмы развития его пространства, учитывать его исторические доминанты.

Второй мотив (8 работ), в котором точка зрения с высоты Полуийского мыса «за реку» дополняет «первую встречу» естественным оборачиванием назад, туда, откуда прибыл гость, т.е. на покинутую на время цивилизацию или, напротив, вперед, куда устремлено внутреннее движение человека (акварель А. Корнеева, картон И. Истомина, рисунок Г. Гладунова-Доброва, масло В. Емельянова, В. Коровина, В. Игловикова, В. Самбурова) [5, с. 68, 195, 227, 228]. При этом в реальности взгляд оказывается обращен от поселения/города в бескрайнюю природную данность – тундру, Обь, горы Полярного Урала (с каждой стороны Полуийского мыса, образ возникает свой), ориентируя смотрящего на сопоставление природного и челове-

ского пространств. Поселение человека в этом случае приобретает не просто статус географического места, итога пути, но становится точкой отсчета человеческого на земле, способом открытия окружающего мира. Композиция работ, использующих мотив «взгляд вдаль», чаще всего основывается на том, что воспринимающий раскрывающееся пространство (художник, зритель) находится в максимальной близости к черте, границе освоенного и осваиваемого пространства, которая, видимо, проходит по реке. Поселение/город почти не проявлены, демонстрация их структуры не обязательна. Важно осознание наличия границы.

Во втором десятилетии XXI века в ямальском искусстве появился еще один мотив. Надо сказать, что образ Салехарда в творчестве мастеров Ямала и приезжих художников в первые два десятилетия нынешнего столетия становится более популярным, чем в предыдущие десятилетия. Это и интерпретация его истории (акварели М. Канева), и поляризация старого и нового мира, а также модернистское воссоздание городских ритмов (работы А. Вахрушева), метафорическое видение времени и пространства (акварели В. Станишевской), монументальное ощущение территории (акварели О. Луцко) и другие поиски. И вновь разнообразие мотивов, которое постепенно выявило общий – ностальгический. На примере пастелей И. Падалкиной рассмотрю его.

Пастель художника передает город в разных временах года и пространственных ракурсах [14]. Нет ни одной работы мотива «взгляд вверх» (точка зрения «с реки»). Падалкина – коренная жительница города, и, видимо, эта точка зрения на Салехард не является для нее приоритетной. Среди пастелей есть одна, передающая мотив «взгляд вдаль», но в новой вариации. Человек смотрит вдаль из стен своего дома, через стекло окна. И мотив читается в том случае иначе. Это не обращение к покинутой/желанной цивилизации и не единение границы природного и человеческого. Это декларация контраста и приоритета камерной жизни по сравнению с природной. Не случайно, И. П. Падалкина, воплощая город в нескольких локациях, объединяет свой подход общим камерным взглядом на жизнь человека.

Мотив ностальгический воплощается коренной салехардкой не в виде фантазии-представления прошлого или размышления о бегущем времени, а в форме личного воспоминания об уютном дворе детства. И делает это художник при помощи старых деревянных построек и т.н. БАМовских, и новых, каменных, ярко раскрашенных домов. Камерность композиций обеспечивается отсутствием взгляда вдаль, закрытостью пространства, локальным освещением, придающим территории интерьерность и домашний уют. Так, в начале нынешнего столетия Салехард обрел новый мотив, также раскрывающий его суть, одновременно были утрачены прежние. Столица «края земли» стала приобретать привычные для всех городов черты стабильной и привычной жизни.

Заключение

Таким образом, в течение XIX и почти всего XX века ведущими для передачи особенностей Салехарда в изобразительном станковом искусстве были два мотива: «взгляд вверх» и «взгляд вдаль». Оба мотива, по существу, были вариациями единого – встречи мира и «края земли». Только в одном случае мир открывал новую землю, а в другом – земля открывала мир. Не случайно, что оба мотива были связаны с рекой – главным способом освоения нового пространства, а также границей между освоенным и неосвоенным, хаосом и космосом. Один из самых ярких воплощений этого мотива был оставлен тюменцем Ю. Рыбьяковым в 1985 году. Активное движение туристов, прибывающих в столицу Ямала водным путем, экскурсии, жизнь горожан, тесно связанная с ожидаемыми судами, центральность площади перед речным вокзалом в 1980-е – начале 1990-х были не описаны, но предполагаемы этой небольшой по размеру гуашью. Новых работ этого мотива пока не выявлено. Город больше столетия жил этой визуальной формулой и ее исчерпал. Постепенно главным стал транспорт воздушный, но станковых работ посвященных «воротам в небо» нет.

И долго бывший визуальной формулой города мотив «взгляд вдаль» себя к концу XX века исчерпал. Цивилизация уже обретала здесь, в городе свои черты. Границы перемещались от реки в сторону городских домов. В XX веке этот мотив, уже чуть измененный, встречается в картинах В. Игловикова, в них область городского пространства активно увеличивается, необозримая природа становится постепенно дальним планом, фоном жизни человека. Это же прочтение заметно и в пастели И. Падалкиной, когда на далекую природу человек смотрит из своего окна. Так, мотив «открытия нового» заменился в начале XXI века на мотив «ностальгический», рассматривающий городское и личное прошлое города. Визуальный код столицы округа утратил масштаб, уникальность, но приобрел человеческое, частное измерение.

Современный Салехард декларирует свой статус столичности и исторического города. Для того чтобы осознать, вошли ли эти понятия в его визуальный код в станковом искусстве, т.е. стали частью коллективного утверждения и сутью идентичности, пока не хватает необходимого количества работ. Особенность развития искусства в 2020-е годы требует подключения проектного мышления, инициирования специализированных тематических конкурсов художников, дизайнеров, фотографов с последующим анализом результатов. Пока доступный материал демонстрирует иное. Столица Ямала, город с прошлым, включенным в события истории страны, чаще рассказывает о себе как о месте, где человек ценит личные и коллективные, но камерные воспоминания.

Список источников

1. Анциферов Н. И. Душа Петербурга. – Петербург: Издательство Брокгауз и Ефрон, 1922. – 227 с.: ил.
2. Студия Артемия Лебедева. Официальный сайт. – Режим доступа: <https://www.artlebedev.ru/perm/logo/> (дата обращения: 21.03.2022).
3. Громов Ф. Ю. «Петербургский ландшафт» в творчестве «мирискусников» (тема ретроспективы исторических стилей) // Труды Санкт-Петербургского государственного института культуры. – Том 186. – 2009. – С. 78–84.
4. Словарь мифологии Омска. Группа «ВКонтакте». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://vk.com/omskmif> (дата обращения 20.03.2022).
5. Гурьянова Г. Г. История ямальского искусства: XX век. Живопись, графика, скульптура. – Новосибирск: ДЕАЛ, 2021. – 356 с.: илл.
6. Насонов А. Л. Н. К. Пиксанов и идея «культурного гнезда»: к постановке проблемы // Вестник Воронежского Государственного университета. Серия: филология, журналистика. – 2020 – № 2. – С. 31–33.
7. Замятина Н. Ю., Пилясов А. Н. Россия, которую мы обрели: исследуя пространство на микроуровне. – М.: Новый хронограф, 2013. – 548 с.
8. Визгалов Д. Пусть города живут / составитель Михаил Губергриц, Надежда Замятина, Михаил Ледовский. – М: Сектор, 2015. – 272 с.
9. Мазурин А., Гурьянова Г. Салехард – древний и современный город на полярном круге // Антропология города. Выпуск 2: Северный город: Культурное пространство и культурные идентичности в арктических и субарктических городах. – М.: Российский государственный гуманитарный университет; Сыктывкар: Институт языка, литературы и истории Коми Научного центра Уральского отделения Российской Академии наук, 2020. – С. 114 – 131.
10. Гурьянова Г., Баранов С. Музейные апокрифы. – Салехард: ГБУ «МВК», 2021. – 40 с.
11. Фотографии прошлого. Галерея. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://pastvu.com/p/1081344> (дата обращения: 20.03.2022).
12. Путеводитель по средовым объектам Салехарда: городские рассказы в камне, дереве, металле / сост. Г. Г. Гурьянова, А. Б. Мазурин. – Салехард: ГБУ «МВК», 2020. – 92 с.
13. Список участников выставки 1948 года. Фонд «Документы». Музейно-выставочный комплекс имени И. С. Шемановского (ЯНМ-4691/1-6). Рукопись.
14. Гурьянова Г. Счастье по-салехардски, или Жизнь в Цветном городе // Северяне. – 2018. – № 3 (76). – С. 117–120.

References

1. Antziferov N. I. The Soul of Petersburg. – Petersburg: Brockhaus & Efron Publishers, 1922. – 227 p.
2. Studio of Artemy Lebedev. Official site [Electronic resource]. – URL: <https://www.artlebedev.ru/perm/logo/> (date of access: 21.03.2022).
3. Gromov F. Yu. “St. Petersburg Landscape” in the works of artists of the World of Art association (Theme of Retrospect of Historical Styles) // Proceedings of the

- St. Petersburg State Institute of Culture. – Vol. 186. – 2009. – P. 78-84.
4. Dictionary of mythology of Omsk. Vkontakte community [Electronic resource]. – URL: <https://vk.com/omskmif> (date of access: 20.03.2022).
 5. Guryanova G. G. History of the Yamal art: the twentieth century. Paintings, drawings, sculpture. – Novosibirsk: DEAL, 2021. – 356 p.
 6. Nasonov A. L. N. K. Piksanov and the idea of “cultural nest”: to the formulation of the problem. Bulletin of Voronezh State University. Series: Philology, Journalism. – 2020 – № 2. – P. 31–33.
 7. Zamyatina N. Yu., Pilyasov A. N. Russia that we have found: exploring space at the micro level. – Moscow: Novy Chronograph, 2013. – 548 p.
 8. Vizgalov D. Let the cities live / comp. by Mikhail Gubergritz, Nadezhda Zamyatina, Mikhail Ledovsky. – Moscow: Sector, 2015. – 272 p.
 9. Mazurin A., Guryanova G. Salekhard – ancient and modern city on the polar circle // City Anthropology. Issue 2: Northern City: Cultural Space and Cultural Identities in Arctic and Subarctic Cities. – Moscow: Russian State University for the Humanities; Syktyvkar: Institute of Language, Literature and History of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, 2020. – P. 114–131.
 10. Guryanova G., Baranov S. Museum apocrypha. – Salekhard: The Shemanovsky Museum and Exhibition Center, 2021. – 40 p.
 11. Photographs of the Past. Gallery [Electronic resource]. – URL: <https://pastvu.com/p/1081344> (date of access: 20.03.2022).
 12. Guidebook on environmental objects of Salekhard: urban stories in stone, wood, metal / comp. by G. Guryanova, A. Mazurin. – Salekhard: The Shemanovsky Museum and Exhibition Center, 2020. – 92 p.
 13. List of participants in the exhibition in 1948. Fund “Documents”. The Shemanovsky Museum and Exhibition Center (#4691/1–6). Manuscript.
 14. Guryanova G. Happiness in Salekhard, or Life in the Colored City // Severyane. – 2018. – № 3 (76). – P. 117–120.

Сведения об авторе

Галина Геннадьевна Гурьянова, 1965 г.р., окончила Омский педагогический институт, художественно-графический факультет в 1987 году, в 2000 году – аспирантуру в Омском педагогическом университете, читала курс истории отечественного искусства и культуры. Кандидат исторических наук, доцент. С 2014 по 2019 год работала в МВК имени И. С. Шемановского (Салехард). С 2020 года – зав. сектором культурной антропологии ГКУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики». Область научных интересов: древнее и современное искусство Сибири, искусство в городе, город в искусстве, городская антропология.

Information about the author

Galina Gennadyevna Guryanova, born in 1965, graduated from the Omsk State

Pedagogical Institute, Faculty of Art and Graphics in 1987; in 2002 defended PhD thesis in the Omsk State Pedagogical University, taught the history of Russian art and culture. Candidate of Historical Sciences, docent. From 2014 to 2019 she worked at the Yamal-Nenets Regional Museum and Exhibition Complex named after I.S. Shemanovsky (Salekhard). Since 2020, she has been working as the Head of the Sector of Cultural Anthropology of the Arctic Research Center of the Yamal-Nenets Autonomous District. Research interests: ancient and modern art of Siberia, art in the city, city in art, urban anthropology.

Статья поступила в редакцию 22.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 22, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

ЧЕЛОВЕК В АРКТИКЕ

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. № 2. (115). С. 168-186.
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. № 2. (115). P. 168-186.

ЧЕЛОВЕК В АРКТИКЕ

Научная статья

УДК 612.017.1+616.314-002-053.4(571.121)

doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.010

МЕСТНЫЙ ИММУНИТЕТ И КАРИЕС ЗУБОВ У ДЕТЕЙ ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА КОРЕННОГО И ПРИШЛОГО НАСЕЛЕНИЯ НА КРАЙНЕМ СЕВЕРЕ

Борис Николаевич Зырянов

Медицинская клиника «Дента-Смак», Омск, Россия

sdpzyryanov@mail.ru <http://orcid.org/0000-0001-5511-3465>

Аннотация. Изучение иммунитета у детей при адаптации их к условиям Арктики является актуальным. Целью исследования явилось изучение местного иммунитета и кариеса зубов у детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения при адаптации их к условиям Крайнего Севера. Было обследовано 116 детей раннего возраста коренного и пришлого населения, проживающих на Крайнем Севере. Из них детей коренного населения было обследовано 36 человек, детей пришлого населения – 80 человек с различными сроками проживания на Крайнем Севере: один год – 30 детей, два года – 25 детей, пять лет – 25 детей. У обследованных детей были изучены гуморальное и клеточное звенья местного иммунитета, а также распространённость и интенсивность кариеса зубов. Всего было выполнено 1150 лабораторных анализов и 237 клинических показателей. Выявлено нарушение гуморального и клеточного звена местного иммунитета у детей дошкольного возраста пришлого населения, длительно проживающих в Арктике. Нарушение местного иммунитета сопряжено с более высокой заболеваемостью кариесом зубов у детей пришлого населения в этом регионе. Полученные результаты свидетельствуют о нарушении адаптации у детей дошкольного возраста пришлого населения при длительном их проживании в условиях Крайнего Севера. Даны рекомендации.

Ключевые слова: местный иммунитет, кариес зубов, дети коренного и пришлого населения, дошкольный возраст, адаптация, Крайний Север.

Цитирование: Зырянов Б.Н. Местный иммунитет и кариес зубов у детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения на Крайнем Севере / Б.Н. Зырянов // Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа. 2022. (115). № 2. С. 168-186. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.010.

Original article

LOCAL IMMUNITY AND DENTAL CARIES IN THE INDIGENOUS AND IMMIGRANT CHILDREN OF PRESCHOOL AGE IN THE FAR NORTH

Boris N. Zyryanov

Medical Clinic «Denta-Smak», Omsk, Russia

sdpyryanov@mail.ru <http://orcid.org/0000-0001-5511-3465>

Abstract. The study of immunity in children during their adaptation to the conditions of the Arctic is relevant today. The aim of the research was to study local immunity and dental caries in the indigenous and immigrant children of preschool age during their adaptation to the conditions of the Far North. 116 indigenous and immigrant preschool children living in the Far North were examined. Among them there were 36 indigenous children and 80 immigrant children who live in the Far North for different periods of time: one year – 30 children, two years – 25 children, five years – 25 children. In the examined children, the humoral and cellular links of local immunity, as well as the prevalence and intensity of dental caries, were studied. A total of 1150 laboratory tests were performed and 237 clinical indicators were obtained. A violation of the humoral and cellular link of local immunity was revealed in newcomers of preschool age living in the Arctic for a long time. Violation of local immunity contributes to a higher incidence of dental caries in immigrant children in this region. The results obtained indicate a violation of adaptation in immigrant children of preschool age during their long-term residence in the conditions of the Far North. Recommendations are given.

Keywords: local immunity, dental caries, indigenous and immigrant children, preschool age, adaptation, the Far North.

Citation: Zyryanov B.N. Local immunity and dental caries in the indigenous and immigrant children of preschool age in the Far North / B.N. Zyryanov // Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District. 2022. (115). № 2. P. 168-186. doi: 10.26110/ARCTIC.2022.115.2.010

Введение

Экстремальные условия Крайнего Севера приводят к снижению резервов адаптации человека и сопровождается нарушением и утратой здоровья, что определяет развитие ряда неблагоприятных особенностей функционирования организма человека, особенно прибывших в этот регион как взрослых [1,2,3,4,5], так и детей [6,7,8,9]. Это способствует развитию высокой патологии, протекающей более тяжело и имеющей свои особенности [7,10,11,12]. Ямало-Ненецкий автономный округ относится к районам высоких широт и является экстремальной территорией с тяжёлыми климато-географическими и социально-гигиеническими условиями : длительные низкие температуры воздуха, необычная светопериодичность (полярный день и полярная ночь – дефицит инсоляции), резкие перепады атмосферного давления и температуры воздуха, тяжёлый аэродинамический режим (сильные частые ветры), высокая геомагнитная активность и её резкие перепады, космические и галактические излучения, гравитационные возмущения, дефицит кислорода, многолетняя мерзлота, короткий вегетационный период, неблагоприятный макро- и микроэлементный состав воды (крайне низкая минерализация, существенный дефицит микроэлементов, большое количество железа и гуминовых веществ), несбалансированный пищевой рацион, трудности психологической адаптации и другое [3,7,13,14]. Всё это влияет на здоровье людей, вызывая «синдром полярного напряжения» [4,14], что в итоге проявляется нарушением адаптации организма как коренного, так и пришлого населения Крайнего Севера и возникновением болезни [7,9,12].

Иммунная система является одним из важных механизмов формирования адаптации человека на Крайнем Севере [1,15,16,17,18]. Изучению состояния иммунитета у населения Крайнего Севера посвящён ряд исследований [15,16,17,18]. Экстремальные условия на Крайнем Севере для здоровья человека, особенно детского организма, значительно более тяжёлые, чем в средней полосе [7,14]. Освоение регионов Арктики сопровождается не только организацией и внедрением вахтовых методов, но вместе с тем идёт обживание этого сурового края, переезд на постоян-

ное проживание семей с детьми. Детский организм пришлого человека в Арктике с несформированной иммунной системой является наиболее уязвимым при адаптации к экстремальным условиям Крайнего Севера [7,9,19]. Состояние иммунитета у детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения, проживающих на Крайнем Севере, изучено недостаточно [19,20]. Таким образом, изучение иммунитета у детей дошкольного возраста при адаптации их к условиям Арктики является актуальным. В связи с этим представляет интерес изучить ряд показателей, характеризующих иммунитет, для выявления особенностей адаптации у детей дошкольного возраста пришлого населения с различными сроками проживания в экстремальных условиях Крайнего Севера и у постоянно проживающих детей коренного населения в этих суровых условиях.

Цель исследования

Целью исследования явилось изучение местного иммунитета, его гуморального и клеточного звена, кариеса зубов у детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения при адаптации их к условиям Крайнего Севера.

Материалы и методы

В качестве региона Крайнего Севера для изучения был взят Ямало-Ненецкий автономный округ. Исследование показателей местного иммунитета проведено у 36 детей дошкольного возраста коренного населения (ненцы, ханты, селькупы) Крайнего Севера и у 80 детей дошкольного возраста пришлого населения, выходцев из средней полосы Западной Сибири, проживающих в Ямало-Ненецком автономном округе различные сроки (один год – 30 детей, два года – 25 детей, пять лет – 25 детей). Обследование проводилось в г. Салехарде. Всего было обследовано 116 детей мужского пола. Возраст обследованных детей дошкольного возраста согласно рекомендациям Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ) составил шесть лет. Дети пришлого населения, проживающие разные сроки в условиях Крайнего Севера, составили основную группу, а дети коренного населения Крайнего Севера - группу сравнения. В группы обследованных были включены практически здоровые дети, не состоящие на диспансерном учете, без признаков перенесенных острых инфекционных заболеваний на момент обследования, ведущие обычный образ жизни. В качестве примера клинического материала у обследуемых лиц были изучены стоматологические заболевания. Так, на кариес зубов было обследовано 116 детей, у которых проводилось углублённое лабораторное обследование. У них определялись распространённость (%) и интенсивность кариеса зубов (индекс

КППУ - число поражённых кариесом поверхностей зубов, число пломб на поверхностях зубов и число удалённых зубов; индекс кп+КПУ – число поражённых кариесом временных и постоянных зубов и число удалённых постоянных зубов). Всего было получено 237 клинических показателей.

Местный иммунитет изучался у этих 116 обследуемых детей в ротовой жидкости и в осадке ротовой жидкости. Гуморальное звено местного иммунитета оценивали по содержанию секреторного иммуноглобулина «А» (sIgA), иммуноглобулина «А» (IgA), иммуноглобулина «G» (IgG) и иммуноглобулина «M» (IgM) в надосадочной части ротовой жидкости методом иммуноферментного анализа с помощью набора реагентов ЗАО «Вектор-Бест» (Россия). Лизоцим в ротовой жидкости определялся методом О.В. Бухарина и Н.В. Васильева (1971). Показатели клеточного звена местного иммунитета - нейтрофилы, лимфоциты и макрофаги, а также эпителий определялись в мазках центрифугата осадка ротовой жидкости на предметном стекле путём окраски по Романовскому – Гимза и под микроскопом «Биолан» с увеличением 630 проводился их подсчёт с помощью сетки Автандилова. Забор ротовой жидкости проводился согласно рекомендациям Б.Н. Зырянова, Т.Ф. Соколовой [21]. Всего было выполнено 1150 лабораторных анализов. Статистический анализ осуществлялся с использованием пакета программы «Statistica 8 for Windows». Статистические показатели определялись подсчетом интенсивных показателей относительной величины (Р), средней арифметической (М) и их ошибки ($\pm m$) с оценкой значимости различий между сравниваемыми показателями по t-критерию Стьюдента и оценивался коэффициент корреляции по Пирсону (r). Критический уровень значимости (p) принимался равным 0,05 [22].

Результаты исследования и обсуждение

Важное внимание в наших исследованиях уделялось изучению клинических данных у детей дошкольного возраста пришлого населения с различными сроками проживания в экстремальных условиях Крайнего Севера и для сравнения у детей дошкольного возраста коренного населения этого региона (Таблица № 1). Наиболее адаптированной к этим экстремальным условиям нами представлена группа детей коренного населения этого региона, что подтверждается клиническими данными. Так, индекс КППУ (интенсивность кариеса зубов) у детей пришлого населения, проживающих два года на Крайнем Севере (II группа) был в 2,6 раза выше ($p < 0,05$), чем у детей коренного населения, а у детей пришлого населения, проживающих длительно, пять лет (III группа) на Крайнем Севере, этот показатель был в 6,3 раза выше, чем у детей коренного населения ($p < 0,001$) и равен у детей пришлого населения $2,60 \pm 0,35$, а у детей коренного населения Крайнего Севера - $0,41 \pm 0,14$. Индекс кп+КПУ у детей

пришлого населения, длительно проживающих в Арктике (III группа), был в три раза выше ($p < 0,001$), чем у детей коренного населения, соответственно: $7,00 \pm 0,12$ и $2,33 \pm 0,10$. В целом, распространённость стоматологических заболеваний у детей дошкольного возраста пришлое населения (III группа) значительно выше ($p < 0,01$), чем у детей коренного населения, соответственно : $94,44 \pm 2,70\%$, $76,00 \pm 6,04\%$.

Таблица 1. Показатели распространённости кариеса зубов (%), индекса КППУ, индекса кп+КПУ у детей дошкольного возраста пришлое населения, проживающих в Ямало-Ненецком автономном округе различные сроки от одного года до пяти лет (основная группа), и у детей коренного населения этого округа (группа сравнения) в возрасте шесть лет ($M \pm m, P \pm m, p$)

Показатели \ Группы населения	Дети пришлое населения (сроки проживания в Ямало-Ненецком автономном округе) – основная группа			Дети коренного населения – группа сравнения, 36 детей
	Один год – I группа, 30 детей	Два года – II группа, 25 детей	Пять лет – III группа, 25 детей	
Распространённость (%)	-	-	$94,44 \pm 2,70$	$76,00 \pm 6,04$ $p_4 < 0,01$
Индекс КППУ	$0,38 \pm 0,16$	$1,08 \pm 0,28$ $p_1 < 0,05$	$2,60 \pm 0,35$ $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,01$	$0,41 \pm 0,14$ $p_1 > 0,05$ $p_3 < 0,05$ $p_4 < 0,001$
Индекс кп+КПУ	-	-	$7,00 \pm 0,12$	$2,33 \pm 0,10$ $p_4 < 0,001$

Примечание : p_1 - достоверность различий между I и последующими группами, p_2 - достоверность различий между II и III группами, p_3 – достоверность различий между II группой и группой коренного населения, p_4 – достоверность различий между III группой и группой коренного населения.

Нами проведены исследования местного иммунитета у детей дошкольного возраста различных групп населения на Крайнем Севере. Анализ показателей гуморального звена местного иммунитета у детей дошкольного возраста коренного и пришлое населения выявил следующие результаты (Таблица № 2). Отмечалось снижение в 1,8 раза ($p < 0,01$) показателей секреторного иммуноглобулина «А» (sIgA) и в 2,0 раза ($p < 0,001$) показателей иммуноглобулина «А» (IgA) у детей пришлое населения при длительном (пять лет) их проживании в Арктике (III группа) по сравнению с детьми коренного населения Арктики. Эти показатели играют основную роль в обеспечении длительного гуморального иммунитета, дефицит которого ослабляет сопротивляемость к инфекциям. Уровень секреторного иммуноглобулина «А» (sIgA), обеспечивающего местную резистентность к инфекции путем стимулирования фагоцитоза в основной группе детей, проживающих пять лет (III группа) в экстремальных климатических ус-

ловиях Крайнего Севера (Таблица № 2), был ниже ($p < 0,001$), чем в группе сравнения (дети коренного населения Арктики). Однако иммуноглобулин «А» (IgA) у детей пришлого населения в первые два года проживания их на Крайнем Севере (II группа) заметно повышался ($p < 0,05$), что свидетельствует о напряжении гуморального звена местного иммунитета в первые годы проживания детей пришлого населения на Крайнем Севере. Иммуноглобулин «G» (IgG) также существенно увеличивался у детей пришлого населения ($p < 0,01$) в первые два года (II группа) проживания их на Крайнем Севере. Аналогичные изменения у детей пришлого населения отмечаются и в отношении иммуноглобулина «M» (IgM), который также растёт в первые годы (II группа) проживания их на Крайнем Севере ($p < 0,01$). Однако иммуноглобулины «G» и «M» при длительном проживании детей пришлого населения в Арктике (III группа) не отличаются от показателей детей коренного населения в этом регионе ($p > 0,05$). Отмечается рост общего количества титра иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgG, IgM) в первые два года проживания детей пришлого населения на Крайнем Севере (II группа) при сравнении с первым годом (I группа) проживания их в этом регионе ($p < 0,001$) и его содержание было выше, чем у детей коренного населения Крайнего Севера ($p < 0,01$). При длительном проживании детей пришлого населения в Арктике (III группа) по отношению к двум годам проживания их в этом регионе (II группа), сумма показателей всех иммуноглобулинов у них существенно снижается ($p < 0,001$) и при сравнении с детьми коренного населения эти показатели становятся намного ниже ($p < 0,001$).

Таблица 2. Показатели гуморального звена местного иммунитета (надосадочная часть ротовой жидкости) у детей пришлого населения с различными сроками проживания в Ямало-Ненецком автономном округе от одного до пяти лет (основная группа) и у детей коренного населения этого региона (группа сравнения) в возрасте шести лет ($M \pm m$, p)

Показатели	Дети пришлого населения, сроки проживания в Ямало-Ненецком автономном округе – основная группа			Дети коренного населения – группа сравнения, 36 детей
	Один год – I группа, 30 детей	Два года – II группа, 25 детей	Пять лет – III группа, 25 детей	
sIgA, г/л	0,51±0,04	0,52±0,07 $p_1 > 0,05$	0,32±0,06 $p_1 > 0,05$ $p_2 < 0,05$	0,57±0,05 $p_1 > 0,05$ $p_2 > 0,05$ $p_4 < 0,01$
IgA, г/л	0,13±0,008	0,18±0,02 $p_1 < 0,05$	0,06±0,01 $p_1 < 0,001$ $p_2 < 0,001$	0,12±0,007 $p_1 > 0,05$ $p_2 < 0,01$ $p_4 < 0,001$

Продолжение таблицы 2

Показатели	Дети пришлого населения, сроки проживания в Ямало-Ненецком автономном округе – основная группа			Дети коренного населения – группа сравнения, 36 детей
	Один год – I группа, 30 детей	Два года – II группа, 25 детей	Пять лет – III группа, 25 детей	
IgG, г/л	0,28±0,025	0,38±0,017 p ₁ <0,01	0,33±0,017 p ₁ >0,05 p ₂ <0,05	0,32±0,026 p ₁ >0,05 p ₃ >0,05 p ₄ >0,05
IgM, г/л	0,076±0,007	0,113±0,009 p ₁ <0,01	0,086±0,004 p ₁ >0,05 p ₂ <0,05	0,074±0,018 p ₁ >0,05 p ₃ <0,05 p ₄ >0,05
Сумма иммуно-глобулинов, г/л	0,99±0,03	1,19±0,02 p ₁ <0,001	0,80±0,02 p ₁ <0,001 p ₂ <0,001	1,08±0,03 p ₁ <0,05 p ₃ <0,01 p ₄ <0,001
Лизоцим, мг/л	24,74±2,75	35,70±2,83 p ₁ <0,05	16,97±2,36 p ₁ <0,05 p ₂ <0,001	16,14±2,44 p ₁ <0,05 p ₃ <0,001 p ₄ >0,05

Примечание: p₁ - достоверность различий между I и последующими группами, p₂ - достоверность различий между II и III группами, p₃ – достоверность различий между II группой и группой коренного населения, p₄ – достоверность различий между III группой и группой коренного населения.

Анализ показателей лизоцима выявил аналогичные взаимоотношения. Так, в первые два года проживания детей пришлого населения в Арктике (II группа) содержание лизоцима у них по сравнению с первым годом проживания их в Арктике (I группа) увеличивается ($p < 0,05$), а по отношению к детям коренного населения растёт в 2,2 раза ($p < 0,001$). Однако при длительном проживании детей пришлого населения (III группа) по сравнению с проживанием их два года на Крайнем Севере (II группа) количество лизоцима у них снижается ($p < 0,001$) и оказывается равным содержанию лизоцима у детей коренного населения ($p > 0,05$). Уменьшение количества лизоцима у детей пришлого населения свидетельствует об угнетении врождённого иммунитета. Таким образом, в первые два года проживания детей пришлого населения в Арктике отмечается рост показателей гуморального звена местного иммунитета, а при проживании детей пришлого населения пять лет по отношению к двум годам проживания их в этом регионе отмечается его снижение. По отношению к группе детей коренного населения Арктики показатели гуморального звена местного иммунитета у детей пришлого населения, в основном, снижаются. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в первые годы проживания детей пришлого населения на Крайнем Севере происходит напряжение гуморального звена

местного иммунитета, а при длительном проживании детей пришлого населения - его истощение. Низкие показатели IgG, IgM и лизоцима у детей коренного населения могут свидетельствовать об экономном функционировании этой части гуморального звена местного иммунитета, по-видимому, достаточного для необходимой адаптации детей коренного населения к условиям Крайнего Севера. Таким образом, титр sIgA и IgA у детей коренного населения был достаточно высок, что обеспечивало высокую резистентность этих детей в процессе адаптации к условиям Арктики, а у детей пришлого населения отмечалось истощение защитных резервов и ухудшение адаптации, что ведёт к росту заболеваний у них. Это подтверждается клиническими данными, в частности, ростом интенсивности кариеса зубов (индекс КППУ) у детей пришлого населения, длительно проживающих на Крайнем Севере (III группа), практически в 6,3 раза по сравнению с детьми коренного населения (Таблица № 1). Проведённый корреляционный анализ подтвердил связь между sIgA и индексом КППУ, которая оказалась обратной и средней силы ($r = -0,52$, $p < 0,05$).

Изучение результатов клеточного звена местного иммунитета (Таблица № 3) показало, что у детей пришлого населения, длительно (пять лет) проживающих на Крайнем Севере (III группа), по сравнению с детьми коренного населения количество нейтрофилов у них снизилось в 3,7 раза ($p < 0,001$), а количество макрофагов снизилось на 4,3 раза ($p < 0,001$). На протяжении всего периода проживания (от одного года до пяти лет) у детей пришлого населения в Арктике отмечается снижение числа нейтрофилов ($p < 0,001$) и макрофагов ($p < 0,01-0,001$).

Таблица 3. Показатели клеточного звена местного иммунитета и эпителия (осадок ротовой жидкости) у детей пришлого населения с различными сроками проживания в Ямало-Ненецком автономном округе от одного до пяти лет (основная группа) и у детей коренного населения этого региона (группа сравнения) в возрасте шести лет ($M \pm m$, p)

Показатели	Дети пришлого населения, сроки проживания в Ямало-Ненецком автономном округе – основная группа			Дети коренного населения – группа сравнения, 36 детей
	Один год – I группа, 30 детей	Два года – II группа, 25 детей	Пять лет – III группа, 25 детей	
Нейтрофилы %	$2,63 \pm 0,20$	$1,27 \pm 0,11$ $p_1 < 0,001$	$1,50 \pm 0,18$ $p_1 < 0,001$ $p_2 > 0,05$	$5,60 \pm 0,45$ $p_1 < 0,001$ $p_3 < 0,001$ $p_4 < 0,001$

Продолжение таблицы 3

Показатели	Дети пришлого населения, сроки проживания в Ямало-Ненецком автономном округе – основная группа			Дети коренного населения – группа сравнения, 36 детей
	Один год – I группа, 30 детей	Два года – II группа, 25 детей	Пять лет – III группа, 25 детей	
Лимфоциты %	1,38±0,12	1,64±0,15 p ₁ >0,05	1,64±0,18 p ₁ >0,05 p ₂ >0,05	3,00±0,15 p ₁ <0,001 p ₃ <0,001 p ₄ <0,001
Макрофаги %	0,56±0,07	0,27±0,03 p ₁ <0,01	0,14±0,02 p ₁ <0,001 p ₂ <0,01	0,60±0,07 p ₁ >0,05 p ₃ <0,001 p ₄ <0,001
Эпителий ×10 ⁶ /л	95,40±0,92	94,60±1,43 p ₁ >0,05	95,70±0,65 p ₁ >0,05 p ₂ >0,05	98,84±1,31 p ₁ <0,05 p ₃ <0,05 p ₄ <0,05

Примечание: p₁ - достоверность различий между I и последующими группами, p₂ - достоверность различий между II и III группами, p₃ – достоверность различий между II группой и группой коренного населения, p₄ – достоверность различий между III группой и группой коренного населения.

Этот факт свидетельствует об истощении клеточного звена местного иммунитета у детей пришлого населения в Арктике. В отношении содержания лимфоцитов, главных клеток иммунной системы, оказалось, что у детей пришлого населения его количество независимо от сроков проживания их в Арктике не менялось (p>0,05). Однако содержание лимфоцитов у детей пришлого населения по сравнению с детьми коренного населения Арктики оказалось в 1,8-2,2 раза ниже (p<0,001). В итоге снижение показателей нейтрофилов, лимфоцитов и макрофагов у детей пришлого населения по сравнению с детьми коренного населения Арктики свидетельствует об истощении клеточного звена местного иммунитета у детей пришлого населения.

Отдельно был проведён анализ содержания эпителия в осадке ротовой жидкости. Его содержание у детей пришлого населения было существенно ниже, чем у детей коренного населения (p<0,05). В связи с более высоким содержанием эпителия у детей коренного населения этот факт свидетельствует о более высокой конверсии в эпителии слизистой полости рта иммуноглобулина «А» (IgA) в секреторный иммуноглобулин «А» (sIgA) у этих детей по сравнению с детьми пришлого населения, что подтверждается показателями более высокого уровня (p<0,01) секреторного иммуноглобулина «А» (sIgA) в ротовой жидкости у детей коренного населения Арктики (Таблица № 2). Таким образом, более высокое содержание у детей коренного населения слущенного эпителия в осадке ротовой

жидкости можно объяснить более интенсивной регенерацией эпителия тканей полости рта и более эффективной продукцией им секреторного иммуноглобулина «А», что может способствовать подавлению патогенной микрофлоры и препятствовать развитию болезней.

Следовательно, проведённый анализ показал, что при переезде здоровых детей дошкольного возраста из комфортного региона Западной Сибири на Крайний Север и длительном их проживании в этом регионе снижается уровень их резистентности, что ведёт к нарушению адаптации детей пришлого населения этого возраста. Результаты изучения местного гуморального иммунитета выявили, что при длительном проживании детей пришлого населения (III группа) отмечается снижение титра sIgA, IgA и снижение всех классов иммуноглобулинов в полости рта по сравнению с аналогичными показателями детей коренного населения Арктики.

Содержание IgA у детей пришлого населения в два года проживания их в Арктике (II группа) повышалось в 1,4 раза ($p < 0,05$) по сравнению с первым годом их проживания (I группа) в этом регионе, а при длительном проживании их в Арктике (III группа) по сравнению с детьми коренного населения снижалось в два раза ($p < 0,001$). Аналогичные изменения отмечались в содержании IgM и в содержании лизоцима: вначале отмечалось повышение этих показателей в два года проживания детей пришлого населения в Арктике в 1,5-1,4 раза по сравнению с одним годом проживания их в Арктике ($p < 0,01-0,05$). Однако при длительном проживании (пять лет) детей пришлого населения по сравнению с детьми коренного населения Арктики показатели IgM и лизоцима не менялись ($p > 0,05$). Содержание иммуноглобулина «G» (IgG) у детей пришлого населения при всех сроках проживания их в Арктике (I-III группы) и по сравнению с детьми коренного населения практически не менялось ($p > 0,05$). Результаты изучения клеточного звена местного иммунитета показали, что количество нейтрофилов и макрофагов у детей пришлого населения в течение всех сроков проживания их в Арктике (I-III группы) снижались ($p < 0,01-0,001$), а содержание лимфоцитов у этих детей при всех сроках проживания их в Арктике не менялось ($p > 0,05$).

Содержание же всех показателей клеточного звена местного иммунитета (лимфоцитов, нейтрофилов и макрофагов) у детей пришлого населения при длительном их проживании на Крайнем Севере (III группа) было значительно ниже по сравнению с содержанием этих показателей у детей коренного населения Арктики ($p < 0,001$), что значительно снижает сопротивляемость организма детей пришлого населения к инфекции. Содержание эпителия при всех сроках проживания детей дошкольного возраста пришлого населения на Крайнем Севере (I-III группы) было ниже, по сравнению с детьми коренного населения Арктики ($p < 0,05$). Рост эпителия у детей коренного населения является благоприятным фактором,

способствуя более высокой конверсии IgA в sIgA и, тем самым, росту sIgA как фактору иммунной защиты от заболеваний у этих детей и улучшению их адаптации к условиям Арктики. Таким образом, нарушение иммунитета у детей, прибывших в Арктику, носило разнонаправленный характер. У детей пришлого населения при длительном проживании их на Крайнем Севере (пять лет) преобладало истощение гуморального и клеточного звена местного иммунитета и в меньшей степени отмечалось напряжение местного иммунитета у них, которое могло трактоваться как часть компенсации. Такой ответ иммунитета на проживание детей пришлого населения в Арктике ведёт к срыву адаптации их к экстремальным условиям Крайнего Севера и возникновению кариеса зубов.

Подводя итоги, следует отметить, что среди гуморальных факторов местного иммунитета концентрация иммуноглобулинов IgA, IgG, IgM, суммарное количество всех иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgG, IgM), а также концентрация лизоцима в первые два года проживания детей пришлого населения в Арктике растут ($p < 0,05-0,001$), а при более длительном проживании их в этом регионе существенно снижаются ($p < 0,05-0,001$) по сравнению с более коротким сроком (два года) проживания детей пришлого населения на Крайнем Севере.

При длительном проживании (пять лет) детей пришлого населения на Крайнем Севере по сравнению с детьми коренного населения Арктики показатели sIgA, IgA и сумма всех иммуноглобулинов (sIgA, IgA, IgG, IgM) значительно снижаются ($p < 0,01-0,001$), а концентрация IgG, IgM не меняется ($p > 0,05$). Среди клеточного звена местного иммунитета и клеток эпителия содержание нейтрофилов и макрофагов при увеличении сроков проживания детей пришлого населения в Арктике от одного года до пяти лет снижается ($p < 0,01-0,001$), а число лимфоцитов и эпителия не меняется ($p > 0,05$).

Однако при длительном проживании (пять лет) детей пришлого населения по сравнению с детьми коренного населения Крайнего Севера все показатели клеточного звена местного иммунитета (число нейтрофилов, лимфоцитов и макрофагов) и количество эпителия у них значительно ниже ($p < 0,05-0,001$). Исходя из полученных данных оказалось, что при кратковременном проживании детей пришлого населения в Арктике идёт напряжение гуморального звена местного иммунитета, а при более длительном их проживании – истощение этого звена.

Совершенно иные изменения происходят при анализе клеточного звена местного иммунитета, которые показали преобладание истощения этого звена у детей пришлого населения при различных сроках проживания их на Крайнем Севере. Такое состояние местного иммунитета у детей дошкольного возраста пришлого населения на Крайнем Севере способствует высокой заболеваемости кариесом зубов.

Заключение

На основании проведённых исследований выявлено, что длительное проживание детей дошкольного возраста пришлого населения на Крайнем Севере ведёт к нарушению местного иммунитета у них в связи с экстремальным воздействием условий этого сурового региона на организм ребёнка. Это нарушение местного иммунитета проявляется в напряжении его гуморального звена при кратковременном проживании (один – два года) детей пришлого населения и истощении этого звена при длительном проживании их на Крайнем Севере. Ещё хуже обстоит дело с клеточным звеном местного иммунитета у детей пришлого населения. Так на протяжении всех сроков проживания в этом экстремальном регионе у них наблюдается истощение клеточного звена местного иммунитета.

В итоге, у детей пришлого населения при их длительном проживании в Арктике возникает тотальное истощение местного иммунитета его гуморального и клеточного звеньев. Это нарушение иммунитета у детей пришлого населения формирует иммунную недостаточность у них, что способствует существенному снижению адаптационных возможностей детского организма и возникновению болезней (кариеса зубов). Учитывая, что иммунная система ребёнка дошкольного возраста не сформирована, это ведёт к глубокому срыву механизмов адаптации их к условиям Крайнего Севера. Достаточно отметить, что у детей дошкольного возраста пришлого населения при длительном их проживании на Крайнем Севере существенно снижаются практически все показатели гуморального и клеточного звеньев местного иммунитета и эпителия. При этом отмечаются выраженные отличия между изучаемыми показателями у детей пришлого населения Крайнего Севера и у детей коренного населения этого региона, у которых данные показатели более оптимальны.

Отдельно следует отметить, что рост эпителия у детей коренного населения является благоприятным фактором, способствуя более высокой конверсии IgA в sIgA и, тем самым, росту sIgA как фактору иммунной защиты от заболеваний у детей коренного населения и улучшению их адаптации к условиям Арктики. Однако низкие показатели IgG, IgM и лизоцима у детей коренного населения могут свидетельствовать об экономном функционировании этой части гуморального звена местного иммунитета, по-видимому, достаточной для необходимой адаптации детей коренного населения Крайнего Севера, которые можно принять за региональную норму. Такой низкий уровень некоторых показателей функционирования иммунной системы у детей коренного населения Арктики может быть достаточным и, по-видимому, обусловлен генетически, веками сложившейся экономной работой иммунитета у этих детей в суровых условиях Аркти-

ки. Тем не менее у детей коренного населения Арктики тоже существуют проблемы адаптации, но в меньшей степени, поскольку они меньше болеют, чем дети пришлого населения. Подтверждением этого является тот факт, что более оптимальные показатели местного иммунитета у детей коренного населения сочетаются с более низкой заболеваемостью кариесом зубов у них по сравнению с детьми пришлого населения. Поэтому, чем выше качество иммунитета у детей, тем лучше адаптация к климату Арктики и меньше патология.

Таким образом, экстремальные условия Крайнего Севера приводят к недостаточности несформированной иммунной системы детей дошкольного возраста пришлого населения и истощают механизмы адаптации у них, что составляет неспецифическое звено патогенеза заболеваний.

Суровые условия Крайнего Севера препятствуют оптимальной регуляции иммунной системы, что ведёт к истощению гуморального и клеточного звеньев местной иммунной системы у детей дошкольного возраста пришлого населения и снижению резервных возможностей организма приезжего ребёнка на Крайнем Севере. Это нарушение иммунитета крайне неблагоприятно влияет на процессы адаптации детей дошкольного возраста к условиям Крайнего Севера и способствует возникновению кариеса зубов.

Рекомендации

Детям дошкольного возраста при переезде в регион Крайнего Севера из комфортных зон Российской Федерации рекомендуется проводить регулярный контроль общего и местного иммунитета с целью своевременного выявления нарушения адаптации детей пришлого населения к экстремальным условиям Крайнего Севера, и проведения коррекции и оптимизации иммунитета для улучшения адаптации, что, в целом, повысит здоровье детей пришлого населения в Арктике. Для детей коренного населения Арктики также необходим контроль иммунитета для совершенствования адаптации к условиям этого региона.

В связи с этим необходимо создание банка данных динамического наблюдения детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения, его мониторинга и проведения организационных и лечебно-профилактических мероприятий. Необходимо проводить дальнейшие научные исследования по иммунитету детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения на Крайнем Севере, прогнозирования нарушения адаптации детей, разработке региональных норм показателей системного и местного иммунитета, оптимизации иммунитета для совершенствования адаптации детей дошкольного возраста коренного и пришлого населения в Арктике и повышения качества их жизни.

Список источников

1. Бельчусова Е.А. Неспецифические адаптивные реакции организма коренных жителей Арктики / Е.А. Бельчусова, Е.Н. Николаева, О.Н. Колосова // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. – С. 43-48.
2. Даренская М.А. Особенности метаболических реакций у коренного и пришлого населения Севера и Сибири / М.А. Даренская // Бюллетень ВСНЦ СО РАМН. – 2014, № 2 (96). – С. 97-103.
3. Зырянов Б.Н. Особенности организации стоматологической помощи населению Крайнего Севера Тюменской области / Б.Н. Зырянов, Л.В. Глушкова, Н.И. Мышко, В.А. Мышко // Экономика и менеджмент в стоматологии. – 2012. - № 2. – С. 28-30.
4. Каспарова А.Э. Общий адаптационный синдром и его влияние на реализацию репродукции в условиях субарктического региона / А.Э. Каспарова, Л.В. Коваленко, В.С. Шелудько [и др.] // Человек на Севере: системные механизмы адаптации. Сборник трудов, посвящённый 90-летию основания Магадана. Под общей редакцией академика РАН, доктора мед. наук Н.Н. Беседновой. – Магадан: Типография «Экспресс-полиграфия», 2019. – Т. 3. – С. 116-128.
5. Петрова П. Г. Эколого-физиологические аспекты адаптации человека к условиям севера / П.Г. Петрова // Вестник Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова. Серия «Медицинские науки» – 2019. – № 2 (15). – С. 29-38.
6. Зырянов Б.Н. Растворимость эмали в патогенезе кариеса зубов у детей Крайнего Севера Дальнего Востока / Б.Н. Зырянов // Институт стоматологии. – 2014. - № 2 (63). – С. 82-83.
7. Зырянов Б.Н. Влияние медико-географических особенностей Крайнего Севера на состояние зубных тканей и поражаемость кариесом зубов коренного и приезжего населения. Автореферат диссертации на соискание учёной степени кандидата медицинских наук / Центральный научно-исследовательский институт стоматологии и челюстно-лицевой хирургии. Москва, 1981. – 20 с.
8. Зырянов Б.Н. Биохимические показатели ротовой жидкости у детей как критерий прогнозирования развития кариеса зубов / Б.Н. Зырянов, И.А. Львова, Е.Л. Матвеева, М.А. Ковинька // Маэстро стоматологии. – 2005. – № 1. – С. 58-61.
9. Неудахин Е.В. Влияние экологически неблагоприятных факторов на состояние адаптоспособности организма у детей / Е.В. Неудахин, Я.М. Луцкий // Экопатология детского возраста. Сборник лекций и статей. – М., 1995. – С. 44-48.
10. Зырянов Б.Н. Особенности клинического течения стоматологических заболеваний на Крайнем Севере Тюменской области / Б.Н. Зырянов // Компенсаторно-приспособительные процессы: фундаментальные и клинические аспекты: материалы Всероссийской конференции. Редакционная коллегия: Куликов В.Ю., Пальцев А.И., Цырендоржиев Д.Д. – Новосибирск, 2002. – С. 274-275.
11. Зырянов Б.Н. Особенности лечения стоматологических заболеваний у коренного и пришлого населения Крайнего Севера Тюменской области / Б.Н. Зырянов // Методические рекомендации. – Омск, 2011. – 51 с.

12. Хаснулин В.И. Хронический гепатит и цирроз печени в Заполярье / В.И. Хаснулин. – Новосибирск, 1994. – 198 с.
13. Агаджанян Н.А. Экология человека: избранные лекции / Н.А. Агаджанян, В.И. Торшин. – М.: КРУК, 1994. – 256 с
14. Хаснулин В.И. Введение в полярную медицину / В.И. Хаснулин. – Новосибирск, 1998. – 337 с.
15. Добродеева Л.К. Соотношение содержания иммунокомпетентных клеток в регуляции иммунного статуса человека, проживающего на Севере / Л.К. Добродеева, О.Е. Филиппова, С.Н. Балашова // Вестник Уральской медицинской академической науки. – 2014. – № 2 (48). – С. 132-134.
16. Зырянов Б.Н. Иммуитет полости рта в механизмах развития кариеса зубов у рабочих нефтяников Севера Томской области / Б.Н. Зырянов, Р.Г. Гамзатов, Т.Ф. Соколова // Институт стоматологии. - 2013. - № 4 (61). – С. 78-79.
17. Некрасова М.В. Адаптивные иммуно-гормональные реакции у мужчин в экстремальных климатических и профессиональных условиях Севера / М.В. Некрасова, Е.Ю. Шашкова, Е.В. Поповская // Российский иммунологический журнал. – 2016, Т.10 (19). – № 2 (1). – С.29-31.
18. Щёголева Л.С. Адаптивный иммунный статус у представителей различных социально-профессиональных групп жителей Европейского Севера Российской Федерации / Л.С. Щёголева, О.В. Сидоровская, Е.Ю. Шашкова [и др.] // Экология человека. – 2017. – №10. – С. 46-51.
19. Мальцева Т.В. Особенности иммунного статуса при различных вариантах вегетативного обеспечения у детей и школьников, проживающих на Крайнем Севере / Т.В. Мальцева, Н.С. Половодова // Педиатрия. Журнал им. Г.Н. Сперанского. – 2010. - № 4 (89). – С. 122-126.
20. Мазунина А.А. Сравнительная характеристика иммунологического и генетического статуса у детей Крайнего Севера Пермского края / А.А. Мазунина, О.В. Долгих // Здоровье населения и среда обитания. – 2020. - № 6 (327). – С. 31-34.
21. Зырянов Б.Н. Подготовка обследованных к забору слюны и ротовой жидкости при стоматологических исследованиях / Б.Н. Зырянов, Т.Ф. Соколова // Маэстро стоматологии. – 2013. - № 2. – С. 85-86.
22. Зайцев В.М. Прикладная медицинская статистика: учебное пособие / В.М. Зайцев, В.Г. Лифляндский, В.И. Маринкин. – Санкт-Петербург: Фолиант, 2003. – 423 с.

References

1. Belchusova E.A. Nonspecific adaptive reactions of the organism of the indigenous inhabitants of the Arctic / E.A. Belchusova, E.N. Nikolaeva, O. N. Kolosova // Modern problems of science and education. - 2016. - No. 3. - P. 43-48.
2. Darenskaya M.A. Features of metabolic reactions in the indigenous and immigrant population of the North and Siberia / M.A. Darenskaya // Bulletin of the East Siberian Research Center SB RAMS. – 2014, № 2 (96). - P. 97-103.
3. Zyryanov B.N. Features of the organization of dental assistance to the population of the Far North of the Tyumen region / B.N. Zyryanov, L.V. Glushkova, N.I. Myshko,

- V.A. Myshko // Economics and management in dentistry. - 2012. - № 2. - P. 28-30.
4. Kasparova A.E. General adaptation syndrome and its impact on the realization of reproduction in the subarctic region / A.E. Kasparova, L.V. Kovalenko, V.S. Sheludko [et al.] // Man in the North: systemic mechanisms of adaptation. A collection of works dedicated to the 90th anniversary of the founding of Magadan. Under the general editorship of Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Medical Sciences N.N. Besednova. - Magadan: Printing house "Express-polygraphy", 2019. - Vol. 3. - P. 116-128.
 5. Petrova P.G. Ecological and physiological aspects of human adaptation to the conditions of the North / P.G. Petrova // Bulletin of the North-Eastern Federal University named after M.K. Ammosov. Series "Medical Sciences" - 2019. - No. 2 (15). - P. 29-38.
 6. Zyryanov B.N. Solubility of enamel in the pathogenesis of dental caries in children of the Far North of the Far East / B.N. Zyryanov // Institute of Dentistry. - 2014. - No. 2 (63). - P. 82-83.
 7. Zyryanov B.N. The influence of the medical and geographical features of the Far North on the state of the dental fabrics and the susceptibility to caries of the teeth of the indigenous and immigrant population. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Medical Sciences / Central Research Institute of Dentistry and Maxillofacial Surgery. Moscow, 1981. - 20 p.
 8. Zyryanov B.N. Biochemical indicators of oral fluid in children as a criterion for predicting the development of dental caries / B.N. Zyryanov, I.A. Lvova, E.L. Matveeva, M.A. Covinka // Maestro of dentistry. - 2005. - No. 1. - P. 58-61.
 9. Neudakhin E.V. Influence of environmentally unfavorable factors on the state of adaptability of the organism in children / E.V. Neudakhin, Ya.M. Lutsky // Childhood ecopathology. Collection of lectures and articles— - Moscow, 1995. - P. 44-48.
 10. Zyryanov B.N. Features of the clinical progression of dental diseases in the Far North of the Tyumen region / B.N. Zyryanov // Compensatory-adaptive processes: fundamental and clinical aspects: materials of the All-Russian Conference. Editorial Board: Kulikov V.Yu., Paltsev A.I., Tsyrendorzhiev D.D. - Novosibirsk, 2002. - P. 274-275.
 11. Zyryanov B.N. Features of the treatment of dental diseases in the indigenous and immigrant population of the Far North of the Tyumen region / B.N. Zyryanov // Methodological recommendations. - Omsk, 2011.- 51 p.
 12. Hasnulin V.I. Chronic hepatitis and cirrhosis of the liver in the Arctic / V.I. Hasnulin. - Novosibirsk, 1994. - 198 p.
 13. Agadzhanian N.A. Human ecology: selected lectures / N.A. Agadzhanian, V.I. Torshin. - Moscow: KRUK, 1994. - 256 p.
 14. Hasnulin V.I. Introduction to Polar Medicine / V.I. Hasnulin. - Novosibirsk, 1998. - 337 p.
 15. Dobrodeeva L.K. The ratio of the content of immunocompetent cells in the regulation of the immune status of a person living in the North / L.K. Dobrodeeva, O.E. Filippova, S.N. Balashova // Bulletin of the Ural Medical Academic Science. - 2014. - № 2 (48). - P. 132-134.
 16. Zyryanov B.N. Oral cavity immunity in the mechanisms of dental caries development in oil workers in the North of the Tomsk region / B.N. Zyryanov, R.G. Gamzatov,

- T.F. Sokolova // Institute of Dentistry. - 2013. - No. 4 (61). - P. 78-79.
17. Nekrasova M.V. Adaptive immuno-hormonal reactions in men in extreme climatic and professional conditions of the North / M.V. Nekrasova, E.Y. Shashkova, E.V. Popovskaya // Russian Immunological Journal. - 2016, Vol.10 (19). - № 2 (1). - P. 29-31.
 18. Shchegoleva L.S. Adaptive immune status in representatives of various social and professional groups of residents of the European North of the Russian Federation / L.S. Shchegoleva, O.V. Sidorovskaya, E.Yu. Shashkova [et al.] // Human Ecology. - 2017. - No. 10. - P. 46-51.
 19. Maltseva T.V. Features of immune status in various options for vegetative support in children and schoolchildren living in the Far North / T.V. Maltseva, N.S. Polovodova // Pediatrics. Journal named after G.N. Speransky. - 2010. - № 4 (89). - P. 122-126.
 20. Mazunina A.A. Comparative characteristic of immunological and genetic status in children of the Far North of the Perm Territory / A.A. Mazunina, O.V. Dolgikh // Population health and habitat. - 2020. - № 6 (327). - P. 31-34.
 21. Zyryanov B.N. Preparation of the examined patients for the collection of saliva and oral fluid at dental investigations / B.N. Zyryanov, T.F. Sokolova // Maestro of Dentistry. - 2013. - No. 2. - P. 85-86.
 22. Zaitsev V.M. Applied medical statistics: textbook / V.M. Zaitsev, V.G. Lifyandsky, V.I. Marinkin. - St. Petersburg: Foliant, 2003. - 423 p.

Сведения об авторе

Зырянов Борис Николаевич, родился в 1942 году. В 1966 году окончил стоматологический факультет Омского государственного медицинского института. С 1978 года по 1987 год он работал на кафедре социальной гигиены и организации здравоохранения. С 1987 г. по 2017 г. он работал на кафедре стоматологии последипломного образования Омского государственного медицинского университета Министерства здравоохранения Российской Федерации. В 1981 году защитил кандидатскую, а в 1998 году – докторскую диссертацию. Доктор медицинских наук, профессор, действительный член (академик) Академии Полярной Медицины и Экстремальной Экологии Человека. Окончил курсы Сотрудничающего Центра Всемирной Организации Здравоохранения по стоматологическому образованию. Место работы - медицинская клиника «Дента–Смак» (Омск, Россия). Область научных интересов: Арктика, северная медицина, стоматология, онкология, иммунология, биохимия, экология, общественное здоровье, организация здравоохранения, адаптация к полярным регионам, педагогика.

Information about the author

Boris Nikolaevich Zyryanov, born in 1942, graduated from Dentistry Faculty of the Omsk State Medical Institute in 1966. From 1978 to 1987 he worked at the Department of Social Hygiene and Organization of Public Health. From 1987

to 2017 he worked at the Department of Dentistry of Postgraduate Education at the Omsk State Medical University of the Ministry of Health of the Russian Federation. He defended his thesis in 1981 and his doctoral dissertation in 1998. Doctor of Medical Sciences, Professor, Full Member (Academician) of the Academy of Polar Medicine and Extreme Human Ecology. He completed the course at World Health Organization Collaborating Center for Dental Education. He works at Medical Clinic “Denta-Smak” (Omsk, Russia). Research interests: Arctic, Northern medicine, dentistry, oncology, immunology, biochemistry, ecology, public health, healthcare organization, adaptation to the Polar Regions, pedagogy.

Статья поступила в редакцию 17.03.2022 г., принята к публикации 19.07.2022 г.

The article was submitted on March 17, 2022, accepted for publication on July 19, 2022.

Научный вестник Ямало-Ненецкого автономного округа
Scientific Bulletin of the Yamal-Nenets Autonomous District

№ 2 (115). 2022

В журнале публикуются исследования, посвященные вопросам развития Арктического региона планеты. Для нас важно представить комплексный взгляд на процессы, происходящие в этом регионе, поэтому принимаются рукописи, освещающие проблематику с разных точек зрения — исторической, экономической, экологической, биологической, социокультурной.

Особое внимание уделяется исследованиям истории и образа жизни коренных малочисленных народов Севера, методов адаптации человека к экстремальным условиям Арктики, климатологии и криологии Земли.

Журнал ориентирован на исследователей, работников органов государственного и муниципального управления, аспирантов и студентов университетов стран Арктики.

Журнал является рецензируемым, индексируется и реферируется в наукометрической базе данных Российского Индекса Научного Цитирования (РИНЦ).

Сайт журнала: <http://magazine.arctic89.ru/>

12+

Свидетельство о регистрации СМИ: ПИ №ФС77-81250 от 08.06.2021 г.

Учредитель и издатель: ГАУ ЯНАО «Научный центр изучения Арктики»

Адрес учредителя, издателя и редакции:

629008, Россия, Ямало-Ненецкий АО, г. Салехард, ул. Республики, 20, оф. 203,
тел. 8 (34922) 4-41-32, e-mail: vvp2014@bk.ru

Подписной индекс: П6404

Распространяется в печатном виде. Все статьи журнала находятся в открытом доступе (Open Access)

Фото на обложке: Вадим Пономарев (г. Салехард)

© Государственное автономное учреждение Ямало-Ненецкого автономного округа «Научный центр изучения Арктики»

Подписано в печать 04.08.2022. Вышел в свет
16.08.2022. Формат 70x100¹/₁₆. Печать цифровая.

Усл. печ. л. 9,43. Свободная цена.

Гарнитура Newton. Бумага Colotech Plus. Тираж 100 экз. Заказ № 342875.

Отпечатано в типографии «Золотой тираж» (ООО «Омскбланкиздат»)

г. Омск, ул. Орджоникидзе, 34,

тел. (3812) 212-111

www.золотойтираж.рф
