

А. П. Яковлев, В. Ф. Григорьев

Изменение двигательной активности серого тюленя при воздействии на него магнитного поля частотой 2, 18 и 36 Гц в течение 1–4 часов

Представлены результаты исследований двигательной активности серого тюленя при воздействии на него магнитного поля (МП) частотой 2, 18 и 36 Гц в течение 1–4 ч. Данные получены с использованием методов сплошного протоколирования и регистрации отдельных поведенческих проявлений. В качестве оценочного параметра двигательной активности тюленя был выбран расчетный показатель всплытий за минуту. Установлено, что в зависимости от частоты генерируемого магнитного поля и длительности экспозиции в нем животного двигательная активность может как угнетаться, так и значительно возрастать. Воздействие на серого тюленя магнитного поля частотой 2 Гц в течение 1–4 ч вызывало рост двигательной активности в период его воздействия; до и после воздействия МП количество актов всплытий значительно снижалось. Эффект воздействия МП частотой 18 Гц зависел от длительности его воздействия на тюленя: экспозиция в течение 1–2 ч вызывала рост двигательной активности как на протяжении воздействия, так и при его прекращении; при более длительной экспозиции (3–4 ч) наблюдались снижение двигательной активности в период воздействия МП и резкое увеличение количества актов всплытий после прекращения генерации МП. Влияние магнитного поля частотой 36 Гц также зависело от длительности его воздействия на животное: экспозиция в течение 1 ч вызывала снижение двигательной активности во время и после воздействия МП; при более длительной экспозиции (2–4 ч) наблюдался рост количества актов всплытий как во время генерации МП, так и после прекращения его воздействия. Эксперименты с "мнимым воздействием" подтвердили достоверность полученных данных, так как во время их проведения значительных колебаний двигательной активности животного не наблюдалось.

Ключевые слова: серые тюлени, магнитное поле, поведение, воздействие, двигательная активность.

Введение

В процессе исследования поведения животных установлено, что некоторые из них воспринимают весьма слабые магнитные поля (например, магнитное поле Земли), однако лишь у немногих видов идентифицирован орган, ответственный за магниторецепцию. Выявлены два бесспорных случая наличия таких систем: кристаллы магнетита у бактерий; ампулы Лоренцини у пластинчатожаберных рыб. Магниторецепция, видимо, единственное чувство, характерное для животных, аналог которого не проявляется у человека. Способность воспринимать магнитное поле и отсутствие четко выраженного органа магниторецепции ставит перед учеными проблему, единственную в своем роде. Магниторецепция характерна для столь большого числа видов, что она, вероятно, представляет собой достаточно общее явление [1].

Независимо от того, каким именно образом осуществляется магниторецепция, геомагнитное поле следует рассматривать как фактор окружающей среды, имеющий потенциальную значимость для различных таксономических групп [2]. Интерес к электромагнитным полям в диапазоне 0,01–60 Гц обусловлен тем, что эти частоты попадают в диапазон собственных колебаний биотоков, генерируемых в организмах животных; они оказывают влияние на процессы, происходящие на клеточном и молекулярном уровнях, совпадают с ритмами функционирования головного мозга, нервной системы, сердца и других систем организма [3–5].

Арктические ластоногие подвержены воздействию мощных магнитных полей с различными пространственно-временными и частотно-амплитудными характеристиками; данное воздействие обусловлено близостью мест их обитания к северному магнитному полюсу. Интенсивность глобальных магнитных бурь и естественных колебаний геомагнитного поля в этом регионе на порядок превосходит показатели экваториальных областей [6]. Одной из ответных реакций организма животного на возникающие изменения параметров абиотических факторов, в том числе и электромагнитного поля, является изменение его поведения [7]. Устройство для исследования влияния искусственного магнитного поля на водные биологические объекты было создано специалистами Полярного геофизического института; с его помощью было изучено влияние магнитных полей на поведение настоящих тюленей [8].

Цель настоящего исследования – выявление изменений двигательной активности серого тюленя при воздействии на него магнитных полей частотой 2, 18 и 36 Гц в течение 1–4 ч на каждой частоте.

Объект и методы исследования

Объект исследования – половозрелая самка серого тюленя (*Halichoerus grypus* Fabricius, 1791) в возрасте 11 лет. Животное было отловлено в 2005 г., содержалось в условиях открытого вольерного аквакомплекса ММБИ в Кольском заливе.

Исследования проводились в устройстве для исследования влияния искусственного магнитного поля на водные биологические объекты (рис. 1). Центральная часть бассейна была оснащена деревянным помостом, расположенным на уровне среза воды. По периметру борта чаши располагалась излучающая МП антенна, подключенная к задающему генератору, установленному в аппаратной.

Температурный режим в аквариальной был установлен в пределах 16 ± 2 °С, продолжительность светового периода составляла 9 ч. Бассейн был заполнен пресной водой. Кормление животного осуществлялось два раза в день, в утреннее и вечернее время. На протяжении всего периода исследования тюлень получал одинаковое по весу и составу количество корма.

Искусственное магнитное поле генерировалось с помощью экспериментального источника, разработанного сотрудниками ПГИ; напряженность поля синусоидальной формы превышала напряженность геомагнитного поля (45–50 А/м). Состав источника магнитного поля включал задающий генератор с перестраиваемой несущей частотой в диапазоне 0,01–36 Гц и излучающую антенну, огибающую бассейн по периметру с образованием горизонтальной рамки (рис. 1).

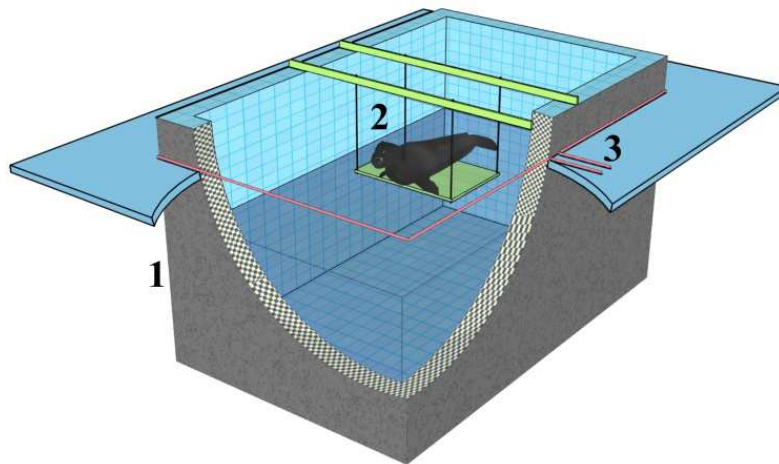


Рис. 1. План-схема бассейна аквариальной с излучающей МП антенной:

1 – чаша бассейна; 2 – помост; 3 – излучающая МП антенна

Fig. 1. The layout of the aquarium pool with the radiating magnetic field antenna:

1 – the pool; 2 – the platform; 3 – the radiating magnetic field antenna

Наблюдение за испытуемым животным осуществлялось с использованием камеры наружного наблюдения [корпусная видеокамера WAT-137LH, объектив TG2Z3514FCSComputar 1/3" (3,5–8,0 мм), APД-DD (77°–35°), в термокожухе SVS26]. Видеоматериал записывался с помощью TV-тюнера kWorld, установленного на персональный компьютер. Видеонаблюдение велось в течение 3–6 ч (с 10:00 до 16:00) на протяжении 80 дней; общая длительность видеоматериалов, снятых для последующей обработки, равнялась приблизительно 16 сут.

Задающий МП генератор, система видеонаблюдения и другое исследовательское оборудование располагалось в отдельном помещении; контакт животного с человеком во время проведения экспериментов был исключен.

Экспериментальные данные получены с использованием методов: 1) сплошного протоколирования (непрерывной и максимально полной записи всех действий животного); 2) регистрации отдельных поведенческих проявлений (во время наблюдения фиксируются все случаи проявления изучаемых действий) [9]. При обработке видеоматериала учитывались следующие поведенческие проявления: нахождение животного под водой и на поверхности, выход на помост, неспецифические позы и движения (при наличии).

Выбор частот для эксперимента обусловлен проведенными нами ранее исследованиями [10; 11]. В ходе исследования осуществлена серия экспериментов по воздействию на животное МП частотой 2, 18 и 36 Гц длительностью 1–4 ч на каждой частоте с пятикратным повторением каждого эксперимента. Для оценки степени изменений двигательной активности записывались фоновые наблюдения по 1 ч до и после воздействия МП. Также проведены пять экспериментов с "мнимым воздействием" длительностью от 3 до 6 ч, во время проведения которых задающий генератор и вспомогательное оборудование было включено, при этом МП не генерировалось. В качестве оценочного параметра двигательной активности тюленя выбран расчетный показатель всплытий за 1 мин.

При обработке полученных данных применена описательная статистика. Для установления зависимости результатов экспериментов с различной частотой ЭМП и эксперимента с "мнимым воздействием" использован коэффициент ранговой корреляции Спирмена. При определении зависимости между полученными данными в рамках одного эксперимента использовался *U*-критерий Манна – Уитни. Статистическая обработка полученных данных осуществлялась с помощью программного обеспечения Statistica 6.0 (StatSoft, USA).

Результаты и обсуждение

Расчетный показатель являлся средним значением частоты всплытий, совершаемых животным за определенный промежуток времени наблюдения. Всплытие тюленя связано с физиологически закрепленным актом дыхания, что делает регистрацию подобных поведенческих проявлений наиболее стабильной и наиболее полно отражающей двигательную активность особи в данный промежуток времени, поскольку чем больше двигательная активность животного, тем больше требуется кислорода организму для поддержания гомеостаза. Другими словами, существует прямая зависимость необходимости потребления кислорода с ростом интенсивности протекания физиологических процессов в организме животного [12].

Количество всплытий в период "до воздействия МП" зависит от активности животного в день проведения конкретного опыта и представляет собой величину, относительно которой оценивается двигательная активность тюленя во время экспозиции в магнитном поле (период "во время воздействия МП") и после прекращения его действия (период "после воздействия МП"). Двигательная активность серого тюленя носит сложный, вариативный характер, не является величиной постоянной, поскольку данному виду как представляется отряда хищников свойственно довольно сложное поведение. Увеличение или уменьшение количества всплытий в период "во время воздействия МП" может свидетельствовать о возбуждающем или угнетающем эффекте действия МП на тюленя. В случаях когда количество всплытий за минуту в период "после воздействия МП" снижается относительно периода экспозиции тюленя в МП, можно говорить о кратковременном эффекте действия МП без накопительного возбуждающего эффекта. Увеличение количества всплытий в период "после воздействия МП" относительно периода экспозиции свидетельствует о пролонгированном возбуждающем действии генерируемого магнитного поля.

При расчете коэффициента ранговой корреляции Спирмена для данных, полученных в экспериментах с "мнимым воздействием" и воздействием МП частотой 2, 18 и 36 Гц, статистически значимой связи между изменением частоты магнитного поля, воздействующей на тюленя, и частотой его всплытий за 1 мин не выявлено (при $p \leq 0,05$).

Расчет *U*-критерия Манна – Уитни для оценки достоверности различий параметра всплытий в минуту в рамках каждого из экспериментов с воздействием МП на тюленя для периодов "до воздействия", "во время воздействия"/"до воздействия", "после воздействия" показали наличие достоверных различий ($p \leq 0,05$). Аналогичные расчеты для экспериментов с "мнимым воздействием" достоверных различий не выявили (см. таблицу).

Таблица. Достоверность различий количества всплытий за минуту в экспериментах с воздействием МП и при "мнимом воздействии" по *U*-критерию Манна – Уитни
Table. The significance of differences in the number of emersions per minute in the experiments with the influence of MF and with "imaginary effect" according to the Mann – Whitney test

Показатель	2 Гц				18 Гц				36 Гц				"Мнимое воздействие"			
	Время воздействия, ч															
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
$U_{ЭМП}$	0/3	0/0,5	0/3,5	0/4	0/0	0/0	0/2	1,5/0	1,5/0	0/0	1/0	0,5/0	7/9	5/5,5	8/5	12/7
$U_{КР}$	4															
Число наблюдений	5/5															

На рис. 2 представлены результаты экспериментов воздействия на тюленя с генерируемым МП частотой 2 Гц. Как видно из диаграммы, во всех проведенных опытах наблюдается значительный рост двигательной активности тюленя при воздействии на него МП. Эффект воздействия МП частотой 2 Гц на серого тюленя можно оценить как возбуждающий (повышающий двигательную активность животного). При воздействии МП в течение 1–2 ч двигательная активность тюленя оказалась на одном уровне (0,47 всплытий/мин), тогда как воздействие в течение 3 ч снизило показатель до 0,35 всплытий/мин, а более продолжительное воздействие (4 ч), наоборот, вызвало максимальный рост расчетного параметра (0,56 всплытий/мин).

При воздействии на животное МП частотой 18 Гц картина его двигательной активности заметно изменяется (рис. 3). При экспозиции животного в МП длительностью 1 и 2 ч количество актов всплытий возрастает в 1,5–2 раза по сравнению с фоновыми наблюдениями в период "до воздействия МП" и продолжает расти после прекращения воздействия магнитного поля. Более длительное воздействие МП (3 и 4 ч), напротив, вызывает сокращение числа актов всплытий, совершаемых за одну минуту в период воздействия

этого поля, по сравнению с периодом "до воздействия" и резкое (в 1,5–2,5 раза) увеличение таких актов после прекращения воздействия. Общим явлением для всех проведенных опытов являлся рост количества актов всплываний после прекращения генерации МП вне зависимости от длительности его воздействия на животное.

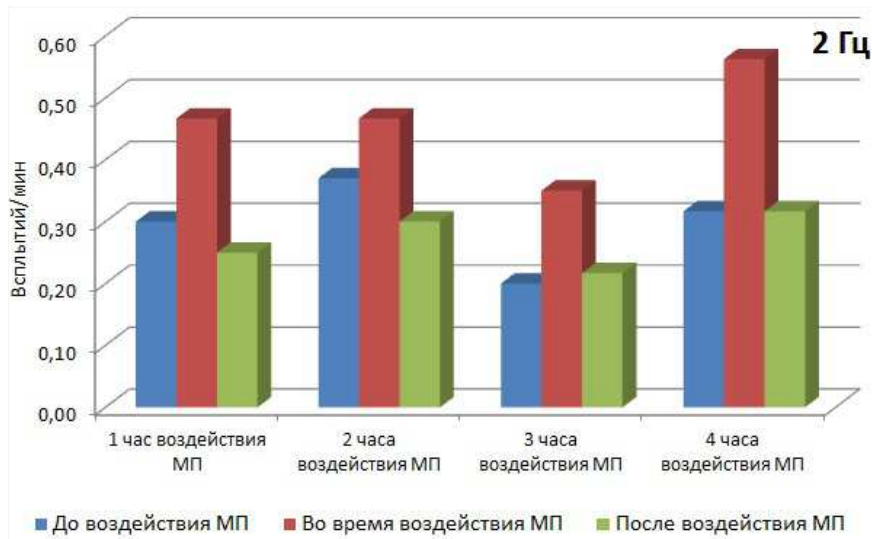


Рис. 2. Усредненное количество всплываний за минуту в экспериментах с генерируемым МП частотой 2 Гц
 Fig. 2. The average number of emersions per minute in the experiments with the generated MF frequency equal to 2 Hz

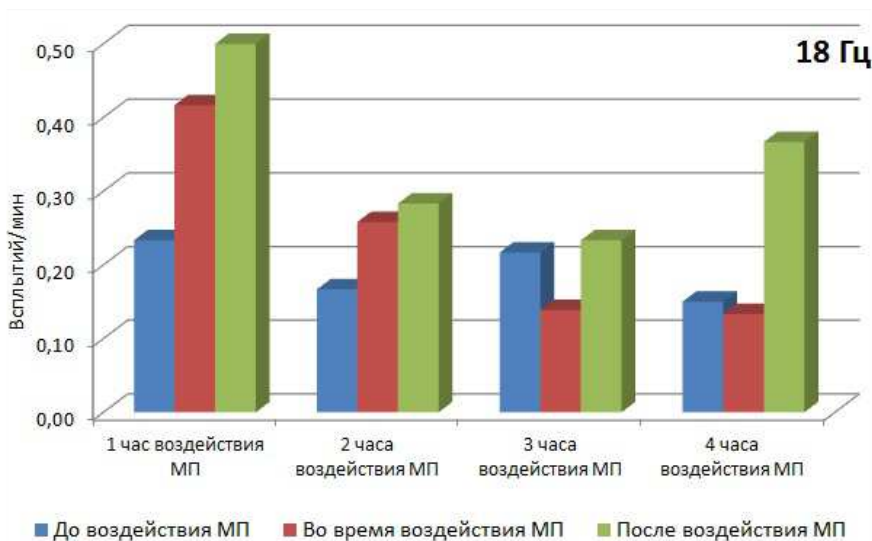


Рис. 3. Усредненное количество всплываний за минуту в экспериментах с генерируемым МП частотой 18 Гц
 Fig. 3. The average number of emersions per minute in the experiments with the generated MF frequency equal to 18 Hz

Результаты экспериментов с генерацией МП частотой 36 Гц показаны на рис. 4. В ходе опыта с воздействием МП длительностью 1 ч количество актов всплываний равнялось 0,50 в минуту в период "до воздействия МП"; при экспозиции животного в электромагнитном поле этот параметр снизился до 0,47 всплываний в минуту, после прекращения воздействия количество актов всплываний продолжило снижаться (0,37 всплываний в минуту). Противоположная картина наблюдалась при генерации магнитного поля длительностью 2, 3 и 4 ч. В этих опытах количество актов всплываний в минуту было минимальным в период "до воздействия МП", возрастало во время экспозиции животного в МП и продолжало расти после прекращения воздействия. Таким образом, воздействие магнитного поля частотой 36 Гц в течение двух и более часов вызывало рост двигательной активности тюленя как во время его генерации, так и после прекращения воздействия на животное.

Для подтверждения достоверности полученных данных были проведены опыты с "мнимым воздействием" (рис. 5). В данных экспериментах при включении экспериментального оборудования (период "во время воздействия МП") параметр всплывтий в минуту незначительно варьировал относительно периодов "до и после воздействия МП", что говорит об отсутствии реакции животного на включение оборудования. Двигательная активность животного характеризовалась как спокойная, без резких скачков количества актов всплывтий на протяжении всех экспериментов с "мнимым воздействием".

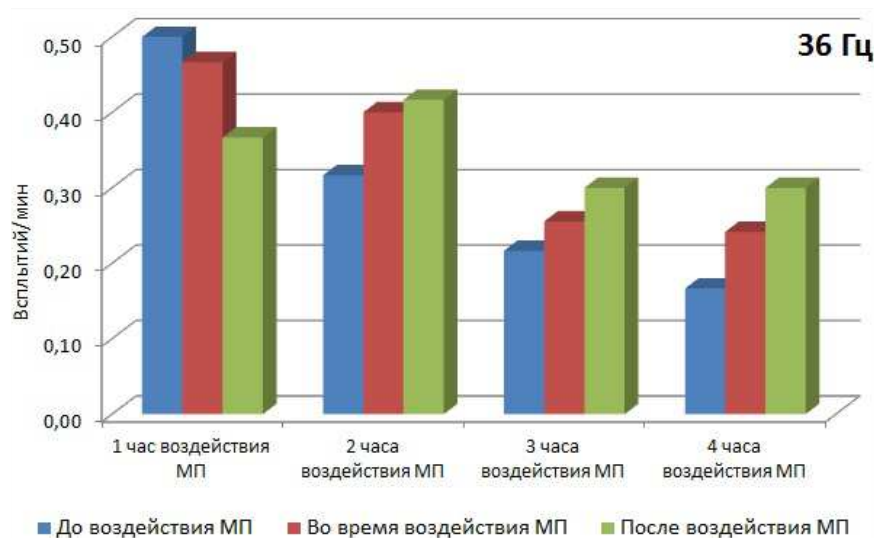


Рис. 4. Усредненное количество всплывтий за минуту в экспериментах с генерируемым МП частотой 36 Гц
Fig. 4. The average number of emersions per minute in the experiments with the generated MF frequency equal to 36 Hz

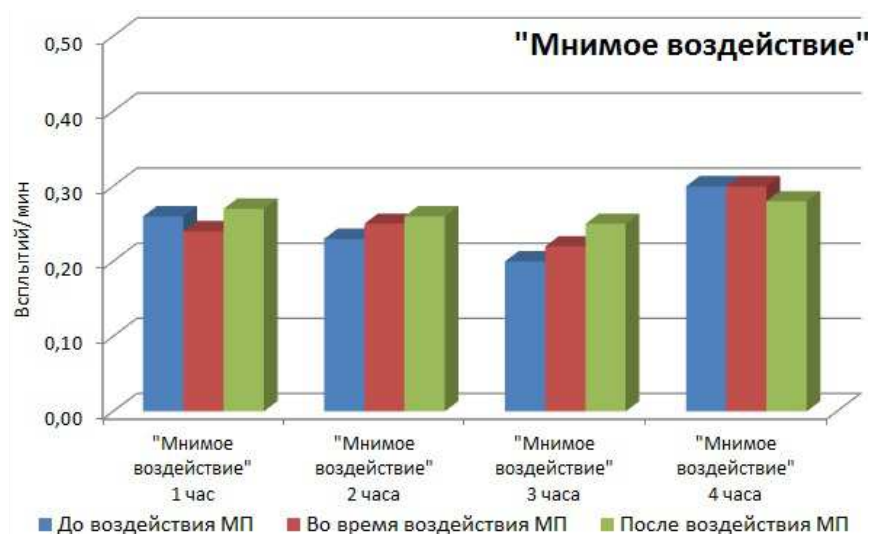


Рис. 5. Усредненное количество всплывтий в минуту в экспериментах при "мнимом воздействии"
Fig. 5. The average number of emersions per minute in the experiments with the "imaginary effect"

Полученные результаты не являются однородными. При воздействии магнитного поля частотой 2 Гц наблюдается общая тенденция увеличения числа всплывтий во время генерации МП, что может объясняться попаданием генерируемой частоты 2 Гц в область собственных колебаний ритма электрической активности нервно-мышечных синапсов животных, который, по разным данным, колеблется от 2 до 7 Гц. Воздействие МП на нервно-мышечные синапсы, по-видимому, вызывает рост двигательной активности животного, а прекращение генерации магнитного поля влечет за собой достаточно резкий спад двигательной активности тюленя. Генерируемое в наших опытах электромагнитное поле частотой 18 Гц имеет разнонаправленный эффект воздействия, зависящий от времени его воздействия. По некоторым данным, резонансные частоты сердца человека и различных видов млекопитающих находятся в диапазоне 10–20 Гц. Кроме того, частота 18 Гц достаточно близка к значениям второй моды электромагнитного поля резонатора

Земля – ионосфера, равной 14–16 Гц. Непродолжительное воздействие МП частотой 18 Гц (1–2 ч), по-видимому, вызывает предчувствие опасных гидрометеорологических явлений либо воздействует на сердечно-сосудистую систему животного, способствуя росту двигательной активности тюленя. Снижение двигательной активности в опытах с генерацией МП частотой 18 Гц продолжительностью 3 и 4 ч можно объяснить тем, что животное со временем понимает, что опасных природных явлений не наступает, и по этой причине активность тюленя не возрастает, а становится несколько ниже фоновых значений в период "до воздействия МП". Либо сердечно-сосудистая система тюленя с течением времени воздействия МП адаптируется к новым внешним условиям или ее деятельность подавляется, и показатель активности снижается. Электромагнитное поле частотой 36 Гц также имеет разнонаправленный эффект воздействия, зависящий от времени его действия. В некоторых работах отмечается, что магнитные поля частотой 20–40 Гц способны оказывать умственное утомление и усиление стресса у человека и животных. В процессе наших экспериментов воздействие МП частотой 36 Гц в течение часа, видимо, вызывает стресс у животного; наблюдается постепенное снижение количества всплытий во время экспозиции тюленя в МП и после прекращения его воздействия. Более длительное воздействие МП частотой 36 Гц (2–4 ч), возможно, вызывает более сильный стресс, который способствует нарастанию возбуждения и тревожности животного. Эксперименты с воздействием МП длительностью 2–4 ч сопровождались активным плаванием тюленя по периметру бассейна, его крайней возбужденностью; возможно, подобное поведение связано с желанием животного избавиться от подобных ощущений, поиском выхода из замкнутого пространства с целью уйти от стрессогенного фактора.

Выводы

В результате проведенных экспериментов по воздействию на серого тюленя электромагнитного поля частотой 2, 18 и 36 Гц длительностью 1–4 ч на каждой частоте можно сделать следующие выводы:

1. Воздействие магнитного поля частотой 2 Гц в течение 1–4 ч вызывает рост двигательной активности серого тюленя именно в период его воздействия; до воздействия МП и после прекращения его генерации количество актов всплытий значительно ниже.

2. Эффект воздействия МП частотой 18 Гц зависит от длительности данного воздействия: экспозиция в течение 1–2 ч вызывает рост двигательной активности тюленя как на протяжении воздействия, так и при его прекращении; более длительная экспозиция (3–4 ч) вызывает снижение двигательной активности в период воздействия и резкое увеличение количества актов всплытий после прекращения генерации МП.

3. Влияние магнитного поля частотой 36 Гц также зависит от длительности его воздействия на животное: экспозиция в течение 1 ч вызывает снижение двигательной активности во время воздействия МП и после прекращения его воздействия; более длительная экспозиция (2–4 ч) вызывает рост количества актов всплытий как во время генерации МП, так и после прекращения его воздействия на животное.

4. Эксперименты с "мнимым воздействием" подтвердили достоверность полученных данных, так как во время проведения данных опытов значительных колебаний двигательной активности животного не наблюдалось.

Библиографический список

1. Jungerman R. L., Rosenblum B. Magnetic induction for the sensing of magnetic fields. An analysis // *Journal of Theoretical Biology*. 1980. V. 87. P. 25–32.
2. Биогенный магнетит и магниторецепция. Новое о биомagnetизме : в 2 т. / под ред. Дж. Киршвинка, Д. Джонса, Б. Мак-Фаддена. М. : Мир, 1989.
3. Муравейко А. В., Степанюк И. А., Муравейко В. М., Фролова Н. С. Эффекты влияния электромагнитных полей в области "шумановских резонансов" на активность гидробионтов // *Вестник МГТУ*. 2013. Т. 16, № 4. С. 764–770.
4. Хабарова О. В. Биоэффективные частоты и их связь с собственными частотами живых организмов // *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. 2002. № 5. С. 56–66.
5. Барышев М. Г., Касьянов Г. И., Джимаков С. С. Влияние низкочастотного электромагнитного поля на биологические системы // *Известия вузов. Пищевая технология*. 2007. № 3. С. 44–48.
6. Паркинсон У. Введение в геомагнетизм. М. : Мир, 1986. 525 с.
7. Дьюсбери Д. Поведение животных. Сравнительные аспекты. М. : Мир, 1981. 80 с.
8. Устройство для исследования влияния искусственного электромагнитного поля на водные биологические объекты : пат. на полезную модель 166414 Рос. Федерация / Е. Д. Терешенко, В. Ф. Григорьев. № 2016125093 ; заявл. 22.06.2016 ; опубл. 27.11.2016, Бюл. № 33.
9. Попов С. В., Ильченко О. Г. Методические рекомендации по этологическим наблюдениям за млекопитающими в неволе. М. : Моск. зоопарк, 1990. 77 с.
10. Яковлев А. П., Михайлюк А. Л., Григорьев В. Ф. Оценка изменений параметров поведения серого тюленя при воздействии на него электромагнитных полей экстремально низких частот в диапазоне 0.01–36 Гц // *Вестник МГТУ*. 2016. Т. 19, № 1/2. С. 345–352.

11. Григорьев В. Ф., Яковлев А. П., Михайлюк А. Л., Григорьева Т. В. Экспериментальная установка для изучения изменений параметров поведения серого тюленя при воздействии на него электромагнитных полей экстремально низких частот в диапазоне 0,01–36 Гц // Гелиогеофизические исследования в Арктике : сб. трудов конф., г. Мурманск, 18–23 сентября 2016 г. Апатиты : ПГИ. С. 91–94.
12. Начала физиологии / под ред. А. Д. Ноздрачева. СПб. : Лань, 2002. 1087 с.

References

1. Jungerman R. L., Rosenblum B. Magnetic induction for the sensing of magnetic fields. An analysis // Journal of Theoretical Biology. 1980. V. 87. P. 25–32.
2. Biogennyi magnetit i magnitoretseptsiya. Novoe o biomagnetizme [Biogenic magnetite and magnetoreception. New about biomagnetism] : v 2 t. / pod red. Dzh. Kirshvinka, D. Dzhonsa, B. Mak-Faddena. M. : Mir, 1989.
3. Muraveiko A. V., Stepanyuk I. A., Muraveiko V. M., Frolova N. S. Effekty vliyaniya elektromagnitnyh poley v oblasti "shumanovskih rezonansov" na aktivnost gidrobiontov [The effects of electromagnetic fields on the activity of marine organisms in the Schumann resonance area] // Vestnik MGTU. 2013. V. 16, N 4. P. 764–770.
4. Khabarova O. V. Bioeffektivnye chastoty i ih svyaz s sobstvennymi chastotami zhivyh organizmov [Bioeffective frequency and their relationship with the natural frequencies of living organisms] // Biomeditsinskie tehnologii i radioelektronika. 2002. N 5. P. 56–66.
5. Baryshev M. G., Kas'yanov G. I., Dzhimak S. S. Vliyanie nizkochastotnogo elektromagnitnogo polya na biologicheskie sistemy [The influence of low-frequency electromagnetic field on biological systems] // Izvestiya vuzov. Pischevaya tehnologiya. 2007. N 3. P. 44–48.
6. Parkinson U. Vvedenie v geomagnetism [Introduction to geomagnetism]. M. : Mir, 1986. 525 p.
7. Dyusberi D. Povedenie zhivotnyh. Sravnitelnye aspekty [Animal behaviour: Comparative aspects]. M. : Mir, 1981. 80 p.
8. Ustroystvo dlya issledovaniya vliyaniya iskusstvennogo elektromagnitnogo polya na vodnyie biologicheskie ob'ekty [Device to study the effects of artificial electromagnetic fields on water biological objects] : pat. na poleznuyu model 166414 Ros. Federatsiya / E. D. Tereschenko, V. F. Grigor'ev. N 2016125093 ; zayavl. 22.06.2016 ; opubl. 27.11.2016, Byul. N 33.
9. Popov S. V., Il'chenko O. G. Metodicheskie rekomendatsii po etologicheskim nablyudeniym za mlekopitayuschimi v nevole [Methodical recommendations on ethological observations of mammals in captivity]. M. : Mosk. zoopark, 1990. 77 p.
10. Yakovlev A. P., Mihailyuk A. L., Grigor'ev V. F. Otsenka izmeneniy parametrov povedeniya serogo tyulena pri vozdeystvii na nego elektromagnitnyh poley ekstremalno nizkikh chastot v diapazone 0.01–36 Gts [Evaluation of changes in the behavior of the grey seal exposed to the electromagnetic field of extremely low frequencies (0.01–36 Hz)] // Vestnik MGTU. 2016. V. 19, N 1/2. P. 345–352.
11. Grigor'ev V. F., Yakovlev A. P., Mihailyuk A. L., Grigor'eva T. V. Eksperimentalnaya ustanovka dlya izucheniya izmeneniy parametrov povedeniya serogo tyulena pri vozdeystvii na nego elektromagnitnyh poley ekstremalno nizkikh chastot v diapazone 0,01–36 Gts [The experimental setup for studying changes in the behavior of the grey seal exposed to electromagnetic fields of extremely low frequencies in the range of 0.01-36 Hz] // Geliogeofizicheskie issledovaniya v Arktike : sb. trudov konf., g. Murmansk, 18–23 sentyabrya 2016 g. Apatity : PGI. P. 91–94.
12. Nachala fiziologii [Beginning of physiology] / pod red. A. D. Nozdracheva. SPb. : Lan, 2002. 1087 p.

Сведения об авторах

Яковлев Андрей Петрович – ул. Владимирская, 17, г. Мурманск, Россия, 183010; Мурманский морской биологический институт КНЦ РАН, мл. науч. сотрудник; e-mail: xloroplast@mail.ru

Yakovlev A. P. – 17, Vladimirskaaya Str., Murmansk, Russia, 183010; Murmansk Marine Biological Institute KSC RAS, Junior Researcher; e-mail: xloroplast@mail.ru

Григорьев Валерий Федосеевич – ул. Халтурина, 15, г. Мурманск, Россия, 183010; Полярный геофизический институт, помощник директора; e-mail: valgri@pgi.ru

Grigoriev V. F. – 15, Khalturina Str., Murmansk, Russia, 183010; Polar Geophysical Institute, Assistant Director; e-mail: valgri@pgi.ru

A. P. Yakovlev, V. F. Grigoriev

Change of physical activity of the grey seal when exposed to the magnetic field with frequencies of 2, 18 and 36 Hz for 1–4 hours

The results of studies of motor activity of the grey seal when exposed to magnetic fields with frequencies equal to 2, 18 and 36 Hz for 1–4 hours have been presented. The data have been obtained using the methods of continuous logging and registration of certain behavioral manifestations. As the evaluation parameter of motor activity of seals the estimated ratio of emersions per minute has been selected. It has been shown that depending on the frequency of the generated magnetic fields and duration of exposure in this animal, the motor activity of the seal can both be oppressed and increased significantly. The influence of the magnetic field with the frequency of 2 Hz on grey seal for 1–4 hours causes an increase in motor activity of the animal during the period of its exposure; before and after the exposure to MP the number of acts of emersions has been much lower. The effect of MP with the frequency of 18 Hz depends on its duration on the animal: exposure for 1–2 hours causes an increase in motor activity of the seal as during the impact, and at its termination; more prolonged exposure (3–4 hours) causes a decrease in motor activity in the period of MP impact and a sharp increase in acts of emersions after the termination of MP generation. The influence of the magnetic field with the frequency of 36 Hz depends on the duration of its effects on the animal: the exposure over 1 hour causes a reduction in motor activity during the MP exposure and after the cessation of its effects; longer exposure (2–4 hours) causes a rise in the number of acts of emersions as during the MP generation and after termination of its impact on the animal. Experiments with the "imaginary effect" confirm the validity of the obtained data as during all four experiences some significant fluctuation of animal motor activity has been observed.

Key words: grey seals, magnetic field, behaviour, influence, physical activity.