

Биологические ресурсы

УДК 59.009:599.742.41:59.088

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-103-111

Биохимический состав желчи и питание *Martes zibellina* на территории Якутии в зимний период

М.М. Сидоров*, Н.В. Мамаев, И.В. Слепцов, А.Н. Журавская, В.В. Михайлов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

*sidorov_michail86@mail.ru

Аннотация. Исследован состав зимнего рациона питания соболя *Martes zibellina* по содержанию желудков ($n = 390$) и проведен анализ свежемороженой желчи ($n = 80$) на содержание желчных кислот и холестерина в четырех климатических зонах Якутии. Установлено, что содержание желчных кислот, в первую очередь гликохолевой и холевой, в желчи якутских аборигенных и акклиматизированных соболей в различных климатических зонах Якутии, связано с составом рациона питания в зимний период. Чем выше доля животных кормов по сравнению с растительными, тем выше общее содержание желчных кислот в желчи *Martes zibellina*. Эту закономерность необходимо учитывать при организации биотехнологической переработки желчи соболя с получением биоактивных добавок косметологического и медицинского назначения. Содержание холестерина и желчных кислот в желчи соболей, обитающих в различных климатических зонах Якутии, в зимний период достоверно не зависит от половых различий и от климатических условий среды обитания.

Ключевые слова: соболь, желчь, зимнее питание, холестерин, желчные кислоты, холевая и гликохолевая кислоты, климатические зоны Якутии.

Благодарности. Авторы выражают благодарность инженеру-исследователю ИБПК СО РАН Никифоровой Е.Н., лаборанту Гаврильеву И.П. за составление картографических материалов, а также охотхозяйствам Республики Саха (Якутия) за предоставление материалов.

Работа выполнена в рамках государственных заданий Министерства науки и высшего образования РФ: тема № 0297-2021-0044, ЕГИСУ НИОКТР №121020500194-9 и тема № 0297-2021-0025, ЕГИСУ НИОКТР №АААА-А21-121012190035-9).

Введение

Соболь *Martes zibellina* заселяет практически все облесенные территории Якутии, включая такие природные зоны, как лесотундра и тайга (северная, средняя и горная), а в последние годы все чаще отмечаются проникновения вида в зону тундры. В пределах исследованной территории обитает и как аборигенный вид (Северо-Западная зона: Оленекский, Анабарский районы, Центральная зона: Мирнинский район), и как акклиматизированный (Северо-Восточная зона: Верхоянский, Верхнеколымский районы, Центральная зона: Вилюйский, Горный районы, и Южная зона: Усть-Майский и Алданский районы). Известно, что соболь – полифаг, потребляющий разнообразную животную и растительную пищу, но в пределах Якутии у хищника отмечено преобладание в рационе кормов животного происхождения [1–6]. На современном этапе сравнительный эколого-

географический анализ зимнего питания зверька на всей территории Якутии относительно мало изучен [5, 6].

У позвоночных состав желчных кислот (а также желчных спиртов) сильно различается: так, у рыб и амфибий преобладают желчные спирты C_{27} , у рептилий и птиц – желчные кислоты C_{27} , у млекопитающих – желчные кислоты C_{24} . Значимые различия наблюдаются между представителями разных отрядов животных, в пределах одного отряда различия в составе невелики [7].

Ранее считалось, что роль желчных кислот, составляющих примерно 70 % сухой массы желчи, заключается лишь в способствовании усвоению различных гидрофобных веществ и в катаболизме холестерина. В последние годы было показано, что они также играют ключевую роль в регулировании энергетического баланса организма, являясь важными сигнальными молеку-

лами, которые могут активировать сигнальные пути ERK (пролиферация и деление клеток), G-белок-связанные рецепторы TGR5 (активация рецепторов тиреоидных гормонов, регулирующих уровень метаболизма) и фарнезоидные ядерные рецепторы FXR (активация экспрессии множества генов, главным образом в печени, что способствует ее нормальному функционированию) [8–11].

Особенности химического состава желчи диких плотоядных животных мало изучены, и предполагается, что концентрации желчных кислот, холестерина и других компонентов в большей степени зависят от мест обитания и условий питания [12].

Материалы и методы исследования

Сбор тушек соболей производился у охотников-промысловиков с 2013 по 2020 г. из восьми административных районов республики (Верхне-колымский улус – 34; Верхоянский улус – 28; Оленекский улус – 18; Мирнинский улус – 35; Вилуйский улус – 11; Горный улус – 24; Усть-Майский улус – 83; Алданский улус – 157), добытых в разрешенный охотничий сезон охоты на соболя – в зимний период с ноября по март. Состав зимних кормов анализировали по содержанию желудков, взятых из замороженных тушек ($n = 390$), в последующем объединенных по природным областям и зонам (рис. 1), которые приводятся по степени доминирования типа растительности [13, 14]. Практически все соболи пойманы капканным способом, поэтому в среднем 75 % желудков оказались пустыми. Среди выявленных кормов мышевидные грызуны указаны без разделения на виды.

Для анализа на содержание желчных кислот и холестерина 100 мкл свежемороженой желчи экстрагировали в 1 мл метанола. Экстракт подвергался выпариванию при 40 °C с помощью лабораторного ротационного испарителя Heidolph Nei-VAP Value (Германия), после чего сухой остаток был растворен в 50 мкл пиридина. С целью повышения летучести экстрагированных веществ была проведена их TMS-derivatизация с получением триметилсилильных эфиров с помощью добавления 50 мкл N,O-бис-(триметилсилил)-трифторацетамида (BSTFA). Условия derivatизации были следующими: нагревание до 100 °C в течение 15 мин. Анализ проводился методом газовой хроматографии-масс-спектрометрии (ГХ–МС) с использованием хроматографа «Маэстро» (Рос-

сия), оснащенным квадрупольным масс-спектрометром Agilent 5975C (США) и капиллярной колонкой для газовой хроматографии HP-5MS длиной 30 м, внешним диаметром 0,25 мм и толщиной пористого слоя (5%-фенил)-метилполисилоксана 0,25 мкм. Условия проведения газовой хроматографии были выбраны следующие: 5 мин. выдерживание температуры 200 °C, далее осуществлялся подъем температуры до 250 °C со скоростью 6 °C/мин., затем температура поднималась до 300 °C со скоростью 3 °C/мин., и в конце проводилось выдерживание в течение 5 мин. при 300 °C. Скорость потока через колонку гелия, выступающего газом-носителем, составляла 1 мл/мин. Обработка данных осуществлялась с помощью программного обеспечения Agilent ChemStation. Для количественной интерпретации хроматографической информации, контроля разбавлений и снижения влияния прочих факторов, вносящих случайную ошибку в результаты определений, к каждой пробе добавлялось известное количество внутреннего стандарта, в качестве которого был выбран раствор, приготовленный из стандарта бетулина $C_{30}H_{50}O_2$.

Обработка и интерпретация масс-спектрометрической информации проводилась с использованием стандартной библиотеки NIST 2017. Полученные результаты представлены в виде среднего арифметического и стандартного отклонения ($M \pm SD$). Сравнение средних значений выборок проводилось методом ANOVA. Значимость отличий от контроля определялась с использованием критерия Ньюмена–Кейлса для множественных сравнений при уровне вероятности $p < 0,05$. Расчет проводился с помощью пакета AnalystSoft, StatPlus – программа статистического анализа, Vol.2007.

Результаты и обсуждение

Во всех природных зонах, кроме средней равнинной тайги Центральной зоны Якутии, в зимнем питании соболя преобладает животная пища (мышевидные грызуны, птицы и др.).

Южная Якутия. Природная зона представлена горными лиственничными и сосново-лиственничными лесами, горными тундрами, гольцами и подгольцовыми зарослями кустарников и горными лиственничными и подгольцовыми редколесьями (см. рис. 1). По нашим данным, в регионе отмечается наиболее разнообразный рацион питания соболей ($n = 240$, рис. 2), основу которого составляют мышевидные грызуны

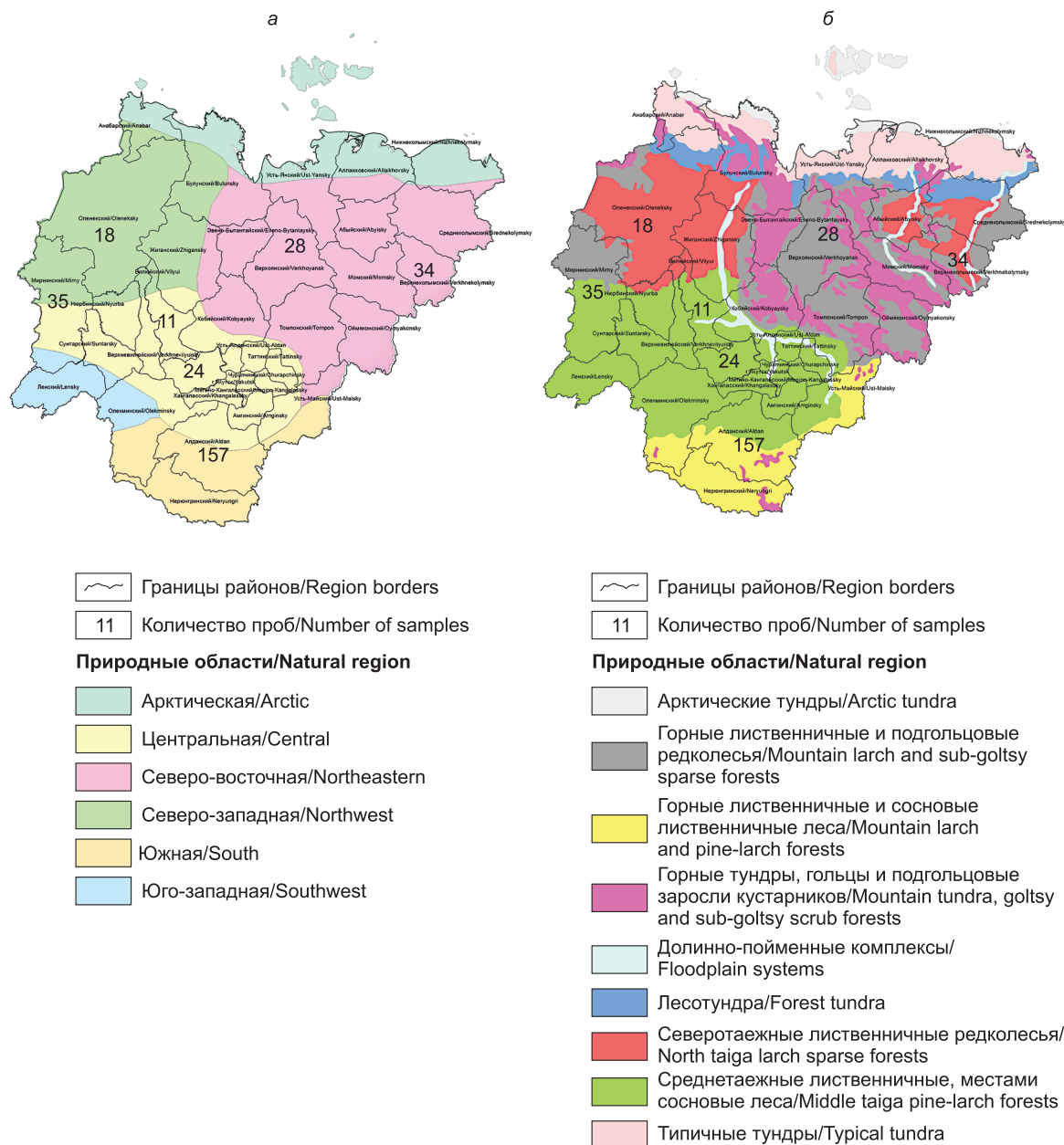


Рис. 1. Карта деления Якутии на природные области (а) и зоны (б).

Fig. 1. Map of natural areas (a) and zones (b) in Yakutia.

(в среднем 23,8 %). К дополнительным кормам относятся ягоды голубики – 4,2 %, птицы – 1,3, ягоды боярышника – 0,4 и корма животного происхождения – 1,3 %.

Возможно, по птицам и кормам животного происхождения доля может быть завышена, так как соболь мог поедать их в виде приманки, это касается и рыбы. По данным Захарова Е.С. и др., в Южной Якутии заметное место в питании соболя занимают птицы и отношение корма животного происхождения к растительному состав-

ляет 15,1:1 [6]. По нашим данным, отношение животных кормов к растительным в 2013–2020 гг. составило 5,9:1,0 (см. рис. 2).

Центральная Якутия. Природная зона представлена среднетаежными лиственничными, местами сосновыми лесами (см. рис.1). Доля растительного корма самая высокая (30,7 %), его основа – ягоды голубики. Мышевидные грызуны составляют 17,9 % рациона соболя ($n = 140$) и 1,4 % — корма животного происхождения (см. рис. 2). Отношение животных кормов к расти-

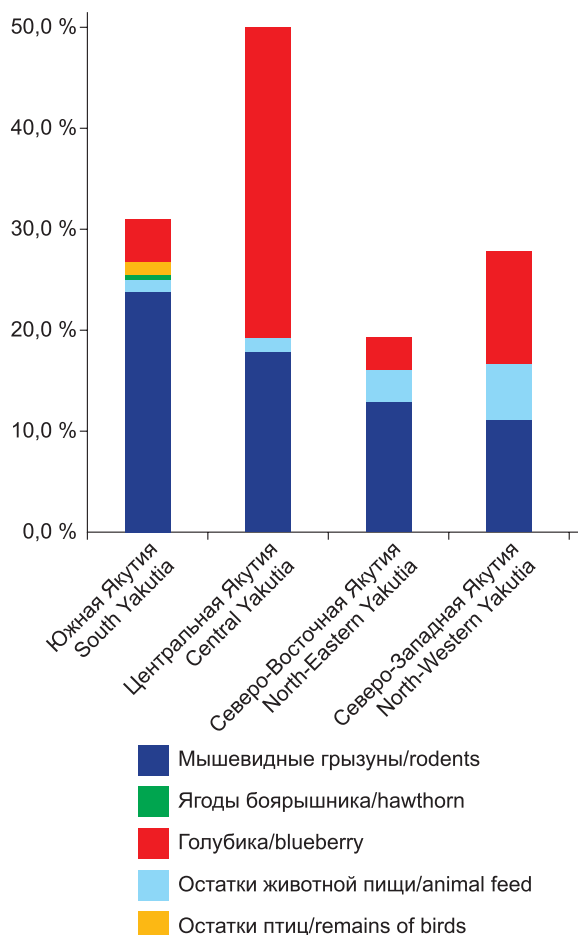


Рис. 2. Зимний рацион соболя в Якутии по содержанию желудка (наши данные, $n = 390$).

Fig. 2. Winter diet of sable in Yakutia as per stomach contents (our data, $n = 390$).

тельным в 2013–2020 гг., по нашим данным, составило 0,6:1,0 (см. рис. 2).

По материалам Захарова Е.С. с соавторами, в рационе соболя в Центральной Якутии отношение корма животного происхождения к растительному составляло 21,5:1. Из мышевидных грызунов преобладала красная полевка (40,9–78,6 %) [6]. Красная полевка составляет основу рациона зимнего питания соболя (до 73,3 %) и в Мирнинском районе Западной Якутии. Также следует отметить, что Западной Якутии отмечается самое высокое потребление птиц соболями [6].

Северо-Западная Якутия. Растительность в основном представлена северотаяжными лиственничными редколесьями, также имеются горные лиственничные и подгольцовые редколесья и горные тундры, гольцы и подгольцовые заросли кустарников (см. рис. 1). По литературным данным [1, 6], основу рациона соболя в разные

годы составляют красная полевка и/или полевка-экономка. Растительные корма обнаруживали в желудках очень редко, в основном ягоды голубики [6]. По нашим данным, основу зимнего рациона соболя ($n = 18$) в период проведенных исследований также составляли мышевидные грызуны (11,1 %) и ягоды голубики (11,1 %), также отмечали наличие корма животного происхождения (см. рис. 2). Таким образом, по нашим данным, отношение животных кормов к растительным в 2013–2020 гг. составило 1,6:1,0 (см. рис. 2).

Северо-Восточная Якутия. Преобладают горные лиственничные и подгольцовые редколесья, горные тундры, гольцы и подгольцовые заросли кустарников, а в Верхнеколымском районе – северотаяжные лиственничные редколесья (см. рис. 1). По нашим данным, основу зимнего рациона составляют мышевидные грызуны (12,9 %), к дополнительным кормам относятся ягоды голубики и корма животного происхождения (3,2 %) ($n = 62$; см. рис. 2). Так что отношение животных кормов к растительным в 2013–2020 гг., по нашим данным, составило 5,3:1,0 (см. рис. 2). Вместе с тем, по литературным данным, в Северо-Восточной зоне доля растительного корма самая высокая, в отдельные годы соболев может поедать здесь растительные корма на уровне основных кормов. Основу кормов из растительной части составляют – ягоды голубики, брусники и орехи кедрового стланика [5]. Также в заметном количестве соболев поедает насекомых, лесного лемминга и северную пищу, чаще, чем в других зонах, – зайца-беляка. Соотношение животных и растительных кормов составляло 22,0:1. По потреблению растительной и смешанной пищи данная зона сходна с Южно-Якутской [4, 6].

Известно, что основными желчными кислотами, участвующими в липидном обмене у животных, являются холевая, гликохолевая и таурохолевая кислоты [16]. Показано, что статистически достоверные отличия в составе желчных кислот в желчи *Martes zibellina* в различных природных зонах Якутии наблюдаются, в первую очередь, по содержанию гликохолевой и холевой кислот (табл. 1), что, по-видимому, обусловлено их значительной ролью в кишечно-печеночной циркуляции желчных кислот. Содержание холевой кислоты в желчи *Martes zibellina*, обитающих в Центральной Якутии, статистически достоверно ниже, чем в желчи соболей, обитающих в дру-

Таблица 1

Содержание холестерина и желчных кислот в желчи *Martes zibellina* на территории Якутии

Table 1

The content of cholesterol and bile acids in the bile of *Martes zibellina* in Yakutia

Содержание, мг/мл _{желчи} Content, mg/ml _{bile}	Северо-Восточная Якутия North-Eastern Yakutia	Северо-Западная Якутия North-Western Yakutia	Центральная Якутия Central Yakutia	Южная Якутия South Yakutia
Холестерин (tr=22,0 мин.) Cholesterol (tr = 22.0 min.)	1,17±0,16 ^a	0,92±0,21 ^a	0,92±0,21 ^a	0,89±0,28 ^a
Гликохолевая кислота (tr=23,7 мин.) Glycocholic acid (tr = 23.7 min.)	1,66±0,22 ^{a,b}	1,60±0,28 ^{a,b}	1,35±0,23 ^a	1,91±0,34 ^b
Холевая кислота (tr=25,1 мин.) Cholic acid (tr = 25.1 min.)	2,02±0,29 ^a	1,83±0,18 ^a	1,21±0,21 ^b	2,02±0,41 ^a
Н/и желчная кислота (tr=26,3 мин.) * N/a bile acid (tr = 26.3 min.)	0,89±0,12 ^a	0,85±0,17 ^a	0,67±0,12 ^a	0,84±0,21 ^a
Н/и желчная кислота (tr=26,7 мин.) * N/a bile acid (tr = 26.7 min.)	0,31±0,06 ^a	0,30±0,08 ^a	0,18±0,03 ^a	0,26±0,08 ^a
Н/и желчная кислота (tr=27,9 мин.) * N/a bile acid (tr = 27.9 min.)	0,37±0,06 ^a	0,36±0,05 ^a	0,26±0,04 ^a	0,37±0,06 ^a
Сумма желчных кислот The amount of bile acids	5,18±0,75	4,94±0,76	3,88±0,63	5,59±1,1
Жив.корма/растит.корма (по рис.2) Animal feed / vegetable feed (according to Fig. 2)	5,3:1,0	1,6:1,0	0,6:1,0	5,9:1,0

Примечание. Здесь и в табл. 2 значения представлены в виде среднего ± стандартное отклонение (M±σ). За 1 мг принят 1 мг TMS-производных идентифицированных соединений. * – стереоизомер метилгликохолевой кислоты (NIST). Средние значения с одинаковыми буквенными надстрочными индексами внутри строки статистически неразличимы при $p \leq 0,05$ по критерию Ньюмена–Кейлса, $n = 20$.

Note. Here and in the Table 2 the values are presented as mean ± standard deviation (M ± σ). 1 mg of TMS-derivatives is considered as 1 mg of the identified compounds. * – stereoisomer of Methylglycocholic Acid (NIST). The mean values with the same letter superscripts inside the column are not statistically indistinguishable at $p \leq 0.05$, according to the Newman–Keuls test, $n = 20$.

гих климатических зонах Якутии. По-видимому, это обусловлено тем, что именно в Центральной Якутии в рационе *M. zibellina* преобладает пища растительного происхождения (см. табл. 1). Холевая кислота способствует этерификации пальмитиновой кислоты в значительно меньшей степени в сравнении с гликохолевой и таурохолевой кислотами [17]. Максимальные содержания гликохолевой кислоты и общее содержание желчных кислот было отмечено в желчи соболей, обитающих в Южной Якутии, что коррелирует с максимальным отношением животных к растительным кормам в рационе соболей (см. табл. 1).

Содержание холестерина в желчи *Martes zibellina*, обитающих в различных климатических зонах Якутии, достоверно не различается

(см. табл. 1). Не выявлено также статистически значимых половых различий по содержанию холестерина и желчных кислот (табл. 2). Также не обнаружена прямая корреляция между содержанием холестерина и желчных кислот со средней температурой в зимний период.

Таким образом, вследствие различий (преобладания животных кормов над растительными) в зимнем рационе питания *Martes zibellina*, обитающего в различных климатических зонах Якутии, в желчи соболя из Южной Якутии наблюдается максимальное содержание желчных кислот. Северо-Восточную и Северо-Западную зоны Якутии можно определить как переходные в отношении содержания желчных кислот в желчи соболя. В Центральной Якутии, в результате преобладания растительных кормов над животными в зим-

Половые различия по содержанию холестерина и желчных кислот в желчи *Martes zibellina* на территории Якутии

Table 2

Sex differences in the content of cholesterol and bile acids in the bile of *Martes zibellina* in Yakutia

Содержание, мг/мл _{желчи} Content, mg/ml _{bile}	Пол/Sex	Северо-Восточная Якутия North-Eastern Yakutia	Северо-Западная Якутия North-Western Yakutia	Центральная Якутия Central Yakutia	Южная Якутия South Yakutia
Холестерин (tr=22,0 мин.) Cholesterol (tr = 22.0 min.)	Ж/Ф	1,17±0,18	1,14±0,11	0,85±0,08	1,01±0,13
	М/М	1,17±0,12	0,84±0,17	0,98±0,13	0,80±0,15
Гликохолевая кислота (tr=23,7 мин.) Glycocholic acid (tr = 23.7 min.)	Ж/Ф	1,71±0,24	1,47±0,08	1,25±0,16	1,75±0,12
	М/М	1,63±0,21	1,66±0,22	1,43±0,11	2,02±0,18
Холевая кислота (tr=25,1 мин.) Cholic acid (tr = 25.1 min.)	Ж/Ф	2,07±0,15	1,73±0,19	1,09±0,13	1,72±0,25
	М/М	1,98±0,19	1,89±0,17	1,30±0,14	2,24±0,35
Н/и желчная кислота (tr=26,3 мин.)* N/a bile acid (tr = 26.3 min.)	Ж/Ф	0,86±0,12	0,71±0,07	0,65±0,12	0,92±0,14
	М/М	0,91±0,15	0,92±0,17	0,68±0,09	0,77±0,15
Н/и желчная кислота (tr=26,7 мин.)* N/a bile acid (tr = 26.7 min.)	Ж/Ф	0,36±0,06	0,25±0,03	0,18±0,04	0,30±0,03
	М/М	0,28±0,04	0,31±0,04	0,19±0,02	0,22±0,02
Н/и желчная кислота (tr=27,9 мин.)* N/a bile acid (tr = 27.9 min.)	Ж/Ф	0,36±0,05	0,34±0,05	0,24±0,04	0,42±0,03
	М/М	0,38±0,06	0,36±0,04	0,28±0,03	0,34±0,04

нем рационе питания соболя, содержание желчных кислот в желчи минимально.

Выводы

1. Содержание желчных кислот, в первую очередь гликохолевой и холевой, в желчи якутских аборигенных и акклиматизированных соболей в различных климатических зонах Якутии связано с составом рациона питания в зимний период. Чем выше доля животных кормов по сравнению с растительными, тем выше общее содержание желчных кислот в желчи *Martes zibellina*. Эту закономерность необходимо учитывать при организации биотехнологической переработки желчи соболя с получением биоактивных добавок косметологического и медицинского назначения.

2. Содержание холестерина и желчных кислот в желчи соболей, обитающих в различных климатических зонах Якутии, в зимний период достоверно не зависит от половых различий и от климатических условий среды обитания.

Литература

1. Тавровский В.А., Шитарев И.С. Материалы по питанию соболя Северо-Западной Якутии // Зоологический журнал. 1957. Т. 36, вып. 4. С. 608–616.
2. Мельчинов М.С. Материалы по экологии соболя в районе Алдано-Учурского хребта // Науч. сообщ. ЯФ СО АН СССР. 1962. Вып. 1. С. 87–92.

3. Мордосов И.И. Млекопитающие таежной части Западной Якутии. Якутск, 1997. 220 с.

4. Сафронов В.М., Аникин Р.К. Экология соболя, *Martes zibellina* (Carnivora, Mustelidae), в Северо-Восточной Якутии // Зоологический журнал. 2000. Т. 79, № 4. С. 471–479.

5. Чепрасов М.Ю., Мордосов И.И. Материалы по питанию соболя в бассейне среднего течения р. Колымы // Вестник СВФУ. 2011. Т. 8, № 2. С. 36.

6. Захаров Е.С., Сафронов В.М., Павлова А.И. Зимнее питание соболя (*Martes zibellina* L.) в Якутии // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30, № 11. С. 82–87.

7. Hofmann A.F., Hagey L.R., Krasowski M.D. Bile salts of vertebrates: structural variation and possible evolutionary significance // Journal of Lipid Research. Vol. 51. P. 226–246. <https://doi.org/10.1194/jlr.R000042>.

8. Watanabe M., Houten S.M., Matak C., et al. Bile acids induce energy expenditure by promoting intracellular thyroid hormone activation // Nature. 2006. Vol. 439. P. 484–489. <https://doi.org/10.1038/nature04330>.

9. Keitel V., Kubitz R., Häussinger D. Endocrine and paracrine role of bile acids // WJG. 2008. Vol. 14. P. 5620. <https://doi.org/10.3748/wjg.14.5620>.

10. Bunnett N.W. Neuro-humoral signalling by bile acids and the TGR5 receptor in the gastrointestinal tract: Bile acid receptors // J. Physiol. 2014. Vol. 592. P. 2943–2950. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.271155>.

11. Ma H., Patti M.E. Bile acids, obesity, and the metabolic syndrome. Best Practice & Research Clinical Gas-

troenterology. 2014. Vol. 28. P. 573–583. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.004>.

12. Беглецов О.А., Кайзер А.А. Биохимические характеристики желчи некоторых видов диких плотоядных животных // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2008. № 3. С. 73–77. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000709111>

13. Млекопитающие Якутии / Под ред. В.А. Тавровского. М.: Наука, 1971. 660 с.

14. Атлас сельского хозяйства Якутской АССР. М.: ГУК, 1989. 115 с.

15. Сафронов В.М., Николаев А.Н., Однокурцев В.А. Очерк зимней экологии соболя (*Martes zibellina* L.) в

западном Предверхоянье // Фауна и экология млекопитающих Якутии: сб. научных трудов. Якутск: ЯФ СО АН СССР, 1985. С. 24–55.

16. Entemnan C., Holloway R.J., Albright M.L., Leong G.F. Bile acids and lipid metabolism. I. Stimulation of bile lipid excretion by various bile acids // Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 1968. Т. 127, No. 4. С. 1003–1006.

17. Dawson A.M., Isselbacher K.J. Studies on lipid metabolism in the small intestine with observations on the role of bile salts // The Journal of clinical investigation. 1960. Vol. 39, No. 5. P. 730–740. <https://doi.org/10.1172/JCI104090>.

Поступила в редакцию 01.08.2021

Принята к публикации 17.10.2021

Об авторах

СИДОРОВ Михаил Михайлович, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны, СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-0333-261X>, e-mail: sidorov_michail86@mail.ru;

МАМАЕВ Николай Викторович, младший научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны, СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия, <https://orcid.org/0000-0001-5168-4113>, e-mail: mamaev_88@bk.ru;

СЛЕПЦОВ Игорь Витальевич, кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны, СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия, <http://orcid.org/0000-0002-5980-579X>, e-mail: neroxasg@mail.ru;

ЖУРАВСКАЯ Алла Николаевна, доктор биологических наук, профессор, главный научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны, СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия, <https://orcid.org/0000-0002-7570-2328>, e-mail: jan43@mail.ru;

МИХАЙЛОВ Владислав Васильевич, лаборант, Институт биологических проблем криолитозоны, СО РАН, 677980, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия, <https://orcid.org/0000-0003-4498-7743>, e-mail: nethrezim@mail.ru.

Информация для цитирования

Сидоров М.М., Мамаев Н.В., Слепцов И.В., Журавская А.Н., Михайлов В.В. Биохимический состав желчи и питание *Martes zibellina* в зимний период на территории Якутии // Природные ресурсы Арктики и Субарктики. 2021, Т. 26, № 4. С. 103–111. <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-103-111>

DOI 10.31242/2618-9712-2021-26-4-103-111

Biochemical composition of bile and nutrition of *Martes zibellina* in the wintertime in Yakutia

M.M. Sidorov*, N.V. Mamaev, I.V. Sleptsov, A.N. Zhuravskaya, V.V. Mikhailov

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk, Russia

*sidorov_michail86@mail.ru

Abstract. The composition of the winter diet of *Martes zibellina* sable was studied on the basis of its stomach contents ($n = 390$). The content of bile acids, primarily glycocholic and cholic acids, was associ-

ated with the composition of the diet in wintertime for both local and acclimatized sables in different climatic zones of Yakutia. A high proportion of prey feed in comparison to plant feed resulted in the high total content of bile acids, and vice versa, in the bile of *Martes zibellina*. This pattern should be taken into consideration when organizing biotechnological processing of sable bile in order to obtain bioactive additives for cosmetic and medical purposes. Sex differences and climatic conditions of habitat did not have a significant impact on the content of cholesterol and bile acids in the bile of sables in the wintertime.

Keywords: sable, bile, winter nutrition, cholesterol, bile acids, cholic and glycocholic acids, climatic zones of Yakutia.

Acknowledgements. The authors are grateful to E.N. Nikiforova, the engineer-researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone, SB RAS for the cartographic material as well as hunting farms of the Republic of Sakha (Yakutia) for the materials.

The research was carried out within the State assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation (project No. 0297-2021-0044, reg. No. 121020500194-9, and No. 0297-2021-0025, reg. No. AAAA-A21-121012190035-9).

References

1. Tavrovskij V.A., Shitarev I.S. Materialy po pitaniyu sobolja Severo-Zapadnoj Jakutii // Zoologicheskij zhurnal. 1957. Vol. 36, Iss. 4. P. 608–616.
2. Mel'chinov M.S. Materialy po jekologii sobolja v rajone Aldano-Uchurskogo hrebta // Nauch. soobshh. JaF SO AN SSSR, 1962. Iss. 1. P. 87–92.
3. Mordosov I.I. Mlekopitajushhie taezhnoj chasti Zapadnoj Jakutii. Jakutsk, 1997. 220 p.
4. Safronov V.M., Anikin R.K. Jekologija sobolja, *Martes zibellina* (Carnivora, Mustelidae), v Severo-Vostochnoj Jakutii // Zoologicheskij zhurnal. 2000. Vol. 79, No. 4. P. 471–479.
5. Cheprasov M.Ju., Mordosov I.I. Materialy po pitaniyu sobolja v bassejne srednego techenija r. Kolyma // Vestnik SVFU. 2011. Vol. 8, No. 2. P. 36.
6. Zaharov E.S., Safronov V.M., Pavlova A.I. Zimnee pitanie sobolja (*Martes zibellina* L.) v Jakutii // Dostizhenija nauki i tehniki APK. 2016. Vol. 30, No. 11. P. 82–87.
7. Hofmann A.F., Hagey L.R., Krasowski M.D. Bile salts of vertebrates: structural variation and possible evolutionary significance // Journal of Lipid Research. Vol. 51. P. 226–246. <https://doi.org/10.1194/jlr.R000042>.
8. Watanabe M., Houten S.M., Matak C., et al. Bile acids induce energy expenditure by promoting intracellular thyroid hormone activation // Nature. 2006. Vol. 439. P. 484–489. <https://doi.org/10.1038/nature04330>.
9. Keitel V., Kubitz R., Häussinger D. Endocrine and paracrine role of bile acids // WJG. 2008. Vol. 14. P. 5620. <https://doi.org/10.3748/wjg.14.5620>.
10. Bunnett N.W. Neuro-humoral signalling by bile acids and the TGR5 receptor in the gastrointestinal tract: Bile acid receptors // J. Physiol. 2014. Vol. 592. P. 2943–2950. <https://doi.org/10.1113/jphysiol.2014.271155>.
11. Ma H., Patti M.E. Bile acids, obesity, and the metabolic syndrome. Best Practice & Research Clinical Gastroenterology. 2014. Vol. 28. P. 573–583. <https://doi.org/10.1016/j.bpg.2014.07.004>.
12. Beglecov O.A., Kajzer A.A. Biohimicheskie harakteristiki zhelchi nekotoryh vidov dikih plotojadnyh zhivotnyh // Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologija. 2008. No. 3. P. 73–77. URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000709111>.
13. Mlekopitajushhie Jakutii / Pod red. V.A. Tavrovskogo. M.: Nauka, 1971. 660 p.
14. Atlas sel'skogo hozjajstva Jakutskoj ASSR. M.: GUK, 1989. 115 p.
15. Safronov V.M., Nikolaev A.N., Odnokurcev V.A. Oчерк zimnej jekologii sobolja (*Martes zibellina* L.) v zapadnom Predverhojan'e // Fauna i jekologija mlekopitajushhih Jakutii: sb. nauchnyh trudov. Jakutsk: JaF SO AN SSSR, 1985. P. 24–55.
16. Entemnan C., Holloway R.J., Albright M.L., Leong G.F. Bile acids and lipid metabolism. I. Stimulation of bile lipid excretion by various bile acids // Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine. 1968. Vol. 127, No. 4. C. 1003–1006.
17. Dawson A.M., Isselbacher K.J. Studies on lipid metabolism in the small intestine with observations on the role of bile salts // The Journal of clinical investigation. 1960. Vol. 39, No. 5. P. 730–740. <https://doi.org/10.1172/JCI104090>.

About the authors

SIDOROV, Mikhail Mikhailovich, Cand. Sci. (Biology), researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia; <https://orcid.org/0000-0003-0333-261X>, e-mail: sidorov_michail86@mail.ru;

MAMAEV, Nikolai Viktorovich, junior researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia;

<https://orcid.org/0000-0001-5168-4113>, e-mail: mamaev_88@bk.ru;

SLEPTSOV, Igor Vitalievich, Cand. Sci. (Biology), researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia;

<http://orcid.org/0000-0002-5980-579X>, e-mail: neroxasg@mail.ru;

ZHURAVSKAYA, Alla Nikolaevna, Dr. Sci. (Biology), professor, chief researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia;

<https://orcid.org/0000-0002-7570-2328>, e-mail: jan43@mail.ru;

MIKHAILOV, Vladislav Vasilievich, assistant, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677980, Russia;

<https://orcid.org/0000-0003-4498-7743>, e-mail: nethrezim@mail.ru.

Citation

Sidorov M.M., Mamaev N.V., Sleptsov I.V., Zhuravskaya A.N., Mikhailov V.V. Biochemical composition of bile and nutrition of *Martes zibellina* in the wintertime in Yakutia // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021, Vol. 26, No. 4. P. 103–111. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-4-103-111>