

ВЛИЯНИЕ ГИБЕРНАЦИИ НА МЕТАБОЛИЗМ ЛИПИДОВ НЕОКОРТЕКСА ЯКУТСКОГО СУСЛИКА *Spermophilus undulatus*

© 2021 г. Л.Н. Маркевич, О.В. Быкова, А.А. Лахина, И.К. Коломийцева

Институт биофизики клетки РАН – обособленное подразделение ФИЦ «Пушкинский научный центр биологических исследований РАН», 142290, Пушкино Московской области, ул. Институтская, 3

E-mail: lnmarkevich@mail.ru

Поступила в редакцию 07.07.2020 г.

После доработки 09.11.2020 г.

Принята к публикации 18.07.2021 г.

Показано влияние гибернации на количество индивидуальных фосфолипидов и нейтральных липидов, а также состояний оцепенения (спящие суслики) и выхода из него (зимние активные суслики) на синтез липидов в ткани неокортекса. Обнаружено снижение количества жирных кислот и диглицеридов в неокортексе активных сусликов по сравнению с летними. Включение метки в ткань и липиды неокортекса у пробудившихся сусликов было уменьшено на 25%, что объясняется снижением концентрации ^{14}C -ацетата за счет использования ацетата в процессе дыхания у пробудившихся сусликов. Липиды неокортекса суслика *Spermophilus undulatus* принимают участие в адаптации к гипобиозу путем роста количества общей фракции фосфолипидов и модификации фосфолипидного состава с увеличением долей фосфатидилхолина, фосфатидилинозитола и фосфатидилсерина.

Ключевые слова: якутский суслик *Spermophilus undulatus*, гибернация, неокортекс, липиды.

DOI: 10.31857/S000630292105015X

Некоторые виды млекопитающих переживают неблагоприятные условия окружающей среды (холод, отсутствие пищи) впадением в естественное гипометаболическое состояние – естественный гипобиоз (зимнюю спячку) – в форме баута гибернации с последующим самостоятельным восстановлением жизнедеятельности [1]. Гибернация – зимняя спячка млекопитающих – рассматривается как фенотипическая адаптация метаболизма к низким температурам, за счет которой происходит существование при резком снижении обмена веществом и энергией с окружающей средой [2]. Зимней спячке предшествует перестройка энергетического метаболизма, важным звеном которой является переход на использование липидов взамен углеводов в качестве энергетического субстрата, в основном свободных жирных кислот и их метаболитов, образующихся за счет липолиза триглицеридов [3]. Важным адаптационным приспособлением у зимоспящих животных служит развивающаяся в прегибернационном периоде гиперфагия, приводящая к накоплению запасов жирных кислот в виде триглицеридов в жировых депо – в белом и

буром жире; жирные кислоты и моноглицериды освобождаются из триглицеридов под действием активированных липаз [4]. Головной мозг – главный регулирующий орган гибернации у зимоспящих млекопитающих, и переход к гибернации контролируется центральной нервной системой с включением эндокринных систем и внутриклеточной регуляции [5, 6]. Кора головного мозга млекопитающих обладает собственными системами синтеза основных липидов и в то же время снабжается липидами плазмы крови, которая является источником питательных веществ для клеток всех органов и тканей [7, 8]. У якутского суслика *Spermophilus undulates* в гибернационный период, состоящий из чередования длительного сна (баут спячки) и короткого пребывания в активном состоянии (интербаут), во время сна интенсивность потребления кислорода снижается почти в 100 раз, а температура тела падает до -2°C , возвращаясь к 37°C при пробуждении [9]. Показано, что фенотипическая адаптация млекопитающих к экстремальным условиям среды обитания проявляется в специфических изменениях липидного обмена [10, 11]. Определены глубокие изменения липидов в органеллах клеток печени при гибернации якутского суслика *S. undulates* [12].

Сокращения: ФХ – фосфатидилхолин, ФС – фосфатидилсерин, ФИ – фосфатидилинозитол, МГ – моноглицериды, ОФФЛ – общая фракция фосфолипидов, ОФЛ – общая фракция липидов.

Сведения о влиянии гибернации на метаболизм липидов мозга млекопитающих немногочисленны. Показано, что в неокортексе суслика *S. undulatus* состояние оцепенения (спячка) сопровождалось падением количества холестерина в гомогенате ткани и в микросомальной фракции неокортекса; отмечалось повышенное количество фосфатидилхолина у гибернирующих животных и высокий уровень сфингомиелина — у летних [13]. Отсутствуют сведения о влиянии гибернации на ферменты синтеза жирных кислот и холестерина, а также ацилирование фосфолипидов и глицеридов в нервной ткани. Представляет интерес исследование синтеза липидов неокортекса гибернирующих животных, способных переносить высокие концентрации жирных кислот в крови в течение почти полугодового периода зимней спячки [14]. Ацетил-КоА используется для синтеза холестерина и жирных кислот, и экзогенный ацетат является прямым предшественником синтеза этих липидов. При исследовании включения меченого по ^{14}C ацетата в липиды гомогената неокортекса можно получить данные о влиянии состояний оцепенения и выхода из него животных в ходе гибернации на активность лимитирующих ферментов синтеза холестерина — оксиметилглутарил-КоА-редуктазы, а также синтеза жирных кислот и ацилтрансфераз.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Половозрелых длиннохвостных сусликов *Spermophilus undulatus* массой 400–800 г отлавливали летом в районе г. Якутска. Условия отлова, содержания и мониторинг состояния сусликов описаны ранее [13, 15]. Эксперименты проводили с двумя группами зимних сусликов: первая группа — зимние спящие, находящиеся в состоянии спячки (оцепенения, декабрь–февраль), которых декапитировали в середине гибернационного баута при температуре тела от 1 до 7°C (средняя температура тела 4.2°C), вторая группа — активные животные (зимние суслики после выхода из оцепенения). Активных животных использовали между баутами спячки, их забивали через 4 ч после пробуждения при температуре тела 37°C. Третью группу составляли летние суслики, взятые в июне–июле и находящиеся в состоянии нормотермии. Сусликов декапитировали согласно принятым в Учреждении РАН Институте биофизики клетка РАН правилам [16].

Кору больших полушарий головного мозга суслика *S. undulatus* быстро извлекали, взвешивали и гомогенизировали в 10 объемах среды инкубации, содержащей 0.32 М сахарозы, 0.01 М трис-НСl, 1 мМ MgCl₂, 1 мМ ЭДТА, рН 7.4, все операции проводили при 4°C. Аликвоты гомогената отбирали на определение количества белка, экс-

тракцию и хроматографию липидов, а также на определение содержания нейтральных липидов и фосфолипидов до инкубирования. Радиоактивный предшественник синтеза липидов ткани ^{14}C -ацетат натрия с удельной активностью 1.8 ГБк/моль добавляли в гомогенат в концентрации 0.74 МБк/мл и инкубировали при 37°C в течение 30 мин, периодически осторожно встряхивая. После отмывания гомогената от невключенной радиоактивной метки немеченым ацетатом натрия определяли динамику ее включения в жирнокислотные цепи различных классов липидов за время инкубации. Все процедуры по экстракции липидов, тонкослойной хроматографии нейтральных липидов и фосфолипидов, определению количества белка и липидов до включения ^{14}C -ацетата в гомогенат неокортекса и после инкубации проводили по ранее описанным методам [17, 18]. Индивидуальные липиды после элюирования с силикагельных хроматограмм перерастворяли в определенном объеме хлороформа–метанола. Часть липидного экстракта использовали для определения количества липидов, отбирали аликвоты для измерения общей и удельной радиоактивности. Подсчет радиоактивности выполняли на сцинтиляционном счетчике SL-30 (Intertechnique, Франция). Общую радиоактивность рассчитывали в имп/мин на 1 мг белка, удельную радиоактивность — в имп/мин на 1 мкг липида. Достоверность различий оценивали с помощью однофакторного дисперсионного анализа ANOVA (Tukey Test). Приведены средние значения \pm стандартная ошибка.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Влияние состояний оцепенения и активности гибернирующих якутских сусликов *Spermophilus undulatus* на содержание фосфолипидов и нейтральных липидов в ткани неокортекса по сравнению с количеством у летних животных представлено в табл. 1. При сравнении данных результатов с полученными ранее [13, 19] отмечаются незначительные отличия по количеству общих и индивидуальных фосфолипидов в неокортексе зимних сусликов по сравнению с летними. По нашим данным, в зимний период у спящих и активных сусликов по сравнению с летними гибернация сопровождается ростом содержания фосфолипидов в общей фракции (ОФФЛ) в 1.3 раза, фосфатидилхолина (ФХ) — в два раза, фосфатидилсерина (ФС) — в полтора раза, фосфатидинозитола (ФИ) — в полтора-два раза. Содержание фосфатидилэтаноламина, сфингомиелина и кардиолипина в ткани неокортекса у гибернирующих сусликов не изменяется по сравнению с летними животными. Количество лизофосфатидилхолина снижено у спящих и активных сусликов по отношению к летним на 40 и 50% соответ-

Таблица 1. Количество липидов в неокортексе якутских сусликов *S. undulatus* в летний и зимний периоды

Липиды	Летние суслики, температура тела 37°C	Зимние суслики	
		Спящие, температура тела 4°C	Активные, температура тела 37°C
Общие фосфолипиды	417.2 ± 18.2	550.3 ± 37.0*	462.3 ± 25.0
Сфингомиелин	56.4 ± 7.1	45.8 ± 7.0	43.4 ± 6.1
Фосфатидилхолин	100.8 ± 14.2	217.1 ± 15.5*	187.5 ± 8.3*
Фосфатидилсерин	53.6 ± 3.1	86.8 ± 4.0*	78.3 ± 10.1*
Фосфатидилинозитол	14.4 ± 1.2	28.4 ± 4.0*	23.8 ± 1.0*
Кардиолипид	15.6 ± 1.9	10.9 ± 2.6	13.7 ± 2.7
Фосфатидилэтаноламин	138.3 ± 9.7	156.4 ± 10.3	135.3 ± 17.0
Лизофосфатидилхолин	27.6 ± 4.1	16.9 ± 2.6*	12.6 ± 2.9*
Холестерин	139.5 ± 10.6	111.5 ± 6.3*	156.4 ± 13.0*#
Жирные кислоты	38.8 ± 6.6	24.5 ± 4.6	15.6 ± 2.9*
Моноглицериды	10.6 ± 1.6	14.1 ± 0.5#	9.8 ± 1.8
Диглицериды	10.4 ± 1.3	8.4 ± 2.0	6.1 ± 0.9*
Триглицериды	28.4 ± 2.5	38.6 ± 3.3	27.6 ± 2.5
Холестерин/фосфолипиды, М/М	0.63 ± 0.07	0.40 ± 0.04	0.68 ± 0.06
Белок, мг на 1 г ткани	63.1 ± 1.3	80.4 ± 4.3*	77.6 ± 1.1*

Примечание. Количество липидов указано в мкг липида на мг белка), $n = 4$. * – Отличие от летних сусликов достоверно, $p < 0.05$; # – отличие от спящих зимних сусликов достоверно, $p < 0.05$.

ственно. По нашим данным, при гибернации у зимних сусликов по отношению к летним количество ФХ, ФИ и ФС увеличено, количество сфингомиелина, кардиолипина и фосфатидилэтаноламина такое же, как и у летних, количество лизофосфатидилхолина существенно снижено. Этот эффект, возможно, связан с изменением метаболизма липидов неокортекса в связи с активацией функций при пробуждении. Фосфолипидный состав неокортекса гибернирующих сусликов также изменен по сравнению с летними и характеризуется подавляющим преобладанием количества ФХ – (40 моль% от суммы фосфолипидов), возрастанием долей ФХ, ФС, ФИ в полтора-два раза, уменьшением долей лизофосфатидилхолина и сфингомиелина в два раза; доли фосфатидилэтаноламина и кардиолипина не изменились (табл. 2). Можно полагать, что фосфолипиды неокортекса суслика *Spermophilus undulatus* принимают участие в адаптации к гипобиозу путем изменения фосфолипидного состава. У зимних животных (спящих и активных) в неокортексе наблюдаются противоположные изменения содержания нейтральных липидов (табл. 1). Количество холестерина, в соответствии с данными работы [13], уменьшается на 30% у сусликов при

спячке, повышаясь при переходе животных в активное состояние. Количество жирных кислот и диглицеридов в неокортексе активных сусликов по сравнению с летними достоверно (в 2.5 раза) уменьшено. Содержание моноглицеридов и триглицеридов незначительно повышается в неокортексе у спящих сусликов, у активных остается на уровне летних. Можно предположить, что рост количества ФХ, ФС, ФИ и снижение содержания жирных кислот и диглицеридов входит в систему адаптации фосфолипидов неокортекса к существованию животного в условиях гибернации как повреждающего воздействия.

В период бодрствования, продолжающегося в течение 24–48 ч, в тканях суслика показана активация ферментов новообразования глюкозы [20]. Использование глицерола для синтеза моно- и триглицеридов у активных сусликов может быть снижено. Возможно, моно- и триглицериды накапливаются в неокортексе спящих сусликов, принимая участие в гибернационном бауге.

Интенсивность образования липидов оценивали по количеству включенной в ткань и липиды неокортекса суслика *S. undulatus* радиоактивной метки (^{14}C -ацетат) после инкубации проб *in vitro*

Таблица 2. Влияние гибернации на фосфолипидный состав неокортекса якутских сусликов *S. undulatus* в летний и зимний периоды

Фосфолипиды	Летние суслики, температура тела 37°C	Зимние суслики	
		Спящие, температура тела 4°C	Активные, температура тела 37°C
Лизофосфатидилхолин	6.6 ± 1.0	3.1 ± 0.6*	2.9 ± 0.6*
Сфингомиелин	13.5 ± 3.0	8.3 ± 1.3	10.6 ± 1.5
Фосфатидилхолин	21.1 ± 3.4	41.2 ± 3.0*	43.4 ± 5.0*
Фосфатидилсерин	12.8 ± 0.7	15.8 ± 2.3*	18.2 ± 2.7*
Фосфатидилинозитол	3.4 ± 0.5	5.2 ± 0.7*	5.6 ± 0.2*
Кардиолипид	3.7 ± 0.5	2.0 ± 0.4	3.2 ± 0.6
Фосфатидилэтанолламин	33.1 ± 3.6	28.4 ± 1.8	31.1 ± 3.6

Примечание. Количество фосфолипидов указано в моль% фосфолипида по отношению к общим фосфолипидам, $n = 4$. * – Отличие от летних сусликов достоверно, $p < 0.05$.

(табл. 3). Включение метки в ткань неокортекса у спящих сусликов увеличено на 40% по сравнению с активными. Основная часть меченого ацетата включилась в общую фракцию липидов (ОФЛ) неокортекса, включение метки в общую фракцию фосфолипидов у спящих сусликов увеличено на 45%. Уровень включения метки в общие липиды (ОФЛ) и общую фракцию фосфолипидов (ОФФЛ) был выше у спящих животных. Включение метки в ткань и липиды неокортекса у пробудившихся сусликов было уменьшено на 25%, что объясняется снижением концентрации ^{14}C -ацетата за счет использования ацетата в процессе дыхания у пробудившихся сусликов.

Меченые жирные кислоты включаются в фосфолипиды путем реакций ацилирования. Модификация жирнокислотных участков фосфолипидов играет большую роль в функциональной активности целой молекулы [21].

Показано, что в зимний период количество холестерина в неокортексе спящих сусликов уменьшилось, удельная радиоактивность не отличалась достоверно у спящих и активных животных (табл. 1 и 4). Этот феномен представляет особый

интерес для анализа состояния регуляции сигнальных систем при гибернации. Регуляция синтеза холестерина осуществляется холестерином – конечным продуктом синтеза – по принципу обратной связи через холестеролзависимые ферменты и переносчиков в эндоплазматическом ретикулуме и в аппарате Гольджи с участием транскрипционных факторов, индуцирующих в ядре образование мРНК для синтеза лимитирующего фермента синтеза холестерина оксиметилглутарилредуктазы и ферментов ее катаболизма [22]. Из анализа результатов следует, что уменьшение количества холестерина в неокортексе спящих сусликов, показанное ранее [13], не вызывает активации синтеза холестерина и, следовательно, не индуцирует образование оксиметилглутарилредуктазы. Фенотипическая адаптация млекопитающих к гипобиозу в условиях зимней спячки включает в себя подавление индукции лимитирующего фермента синтеза холестерина – оксиметилглутарилредуктазы – в неокортексе. Таким образом, в неокортексе регуляторные связи метаболизма холестерина включены в адаптацию млекопитающих к действию экстремальных условий

Таблица 3. Включение ^{14}C -ацетата в ткань неокортекса, а также в общую фракцию липидов и фосфолипидов неокортекса суслика *S. undulatus* в зимний период

Состояние животных	Радиоактивность, имп/мг белка		
	Ткань неокортекса	ОФЛ	ОФФЛ
Спящие	6721.0 ± 530.4*	2579.6 ± 315.9*	1711.0 ± 149.2*
Активные	4656.0 ± 600.2	1577.2 ± 71.3	1171.4 ± 93.4

Примечание. * – Отличие от активных сусликов достоверно, $p < 0.05$; $n = 4$.

Таблица 4. Удельная радиоактивность липидов неокортекса спящих и активных якутских сусликов *S. undulatus*

Липиды	Удельная радиоактивность, имп/мин/мкг липида	
	Спящие суслики	Активные суслики
Лизофосфатидилхолин	6.8 ± 0.5*	3.0 ± 0.3
Сфингомиелин	2.4 ± 0.1	2.7 ± 0.2
Фосфатидилхолин	1.5 ± 0.3	1.1 ± 0.4
Фосфатидилсерин	1.2 ± 0.4	1.1 ± 0.1
Фосфатидилинозитол	3.8 ± 0.9	2.3 ± 0.1
Фосфатидилэтанолламин	1.4 ± 0.2	1.4 ± 0.2
Кардиолипин	4.9 ± 3.5	1.5 ± 1.2
ОФЛ	3.2 ± 0.1	2.6 ± 0.2
Холестерин	0.3 ± 0.03	1.0 ± 0.08
Свободные жирные кислоты	1.8 ± 1.3	1.7 ± 1.0
Диглицериды	3.0 ± 0.6	2.0 ± 0.1
Моноглицериды	7.8 ± 0.4*	5.6 ± 0.2
Триглицериды	2.5 ± 1.8	1.6 ± 1.0

Примечание. Количество фосфолипидов указано в моль% фосфолипида по отношению к общим фосфолипидам, $n = 4$. * – Отличие от летних сусликов достоверно, $p < 0.05$.

окружающей среды. Удельная радиоактивность по ^{14}C -ацетату была выше у лизофосфатидилхолина и моноглицеридов (табл. 4). Лизофосфатидилхолин служит промежуточным звеном образования фосфатидной кислоты – ключевого интермедиата синтеза фосфолипидов. Большую часть моноглицеридов мозга представляет арахиданоилглицерид [23]. Увеличение удельной радиоактивности лизофосфатидилхолина и моноглицеридов у спящих сусликов подтверждает представление о специфической активации ферментов ацилирования глицеридов при оцепенении в ходе гибернации млекопитающих.

ВЫВОДЫ

Получены данные о влиянии гибернации на количество индивидуальных фосфолипидов и нейтральных липидов и состояний оцепенения (спящие суслики) и выхода из него (активные) на синтез липидов в ткани неокортекса якутского суслика *S. undulatus*. Показано снижение количества жирных кислот и диглицеридов в гомогенате неокортекса активных сусликов по сравнению с летними. Включение радиоактивной метки (^{14}C -ацетата) в ткань неокортекса у спящих сусликов увеличено на 40% по сравнению с активными. Основная часть меченого ацетата включилась в общую фракцию липидов (ОФЛ) неокортекса, включение в общую фракцию фосфолипидов у

спящих сусликов увеличено на 45%. Уровень включения в общие липиды (ОФЛ) и общую фракцию фосфолипидов (ОФФЛ) был выше у спящих животных. Включение в ткань и липиды неокортекса у пробудившихся сусликов было уменьшено на 25%, что объясняется снижением концентрации ^{14}C -ацетата за счет использования ацетата в процессе дыхания у пробудившихся сусликов. Липиды неокортекса суслика *Spermophilus undulatus* принимают участие в адаптации к гипобиозу путем роста количества ОФФЛ и модификации фосфолипидного состава с увеличением долей ФХ, ФИ и ФС.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают глубокую благодарность заведующей лабораторией механизмов природных гипометаболических состояний ИБК РАН к.б.н. Н.М. Захаровой за предоставление тканей неокортекса якутских сусликов *S. undulatus*.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СОБЛЮДЕНИЕ ЭТИЧЕСКИХ СТАНДАРТОВ

Все процедуры с животными проводили в соответствии с требованиями институтской комиссии по этике и Европейской конвенции по защи-

те позвоночных животных, используемых для экспериментальных и других научных целей (European Communities Council Directive (86/609/ЕЕС).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. И. К. Коломийцева, Биохимия **12**, 1604 (2011).
2. С. Р. Lyman, J. S. Willis, A. Malan, and L. C. H. Wang, *Hibernation and torpor in mammals and birds* (Acad. Press, N.-Y., 1987).
3. J. Dark, Annu. Rev. Nutr. **25**, 469 (2005).
4. Л. Н. Медведев и Е. И. Елсукова, *Буря жировая ткань: молекулярно-клеточные основы регулируемого термогенеза* (Изд-во «Амальгама», Красноярск, 2002).
5. N. Mrosovsk, *Hibernation and hypothalamus* (Appleton, New-York, 1971).
6. K. L. Drew, C. L. Buck, B. M. Barnes, et al., J. Neurochem. **102**, 1713 (2007).
7. G. J. van der Vusse, Drug Metab. Pharmacokinet. **24** (4), 300 (2009).
8. J. E. Vance, R. B. Camnerot, and D. E. Vance, Biochem. Biophys. Acta **1448**, 84 (2000).
9. А. И. Ануфриев и И. С. Васильев, *Особенности терморегуляции у длиннохвостого суслика в разные периоды жизни и адаптации животных к холоду* (Наука, Новосибирск, 1990).
10. R. C. Aloia and I. K. Raison, Biochim. Biophys. Acta **988**, 23 (1989).
11. J. R. Hazel, Annu. Rev. Physiol. **57**, 19 (1995).
12. И. К. Коломийцева, Н. И. Перепелкина и Е. Е. Фесенко, Докл. РАН **448** (3), 844 (2013).
13. И. К. Коломийцева, Н. И. Перепелкина, И. В. Патрушев и др., Биохимия **68**, 954 (2003).
14. L. Elaine, Physiol. Genomics **43**, 799 (2011).
15. I. K. Kolomyitseva, N. I. Perepelkina, A. D. Zharikova, and V. I. Popov, Comp. Biochem. Physiol. B **151**, 386 (2008).
16. А. А. Кудрявцева, *Регламентация работы с лабораторными животными* (ОНТИ АН СССР, Пушино, 1983).
17. И. К. Коломийцева, Л. Н. Маркевич, Д. А. Игнатьев и др., Биохимия **75** (9), 1265 (2010).
18. Т. П. Кулагина, И. К. Коломийцева и Ю. С. Казначеев. Биохимия **55** (11), 1962 (1990).
19. И. К. Kolomyitseva, L. N. Markevich, N. I. Perepelkina, et al., in *Hypothermia: prevention, recognition and treatment*, Ed. by J. I. V. Delgado and V. G. F. Garza (Nova Sci. Publ., N.Y., 2012), pp. 1–42.
20. C. J. Green, J. T. Brosman, B. J. Fuller, et al., Comp. Biochem. Physiol. B **79**, 167 (1984).
21. C. Osman, D. R. Voelker, and T. Langer, J. Cell Biol. **192**, 7 (2011).
22. J. L. Goldstein, R. A. DeBose-Boyd, and M. S. Brown, Cell **124**, 35 (2006).
23. T. Sugiura, S. Kondo, A. Sukagawa, et al., Biochem. Biophys. Res. Commun. **215**, 89 (1995).

The Influence of Hibernation on Lipid Metabolism in the Neocortex of Yakutian Ground Squirrel *Spermophilus undulatus*

L.N. Markevich, O.V. Bykova, A.A. Lakhina, and I.K. Kolomyitseva

Institute of Cell Biophysics, Russian Academy of Sciences, Institutskaya ul. 3, Pushchino, Moscow Region, 142290 Russia

The effect of hibernation on the number of individual phospholipids and neutral lipids, as well as the effect of entry to (ground squirrels are torpid) and exit from hibernation (ground squirrels are active during the winter) on the synthesis of lipids in the neocortex tissue of *S. undulatus* are investigated. It was found that the neocortex of winter active ground squirrels showed a decrease in the fatty acid level and the diglyceride content as compared to that of summer animals. The inclusion of the label in the neocortex tissue and lipids in awakened ground squirrels was reduced by 25%, that could be explained by a decrease in the concentration of ¹⁴C-acetate due to the use of acetate during respiration in awakened ground squirrels. Lipids of the neocortex of the ground squirrel *S. undulatus* participate in adaptation to hypobiosis by increasing the amount of the total fraction of phospholipids and modifying the phospholipid composition, with an increase in the proportion of phosphatidylcholine, phosphatidylserine and phosphatidylinositol.

Keywords: Yakutian ground squirrel Spermophilus undulatus, hibernation, neocortex, lipids