

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ РЕСУРСНЫХ ВИДОВ

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ КОРМОВЫХ РАСТЕНИЙ И ЛИШАЙНИКОВ ОЛЕНЬИХ ПАСТБИЩ НАДЫМСКОГО РАЙОНА (ЯМАЛО-НЕНЕЦКИЙ АВТОНОМНЫЙ ОКРУГ)

© 2023 г. Е. А. Болдырева*

Тюменский научный центр СО РАН, г. Тюмень, Россия

*e-mail: leta-92@list.ru

Поступила в редакцию 18.09.2022 г.

После доработки 12.12.2022 г.

Принята к публикации 09.02.2023 г.

В связи с планируемым расширением оленеводства на территории Надымского района Ямало-Ненецкого автономного округа (Западная Сибирь) был изучен элементный состав доминантов растительного покрова тундр и редколесий: листьев карликовой березы *Betula nana* L.; побегов кустарничков: голубики обыкновенной *Vaccinium uliginosum* L., багульника болотного *Ledum palustre* L., мирта болотного *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; талломов кустистого лишайника кладонии звездчатой *Cladina stellaris* (Opiz.) Brodo., побегов сфагновых мхов *Sphagnum* sp. L. С помощью метода рентгенофлуоресцентного анализа проведена оценка содержания Ca, K, P, Si, Mg, Na, S, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Ti и Al в этих растениях. Выявлены биогеохимические особенности исследованных видов, используемых в качестве кормовой базы оленей. Содержание эссенциальных макроэлементов низкое, в особенности в талломах лишайника, где концентрация Ca, K, P более чем на один порядок меньше среднемировых значений. Содержание большинства микроэлементов (Cu, Ni, Co, Cr, Mn) в высших сосудистых растениях и сфагновых мхах, напротив, превышает среднемировые величины. Для *Cladina stellaris* характерен дефицит микроэлементов. Сравнение наших результатов с данными из других районов тундровой зоны показало сходный характер накопления элементов. Так, листья карликовой березы отличаются накоплением Mg и Mn, содержание Al, Fe, Si повышено в сфагновых мхах, Mn накапливается в побегах кустарничков, для кладонии звездчатой характерен дефицит большинства элементов. Для профилактики заболеваний оленей в зимний период, когда основу рациона составляют лишайники, необходимо увеличение доли “зеленых” кормов.

Ключевые слова: Западная Сибирь, тундровая зона, олени пастбища, кормовые растения, макроэлементы, микроэлементы, коэффициент биологического накопления

DOI: 10.31857/S0033994623010041, **EDN:** ХХОКСИ

Оленеводство, являющееся основной отраслью животноводства Ямало-Ненецкого автономного округа (ЯНАО), полностью базируется на естественной кормовой базе. Растительный покров ЯНАО подвергается высокой пастбищной нагрузке [1]. Признаки перевыпаса были отмечены еще в начале XX в. [2]. С тех пор пастбищные нагрузки многократно возросли, а растительность глубоко трансформирована и неуклонно утрачивает ресурсный потенциал [3–9]. Особую опасность для пастбищ представляет разработка многочисленных месторождений нефти и газа. Вблизи мест разведки, добычи и транспортировки полезных ископаемых происходит техногенное разрушение покрова, снижается качество кормовых угодий, сокращается объем кормовых запасов и ухудшается их доступность [10]. Поэтому возможности для развития северного оленеводства ограничиваются количеством и каче-

ством пастбищ. Согласно данным Департамента агропромышленного комплекса ЯНАО [11], за последние 5 лет численность поголовья оленей снизилась на 160 тыс. голов, поскольку оленеемкость пастбищ в 2 раза ниже количества животных.

Обеспеченность пищей северных оленей зависит не только от ее доступности в окружающей среде, но и от ее качества [12]. Для животных важен макро- и микроэлементный состав кормовых видов. Нехватка каких-либо элементов приводит к тому, что происходит снижение массы тел животных, возникают различные заболевания и рождаются нежизнеспособное потомство [13].

В последние годы правительство ЯНАО уделяет большое внимание развитию в Надымском р-не изгородного оленеводства, то есть переселения части оленеводов со стадами в таежную зону [14]. От состава растительности и экологической чистоты оленьих пастбищ зависит качество и питатель-

ный состав мяса северных оленей [15]. Всестороннее удовлетворение потребностей животных в различных элементах питания обеспечивает наиболее полное проявление генетически обусловленных показателей продуктивности [16]. Микроэлементный состав кормов является одним из важных показателей, определяющих их питательную ценность. Общеизвестно выделение заболеваний, характеризующихся недостаточностью (гипомикроэлементозы) и избытком (гипермикроэлементозы) микроэлементов [17]. В системе биогеохимического районирования В.В. Ковальского [13] территория севера Западной Сибири отнесена к таежно-лесной биогеохимической зоне, для которой характерен недостаток многих макро- и микроэлементов: кальция, фосфора, калия, кобальта, меди, йода, молибдена, бора, цинка. Недавние геохимические исследования в Надымской р-не [18–20] подтвердили низкое содержание микроэлементов в почвах. Так, валовое содержание Ni ниже кларка в 5 раз, Mn – в 3 раза, Sr – в 2 раза, Cr – в 1.4 раз [20]. Неблагоприятная биогеохимическая ситуация может отрицательно влиять на оленеводство. Поэтому планы по его развитию в Надымском р-не требуют учета биогеохимических факторов, в частности оценки элементного состава кормовых растений.

Цель данной работы – изучить элементный состав некоторых видов растений, которые составляют кормовую базу оленьих пастбищ на территории Надымского р-на ЯНАО.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Отбор проб растений производили на территории Надымского р-на Ямало-Ненецкого автономного округа (рис. 1) в летний период (июль–август) 2020 г. в ходе геоботанических исследований на фоновых участках. Пищевой рацион оленя очень разнообразен: в него входит подавляющее большинство растений, произрастающих в тундре и тайге. Летом северный олень питается зеленой растительностью, зимой основной корм оленей – лишайники [21]. Для оценки элементного состава кормовой базы были отобраны доминанты растительного покрова: карликовая береза *Betula nana* L.; кустарнички: багульник болотный *Ledum palustre* L., голубика обыкновенная *Vaccinium uliginosum* L., мирт болотный *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; сфагновые мхи *Sphagnum* sp. L. и кустистый лишайник кладония звездчатая *Cladonia stellaris* (Opiz.) Brodo. На каждой эталонной площадке отбирали не менее 5 экземпляров каждого вида из расчета более 0.2 кг фитомассы, из которых составляли одну сборную пробу.

В лабораторных условиях пробы высушивали и измельчали в ступке до порошкообразного состояния. Анализ валового содержания элементов выполняли в Институте физико-химических и

биологических проблем почвоведения РАН. Содержание Ca, K, P, Si, Mg, Na, S, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Ti, Al в кормовых растениях определяли путем измерения массовой доли металлов и оксидов металлов в порошковых пробах на рентгенофлуоресцентном спектрометре. Анализ полученных образцов производили в двух параллельных пробах; за результат измерения принято среднее арифметическое значение.

При статистической обработке результатов рассчитывали среднеарифметическое значение содержания элементов (M) и среднеквадратичное отклонение (SD). Для оценки накопления элементов в растительных образцах использовали коэффициент биологического накопления K_b , который представляет собой отношение содержания элемента в золе растений к величине кларка верхней части континентальной земной коры. При сравнении со среднемировыми показателями содержания элементов в растениях использовали расчеты В.В. Добровольского [22, 23]. Потенциальную физиологическую реакцию на недостаток или избыток элемента в фитомассе определяли путем сопоставления с пороговыми границами, приведенными в работе А. Кабата-Пендиас [24].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Элементный состав исследованных растений представлен в табл. 1. Основными элементами являются (в порядке убывания) Ca, K, Si и P. Содержание практически всех макроэлементов, за исключением Al, ниже среднемировых значений. Обращает на себя внимание низкое содержание таких физиологически значимых, как для растений, так и животных, элементов как Ca, K, P, Mg и Si. Минимальное содержание этих элементов выявлено в лишайнике, а максимальное (кроме Si) – в листьях карликовой березы.

Содержание зольных элементов в растениях тундр определяется, прежде всего, составом региональных почв и почвообразующих пород. Так, интенсивное концентрирование растениями Таймыра кальция и магния является следствием повышенного содержания этих элементов в почвообразующих породах, а высокое содержание фосфора в растениях Кольского полуострова обусловлено широким распространением апатитов [25].

Почвы севера Западной Сибири характеризуются относительно низкими природными концентрациями микроэлементов [19, 26]. Такая же закономерность наблюдается и для макроэлементов. Среднее содержание Ca в почвах Надым-Пуровского междуречья составляет в среднем 0.31% [20], что примерно на порядок меньше кларка верхней части земной коры. Содержание K_2O в разных генетических горизонтах почв варьирует



Рис. 1. Район исследования. ● — пункты наблюдений и отбора проб.
Fig. 1. Research area. ● — observation and sampling points.

от 0.42 до 2.09%, что также меньше кларка, минеральные горизонты постлиггенных почв отличаются недостатком P и S [20]. Низкое содержание Ca, P, S, K в изученных растениях связано с литогенным фактором. Наиболее низкое содержание биологически важных макроэлементов отмечено в лишайнике *Cladina stellaris*, который составляет основу кормового рациона оленей в зимний период. Этот факт следует учитывать в планах развития таежного оленеводства в Надымской р-не. Имеются указания на минеральное голодание оленей вследствие нехватки Ca, K, P, S [27]. Следует отметить высокое содержание Fe в листьях карликовой березы (ерника) и низкое — в побегах кустарничков. Поглощение железа зависит, прежде всего, от биологических особенностей растений, а не со-

става почв и пород. Также обращает на себя внимание интенсивное поглощение растениями алюминия. Коэффициенты биологического накопления этого элемента у всех исследованных видов составляют 0.31–0.65, что превышает среднемировые значения в 3.1–6.5 раз (рис. 2). Причиной этого является высокая подвижность Al в ландшафтах кислого глеевого класса. Интенсивное накопление Al типично для тундровых растений. Ранее отмечалось, что Кб этого элемента у некоторых растений (полярная ива, морощка) и лишайников местами больше 1 при средних для растительности суши значениях 0.1 и менее [27].

Накопление в исследованных растениях микроэлементов имеет несколько иной характер, чем накопление макроэлементов, поскольку его спе-

Таблица 1. Среднее содержание химических элементов в растениях Надымского района, мг/кг абс. сух. веса
 Table 1. Average element contents in plants of Nadym region, mg/kg dry weight

Элементы Elements	Виды растений Plant species					Среднемировое содержание World average content ¹ В. Market [23] ² В.В. Добровольский [22] World average content ¹ В. Market [23] ² V.V. Dobrovolsky [22]	Экологические градации по Кабата-Пендлас [24] Environmental levels according to Kabata-Pendias [24]			
	Кустарник Dwarf birch <i>Betula nana</i> L. n = 7	Кустарнички Dwarf shrubs			<i>Cladonia stellaris</i> (Opiz.) Brodo n = 5		<i>Sphagnum</i> sp. L. n = 6	дефицит deficit	норма standard	избыток excess
		<i>Ledum palustre</i> L. n = 5	<i>Yuccinum uliginosum</i> L. n = 5	<i>Chamaedaphne calyculata</i> (L.) Moench n = 2						
Ca	4271 ± 350 ¹	3560 ± 868	3320 ± 602	2900 ± 141	742 ± 68	1283 ± 376	—	—	—	
K	3086 ± 615	2800 ± 583	2640 ± 439	2000 ± 424	858 ± 165	1767 ± 596	—	—	—	
P	1371 ± 496	880 ± 377	1180 ± 370	650 ± 71	380 ± 73	483 ± 172	—	—	—	
Si	1786 ± 587	1600 ± 725	1440 ± 321	900 ± 141	3008 ± 149	3067 ± 3065	—	—	—	
Mg	1500 ± 271	900 ± 212	1260 ± 167	1000 ± 566	—	650 ± 243	—	—	—	
Na	443 ± 326	420 ± 217	440 ± 532	350 ± 495	—	183 ± 271	—	—	—	
S	829 ± 111	740 ± 167	1300 ± 300	600 ± 0	213 ± 29	567 ± 82	—	—	—	
Al	1145 ± 142	1094 ± 156	1171 ± 539	1027 ± 117	576 ± 267	1259 ± 378	—	—	—	
Fe	1649 ± 80	137 ± 119	59 ± 8	53 ± 12	315 ± 213	308 ± 243	—	—	—	
Zn	161 ± 59	59 ± 72	46 ± 10	19 ± 2	17 ± 2	16 ± 5	10–20	27–150	100–400	
Cu	24 ± 2	23 ± 5	27 ± 6	18 ± 2	—	16 ± 5	2–5	5–30	20–100	
Ni	16 ± 2	14 ± 2	14 ± 2	10 ± 2	1.2 ± 0.7	13 ± 6	—	0.1–5	10–100	
Co	9 ± 0.60	10 ± 3	12 ± 7	9 ± 3	—	9 ± 4	—	0.02–1	15–50	
Mn	791 ± 485	770 ± 208	397 ± 194	847 ± 1055	58 ± 23	266 ± 169	15–25	20–300	300–500	
Cr	26 ± 6	24 ± 6	20 ± 3	20 ± 3	1.0 ± 1.1	26 ± 17	—	0.1–0.5	5–30	
Ti	7 ± 0.39	10 ± 6	7 ± 1	16 ± 14	8.0 ± 7.3	13 ± 17	—	—	50–200	

Примечание. ¹ Среднеарифметическое значение и стандартное отклонение $M \pm SD$; прочерк — нет данных.
 Note. ¹ Arithmetic mean and standard deviation $M \pm SD$; dash — no data.

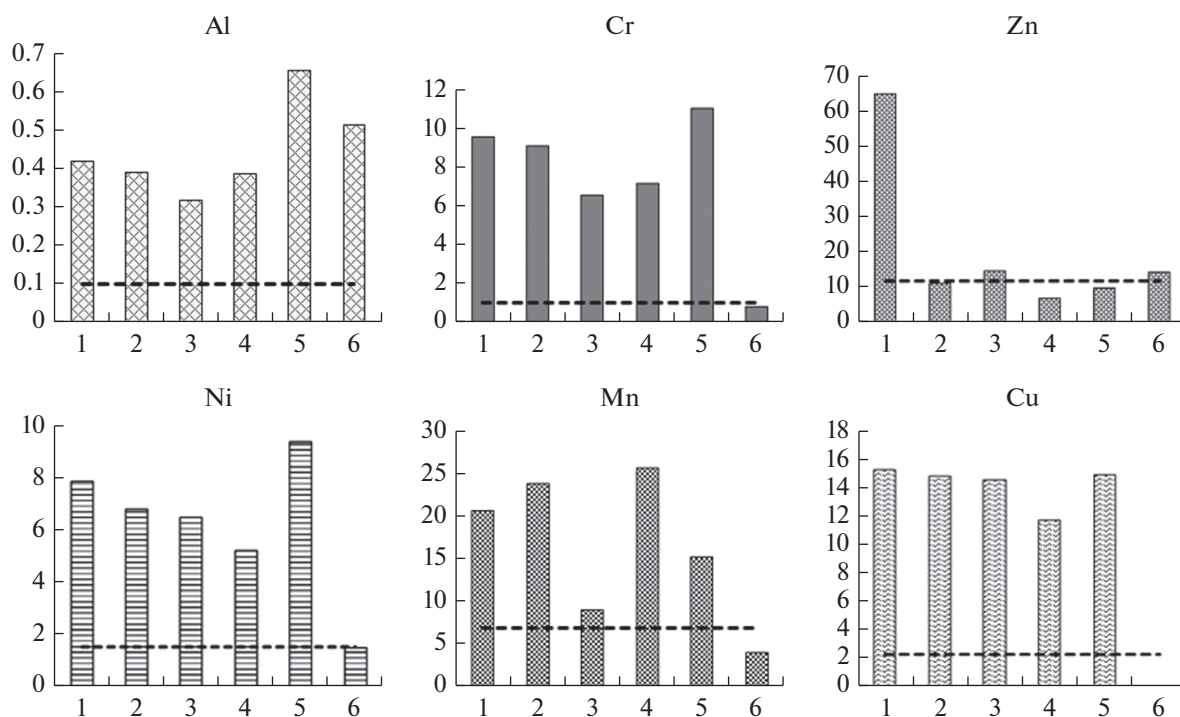


Рис. 2. Значения Кб в различных группах фитобиоты Надымского района. По горизонтали – группы фитобиотонтов; по вертикали – значения Кб. 1 – *Betula nana* L.; 2 – *Ledum palustre* L.; 3 – *Vaccinium uliginosum* L.; 4 – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; 5 – *Sphagnum* sp. L.; 6 – *Cladina stellaris* (Opiz.) Brodo. Пунктирная линия – среднемировое значение [22].

Fig. 2. Values of the coefficient of biological accumulation in various floral and lichen biotic groups of the Nadym region. X-axis – plant and lichen biont groups; y-axis – values of the biological accumulation coefficient. 1 – *Betula nana* L.; 2 – *Ledum palustre* L.; 3 – *Vaccinium uliginosum* L.; 4 – *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; 5 – *Sphagnum* sp. L.; 6 – *Cladina stellaris* (Opiz.) Brodo. The dash line is the world average [22].

цифика в значительной степени определяется не только влиянием литогенной основы и формами нахождения металлов в почвах, но также видовыми особенностями минерального обмена растений. Несмотря на низкое содержание в почвах севера Западной Сибири многих микроэлементов, в частности Cu, Ni, Co, Cr и Mn [19], в исследуемых видах их содержание превышает среднемировые величины (табл. 1). Только содержание Ti снижено у всех видов сосудистых растений. Таким образом, растения отличаются высокой биохимической активностью в отношении накопления микроэлементов.

Интенсивно накапливаются во всех высших сосудистых растениях и сфагновых мхах Ni, Cr, Cu и Mn. Кб для Ni выше среднемирового значения в 3.4–6.1 раз, Cu – в 5.2–6.8 раз, а Cr – в 6.4–10.7 раз (рис. 2).

По имеющимся данным [28], одни элементы в растениях тундровой зоны активно концентрируются (N, P, K, Ca, Mg, S, Cu, Zn, Ni, Co, Sr), другие – деконцентрируются (Al, Zr, Be, Ti, V). Наши исследования подтвердили способность тундровых растений активно накапливать Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn и Cr. Вероятно, причиной этого явля-

ется высокая доля подвижных форм металлов, легко усваиваемых растениями. По имеющимся данным [29], из тундрового глеезема в ацетатно-аммонийный буферный раствор переходят 13–16% Ni, Cu и Co. В почвах юга Западной Сибири доля подвижных форм многократно меньше и составляет для Ni 0.6–2.3%, Cu – 0.1–0.9%, Co – 1–3% [30]. Отмечалось, что максимальной подвижностью в тундровых почвах обладают Cu, Zn и Mn [31]. Выявленное нами интенсивное накопление этих элементов сосудистыми растениями подтверждает их высокую подвижность в почвах тундры и предтундровых редколесий.

Наблюдается заметное межвидовое варьирование содержания как микро-, так и макроэлементов. Очень высокое содержание Zn отмечено в листьях *Betula nana*, что превышает физиологически оптимальный уровень, составляющий, согласно А. Кабата-Пендиас [24], 27–150 мг/кг абс. сух. вещества. Способность карликовой березы накапливать Zn отмечалась ранее многими авторами [32–34]. Кроме того, этот вид отличается повышенным содержанием Ni и Fe. В побегах *Chamaedaphne calyculata* и сфагновых мхах Zn на-

Таблица 2. Содержание зольных элементов в растениях различных географических районов тундровой зоны, % на сухое вещество**Table 2.** Ash element content in plants in different geographical areas of the tundra zone, % dry weight

Растения Plant species		Элементы Elements								Сумма элементов Sum of elements
		P	K	Na	Mg	Al	Fe	Mn	Si	
Карликовая береза <i>Betula nana</i> (листья) Dwarf birch (leaves)	I	0.20	0.27	0.02	0.10	0.02	0.02	0.20	0.04	0.87
	II	0.01	0.34	0.01	0.38	0.01	0.01	0.07	0.02	0.85
	III	0.04	0.40	0.01	0.55	0.04	0.01	0.06	0.10	1.21
	IV	0.18	0.66	0.01	0.11	0.02	0.01	0.03	0.07	1.09
	V	0.11	0.21	0.01	0.22	0.07	0.10	0.16	0.08	0.96
Кустарнички Dwarf shrubs	I	0.12	0.38	0.02	0.08	0.03	0.01	0.09	0.05	0.78
	II	0.01	0.36	0.01	0.25	0.01	0.01	0.25	0.03	0.93
	III	0.08	0.57	0.02	0.22	0.03	0.01	0.04	0.08	1.05
	IV	0.15	0.55	0.01	0.10	0.03	0.01	0.17	0.10	1.12
	V	0.09	0.24	0.04	0.21	0.12	0.02	0.04	0.32	1.08
Мхи Mosses	I	0.21	0.63	0.04	0.19	0.08	0.04	0.03	0.11	1.33
	II	0.11	0.52	сл.	0.13	0.14	0.06	0.06	0.13	1.15
	III	0.06	0.18	0.05	0.30	0.16	0.11	0.02	0.30	1.18
	IV	0.06	0.58	0.05	0.11	0.13	0.08	0.05	0.51	1.57
	V	0.03	0.09	0.06	0.04	0.05	0.03	0.05	0.25	0.60
Лишайники Lichens	I	0.07	0.04	0.04	0.02	0.11	0.03	0.01	0.05	0.37
	II	0.05	0.08	–	0.09	0.02	0.04	0.05	0.10	0.43
	III	0.05	0.35	0.06	0.06	0.06	0.02	0.01	0.07	0.68
	IV	0.04	0.08	0.03	0.03	0.05	0.03	0.01	0.18	0.45
	V	0.03	0.10	0.02	0.02	0.04	0.04	0.01	0.16	0.42

Примечание. I – Колская тундра [40]; II – Большеземельская тундра [41]; III – тундры стационара “Агапа”, Таймыр [25]; IV – арктическое побережье Чукотки [39]; V – растительный покров Верхнеколымского нагорья [42]; прочерк – нет данных.

Note. I – Kola tundra [40]; II – Bolshezemelskaya tundra [41]; III – tundra of Agapa observation station, Taimyr [25]; IV – Arctic coast of Chukotka [39]; V – vegetation of the Upper Kolyma Plateau [42]; dash – no data.

капливается умеренно, величины K_b незначительно меньше среднемировых значений (рис. 2).

Среднее содержание меди у разных видов растений варьирует в пределах 16–27 мг/кг абс. сух. вещества, оно выше среднемировых значений, но по экологической градации [24], укладывается в физиологически допустимые нормы. Максимальное содержание Cu отмечено в листьях *Vaccinium uliginosum*. Та же закономерность была выявлена при изучении химического состава растений Большеземельской тундры, где максимум содержания Cu наблюдается в побегах этого вида [29].

Концентрации Ni варьируют от 10 мг/кг в побегах *Chamaedaphne calyculata* до 16 мг/кг в карликовой березе. Повышенные содержания никеля объясняются подвижностью этого элемента в кислых и влажных почвах, преобладающих в тундре и тайге. Отмечалось, что рост рН почвы вызывает снижение содержания Ni в растениях [24]. Согласно данным А.И. Syso et al. [35], повышенные концентрации цинка и никеля могут быть типичными для тундровой зоны. Максимальное содержание Cd установлено в сфагновых мхах – 24.5 мг/кг, около 8 мг/кг – в побегах *Vaccinium uliginosum* и *Chamaedaphne calyculata*.

Интенсивное накопление Mn отмечено у *Chamaedaphne calyculata*, минимальное – в сфагновых мхах и лишайнике *Cladina stellaris* (рис. 2). Повышенное содержание марганца в растениях тундр Западной Сибири отмечается в работах многих авторов [36–38]. Значения коэффициента биологического накопления K_b для Mn, варьировали в пределах от 6.4 (*Cladina stellaris*) до 29.2 (*Chamaedaphne calyculata*), в то время как среднемировое значение этого показателя для растительности суши составляет 6.86 [22].

Сфагновые мхи отличаются повышенным содержанием Si, Al, Fe. Повышенное, по сравнению с другими группами растений содержание Si и Al было отмечено во мхах тундр Чукотки [39]. Для тундрового типа биологического круговорота веществ характерно преобладание таких элементов, как Al, Fe, Mn [27], которые отличаются высокой водомиграционной активностью. Сфагновые мхи, находящиеся в переувлажненных условиях, в наибольшей степени подвержены влиянию поверхностных вод, обогащенных этими элементами.

Для выявления особенностей содержания зольных элементов в растениях в Надымском р-не было проведено сопоставление с другими северными территориями (табл. 2). Сопоставление показало, что в Надымских тундрах содержание калия и фосфора во всех изучаемых растениях находится на среднем уровне. Повышено содержание Si, что, вероятно, вызвано преобладанием песчаных почв. Напротив, содержание Mg в растениях Надымских тундр низкое.

В целом необходимо отметить, что тундровые растения разных географических районов имеют сходный характер накопления элементов. Листья *Betula nana* отличаются накоплением Ni, Ca, Zn, Cr, содержание Al, Fe, Si повышено во мхах, Mn накапливается в кустарничках и карликовой березе. Лишайники характеризуются низким содержанием K и Ca.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследование элементного состава растений, составляющих основу кормовой базы оленьих пастбищ на территории Надымского р-на Ямало-Ненецкого автономного округа: листьев карликовой березы *Betula nana* L.; листьев и побегов кустарничков: голубики обыкновенной *Vaccinium uliginosum* L., багульника болотного *Ledum palustre* L., мирта болотного *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench; талломов кустистого лишайника кладонии звездчатой *Cladina stellaris* (Opiz.) Brodo, побегов сфагновых мхов *Sphagnum* sp. L. показало, что растения тундр отличаются низким содержанием эссенциальных макроэлементов (K и Ca), что, вероятно, обусловлено литогенным фактором – дефицитом этих элементов в преобладающих песчаных почвах. Высшие сосудистые растения и сфагновые мхи активно накапливают Cu, Ni, Co, Cr и Mn, содержание которых превышает среднемировые величины. Максимальное накопление этих элементов выявлено в листьях *Betula nana*. Содержание Al повышено по сравнению со среднемировым уровнем из-за высокой доли подвижных форм, легко усваиваемых растениями. Лишайник *Cladina stellaris*, составляющий основу рациона оленей в холодный период года, содержит крайне малое количество физиологически необходимых макроэлементов, в особенности K и Ca, а также микроэлемента Mn и Zn. Поэтому сбалансированное поступление микроэлементов в организм северного оленя требует сочетания зеленых и лишайниковых кормов.

БЛАГОДАРНОСТИ

Работа выполнена в рамках государственного задания (№ 121041600045-8) Тюменского научного центра СО РАН.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Полуостров Ямал: растительный покров*. 2006. Тюмень. 360 с.
2. *Житков Б.М.* 1913. Полуостров Ямал. – Записки РГО. Т. XLIX. 449 с.
3. *Магомедова М.А.* 1986. Антропогенная динамика лишайникового покрова на Тюменском севере Западной Сибири. – В сб.: Биологические проблемы Севера: Тез. докл. XI Всесоюзного симпозиума. Якутск. Вып. 2. С. 84–86.
4. *Магомедова М.А.* 1994. Лишайники предтундровых лесов Западной Сибири. – Бот. журн. 79(11): 1–11. http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19941111&rid=pdf_0005103
5. *Магомедова М.А.* 1994. Мониторинг состояния растительного покрова оленьих пастбищ. – Проблемы региональной экологии. 3: 76–80.
6. *Магомедова М.А.* 1996. Лишайники как компонент северных экосистем и объект мониторинга. – Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. 16: 105–121.
7. *Природа Ямала*. Ред Л.Н. Добринский. 1995. Екатеринбург. 435 с.
8. *Мониторинг состояния биоты в зоне воздействия промкомплекса по добыче и транспортировке газа на полуострове ЯМАЛ*. Научный отчет. Екатеринбург, 1993. 328 с.

9. *Магомедова М.А., Морозова Л.М.* 2000. Восстановление оленьих пастбищ. — В сб.: Восстановление земель на Крайнем Севере. Сыктывкар. С. 126–134.
10. *Иванов В.А.* 2014. Оленеводство в арктическом субрегионе: состояние и направления развития. — Регион: Экономика и социология. 2(82): 39–51. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21946406>
11. *Доклад* о ходе реализации и оценке эффективности реализации государственной программы Ямало-Ненецкого автономного округа “Развитие агропромышленного комплекса, рыбного хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия” за 2021 г. Салехард, 2022. 25 с. <https://dapk.yanao.ru/documents/reports/165011/>
12. *Абатуров Б.Д.* 2005. Кормовые ресурсы, обеспеченность пищей и жизнеспособность популяций растительно-ядных млекопитающих. — Зоологический журнал. 84(10): 1251–1271. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9174263>
13. *Ковальский В.В., Андрианова Г.А.* 1970. Микроэлементы в почвах СССР. М. 182 с.
14. *Волковицкий А.И., Терёхина А.Н.* 2020. Современные проблемы Ямальского оленеводства: дискуссии и перспективы. — Этнография. 2(8): 152–169. [https://doi.org/10.31250/2618-8600-2020-2\(8\)-152-169](https://doi.org/10.31250/2618-8600-2020-2(8)-152-169)
15. *Роббек Н.С., Алексеев Е.Д., Румянцева Т.Д.* 2019. Содержание микроэлементов и тяжелых металлов в мясе оленей чукотской породы (харгин). — Главный зоотехник. 7: 60–65. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162827>
16. *Сариев А.Х., Чербакова Н.Н., Дербенев К.В., Федина Е.В.* 2019. Химический состав кормовых растений, произрастающих в зоне влияния промышленных предприятий. — Вестн. КрасГАУ. 5: 68–74. http://www.kgau.ru/vestnik/2019_5/content/10.pdf
17. *Ермаков В.В., Тютиков С.Ф., Сафонов В.А.* 2018. Биогеохимическая индикация микроэлементозов. М. 386 с.
18. *Moskovchenko D., Shamilishvilly G., Abakimov E.* 2019. Soil biogeochemical features of Nadym-Purovskiy province (Western Siberia). — Ecologia Balkanica. 11(2): 113–126.
19. *Опекунова М.Г., Опекунов А.Ю., Кукушкин С.Ю., Ганул А.Г.* 2019. Фоновое содержание химических элементов в почвах и донных осадках севера Западной Сибири. — Почвоведение. 4: 422–439. <https://doi.org/10.1134/S0032180X19020114>
20. *Романенко Е.А., Московченко Д.В., Кудрявцев А.А., Шигабаева Г.Н.* 2020. Подвижные формы металлов в почвах Надым-Пуровского междуречья (Западная Сибирь). — Вестник Нижневарттовского университета. 2: 136–145. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/18>
21. *Бороздин Э.К.* 1990. Северное оленеводство. Л. 240 с.
22. *Добровольский В.В.* 2003. Основы биогеохимии. М. 400 с.
23. *Markert B.* 1992. Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. — Vegetatio. 103(1): 1–30. <https://doi.org/10.1007/BF00033413>
24. *Kabata-Pendias A.* 2011. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, FL, USA. 505 p.
25. *Василевская В.Д.* 1980. Почвообразование в тундрах Средней Сибири. М. 235 с.
26. *Московченко Д.В.* 2013. Экогеохимия нефтедобывающих районов Западной Сибири. Новосибирск. 259 с.
27. *Перельман А.И., Касимов Н.С.* 1999. Геохимия ландшафта. М. 764 с.
28. *Глазовская М.А.* 1988. Геохимия природных и техногенных ландшафтов СССР. М. 328 с.
29. *Елькина Г.Я., Денева С.В., Лантева Е.М.* 2019. Тяжелые металлы в системе почва-растение в биогеоценозах Большеземельской тундры. — Теоретическая и прикладная экология. 3: 41–47. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-041-047>
30. *Сысо А.И.* 2007. Закономерности распределения химических элементов в почвообразующих породах и почвах Западной Сибири. Новосибирск. 277 с.
31. *Попова Л.Ф., Никитина М.В., Андреева Ю.И., Трофимова А.Н., Попов С.С.* 2019. Тяжелые металлы в почвах евро-арктических территорий. — Изв. вузов. Химия и хим. технология. 62(3): 102–107.
32. *Московченко Д.В.* 1995. Биогеохимические особенности ландшафтов полуострова Ямал и их оптимизация в связи с нефтегазодобычей: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. Санкт-Петербург. 24 с.
33. *Тентюков М.П.* 2013. Особенности распределения химических элементов в мерзлых почвах. — Криосфера Земли. 17(3): 100–107.
34. *Башкин В.Б.* 2017. Биогеохимические циклы в тундровых экосистемах импактных зон газовой индустрии. — Геохимия. 55(10): 954–966. <https://doi.org/10.7868/S0016752517100028>
35. *Сысо А.И., Колпацников Л.А., Ермолов Ю.В., Черевко А.С., Сиромля Т.И.* 2014. Элементный химический состав почв и растений Западного Таймыра. — Сиб. Экол. журн. 6: 855–862. <https://www.sibran.ru/upload/iblock/c12/c1247fd74f4347cd33d9c329daeac23d.pdf>
36. *Московченко Д.В., Моисеева И.Н., Хозяинова Н.В.* 2012. Элементный состав растений Уренгойских тундр. — Вест. экологии, лесоведения и ландшафтоведения. 12(1): 130–136. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18050792>

37. Agbalyan E.V., Zarov E.A., Filippov I.V., Pechkina Yu.A., Shinkaruk E.V., Yulbarisova K.V., Khnycheva N.A., Lapshina E.D. 2021. Biogeochemical assessment of the main plants at the Nadym district's reindeer pastures (Yamal-Nenets autonomous okrug). – Environmental dynamics and global climate change. 12(1): 27–41. <https://doi.org/10.17816/edgcc41876>
38. Московченко Д.В., Романенко Е.А. 2021. Микроэлементный состав кормовых растений оленьих пастбищ полуострова Ямал. – Раст. ресурсы. 57(4): 370–381. <https://doi.org/10.31857/S0033994621040099>
39. Пугачев А.А., Тихменев Е.А. 2016. Химический состав растений арктического побережья Чукотки. – Изв. Самарского науч. центра РАН. 18(5(3)): 478–483. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2016/2016_5_478_483.pdf

Elemental Composition of Reindeer Pasture Plants and Lichens in Nadym District (Yamal-Nenets Autonomous Area)

E. A. Boldyreva*

Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences, Tyumen, Russia

*e-mail: leta-92@list.ru

Abstract—There are plans to expand reindeer husbandry in the Nadym District of the Yamal-Nenets Autonomous Area. For this purpose, we studied the elemental composition of the dominant species of the tundra and open boreal woodland vegetation cover. We analyzed leaves of dwarf birch (*Betula nana* L.), dwarf shrubs of bog blueberry (*Vaccinium uliginosum* L.), marsh Labrador tea (*Ledum palustre* L.), and leatherleaf (*Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench); sphagnum moss (*Sphagnum* sp. L.); and fruticose lichens (*Cladonia stellaris* (Opiz.) Brodo). The X-ray fluorescence analysis was used to obtain data on the content of Ca, K, P, Si, Mg, Na, S, Zn, Cu, Ni, Co, Fe, Mn, Cr, Ti, and Al. We defined the biogeochemical features of the reindeer forage plants. In vascular plants and sphagnum mosses, the content of almost all essential macroelements is low, while the content of most microelements (Cu, Ni, Co, Cr, and Mn) exceeds the world average values. The lichens are characterized by low concentration of Ca, K, Mg, and P, which is more than one order of magnitude lower than the world average values, and the deficiency of microelements. The results were compared with the results from similar studies in other geographical regions of the tundra zone, and it was found that tundra plants have a similar pattern of element accumulation. In particular, leaves of dwarf birch are distinguished by accumulation of Mg; the content of Al, Fe, and Si is increased in mosses; Mn is accumulated in dwarf shrubs and dwarf birch; lichens are characterized by the deficiency of most elements. Therefore, in order to prevent animal diseases, it is necessary to improve the elemental composition of reindeers feed by increasing the share of “green” forage in winter, when lichens dominate the diet.

Keywords: Nadym District, tundra, deer pastures vegetation, microelement composition, biological accumulation coefficient, ash elements

ACKNOWLEDGEMENTS

The present study was carried out within the framework of the institutional research project (no. 121041600045-8) of the Tyumen Scientific Centre, Siberian Branch of Russian Academy of Sciences.

REFERENCES

- [Yamal Peninsula: vegetation cover]. 2006. Tyumen. 360 p. (In Russian)
- Zhitkov B.M. 1913. [Yamal Peninsula]. – Mémoires de la Société impériale russe de géographie. T. XLIX. 449 p. (In Russian)
- Magomedova M.A. 1986. [Anthropogenic dynamics of lichen cover in the Tyumen north of Western Siberia]. – In: [Biological Problems of the North: Abstracts of the XI All-Union Symposium]. Yakutsk. T. 2. P. 84–86. (In Russian)
- Magomedova M.A. 1994. Lichens in the Western Siberian open forests. – Botannicheskij Zhurnal. 79(11): 1–11. http://arch.botjournal.ru/?t=issues&id=19941111&rid=pdf_0005103 (In Russian)
- Magomedova M.A. 1994. [Monitoring of the vegetation cover of the reindeer ranges]. – Problems of regional ecology. 3: 76–80. (In Russian)
- Magomedova M.A. 1996. [Lichens as a component of northern ecosystems and an object of monitoring]. – Problems of Environmental Monitoring and Ecosystem Modelling. 16: 105–121. (In Russian)
- [The Nature of Yamal]. 1995. Yekaterinburg. 435 p. https://www.rfbr.ru/rffi/ru/books/o_63765#465 (In Russian)
- [Monitoring of the state of biota in the zone impacted by the gas production and transportation complex at the Yamal Peninsula. Scientific report]. 1993. Yekaterinburg. 328 p. (In Russian)

9. *Magomedova M.A., Morozova L.M.* 2000a. [Restoration of reindeer ranges]. – In: [Restoration of lands in the Far North]. Syktyvkar. P. 126–134. (In Russian)
10. *Ivanov V.A.* 2014. Reindeer husbandry in the Arctic sub-region: current state and directions for the development. – Region: Economics and Sociology. 2(82): 39–51. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21946406> (In Russian)
11. [Report on the progress of implementation and evaluation of the implementation effectiveness of the state program of the Yamalo-Nenets Autonomous Okrug “Development of the agro-industrial complex, fisheries and regulation of agricultural products, raw materials and food markets” for 2021]. 2022. Salekhard. 25 p. <https://dapk.yanao.ru/documents/reports/165011/> (In Russian)
12. *Abaturov B.D.* 2005. Forage resources, supply with food, and viability of herbivorous mammals. – Zoological Journal. 84(10): 1251–1271. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=9174263> (In Russian)
13. *Koval'skij V.V., Andrianova G.A.* 1970. [Trace elements in the soils of the USSR]. Moscow. 182 p. (In Russian)
14. *Volkovitskiy A.I., Terekhina A.N.* 2020. The contemporary issues of Yamal reindeer herding: discussions and perspectives. – Ethnography. 2(8): 152–169. [https://doi.org/10.31250/2618-8600-2020-2\(8\)-152-169](https://doi.org/10.31250/2618-8600-2020-2(8)-152-169) (In Russian)
15. *Robbek N.S., Alekseev E.D., Rumyantseva T.D.* 2019. The content of trace elements and heavy metals in the meat of the reindeers of the Chukchi breed (Khargin). – Chief Animal Technician. 7: 60–65. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=39162827> (In Russian)
16. *Sariev A.Kh., Cherbakova N.N., Derbenev K.V., Fedina E.V.* 2019. Chemical composition of forage plants growing in the zone of industrial enterprises' influence. – The Bulletin of KrasGAU. 5: 68–74. http://www.kgau.ru/vestnik/2019_5/content/10.pdf (In Russian)
17. *Ermakov V.V., Tyutikov S.F., Safonov V.A.* 2018. [Biological and geochemical indication of trace elements]. Moscow. 386 p. (In Russian)
18. *Moskovchenko D., Shamilishvilly G., Abakumov E.* 2019. Soil biogeochemical features of Nadym-Purovskiy province (Western Siberia), Russia. – Ecologia Balkanica. 11(2): 113–126. Article № eb.19143. http://web.uni-plovdiv.bg/mollov/EB/2019_vol11_iss2/113_126_eb.19143.pdf
19. *Opekunova M.G., Opekunov A.Yu., Kukushkin S.Yu., Ganul A.G.* 2019. Background element concentrations in soils and bottom sediments of the North of Western Siberia. – Eurasian Soil Science. 52(4): 380–395. <https://doi.org/10.1134/S106422931902011X>
20. *Romanenko E.A., Moskovchenko D.V., Kudryavtsev A.A., Shigabaeva G.N.* 2020. Mobile forms of metals in soils in the Nadym-Pur interfluvium (Western Siberia). – Bulletin of Nizhnevartovsk State University. 2: 136–145. <https://doi.org/10.36906/2311-4444/20-2/18> (In Russian)
21. *Borozdin E.K.* 1990. [Northern reindeer breeding]. Leningrad. 240 p. (In Russian)
22. *Dobrovol'skij V.V.* 2003. [Fundamentals of biogeochemistry]. Moscow. 400 p. (In Russian)
23. *Markert B.* 1992. Presence and significance of naturally occurring chemical elements of the periodic system in the plant organism and consequences for future investigations on inorganic environmental chemistry in ecosystems. – Vegetatio. 103(1): 1–30. <https://doi.org/10.1007/BF00033413>
24. *Kabata-Pendias A.* 2011. Trace elements in soils and plants. Boca Raton, FL, USA. 505 p.
25. *Vasilevskaya V.D.* 1980. [Soil formation in the tundras of Central Siberia]. Moscow. 235 p. (In Russian)
26. *Moskovchenko D.V.* 2013. [Ecogeochemistry of oil-producing areas of Western Siberia]. Novosibirsk. 259 p. (In Russian)
27. *Perel'man A.I., Kasimov N.S.* 1999. [Geochemistry of the landscape]. Moscow. 764 p. (In Russian)
28. *Glazovskaya M.A.* 1988. [Geochemistry of natural and technogenic landscapes of the USSR]. Moscow. 328 p. (In Russian)
29. *El'kina G.Ya., Deneva S.V., Lapteva E.M.* 2019. Heavy metals in the soil-plant system in biogeocenoses of the Bolshezemelskaya Tundra. – Theoretical and applied ecology. 3: 41–47. <https://doi.org/10.25750/1995-4301-2019-3-041-047> (In Russian)
30. *Syso A.I.* 2007. [Regularities of the chemical elements distribution in parent material and soils of Western Siberia]. Novosibirsk. 276 p. (In Russian)
31. *Popova L.F., Nikitina M.V., Andreeva Yu.I., Trofimova A.N., Popov S.S.* 2019. Heavy metals in soils of Euro-Arctic territories. – ChemChemTech. 62(3): 102–107. <https://doi.org/10.6060/ivkkt201962fp.5854> (In Russian)
32. *Moskovchenko D.V.* 1995. [Biogeochemical features of the Yamal Peninsula landscapes and their optimization in the context of oil and gas production: Abstr. Dis. Doct. (Geography) Sci.]. St. Petersburg. 24 p. (In Russian)
33. *Tentyukov M.P.* 2013. Features of the distribution of chemical elements in frozen soils. – The Cryosphere of the Earth. 17(3): 100–107. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=20154227> (In Russian)
34. *Bashkin V.B.* 2017. Biogeochemical cycles in tundra ecosystems of in areas impacted by gas industry facilities. – Geochemistry International. 55(10): 946–956. <https://doi.org/10.7868/S0016752517100028>

35. *Syso A.I., Kolpashikov L.A., Ermolov Yu.V., Cherevko A.S., Siromlya T.I.* 2014. Elemental chemical composition of soils and plants of the Western Taimyr. – Contemporary Problems of Ecology. 7(6): 636–642. <https://doi.org/10.1134/S1995425514060146>
36. *Moskovchenko D.V., Moiseyeva I.N., Khozyainova N.V.* 2012. Microelement composition of plants form Urengoy tundra. – Vestnik ekologii, lesovedeniya and landshaftovedeniya. 12: 130–136. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=18050792> (In Russian)
37. *Agbalyan E.V., Zarov E.A., Filippov I.V., Pechkina Yu.A., Shinkaruk E.V., Yulbarisova K.V., Khnycheva N.A., Lapshina E.D.* 2021. Biogeochemical assessment of the main plants at the Nadym district's reindeer pastures (YamalNenets autonomous okrug). – Environmental dynamics and global climate change. 12(1): 27–41. <https://doi.org/10.17816/edgcc41876>
38. *Moskovchenko D.V., Romaneko E.A.* 2021. Trace elements of forage plants of reindeer pastures of the Yamal Peninsula. – Rastitelnye Resursy. 57(4): 370–381. <https://doi.org/10.31857/S0033994621040099> (In Russian)
39. *Pugachev A.A., Tikhmenev E.A.* 2016. Chemical compound of plants of the Arctic coast of Chukotka. – Proceedings of the Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences. 18(5(3)): 478–483. http://www.ssc.smr.ru/media/journals/izvestia/2016/2016_5_478_483.pdf (In Russian)