

Таким образом, получена неплохая взаимная ковариация пиков спектральной плотности рядов наблюдений за биолимнологическими параметрами и климатическими факторами среды. Наличие близких гармоник в спектре уровня воды оз. Нарочь (H , см) и численности зоопланктона (N , тыс. экз./м³) дало возможность установить тесную обратную связь между этими параметрами [11]:

$$N = 630,1 - 2,95 \cdot H \quad (r = -0,96). \quad (2)$$

Следует отметить невысокую достоверность приведенных результатов спектрального анализа на низких частотах, поскольку мы имеем дело с короткими рядами наблюдений. Повышение достоверности получаемых результатов связано с организацией длительного непрерывного экологического мониторинга этих озер.

Таким образом, в результате наших исследований выявлены две основные циклические составляющие в изменении некоторых биолимнологических параметров Нарочанских озер: 2—3 года и 7—10 лет. По мере увеличения трофности озер отмечены более выраженные циклические колебания рассмотренных параметров. Полученные циклические изменения биолимнологических показателей хорошо коррелируют с такими климатическими факторами, как уровеньный режим озер, солнечная активность.

Список литературы

1. Ягодинский В. Н. Космический пульс биосферы. М., 1975.
2. Полтараус Б. В., Кислов А. В. Климатология (Палеоклиматология и теория климата). М., 1986.
3. Остапеня А. П. Экологическая система Нарочанских озер. Минск, 1985. С. 17.
4. Остапеня А. П. Там же. С. 12.
5. Петрович П. Г. Многолетние показатели развития зоопланктона озер. М., 1973. С. 7.
6. Потаенко Ю. С. Экологическая система Нарочанских озер. Минск, 1985. С. 210.
7. Астрономический календарь. Ежегодник. 1988. Вып. 91. М., 1987.
8. Бронфман А. М., Воловик С. П., Козлитина С. В., Кучай Л. А., Попов И. В. Статистическая структура океанологических и биологических параметров экосистемы Азовского моря. Ростов-на-Дону, 1979.
9. Косинская В. И., Крылова Е. А., Ровнова О. В., Терещенко О. В., Шитик Г. В. // Программное обеспечение ЭВМ. 1983. Вып. 44. Ч. 2. С. 113.
10. Крючкова Н. М. // Состояние и перспективы развития методологических основ химического и биологического мониторинга поверхностных вод суши: Тез. докл. к XXIX Всесоюз. гидрохим. совещ. Ростов-на-Дону, 1987. Т. 2. С. 33.
11. Крючкова Н. М., Рыбак В. X., Петрович П. Г. Экологическая система Нарочанских озер. Минск, 1985. С. 127.

УДК 577.352.4

Л. Л. МОРОЗ, В. Б. КАЗАКЕВИЧ, Н. Н. ПЕТРАШЕВСКАЯ

ДЕЙСТВИЕ МЕТИЛЕНОВОГО СИНЕГО НА ИОННЫЕ ТОКИ НЕЙРОНОВ

Метиленовый синий (МС) — основной краситель фенотиазинового ряда (тригидрат хлорида тетраметинина). Это один из наиболее широко применяемых красителей в нейробиологии, позволяющий проводить избирательное окрашивание отдельных нервных клеток и волокон. Для лучшего окрашивания необходимо нормальное функциональное состояние ткани и наличие в среде кислорода [1]. Однако в условиях нейрофизиологического эксперимента с использованием освещения препарата может происходить не только обратимое обесцвечивание красителя за счет изменения функционального состояния клетки [2], но и необратимые изменения, связанные с целым комплексом механизмов фотодина-

мического повреждения, включая свободнорадикальные процессы [3—6], что может привести к нарушению функционирования и гибели клетки. Электрофизиологические характеристики повреждения нейрональных мембран не исследованы. В связи с этим сделана попытка оценить действие МС в темноте и при освещении на потенциалзависимые ионные каналы и неспецифическую проводимость утечки в нейрональной мембране.

Материал и методика

Объект исследования — моллюски *Lymnaea stagnalis* массой 1,5—3 г., собранные в окрестностях Минска. Использовался стандартный метод внутриклеточной перфузии изолированных нейронов на V-образной полиэтиленовой присоске с фиксацией потенциала [7]. Центральная нервная система моллюсков выделялась и для облегчения последующего удаления соединительнотканых оболочек помещалась на 40—50 мин в раствор трипсина и гиалорунидазы по 0,25 %, приготовленный на растворе Рингера для моллюсков. Состав раствора (мМ): NaCl — 44; KCl — 3; CaCl₂ — 4; MgCl₂ — 2; TrisHCl — 1; pH 7,4. Нейроны выделялись под контролем бинокулярного микроскопа с помощью вольфрамовых игл. Основной внутриклеточный раствор (мМ): KCl — 57; ЭГТА — 0,5; TrisHCl — 1; pH 7,4 применялся в начале перфузии нейрона, затем для выделения Na-тока замещался последовательно растворами (мМ): TrisF — 58; ЭГТА — 0,5; pH 7,4 для блокады Ca-каналов [7] и бескальциевым: TrisHCl — 58; ЭГТА — 0,5; pH 7,4. Ток утечки оценивали при подаче на мембрану исследуемой клетки гиперполяризующих толчков тока от уровня поддерживаемого потенциала, соответствующего потенциалу покоя (50—60 мВ).

Раствор МС (10^{-4} — 10^{-3} М) готовили на растворе Рингера для моллюсков или на соответствующих внутриклеточных растворах. Источником света служил осветитель ОИ-19 (9 Вт, 25 В) с расстояния 25 см.

Результаты и их обсуждение

Действие МС в темноте проверялось на 18 нейронах. В качестве модели потенциалозависимой проводимости использовался быстрый входящий ток через натриевые каналы. В концентрациях 10^{-4} — 10^{-3} М метиленовый синий на протяжении 1 ч перфузии практически не влиял ни на натриевые токи, ни на проводимость утечки как в условиях перфузии нейронов растворами с красителем, так и при наружном приложении. Эти данные не соответствуют результатам американских авторов, которые показали блокирующее действие растворов МС на натриевые каналы аксонов рака [8]. Возможно, подобное несоответствие результатов связано с межвидовыми различиями, что выражается в гораздо меньшей чувствительности натриевых каналов *L. stagnalis* к тетродотоксину [9].

Действие МС при освещении исследовалось на 29 нейронах. При внутриклеточном приложении МС (10^{-4} М) и освещении натриевый ток постепен-

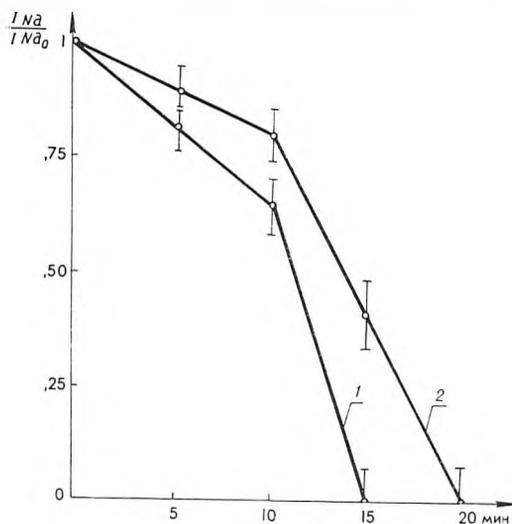


Рис. 1. Изменения амплитуды натриевого тока в условиях внутриклеточной перфузии нейронов МС при освещении:

1— 10^{-3} , 2— 10^{-4} М МС; I_{Na} , I_{Na0} — величины натриевого тока при действии МС в условиях освещения и темноте соответственно

но подавляется и к 25-й мин исчезает (рис. 1). С увеличением концентрации до 10^{-3} М эффект развивается на 3—5 мин быстрее. Аналогичная картина наблюдается при наружном приложении МС. Блокирование натриевых каналов происходит без видимых изменений в кинетических параметрах ионных токов. Из вольтамперных характеристик натриевого тока (рис. 2) видно, что действие МС не связано с экранированием фиксированных на мембране зарядов, так как отсутствует сдвиг вольтамперных характеристик вдоль оси потенциалов и при внутриклеточном, и при внеклеточном приложении МС.

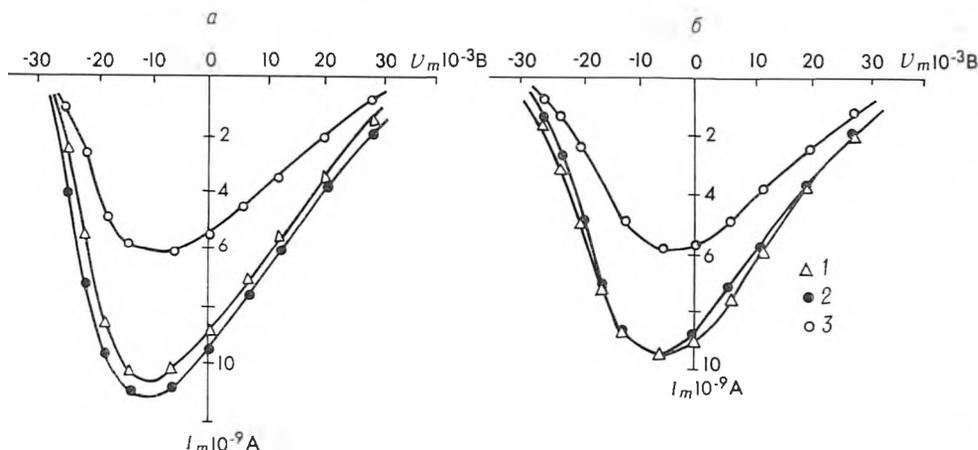


Рис. 2. Вольтамперные характеристики натриевого тока в условиях действия МС: а — внеклеточное, б — внутриклеточное приложение. Поддерживаемый потенциал — 60 мВ: 1 — контроль; 2 — в темноте; 3 — МС при освещении 10 мин

Изменение тока утечки под действием МС развивается через некоторый латентный период (до 12 мин) на фоне уже частично заблокированной натриевой проводимости. До 25-й мин увеличение проводимости носит линейный характер, а затем проводимость резко повышается, приводя к гибели клетки.

Таким образом, можно заключить, что сама молекула МС не обладает способностью к специфическому взаимодействию с ионными каналами и не влияет на электрические характеристики мембран. При освещении в результате развития фотодинамического эффекта индуцируется цепь свободнорадикальных превращений в мембране [3—6], приводящих к нарушению адекватного липидного окружения натриевых каналов и изменению микровязкости мембран [10, 11]. Возможно также прямое взаимодействие промежуточных продуктов фотосенсибилизированного окисления с натриевыми каналами. Значительно позже развивается пассивная проводимость утечки, которая, по-видимому, обусловлена накоплением конечных продуктов перекисного окисления липидов, способных вызвать резкое повышение проводимости липидного бислоя [12].

Список литературы

1. Самойлов М. О., Вшивцева В. В., Гнстов А. В. Прижизненная микроскопия нейрона. Л., 1978.
2. Савостин В. А., Никонова Е. В., Архипенко С. В., Осипов Б. С. // Журн. эволюц. биохим. и физиол. 1983. Т. 19. № 2. С. 195.
3. Blaumharr C. O., Fridowich T. // Anal. Biochem. 1971. V. 38. N 1. P. 267.
4. Harmatz D., Blauer G. // Photochem. and Photobiol. 1983. V. 38. N 3. P. 441.
5. Gibson S. L., Conen H. J., Hill R. Ibid. 1984. V. 40. N 4. P. 841.
6. Koch W. H., Bass G. E. Ibid. V. 39. N 6. P. 215.
7. Костюк П. Г., Крышталь О. А. Механизмы электрической возбудимости нервной клетки. М., 1981.
8. Starkus J. G., Heggenes S. T., Rauner M. D. // Biophys. Journ. 1984. V. 46. N 2. P. 385.
9. Чесмерис Н. К. // Биофизика. 1982. Т. 27. № 4. С. 738.

10. Lee A. G. // Nature. 1986. V. 267. N 5569. P. 545.
 11. Прилипко Л. Л., Каган В. Е., Тюрин В. А., Горбунов И. В., Богданова Е. Д. // Докл. АН СССР. 1983. Т. 269. № 5. С. 1260.
 12. Антонов В. Ф. Липиды и ионная проницаемость мембран. М., 1982.

УДК (598.2)591.471.3

Л. Д. БУРКО

АЛЛОМЕТРИЯ ТРУБЧАТЫХ КОСТЕЙ ПТИЦ

Основой филогенетической систематики животных являются исследования морфологических адаптаций. В отличие от особенностей экологии, этологии и физиологии они представляют собой как бы «запись этих последних» [1]. Необходимо отметить, что морфологическое разделение не всегда соответствует его функциональному разделению. Однако каждый орган (как морфофункциональная единица) имеет свою особую (главную) функцию, и в основном морфологическое и функциональное разделение организма совпадают [1]. Во многих случаях соотношение размеров части тела и организма в целом удается весьма точно описать уравнением степенной зависимости [2]: $y = bx^a$, где y — длина или диаметр, мм; x — масса тела, кг; a — константа.

В связи с изложенным нами проведено аллометрическое исследование плечевых и бедренных костей птиц.

Материал и методика

Исследованы следующие виды птиц (в скобках указана масса тела) различных систематических групп.

Podicipediformes. *Podiceps cristatus* (чомга 0,96 кг).

Gaviiformes. *Gavia arctica* (чернозобая гагара 2,30 кг).

Anseriformes. *Anas platyrhynchos* (кряква 1,11 кг). *A. penelope* (свиязь 0,67 кг). *A. querquedula* (чирок-трескунок 0,34 кг). *A. clupeata* (широконоска 0,55 кг). *A. strepera* (чирок-свистунок 0,32 кг). *Aythya fuligula* (хохлатая черныш 0,70 кг).

Falconiformes. *Accipiter gentilis* (тетеревица 1,22 кг). *A. nisus* (перепелятник 0,25 кг). *Buteo lagopus* (зимняк 1,00 кг). *B. buteo* (канюк 0,78 кг). *Aquila pomarina* (малый подорлик 1,31 кг). *Circus aeruginosus* (болотный лунь 0,56 кг). *Pandion haliaetus* (скопа 1,50 кг). *Hypotrichis subbuteo* (чеглок 0,21 кг).

Galliformes. *Tetrao urogallus* (глухарь 4,19 кг). *Lyrurus tetrix* (тетерев 1,19 кг). *Tetrastes bonasia* (рябчик 0,35 кг). *Perdix perdix* (серая куропатка 0,37 кг).

Charadriiformes. *Charadriidae.* *Vanellus vanellus* (чибис 0,22 кг). *Tringa nebularia* (большой улит 0,17 кг). *T. totanus* (травник 0,12 кг). *T. ochropus* (черныш 0,08 кг). *T. glareola* (фифи 0,07 кг). *Actitis hypoleucos* (перевозчик 0,06 кг). *Philomachus pugnax* (турухтан 0,11 кг). *Calidris minutus* (кулик-воробей 0,02 кг). *Limnospiza minutus* (гаршнеп 0,07 кг). *Gallinago media* (дупель 0,19 кг). *G. gallinago* (бекас 0,10 кг). *Scolopax rusticola* (вальдшнеп 0,29 кг). *Numenius arquata* (большой кроншнеп 0,70 кг). *Limosa limosa* (большой веретенник 0,29 кг). *Calidris alpina* (чернозобик 0,04 кг).

Laridae. *Chlidonias nigra* (черная крачка 0,06 кг). *Sterna hirundo* (речная крачка 0,12 кг). *Larus ridibundus* (озерная чайка 0,27 кг).

Strigiformes. *Glaucidium passerinum* (воробьиный сыч 0,05). *Asio otus* (ушастая сова 0,29 кг). *A. flammeus* (болотная сова 0,28 кг). *Syrnium aluco* (серая неясыть 0,55 кг).

Piciformes. *Dryocopus martius* (черный дятел 0,32 кг). *Dendrocopos major* (большой пестрый дятел 0,08 кг). *Picus canus* (седой дятел 0,12 кг).

Passeriformes. *Corvidae.* *Garrulus glandarius* (сойка 0,15 кг). *Pica pica* (сорока 0,20 кг). *Nucifraga caryocatactes* (кедровка 0,17 кг). *Corvus*