

**ANALYSIS OF THE MECHANISMS AND THE FACTORS
CONTROLLING THE SEASONAL DYNAMICS OF THE
HISTOPHYSIOLOGY OF BOBAC TESTES**
**АНАЛИЗ МЕХАНИЗМОВ И ФАКТОРОВ РЕГУЛЯЦИИ СЕЗОННОЙ
ДИНАМИКИ ГИСТОФИЗИОЛОГИИ СЕМЕННИКОВ СУРКОВ
БАЙБАКОВ**
**ANALYSE DES MÉCANISMES ET DES FACTEURS CONTRÔLANT
LA DYNAMIQUE SAISONNIÈRE DE L'HISTOPHYSIOLOGIE
DES TESTICULES DE Marmota bobak**

N.N. Shevljuk¹, V.N. Rudy², A.A. Stadnikov¹, L.V. Kovbyk¹, O.Ya. Nikolaeva¹
Н.Н. Шевлюк¹, В.Н. Руду², А.А. Стадников¹, Л.В. Ковбык¹, О.Я. Николаева¹

¹ State Medicine Academy; ² State Pedagogical University
Orenburg, RUSSIA

¹ Государственная медицинская Академия;
² Государственный педагогический университет
г. Оренбург, РОССИЯ

Abstract

A significance of different factors and mechanisms of the regulation of seasonal dynamics of bobac' reproductive activity is discussed. Analyzing the biological importance of the activation of endocrine (Leydig' cells) and germinative (convoluted seminiferous tubules) structures of testicles before hibernation, the authors consider this phenomenon is an adaptive reaction of the organism directed for providing the reproduction behaviour. In authors' opinion the dynamics of testicle structures reconstruction in the process of seasonal changes of the reproductive activity points to durable endogenic circannual rhythms in the reproduction.

Key-words: Bobacs, rhythm of reproduction, testicles.

Резюме

В работе обсуждается значение различных факторов и механизмов регуляции сезонной динамики репродуктивной активности сурков-байбаков. Анализируя биологическое значение феномена активизации эндокринных (клетки Лейдижа) и герминативных (извитые семенные канальцы) структур семенников перед началом гибернации, авторы рассматривают его как один из примеров адаптивных реакций организма, направленных на обеспечение репродуктивной стратегии. Динамика перестройки структур семенников в процессе сезонных изменений репродуктивной активности, по мнению авторов, указывает на наличие стойких эндогенных цирканнуальных ритмов в репродукции.

Ключевые слова: сурки, ритм репродукции, семенники.

Résumé

Le rôle de différents facteurs et mécanismes de la régulation saisonnière de l'activité reproductrice de bobac sont discutés. L'analyse de l'importance biologique de l'activation des structures endocrines (cellules de Leydig) et germinatives (tubes séminifères) testiculaires avant l'hibernation a permis aux auteurs de conclure à une réaction adaptative de l'organisme permettant l'expression du comportement reproducteur. La dynamique de reconstruction des structures testiculaires au cours des saisons montrerait l'existence de rythme endogène circannuel de reproduction.

Mots-clés : Marmota bobak, rythme reproductif, testicules.

The notion "seasonality of reproduction" is relatively sufficient for many species of vertebrates because seasonal weather factors don't always retard or stimulate reproduction directly. These factors can act indirectly; for example, via food. The possibility of hatching in cold seasons was described for some birds. In addition to penguins, hatching in winter in negative temperature was described for pigeons (*Columba livia*) in Europe and North America. The majority of rodents can breed all year in the presence of sufficient food; for example, while inhabiting human dwellings or store houses (Starikov 1995).

Bobacs, spending a half year in hibernation, are an unique example of pronounced seasonality of reproduction. Physiological and biochemical adaptations connected with hibernation were investigated from CNS to cell membranes. However, neurochemical mechanisms regulating entrance into hibernation and emergence from it were little studied (Wang 1989). Data about the morphofunctional description of spermatogenesis and endocrine activity of the testes are lacking.

Available data about bobac hibernation under different conditions of the natural environment are mainly fragmentary (Kalabukhov 1985, Bibikov 1989). Many aspects of hibernation phenomena are not studied in nature at present. The possibility of hibernation, its duration, and prevalence are connected with the life cycles of rodents and the necessity of the alternation of the energy accumulation and the energy expenditure periods. These periods don't correspond to activity and hibernation periods.

Data about the seasonal changes in the fine structure of the interstitial endocrinocytes of bobac testes in the process of reproductive activity are not numerous (Spivakova 1988, Hikim et al. 1991, Shevljuk 1997, Shevljuk & Stadnikov 1997). In a number of papers the unique phenomenon of the activation of the endocrine and germinative structures of bobac testicles before hibernation was described (Shevljuk 1997, Shevljuk et al. 1997, Rudi et al. 1997, Stadnikov et al. 1997). The activation of bobac testes reveals itself in relief because the regressive stage in testicular development, coming after the breeding season, demonstrates the profound degree of testicular depression comparable with the state of embryonic testicles.

Possibly, the activation of the endocrine and germinative structures of bobac and suslik testicles, revealed by us, is the reflection of endogenous circannual rhythms in reproduction. According to data of Bibikov (1989) and Mashkin (1996) bobac mating, pregnancy, and even the early period of lactation take place under conditions of complete darkness inside the burrows before emerging on the surface. Consequently, the periodicity of these processes can not be connected with the duration of photoperiod.

The phenomenon of the pronounced depression of the germinative function and the insignificant reduction of the endocrine function of bobac and suslik gonads in the beginning of summer is very interesting. The degree of the depression of spermatogenesis in bobac and suslik convoluted seminiferous tubules in the beginning of summer is very high so that the structure of the convoluted seminiferous tubules of mature animals doesn't differ from embryonic ones. It could be connected with the fact that in this period when young animals in bobac families have grown, the care for progeny already is not significant. And the main purpose of animals in this period is to utilise the food resources to the maximum and to increase organismal mass (by accumulating fat) before hibernation. The provisional profound depression of the generative function of reproductive organs could be an example of organismal adaptation.

Significance of the phenomenon of the activation of endocrine and germinative testicular functions in the period before hibernation couldn't be explained fully by our own observations and literature data. Obviously that the increased secretory function of endocrinocytes is one of the morphogenetical factors that activate the spermatogenic activity of the convoluted seminiferous tubules. It is a fact that the increase of the functional activity of Leydig cells precedes the activation of spermatogenesis.

In this connection the question arises about the causes of the activation of the morphogenetical processes in the epithelio-spermatogenic layer of the convoluted seminiferous tubules before hibernation. We have described first the phenomenon of the activation of the endocrine and germinative structures of the gonads for ground-dwelling rodents (bobac, little suslik, and russet suslik).

Studying the morphofunctional description of bobac and suslik testes under conditions of natural hibernation could shed some light on this problem. However, for us the practical solution of this problem is connected with great insoluble difficulties at the present moment. And the possibility of establishing hibernation under laboratory conditions is doubtful for us.

The activation of testicular endocrinocytes couldn't be connected only with testosterone production. Available data (Tahka 1986, Sharpe & Cooper 1987, Gnassi et al. 1989, Drummond et al. 1989, Fabbri et al. 1989, Verhoeven 1991) indicate that Leydig cells produce over 20 biologically active substances; metabolic meaningful ones for hibernation weren't studied.

A possible meaning for the activation of testicular endocrinocytes is the preparation for hibernation. Deltaopioids take part in the regulation of the beginning of the summer hibernation of susliks (Oeltgen et al. 1988). A number of papers (Clements et al. 1988, Fabbri et al. 1989, Verhoeven 1991) contain information about opioid production by Leydig cells and the activation of Leydig cells could be connected with the time of the beginning of hibernation.

Our observed increase in argentophilia in some Leydig cells of bobacs before the beginning of hibernation could be connected with the intensification of the production of serotonin that has hypometabolic and hypothermic effects (Pastukhov & Afanasiev 1990).

Possibly the activation of endocrine and germinative functions of bobac and suslik testes before the beginning of hibernation is the reflection of unknown evolutionary processes.

Analysis of the morphofunctional state of testicles of 200 squirrels caught in different years revealed an interesting fact about functioning of the reproductive structures. The state of gonads of animals caught at the beginning of April (animals took part in breeding in this season) was dependent on the calendar dates and was not dependent on weather conditions in years with early and late spring. This fact confirms that these rodents have endogenous circannual rhythms in the functioning of the endocrine and germinative structures of the testes. It should be established that the range changeability of the morphologic parameters of testicular endocrinocytes could differ from that of the germinative compartment. So in bobacs the greater range of the alterations had been noted for the convoluted seminiferous tubules then for Leydig cells.

REFERENCES / ЛИТЕРАТУРА

- Bibikov D.I. 1989. Marmots. Moscow, Agropromizdat, 255 p. (in Russian).
- Clements J.A., L. He, G.P. Risbridger, A.L. Smith & J.W. Funder. 1988. Pituitary peptides in the ovary and testis. *Progr. Endocrinol.* Amsterdam ets. 1: 469-474.
- Drummond A.E., G.P. Risbridger & D.M. De Kretser. 1989. The involvement of Leydig cells in the regulation of inhibin by the testis. *Endocrinol.* 125: 510-515.
- Fabbri A., E.A. Jannini, L. Gnessi, S. Ulisse, C. Moretti & A. Isidori. 1989. Neuroendocrine control of male reproductive function. The opioid system as a model of control at multiple sites. *J. Steroid Biochem.* 32: 145-150.
- Gnessi L., A. Isidori, M. Bolotti, S. Altamura, S. Ulisse, E.A. Jannini, A. Fabbri & G. Spera. 1989. Identification of immunoreactive gastrin-releasing peptide related substances in adult rat Leydig cells. *Endocrinol.* 124: 558-560.
- Hikim A.P., I.S. Hikim, A.G. Amador, A. Bartke, A. Wolf & L.D. Russel. 1991. Reinitiation of spermatogenesis by exogenous gonadotropins in a seasonal breeder, the woodchuck (*Marmota monax*), during gonadal inactivity. *Amer. J. Anat.* 192: 194-213.
- Kalabukhov N.I. 1985. Hibernation of mammals. Moscow, Nauka, 260 p. (in Russian).
- Mashkin V.I. 1996. The reproductive process and regulation of bobac numbers. pp. 56-57 In: *Marmots of Northern Eurasia: the Biodiversity Saving. Abstracts of the 2nd International Conference of Marmots of the FSU Countries.* Moscow, ABF. (in Russian).
- Oeltgen P.R., S.P. Nilekani, P.A. Nuchols, W.A. Spurrier & T.P. Su. 1988. Further studies on opioids and hibernation: delta opioid receptor ligand selectively induced hibernation in summer-active ground squirrels. *Life Sci.* 43: 1565-1574.
- Pastukhov Ju. F. & S.V. Afanasiew. 1990. Regularities of physiological processes changes in starting period of joining in natural stupor of warm-blooded animals. *Dokl. of Academy of Science of USSR.* 34: 1505-1508. (in Russian).
- Rudi V.N., N.N. Shevlyuk & A. Stadnikov. 1997. Ground dwelling sciuridae (marmots and ground squirrels) - the unique natural model to study morpho-genetic processes in reproductive organs. pp. 82-83 In: *Holarctic marmots as a factor of biodiversity. Abstracts.* Moscow: ABF. (in Russian).
- Shevlyuk N.N. 1997. Phenomenon of endocrine and germinative composition of marmots testicles before hibernation and its biological importance. pp. 192-193 In: *Holarctic marmots as a factor of biodiversity. Abstracts.* Moscow: ABF. (in Russian).
- Shevlyuk N.N. & A.A. Stadnikov. 1997. Interstitial endocrinocytes (Leydig cells) of marmots - light-optical and ultrastruaction description. pp. 193-194 In: *Holarctic marmots as a factor of biodiversity. Abstracts.* Moscow: ABF. (in Russian).

- Shevljuk N.N., A.A. Stadnikov & V.N. Rudi. 1997. Dynamics of the interactions between the interstitial endocrinocytes and the seminal convoluted tubules of marmots during the seasonal reproductive activity changes. p. 194 In: *Holarctic marmots as a factor of biodiversity*. Abstracts. Moscow: ABF. (in Russian).
- Sharpe R.M. & I. Cooper. 1987. Relationship between the exposure of Leydig cells to factors present in testicular interstitial fluid and changes in their capacity to secrete testosterone during culture or after HCG-induced desensitization. *Mol. Cell Endocrinol.* 51: 105-114.
- Spivakova L.V. 1988. Seasonal changes of microstructure of gonads and accessory sexual glands of altaisches Murmeltier males. pp. 143-155 In: *Ecology and behavior of mammals of Kazakhstan*. Alma-Ata: Nauka. (in Russian).
- Stadnikov A.A., N.N. Shevljuk, V.N. Rudi, L.A. Lopatins-Kaya & O.Ja. Nikolaeva. 1997. Factors and control mechanism in marmots' testicle functional activity (endocrine, paracrine, autocrine aspects). p. 196 In: *Holarctic marmots as a factor of biodiversity*. Abstracts. Moscow: ABF. (in Russian).
- Starikov V.P. 1995. Biological particular features of steppe lemming in north border [South Zauralie]. pp. 33-35 In: *Animals world of South Ural and Nort Prikaspii. Theses of reports and materials of 3 Regional conference*. Orenburg: izdatelstvo OGPI. (in Russian).
- Tahka K.M. 1986. Current aspects of Leydig cell function and its regulation. *J. Reprod. and Fert.* 78: 367-380.
- Verhoeven G. 1991. Paracrine interactions between the interstitial and tubular compartment of the testis. *Bull. Assoc. Anat.* 75: 167-169.
- Wang L.C.H. 1989. Ecological, physiological, and biochemical aspects of torpor in mammals and birds. *Adv. Comp. Environ. Physiol.* 4:361-401.

На русском языке / In Russian :

- Бибилов Д.И. Сурки. М.: Агропромиздат, 1989. 255 с.
- Калабухов Н.И. Спячка млекопитающих. М.: Наука, 1985. 260 с.
- Машкин В.И. Воспроизводственный процесс и регуляция численности сурков // *Сурки Северной Евразии: сохранение биологического разнообразия. Тез. докл. II Межд. [VI] Совещ. по суркам стран СНГ*. М.: Изд-во ABF, 1996. с. 56-57.
- Пастухов Ю.Ф., Афанасьев С.В. Закономерности изменений физиологических процессов в пусковой период вхождения в природное оцепенение теплокровных животных // *Докл. АН СССР*. 1990. т. 311, N.6. с. 1505-1508.
- Руди В.Н., Шевлюк Н.Н., Стадников А.А. Наземные беличьи (сурки и суслики) - уникальная модель для исследования морфогенетических процессов в органах репродуктивной системы // *Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия*. М.: Изд-во ABF, 1997. с. 82-83.
- Спивакова Л.В. Сезонные изменения микроструктуры гонад и придаточных половых желез самцов серого сурка // *Экология и поведение млекопитающих Казахстана*. Алма-Ата.: Наука, 1988. с. 143-155.
- Стадников А.А., Шевлюк Н.Н., Руди В.Н., Лопатинская Л.А., Николаева О.Я. Факторы и механизмы регуляции функциональной активности семенников сурков (эндокринный, паракринный и аутокринный аспекты) // *Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия*. М.: Изд-во ABF, 1997. с. 94.
- Стариков В.П. Биологические особенности степной пеструшки на северной границе ареала (Южное Зауралье) // *Животный мир Южного Урала и Северного Прикаспия. Тез. докл. и матер. III региональн. конф.* Оренбург: Изд-во ОГПИ, 1995. с. 33-35.
- Шевлюк Н.Н. Феномен активизации эндокринных и герминативных структур семенников сурков перед залеганием в зимнюю спячку и его биологическое значение // *Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия*. М.: Изд-во ABF, 1997. с. 109-110.
- Шевлюк Н.Н., Стадников А.А. Интерстициальные эндокриноциты (клетки Лейдига) сурков - светооптическая и ультраструктурная характеристика // *Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия*. М.: Изд-во ABF, 1997. с. 110-111.
- Шевлюк Н.Н., Стадников А.А., Руди В.Н. Динамика взаимоотношений интерстициальных эндокриноцитов и извитых семенных канальцев сурков в условиях сезонных изменений репродуктивной активности // *Сурки Голарктики как фактор биоразнообразия*. М.: Изд-во ABF, 1997. с. 111-112.

Authors' original text in Russian
Авторский оригинал на русском языке

Понятие "сезонность размножения" для многих видов позвоночных является достаточно относительным, поскольку сезонные погодные факторы не всегда сами непосредственно тормозят либо стимулируют репродукцию, а действуют опосредованно, например, через пищевые факторы. Для некоторых птиц описана возможность насиживания яиц и выведения здорового потомства в месяцы (сезоны) года, когда температура воздуха не поднималась выше нуля. Даже если не брать в пример размножающихся в условиях Антарктиды пингвинов, факты насиживания яиц и появления потомства зимой при отрицательных температурах описаны, например, для сизых голубей *Columba livia* в условиях Европы и Северной Америки.

Большинство мышевидных грызунов может размножаться круглый год при наличии достаточного количества пищи в окружающей среде, например, при обитании в человеческих жилищах либо в животноводческих помещениях, в складах, а также на полях и лугах в случае, если там под снегом остались достаточные запасы кормов (Старилов, 1995).

Уникальные примеры ярко выраженной сезонности в размножении являют собой сурки, проводящие не менее полугода в состоянии зимней спячки.

Физиологические и биохимические адаптации, связанные со спячкой, исследовались от ЦНС до мембранного уровня клеток. Однако, нейрохимические механизмы, регулирующие вхождение в состояние спячки и выход из нее, изучены мало (Wang, 1989). Что же касается морфофункциональных характеристик сперматогенеза и эндокринной активности гонад во время спячки, то данные по этому вопросу практически отсутствуют.

Имеющиеся сведения о спячке сурков в различных условиях природной среды большей частью фрагментарны (Калабухов, 1985; Бибилов, 1989). Многие стороны этого явления до сих пор не изучены в природе, в частности, сроки и ход собственно засыпания и пробуждения зверьков, перерывы в процессе спячки, условия ее протекания при промерзании грунта зимовочной камеры и величина энергетических расходов. Возможность спячки, ее продолжительность и течение теснейшим образом связаны с цикличностью жизни грызунов, необходимостью четкого чередования периодов энергетического накопления и расходов. Причем, эти периоды не соответствуют периодам активной жизнедеятельности и спячки зверьков. Накопление нового жира начинается всего за 2-3 месяца до залегания в спячку, а весной - по крайней мере, в течение 2 месяцев после выхода из спячки - сурки продолжают расходовать жир, накопленный в предыдущее лето (Бибилов, 1989). Такое приспособление сурков к суровым условиям возможно благодаря высокой питательности потребляемого корма и очень интенсивной, подчас невзирая на погоду, кормежке зверьков, обеспечивающих повышенный темп накопления запасов жира.

Данные о тонкой структуре интерстициальных эндокриноцитов семенников сурков в процессе сезонных изменений репродуктивной активности немногочисленны и во многом дискуссионны (Спивакова, 1988; Nikim et al., 1991; Шевлюк, 1996, 1997).

В ряде работ авторов (Шевлюк, 1995-1997; Шевлюк и др., 1995-1997; Руди и др., 1993-1997; Стадников и др., 1997) описан уникальный феномен активизации эндокринных и герминативных структур семенников сурков байбаков перед залеганием этих животных в зимнюю спячку. Активизация

проявляется в семенниках сурков очень рельефно. Это связано с тем, что у сурков наступающая после сезона спаривания регрессивная стадия в развитии гонад демонстрирует чрезвычайно глубокую степень угнетения семенников, сравнимую с состоянием семенников у эмбрионов.

Можно предположить, что обнаруженная нами активизация эндокринных и герминативных структур семенников сурков и сусликов является отражением эндогенных цирканнуальных ритмов в репродукции. Если позвоночные делятся на "производителей длинного дня" и "производителей короткого дня", то сурки вообще не укладываются в эту классификацию. Это связано с тем, что по данным Д.И. Бибикова (1989) и В.И. Машкина (1996) спаривание, беременность самок и даже часть лактации проходит в норах, еще до выхода на поверхность, то есть, в условиях полной темноты. И следовательно, периодичность этих процессов никак не может быть связана с длительностью фотопериода.

Чрезвычайно интересен и феномен глубокого угнетения герминативной функции гонад сурков и сусликов в начале лета, проявляющийся на фоне не столь высокого снижения эндокринной функции. Причем степень угнетения сперматогенеза в извитых семенных канальцах сурков и сусликов в начале лета столь высокая, что по строению извитые канальцы семенников половозрелых животных ничем практически не отличаются от эмбриональных. Это может быть связано с тем, что в этот период, когда в семьях сурков подросток молодец, забота о потомстве уже не столь значительна. И основная цель животных в этот период - это максимально полно использовать кормовые ресурсы, существенно увеличить массу организма (за счет накопления жира) перед зимней спячкой. Примером одной из адаптивных реакций организма, направленной на более полную реализацию первоочередных задач и может являться временное глубокое угнетение генеративной функции репродуктивных органов.

Значение феномена активизации эндокринной и герминативной функций семенников в период, предшествующий залеганию животных в зимнюю спячку, не может быть полностью объяснено имеющимися собственными наблюдениями и данными литературы. Очевидно, что повышенная секреторная функция эндокриноцитов является одним из морфогенетических факторов, активизирующих сперматогенную активность извитых семенных канальцев. На эту зависимость указывает тот факт, что активизации сперматогенеза предшествует повышение функциональной активности клеток Лейдига.

В этой связи сразу встает и вопрос о причинах активизации морфогенетических процессов в эпителиосперматогенном пласте извитых канальцев перед началом гибернации. Для наземных грызунов из семейства беличьих (сурков, малый и рыжеватый суслики) феномен активизации эндокринной и герминативной функций гонад нами описан впервые. В литературе лишь имеются сведения по некоторым другим животным.

Некоторый свет на эту проблему могло бы пролить изучение морфофункциональных характеристик семенников сурков и сусликов в условиях гибернации их в естественных условиях. Однако, практическое решение этой проблемы оказалось связанным для нас с большими, на данный момент неразрешимыми трудностями. А возможность моделирования условий гибернации в лабораторных условиях вызывает у нас большие сомнения. Прежде всего встанет вопрос о корректности сравнения естественных и лабораторных условий зимней спячки. Из литературы известно, что любое изменение условий среды обитания животного развивает в его организме стрессорную реакцию, при которой, согласно данным литературы, а также нашим собственным, существенно меняется гистофизиология эндокринных структур, прежде всего, гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой системы, активизация которой неминуемо влечет за собой торможение герминативной и эндокринной функций гонад.

Нельзя также игнорировать и тот факт, что активизация эндокриноцитов семенников может быть связана не только с продукцией тестостерона. Имеющиеся данные (Tahka, 1986; Sharpe, Cooper, 1987; Gnessi et al., 1989; Drummond et al., 1989; Fabbri et al., 1989; Verhoeven, 1991 и др.) указывают на то, что клетки Лейдига вырабатывают более двух десятков биологически активных веществ, метаболическое значение которых для состояния гибернации не изучено.

Следует также рассмотреть и такое возможное значение активизации эндокриноцитов семенников, как их возможная роль в подготовке к гибернации. По данным Oeltgen et al. (1988), дельтаопиоиды принимают участие в регуляции наступления летней гибернации у сусликов. Если учесть, что в ряде работ есть указания на выработку опиоидов в клетках Лейдига (Clements, 1988; Fabbri et al., 1989; Verhoeven, 1991), то можно напрямую связать активизацию клеток Лейдига со временем наступления гибернации.

Отмеченное нами повышение аргентофилии в части клеток Лейдига сурков перед началом гибернации может быть связано с тем, что данные клетки усиливают выработку серотонина, который обладает гипометаболическим и гипотермическим действием (Пастухов, Афанасьев, 1990).

Возможно, что активизация эндокринной и герминативной функций семенников сурков и сусликов перед началом гибернации является отражением каких-то неизвестных процессов, происшедших в эволюции видов, как например, наличие эмбриональной диапаузы у косуль отражает факт спаривания осенью у непосредственных предков косуль. Хотя у ныне живущих косуль спаривание сдвинуто на более ранние сроки, эмбриональное развитие, видимо, оказалось возможным только в те сроки, что и у предков, что и обусловило возникновение эмбриональной диапаузы.

Проведенный нами на большом сравнительном материале (свыше 200 грызунов из семейства беличьих) анализ морфофункционального состояния семенников этих грызунов, отловленных в различные годы, выявил интересный факт, касающийся временной организации функционирования репродуктивных структур. У животных, отловленных в начале апреля (из тех, что участвовали в этом сезоне в размножении), в годы как с поздней, так и с ранней весной, состояние гонад зависело в основном от календарных сроков, а не от погодных условий. Это может служить еще одним подтверждением наличия у этих грызунов эндогенного цирканнуального ритма в функционировании эндокринных и герминативных структур семенников.

Следует констатировать, что диапазон изменчивости морфологических параметров эндокриноцитов семенников может отличаться от диапазона изменчивости герминативного компартмента органа. Так, у сурков больший диапазон изменений отмечен для извитых семенных канальцев, чем для клеток Лейдига.