

Ю.Г. Крот, В.Д. Романенко, Т.И. Леконцева

Институт гидробиологии НАН Украины, Киев

ОСОБЕННОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДРЕЙССЕНО-ГАММАРИДНОЙ ГРУППИРОВКИ В УСЛОВИЯХ МИКРОКОСМА: СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУППИРОВКИ ДРЕЙССЕН И ГАМАРИД

Изучали особенности функционирования дрейссено-гаммаридного сообщества в условиях микрокосма. Показана динамика численности и биомассы беспозвоночных, размерно-возрастная структура. Обсуждается взаимосвязь процессов жизнедеятельности гидробионтов и устойчивости системы.

Ключевые слова:, дрейссены, гаммариды, структурно-функциональные характеристики, микрокосм

Yu.G. Krot, V.D. Romanenko, T.I. Lekontseva

Institute of Hydrobiology of NAS of Ukraine, Kyiv

FEATURES OF FUNCTIONING DREISSENS AND GAMMARIDS COMMUNITIES IN THE CONDITIONS OF MICROCOSM: STRUCTURAL-FUNCTIONAL DESCRIPTIONS OF COMMUNITIES OF DREYSSSEN AND GAMARID

There have been investigated the features of functioning of dreissens and gammarids communities in the conditions of microcosm. The dynamics of number and biomass of invertebrates, age-size structure of community were showed. The interconnection of vital activity processes of hydrobionts and system's stability is discussed.

Key words: dreissens, gammarids, structural-functional descriptions, microcosm

УДК [595.324.2:538] [597.554.3.116:537.3]

В.В. КРЫЛОВ¹, О.Д. ЗОТОВ², Ю.В. ЧЕБОТАРЕВА¹, Ю.Г. ИЗЮМОВ¹, Е.А. ОСИПОВА¹, А.В. ЗНОБИЩЕВА³, Н.А. ДЕМЦУН⁴

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия

²Геофизическая обсерватория «Борок», филиал ИФЗ РАН
пос. Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл., 152742, Россия

³Институт теоретической и экспериментальной биофизики РАН
ул. Институтская, 3, Пущино, Московская обл., 142290, Россия

⁴Таврический национальный университет им. В.И. Вернадского
пр-т Вернадского, 4, Симферополь 95007, Украина

ДЕЙСТВИЕ ТИПИЧНОЙ МАГНИТНОЙ БУРИ НА РАННИЙ ОНТОГЕНЕЗ *DAPHNIA MAGNA STRAUS* И *RUTILUS RUTILUS* (L.)

Модельная магнитная буря (ММБ) влияла на темпы раннего развития *Daphnia magna* Straus и *Rutilus rutilus* (L) и приводила к изменению некоторых морфо-биологических показателей после воздействия. Различные фазы ММБ обладали различной биологической эффективностью. Эффекты действия ММБ зависели от температуры.

Ключевые слова: магнитная буря, ранний онтогенез, температура, *Daphnia magna*, *Rutilus rutilus*

Накоплено огромное количество информации о связи магнитных бурь, вызванных вспышечной активностью Солнца, с различными биологическими явлениями [4]. Публикации по этой тематике сводятся к обнаружению корреляций между случившейся магнитной бурей и наблюдаемым явлением. Отсутствие экспериментальных работ не позволяет уверенно говорить о принципах действия магнитных бурь на биологические системы.

Цель работы – провести экспериментальное исследование влияния модели Н-компоненты типичной магнитной бури (ММБ) на раннее развитие *Daphnia magna* Straus и *Rutilus rutilus* (L.).

Матеріал и методи досліджень

Моделирование Н-компоненты типичной магнитной бури. Эксперименты проводили во время спокойной геомагнитной обстановки. Геомагнитная обстановка оценивалась по данным, представленным на сайте ИЗМИРАН. ММБ создавалась в рабочем объеме пары колец Гельмгольца. Реальный сигнал Н-компоненты магнитной бури воспроизводился в диапазоне частот 0–5 Гц. Направление магнитного поля ММБ совпадало с направлением Н-компоненты, а величина складывалась с соответствующей компонентой естественного магнитного поля Земли. Общая структура типичной магнитной бури постоянна [1]. В качестве модели была использована запись магнитной бури в Киото 28–30 декабря 1976 г. В ее динамике выделялись характерные фазы: внезапное начало, начальная фаза, главная фаза и фаза восстановления (рис. 1).

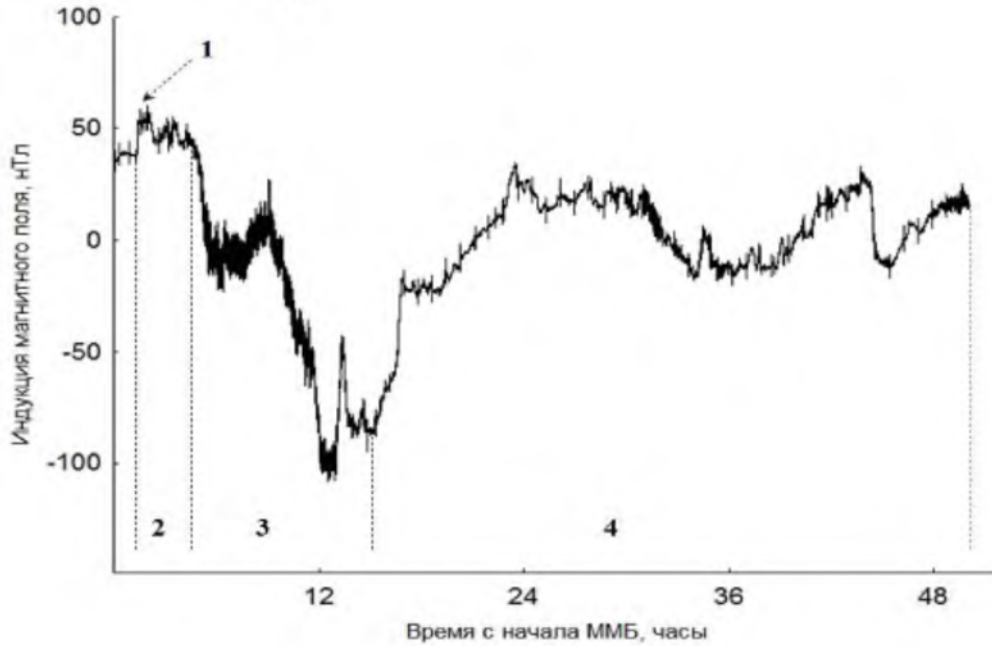


Рис. 1. Модельний сигнал Н-компоненти магнітної бурі: 1 –внезапное начало, 2 – начальная фаза, 3 – главная фаза, 4 – фаза восстановления

Действие ММБ на ранний онтогенез *D. magna*. Для экспериментов использовали лабораторную культуру, условия культивирования соответствовали стандартной методике биотестирования [5]. Экспозиции подвергались развивающиеся *in vitro* партеногенетические яйца *D. magna* [9]. Яйца извлекали из выводковой камеры самки через 3 часа после их выхода из яичников. Извлеченные яйца промывали, случайным образом разделяли на контрольные и опытные варианты, и помещали в малые чашки Петри. Чашки с опытными вариантами размещали в рабочем объеме колец Гельмгольца, контрольные варианты находились в условиях естественного магнитного поля. Во время инкубации с точностью до 15 мин. оценивали время наступления маркерных стадий развития: выход развивающихся эмбрионов из внешней яичевой оболочки (Т1) и выход развивающихся эмбрионов из внутренней яичевой оболочки (Т2).

Были проведены серии экспериментов при температурах 23⁰С и 21⁰С. Начало экспозиции эмбрионов в ММБ для каждой серии приходилось на время соответствующее различным фазам бури. Для оценки отдаленных последствий действия ММБ в раннем онтогенезе, особей из тех повторностей, которые экспонировались в ММБ с фазы внезапного начала, после отделения хвостовой иглы помещали в индивидуальные емкости со средой, где рачки развивались до дефинитивного состояния.

Действие ММБ на ранний онтогенез *R. rutilus*. Объектом экспозиции в ММБ была икра плотвы. Половые продукты были получены от одной пары производителей в мае 2009 года. Осеменение проводилось сухим способом, после чего икру поместили в кристаллизаторы с речной водой. Экспериментальная выборка экспонировалась в ММБ с момента оплодотворения икры до органогенеза. Кристаллизатор с контрольной икрой находился в условиях естественного магнитного поля. Личинок из контрольного и опытного вариантов после рассасывания желточного

мешка поместили в пруды с естественной кормовой базой на 4 месяца. Смертность плотвы в прудах была минимальной.

Результаты исследований и их обсуждение

Действие ММБ на ранний онтогенез D. magna. Время вылупления развивающихся эмбрионов *D. magna* из яйцевых оболочек представлено на рис. 2. Раннее развитие *D. magna* при температуре 23⁰С проходило закономерно быстрее, чем при 21⁰С. Заметна зависимость темпов выхода развивающихся эмбрионов из яйцевых оболочек от фазы ММБ, на которую пришлось начало экспозиции. В различных температурных условиях эффекты носили разнонаправленный характер.

Многофакторный дисперсионный анализ показал достоверное влияние фазы ММБ в момент начала экспозиции (F=4,66; p<0,05), температуры (F=437,28; p<0,001) и взаимодействия этих факторов (F=6,53; p<0,05) на время вылупления эмбрионов из первой яйцевой оболочки. На время вылупления эмбрионов из второй яйцевой оболочки достоверно влияла температура (F=979,0; p<0,001) и взаимодействие изучаемых факторов (F=5,1; p<0,05).

В экспериментах наблюдали увеличение смертности развивающихся эмбрионов при воздействии на них ММБ. Разница в сравнении с контролем составила в среднем 26% при действии ММБ с фазы внезапного начала при 21⁰С, 3% при действии ММБ с фазы восстановления при 21⁰С, 12% при действии ММБ с фазы внезапного начала при 23⁰С, 29% при действии ММБ с фазы восстановления при 23⁰С.

Смертность рачков, развившихся из партеногенетических яиц, находившихся в ММБ с фазы внезапного начала, была минимальна. Темпы созревания различались незначительно. Достоверных различий между контролем и опытом по числу рожденных потомков в экспериментах не наблюдали.

Размеры новорожденных особей у дафний, раннее развитие которых проходило при температуре 21⁰С, достоверно зависели от вывода, от действия ММБ в раннем онтогенезе и от взаимодействия этих факторов (F=582,61, p<0,001; F=45,66, p<0,001; F=64,88, p<0,001 соответственно). Если раннее развитие рачков проходило при 21⁰С, то дафнии из экспериментальных вариантов производили достоверно более мелкое потомство в первом выводке по сравнению с контролем (t=8,63, p<0,001). Для второго вывода различия в размерах производимого потомства были недостоверны.

Размеры новорожденных особей у дафний, раннее развитие которых проходило при температуре 23⁰С, достоверно зависели от действия ММБ в раннем онтогенезе (F=10,67, p<0,01). Если раннее развитие рачков проходило при 23⁰С, то дафнии из экспериментальных вариантов производили более крупное потомство в первом и во втором выводах по сравнению с контролем (t=1,63, p=0,11 и t=3,02, p<0,01 соответственно).

Действие ММБ на ранний онтогенез R. rutilus. Разница в выживаемости икры между контролем и опытом была незначима. Вылупление предличин, экспонировавшихся в ММБ, проходило более интенсивно по сравнению с контролем, где этот процесс был более растянут во времени. Смертность вылупившихся предличин в обоих вариантах была минимальной.

Действие ММБ в раннем онтогенезе приводило к достоверному снижению размерно-весовых показателей, а также к уменьшению числа лучей в анальном плавнике и к увеличению их количества в брюшных плавниках у опытных сеголетков по сравнению с контролем. Действие ММБ не влияло на общее число позвонков, но приводило к различному распределению количества позвонков в хвостовом и переходном отделе позвоночника. Были обнаружены достоверные различия между опытной и контрольной выборками по дисперсиям флуктуирующей асимметрии

для числа лучей в брюшных плавниках (в контроле $\sigma_s^2 = 0,144$, в опыте $\sigma_s^2 = 0,243$, p<0,05) и числа

прободенных чешуй в боковой линии (в контроле $\sigma_s^2 = 1,270$, в опыте $\sigma_s^2 = 0,865$; p<0,05).

Разнообразие сочетаний числа позвонков в отделах (V_a-V_i-V_c) у сеголетков, раннее развитие которых прошло в ММБ, было ниже, чем в контроле. Оценка с помощью критерия Животовского обнаружила достоверные отличия (в опыте $\mu = 6,417$, в контроле $\mu = 7,847$; p<0,05).

В опытном варианте рыб было обнаружено меньше особей с различными аномалиями осевого скелета [6], чем в контроле (17,52% и 35,06% соответственно). Различия достоверны с уровнем значимости 0,01. Корреляционный анализ показал достоверную положительную связь между длиной тела и числом аномалий в хвостовом отделе позвоночника (R=0,45) у рыб, раннее развитие которых прошло в ММБ. Определенной связи между аномалиями в осевом скелете и асимметрией в парных костях черепа не обнаружено.

Биологическая эффективность действия ММБ на раннее развитие *D. magna* и *R. rutilus* была подтверждена экспериментально.

Обнаружены различия в биологическом действии различных фаз ММБ на *D. magna*. Заметна четкая зависимость темпов раннего развития, оцененных по времени выхода развивающихся эмбрионов из яйцевых оболочек, от фазы ММБ в момент начала экспозиции. Ранее, на различных биологических объектах было показано как ускорение, так и замедление темпов развития при действии искусственных магнитных полей на ранние этапы развития [2]. Биологическая эффективность ММБ зависела от температурных условий. Находясь в различных физиологических состояниях, организм, по-видимому, может по-разному реагировать на действие такого фактора как магнитная буря. Можно предположить, что не только температурный режим во время раннего онтогенеза, но и другие факторы могут повлиять на проявление биологических эффектов ММБ.

Действие ММБ на *D. magna* в раннем онтогенезе приводило впоследствии в репродуктивном периоде к производству потомков, размеры которых были отличны от контроля. Поскольку наблюдались те же зависимости как в случае с темпами раннего развития, мы связываем эти изменения с т.н. “материнским эффектом” [8]. Ранее такой эффект был описан для *D. magna* при действии искусственного магнитного поля [3].

Действие ММБ на плотву приводило как к эффектам, сходным с теми, что были получены ранее в экспериментах с искусственными магнитными полями с интенсивностью на порядок выше (снижение размерно-весовых показателей, изменение числа позвонков в хвостовом отделе позвоночника), так и к противоположным эффектам (снижение разнообразия позвонковых фенотипов) [7]. Причина расхождений между результатами разнотипных экспериментов может крыться в сложной комбинации сменяющих друг друга факторов флуктуирующего магнитного поля в ММБ.

Работа поддержана Советом по грантам Президента РФ. Грант МК-239.2009.4.

1. Акасофу С.И. Солнечно-земная физика, ч. 2 / Акасофу С.И., Чепмен С. – М.: Мир. – 1975. – 509 с.
2. Бинги В.Н. Магнитобиология: эксперименты и модели / В.Н. Бинги. – М.: Изд-во МИЛТА, 2002. – 592 с.
3. Крылов В.В. Действие переменного электромагнитного поля сверхнизкой и низкой частоты на выживаемость, развитие и продукционные показатели *Daphnia magna* Straus (Crustacea, Cladocera) / В.В. Крылов // Биология внутренних вод. – 2008. – № 2. – С. 33–39.
4. Мартынюк В.С. У природы нет плохой погоды: космическая погода в нашей жизни / В.С. Мартынюк, Н.А. Темуриянц, Б.М. Владимирский. – К.: Изд-во Mavis. – 2008. – 178 с.
5. Методика определения токсичности воды по смертности и изменению плодовитости дафний. ПНД Ф Т 14.1.2:3:4.3-99. – М.: «Акварос», 1999. 50 с.
6. Чеботарева Ю.В. Аномалии в строении позвоночника у сеголеток плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) после воздействия токсикантов на ранние стадии развития / Ю.В. Чеботарева // Вопр. ихтиологии. – 2009. – Т. 49. – С. 102–110.
7. Чеботарева Ю.В. Влияние переменного электромагнитного поля на раннее развитие плотвы *Rutilus rutilus* (Cyprinidae, Cypriniformes) / Ю.В. Чеботарева, Ю.Г. Изюмов, В.В. Крылов // Вопр. ихтиологии. – 2009. – Т. 49. – С. 422–428.
8. Alekseev V. Maternal control of resting-egg production in *Daphnia* / Alekseev V., Lampert W. // Nature. – 2001. – Vol. 414. – P. 899–901.
9. Krylov V.V. Effects of electromagnetic fields on parthenogenic eggs of *Daphnia magna* Straus / V.V. Krylov // Ecotoxicology and Environmental Safety. – 2010. – Vol. 73. – P. 62–66.

В.В. Крылов¹, О.Д. Зотов², Ю.В. Чеботарева¹, Ю.Г. Изюмов¹, Е.А. Осипова¹, А.В. Знобичева³,
Н.А. Демун⁴

¹Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папаніна РАН, Борок, Росія

²Геофізична обсерваторія «Борок», філія ІФЗ РАН, Борок, Росія

³Інститут теоретичної і експериментальної біофізики РАН, Пушкіно, Росія

⁴Таврійський національний університет ім. В.І. Вернадського, Сімферополь, Україна

ДІЯ ТИПОВОЇ МАГНІТНОЇ БУРІ НА РАННІЙ ОНТОГЕНЕЗ *DAPHNIA MAGNA* STRAUS І *RUTILUS RUTILUS* (L.)

Досліджено вплив модельної магнітної бурі (ММБ) на ранній онтогенез *Daphnia magna* Straus і *Rutilus rutilus* (L.). Показано, що ММБ впливає на темпи раннього розвитку, а також призводить до зміни деяких морфо-біологічних показників після впливу. Виявлено, що різні фази ММБ володіють неоднаковою біологічною ефективністю.

Ключові слова: магнітна буря, ранній онтогенез, температура, *Daphnia magna*, *Rutilus rutilus*

V.V. Krilov¹, O.D. Zotov², Yu.V. Chebotareva¹, Yu.G. Izyumov¹, E.A. Osipova¹, A.V. Znobishcheva³, N.A. Demtsun⁴

¹ Institute of Biology of Inside Water RAS, Borok, Russia

² Geophysical Observatory of «Borok», branch of IFZ of RAS, Borok, Russia

³ Institute Theoretical and Experimental Biophysics of RAS, Pushchino, Russia

⁴ Tavrida National V.I. Vernadsky University, Simferopol', Ukraine

OPERATING OF TYPICAL MAGNETIC STORM IS ON EARLY ONTOGENESIS OF *DAPHNIA MAGNA* STRAUS AND *RUTILUS RUTILUS* (L.)

The action of the model of magnetic storm (MMS) on the early ontogenesis of *Daphnia magna* and *Rutilus rutilus* was studied. The influence of MMS on the rates of early ontogenesis in embryos, as well as on various morph-biological characters in juveniles was found. Different phases of MMS led to different biological effects.

Key words: magnetic storm, early ontogenesis, temperature, Daphnia magna, Rutilus rutilus

УДК 577.34(285)

М.І. КУЗЬМЕНКО, Д.І. ГУДКОВ, О.Г. ВОЛКОВА, В.В. БЕЛЯЄВ, В.Г. КЛЕНУС,
О.Є. КАГЛЯН, Н.Л. ШЕВЦОВА, З.О. ШИРОКА, Л.П. ЮРЧУК

Інститут гідробіології НАН України

пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ 04210

РАДІОЕКОЛОГІЧНА СИТУАЦІЯ У ВОДОЙМАХ УКРАЇНИ

Викладені результати багаторічних радіоекологічних досліджень водойм України. Встановлена питома активність найбільш біологічно небезпечних радіонуклідів техногенного походження ⁹⁰Sr, ¹³⁷Cs та трансуранових елементів ^{238,239,240,241}Pu, ²⁴¹Am в абіотичних та біотичних компонентах водних екосистем Зони відчуження Чорнобильської АЕС, р. Дніпро, його основних притоків та водосховищ. Акцентується увага на складній радіоекологічній ситуації, що продовжує зберігатися у водоймах Зони відчуження ЧАЕС.

Ключові слова: радіонукліди, питома активність, вода, донні відклади, гідробіонти, риби

Починаючи з середини ХХ ст. біосфера почала зазнавати забруднення штучними радіонуклідами. У 1945–1981 рр. в атмосфері були здійснені сотні ядерних вибухів, що призвели до підвищення глобального радіаційного фону. У біосферу надійшло близько 578 ПБк ⁹⁰Sr, 5550 ПБк ¹³¹I, 949 ПБк ¹³⁷Cs [5]. До наземних і водних екосистем планети радіонукліди надходили у складі глобальних випадіння у досить малих концентраціях і говорити про їх дію на біосистеми не доводилося.

До введення в експлуатацію Чорнобильської АЕС у воді р. Прип'ять питома активність радіонуклідів визначалася глобальними випадіннями і реєструвалася у межах: ⁹⁰Sr – 0,37·10⁻² – 1,59·10⁻²; ¹³⁷Cs – 0,37·10⁻² – 1,33·10⁻² Бк/дм³. В умовах безаварійної роботи ЧАЕС істотно не впливала на вміст радіонуклідів у воді прилеглих водойм: водойми-охолоджувача, р. Прип'ять та Київського водосховища.

Внаслідок Чорнобильської катастрофи в природне середовище було викинуто близько 3 % радіонуклідів, накопичених на час аварії у 4-му енергоблоці, сумарною активністю близько 1,85·10¹⁸ Бк [3]. У природне середовище надійшло близько 450 різних радіонуклідів 70-ти хімічних елементів. Основні радіоекологічні проблеми і біологічну небезпеку зумовили радіонукліди: ⁹⁰Sr, ¹³¹I, ¹³⁷Cs, ^{238,239,240,241}Pu, ²⁴¹Am. Вказані радіонукліди утворюють як розчинні, так і нерозчинні сполуки.

У зруйнованому вибухом реакторі відбувалися багатофазні процеси, які зумовлювали формування забруднення радіоактивними речовинами територій різновіддалених від ЧАЕС. Радіонукліди ⁹⁰Sr, ^{141,144}Ce і ²⁴¹Am більш як на 90% були викинуті у складі так званих "гарячих" часточок ядерного палива розміром близько 10 мкм і менше. Забруднення Зони відчуження ¹³⁷Cs на 75% пов'язано з паливними часточками. Північно-західний радіоактивний слід, що охопив території Київської, Житомирської, Рівненської та інших областей України, характеризується високим вмістом легколетних форм радіонуклідів, північний слід також має подібні властивості, а