

ся и ауксиновая активность листьев интродуцентов. В условиях Севанского ботанического сада в листьях кавказских видов выявлена низкая ауксиновая активность, что свидетельствует о слабом вегетативном росте растений в данных условиях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белозерский А. И., Прокураков Н. И. Практическое руководство по биохимии растений, М., 1951.
2. Варданян С. М., Охлопина Ж. Ф. Докл. АН СССР, 145, 6, 1404—1407, 1962.
3. Казарян В. В. Бюлл. Гл. бот. сада, 138, 30—33, 1985.
4. Кефели В. И., Турецкая Р. А. Методика определения регуляторов роста и гербицидов, М., 1973.
5. Коновалов И. И. Физиология интродуцируемых растений, М.—Л., 1963.
6. Размаев И. И. Физиол. раст., 11, 3, 546—548, 1967.
7. Рейнус Р. М. Углеводный обмен растений и условиях высокогорной Памира, Душанбе, 1961.
8. Рейнус Р. М. Прибл. ботаники, 7, 159—161, 1967.
9. Семенченко И. И. Водный обмен растений при неблагоприятных условиях среды, 95—99, Кишинев, 1975.
10. Сарсеева К. А. Физиологические и биохимические основы древесной части древесных растений, М., 1971.
11. Петрова И. П. Интродукция древесных растений Средней Азии в Москве, М., 1979.
12. Петровская-Баранова Т. П. Физиология адаптации и интродукция растений, М., 1983.
13. West M., Mowrey H. A. Amer. Midland Natur., 8, 2, 479—484, 1972.

Получено 3.III 1987 г.

Биолог. ж. Армения, т. 40, № 11, 933—937, 1987

УДК 613.614

БИОЛОГИЧЕСКОЕ ДЕЙСТВИЕ АКУСТИЧЕСКИХ ШУМОВ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИ ЭКВИВАЛЕНТНЫХ УРОВНЕЙ

А. Г. АРАКЕЛЯН, К. А. ПАНЧУЛАЗЯН

НИИ общей гигиены и профессиональных заболеваний
им. Н. Б. Аконяна МЗ Армянской ССР, Ереван

Исследованы качественно-количественные соотношения «доза шума—биологический эффект» при воздействии постоянным широкополосным шумом энергетически эквивалентных уровней в соответствии с гипотезой «равных энергий». Определен интегральный показатель ответной реакции организма на энергетически эквивалентные уровни акустического раздражителя. Гипотеза «равных энергий» при показателе эквивалентности, равном 3, не подтверждается.

Հետազոտված են էներգետիկական էկվիվալենտ մակարդակների նախադրույթի (այսինքն) ազդեցության արտադրության անվտանգության ազդեցիկ զոնայի կենսաբանական էֆեկտի որակական-քանակական չափարկությունները՝ նախադրելով էներգիաների հիպոթեզին համապատասխան Որոշված է ակտիվ էներգետիկական էկվիվալենտ մակարդակների պատասխան օճակգրային ինտեգրալային ցուցանիշը՝ Յայլը է արված, որ համաար էներգիաների հիպոթեզը, որտեղ էկվիվալենտի ցուցանիշը նախաար է 3-ի, չի հաստատվում:

The qualitative-quantitative correlations of "noise dose-biological effect" during the influence of energetically equivalent levels in accordance with the hypothesis of "equal energies" have been investigated. The integral index of the responsive reaction of the organism to energetically equivalent levels of acoustic irritation has been determined. It has been shown that the hypothesis of "equal energies" is not confirmed in case of an equivalence index of 3.

Ключевые слова: широкополосный шум, энергетически эквивалентные уровни шума, основной обмен.

В настоящее время имеется незначительное количество работ, посвященных проблеме гипотезы «равных энергий» (ГРЭ), согласно которой энергетически эквивалентные уровни шума эквивалентны по биологическому воздействию. При этом нет четкого определения коэффициента эквивалентности «q» — показателя, выражающего число децибел, на которое следует изменить уровень шума при каждом изменении длительности воздействия вдвое для обеспечения эквивалентности влияющей на организм акустической энергии.

Существующие характеристики весьма разнообразны и отражают лишь разные точки зрения и научные интересы отдельных авторов. По разным источникам, величина «q» колеблется от 3 до 10 дБ и более. Основанием для рождения ГРЭ стали результаты серии экспериментов с морскими свинками, проведенных Эдреджем и Коваллом [15]. Они обнаружили, что уровни постоянных шумов с частотой 500 Гц, начиная со 140 дБ при 1-минутной экспозиции с шагом 3 дБ ($q=3$) и кончая 118 дБ при 160-минутной экспозиции, приблизительно адекватны по постоянному сдвигу порога — повреждению волоковых структур кортиевого органа. Однако гистология этого эффекта была не вполне убедительной, поскольку и более слабые звуки с той же экспозицией приводили к аналогичному результату.

Таким образом, ГРЭ невозможно было ни обосновать, ни опровергнуть.

В США ГРЭ послужила базой для формального принятия одного из первых критериев опасности повреждения слуха, априори принимающего полную допустимую энергию за величину постоянную, независимо от уровней, экспозиций, спектральных и временных характеристик шумов [7].

Исследования на добровольцах — испытуемых показали, что постоянный шум в частотной области 1200—2400 Гц с исходным уровнем 85 дБА/8 ч при поэтапном повышении уровня на 2—7 дБА ($q=2-7$) и каждом сокращении вдвое вызывает одинаковый временный сдвиг порога [15].

При воздействии импульсным шумом в первом приближении $q=5$ и действует в определенном диапазоне экспозиций и бесшумных пауз между ними [14]. Для более коротких импульсов — более продолжительными экспозициями было предложено принимать $q=10$ и более [15].

В настоящее время используют значения «q», соответствующие усреднению по энергии ($q=3$) или по звуковому давлению ($q=6$); в гигиенических нормах США принято $q=5$. Основанием для выбора этих

величин служат концепции: для $q=3$ —энергетического влияния шума на организм [2, 4, 5], для $q=6$ —влияния звукового давления на слуховую функцию [9] и для $q=5$ —энергетического влияния шума на слух, но с учетом восстановления исходного порога восприятия звука за обеденный перерыв [13]. В международном [8] и отечественных [1] стандартах принята энергетическая концепция ($q=3$).

Некоторые авторы полагают, что при влиянии шумов уровнями 90—100 дБА и более $q=3$ [11]. При озвучивании шиншилл энергетически идентичными уровнями белого шума 114 дБ/4 ч, 117 дБ/2 ч, 120 дБ/1 ч и 123 дБ/0,5 ч в полосе частот от 2 до 16 кГц $q=3$ [15].

К сожалению, эти и подобные концепции не имеют пока четко экспериментального обоснования. В свете ГРЭ коэффициент « q »—либо константа, действительная для всех уровней шума, либо переменная величина, меняющая свои числовые значения в зависимости от количественных (уровень), качественных (частота) и временных характеристик акустического шума.

Основная цель работы состояла в выяснении справедливости принципа равных энергий с учетом воздействия шума не только на слуховой анализатор, но и на организм в целом, а также в проверке величины параметра эквивалентности, равного 3.

Материал и методика. Опыты проводили на 4 кашках-самцах массой 3,0—3,2 кг и 9 сериях хронического эксперимента на модифицированной установке закрытого типа системы Штерникаппа. Животные натощак в течение суток подвергались одностороннему озвучиванию. Кормили один раз в сутки в одно и то же время. Кожки не фиксировались в камере, наркоз не применялся. Это позволило исследовать биологическое действие энергетически эквивалентных уровней шума на общий обмен в нормальных условиях при температуре 20° в атмосферном давлении 686 мм рт. ст.

В качестве звукового раздражителя использовали постоянный широкополосный шум, обеспечиваемый генератором белого шума Г2-47. Во всех опытах тестировали основной обмен организма. Временный сдвиг основного обмена у каждой кашки регистрировали по флуктуации объема вдыхаемого кислорода на фоне естественного контроля при воздействии белым шумом энергетически эквивалентными уровнями. Каждой триаде заданных уровней белого шума прилежало контрольная серия. Объем потребляемого животным кислорода регистрировали через 15, 30 и 60 мин озвучивания. Во избежание неравномерного распределения кислорода, поступающего в камеру, была использована воздушная малой мощности, обеспечивающая равномерное перемешивание воздуха в камере. Смонтированный с воздушной патронный поглотитель предназначался для поглощения выделяемого животным углекислого газа. Воздушная патронный поглотитель помещалась вне герметической камеры и создавала незначительный акустический фон, воспринимаемый в камере на уровне 50 дБА, что исключало возможность воздействия побочного фактора на динамику эксперимента. Кислород поступал в камеру из мерной борозы пассивно вследствие разрежения в камере первоначально истекающего в результате фиксации углекислого газа патронной излучающей и всасывающей силой легких животного.

В каждом опыте в динамике измеряли массу животного, температуру внутри камеры, атмосферное давление, уровень белого шума, объем вдыхаемого животным кислорода. На каждой кашке поставлено 12 серий (включая 3 контрольные) по 7—9 опытов в каждой серии с параметрами шума 96, 99, 102 дБА, 79, 82, 85 дБА и 62, 65, 69 дБА и экспозициями соответственно 60, 30, 15 минут. Исследования вели с общепринятой из равенство $q=3$.

Результаты и обсуждение. Результаты закономерностей и особенностей обратимого изменения интегрального показателя ответной реак-

дии организма—основного обмена—на воздействие постоянным широкополосным шумом с энергетически эквивалентными уровнями и их статистическая обработка по Стьюденту выявили: существенное увеличение газообмена по сравнению с контролем в опытах с уровнем шума 96, 99, 102 и 79, 82, 85 дБА; достоверную разницу между показателями объема усваиваемого кислорода при раздражении шумом с энергетически эквивалентными уровнями (96 дБА/30 мин и 99 дБА/15 мин; 96 дБА/60 мин, 99 дБА/30 мин и 102 дБА/15 мин; 79 дБА/30 мин и 82 дБА/15 мин; 79 дБА/60 мин, 82 дБА/30 мин и 85 дБА/15 мин; 62 дБА/30 мин и 65 дБА/15 мин; 62 дБА/60 мин, 65 дБА/30 мин и 68 дБА/15 мин); достоверные максимальные показатели объема вдыхаемого кислорода при 60-минутной экспозиции шума уровнем 96 дБА; незначительное превышение контрольных показателей индикатора экспериментов у двух кошек в опытах с уровнем шума 79 дБА через 15 минут при 60-минутной экспозиции; в сериях с уровнем шума 62 дБА/30 мин, 65 дБА/30 мин и 68 дБА/15 мин незначительные отклонения от контроля с аналогичными экспозициями шума.

Таким образом, получены позитивные результаты, свидетельствующие о целесообразности применения гипотетического равенства $q=3$. Результаты проведенных опытов в основном согласуются с ранее полученными данными авторов, сходящихся на том, что проблема ГРЭ остается неразрешенной.

По мнению Варда и Нельсона [15], ГРЭ в первом приближении пригодна для повторяющихся ежедневно постоянных шумов, однако это недостаточно для экстраполяции ГРЭ до универсальности, поскольку неизвестен механизм прогрессирования повреждения слуха от первого шумового воздействия к последующим. Результаты исследований Миллера с соавт. [10] свидетельствуют о том, что прерывание постоянного шума бесшумными паузами приводит к уменьшению не только временного, но и постоянного сдвига порога слуха; таким образом, понятие «эквивалентная энергия шумовой нагрузки» теряет свой биологический смысл. В 1977 г. Вард [6] предложил границы неиспользования ГРЭ при исследовании нарушений слуха, обусловленных действием шумом, большое значение придавая длительности воздействия акустической энергии на орган слуха, а также режим отдыха. Вард [9] показал, что ГРЭ, как она представлена Бурисом и Робинсоном [5], не приемлема для обеспечения развития постоянного сдвига порога слуха. В первом приближении она действует в определенном диапазоне экспозиций шума с бесшумными паузами между ними [14]. Суворов [3] считает недостаточным правило «равных энергий» для оценки импульсных шумов, тем более что физиологическое обоснование его весьма спорно. Исследования Рола [12] предлагают непригодность этого правила для шумовых импульсов каждый длительностью менее 0,5 сек, поскольку более короткие импульсы вызывают большие сдвиги слухового порога.

Итак, вопрос, справедливо ли предположение о том, что эквивалентная акустическая энергия (в конкретной частотной полосе) вызывает одинаковый постоянный сдвиг порога слуха, остается открытым.

Проведенные эксперименты отличаются от исследований, в которых авторами локально тестировался временный или постоянный сдвиг порога слуха на воздействие эквивалентных доз шума. Использованный нами в качестве индикатора экспериментов основной обмен как интегральный показатель ответной реакции организма на шум в полной мере отражает обратимое изменение физиологических функций организма в целом.

Экспериментальный материал, накопленный при физиологических исследованиях, показывает, что энергетически эквивалентные уровни акустического шума биологически не эквивалентны, поскольку шум более продолжительный, но менее интенсивный приводит к большей интенсификации основного обмена организма, чем шум менее длительный, но более интенсивный.

Таким образом, шаг в 3 дБА с последовательным сокращением экспозиция шума вдвое не может служить в качестве коэффициента эквивалентности «q»; качественно-количественное соотношение «доза шума—биологический эффект» экспериментально не подтвердилось; энергетически эквивалентные уровни шума не являются эквивалентными по оказываемому на организм биологическому воздействию; постоянный широкополосный шум уровнем 70 дБА·30 мин и выше угнетающе действует на организм, вызывая интенсификацию обмена веществ пропорционально экспозиции и уровню акустического раздражителя; экспозиция воздействующего на организм белого шума является доминирующим фактором по сравнению с его уровнем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Государственные стандарты Союза ССР. Гос. Комитет по стандартам. М., 1984.
2. Демисов Э. П., Микагасов А. М. Труд труда, 7, 50—51, 1973.
3. Суворов Г. А. В сб.: Материалы VI Всесоюзной акустич. конф., М., 1968.
4. Суворов Г. А., Лихвицкий А. М. В кн. Выпускной шум и его влияние на организм человека, 7, 1974.
5. Burns W., Robinson D. W. In: Hearing and noise in industry, 211, Her Majesty's Stationary Office, London, 1970.
6. Dierolf H. Z. ges. Hyg., 25, 2, Leipzig, 1969.
7. Hazardous noise exposure, Air Force Regulation № 169-3, Department of Air Force, Washington, October 29, 1956.
8. ISO — International Organization for Standardization. Assessment of Occupational Noise Exposure for Hearing Conservation Purposes, Norme ISO — 1999, Geneva, Switzerland, 1954.
9. Krauk W., Fuder G., Kracht L. Acustica, 38, 102—117, 1977.
10. Miller J. D., Watson C. S., Goveil W. P. Acta Oto-Laryngol., 116, 91, 1963.
11. Pfander F., Bangartz H., Brinkmann H., Kietz H. J. Acoust. Soc. Am., 67, 628—633, 1980.
12. Rol C. Auditory fatigue following exposure to steady and non-steady sounds Thesis, University of London, 1956.
13. Siender J. Federal Register, 39, 37773—37778, 1974.
14. Walsh-Healey Act; Anon, The second study for aircraft noise annoyance around London Airport. Her Majesty's Stationary Office, London, 1971.
15. Ward W. D., Nelson D. A. In: Robinson D. W., Ed. Occupational hearing loss Academic Press, 225—231, London—New-York, 1971.

Поступило 3 VII 1987 г.