

## ОРИЕНТАЦИОННОЕ ПОВЕДЕНИЕ НАЗЕМНОГО МОЛЛЮСКА *HELIX SP.* КАК БИОИНДИКАТОР ВОЗМОЖНОГО АЭРОЗОЛЬНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПРИБРЕЖНОЙ ПОЛОСЫ

Н. Н. Камардин<sup>1,2</sup>, В. А. Любимцев<sup>1</sup>, С. В. Холодкевич<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Санкт-Петербургский научно-исследовательский Центр экологической безопасности РАН, Санкт-Петербург, РФ, nik-kamardin@yandex.ru

<sup>2</sup> Ресурсный центр «Обсерватория экологической безопасности» Научного парка СПбГУ, Санкт-Петербург, РФ

Интегральные изменения качества морского аэрозоля анализировались специально разработанной системой биоиндикационной системы с использованием ориентационного поведения наземных моллюсков *Helix sp.*, обитающих в береговой зоне Черного моря. Продемонстрированы реакции моллюсков на додецилсульфат натрия, цикламат и природные морские аэрозоли.

*Ключевые слова:* биоиндикация, моллюски, морские аэрозоли

Морской аэрозоль оказывается аномально обогащенным такими элементами, как Pb, Cu, Mn, Fe, Cd, Hg, Ag, Zn [1]. В состав поверхностного слоя водной поверхности прибрежных акваторий, часто добавляются неспецифические загрязняющие вещества, антропогенного происхождения (б/у лекарственные препараты и биодобавки, СПАВ, нефтепродукты). Существующая проблема обеспечения экологической безопасности прибрежных территорий, требует разработки дешёвых экономичных и одновременно более быстрых, желательно в режиме on line, методов обнаружения опасных уровней загрязнения воздушной среды прибрежной зоны. Для анализа аэрозольных частиц могут быть использованы методы и инструментальные средства биоиндикации, основанные на физиологических биомаркерах. Этому посвящено настоящее исследование, которое проводилось в лабораторных и природных условиях на Черноморском побережье в районе г. Севастополь.

**Материал и методы.** Интегральные изменения качества аэрозоля анализировались специально разработанной системой биоиндикационной системы с использованием ориентационного поведения наземных моллюсков *Helix sp.*, обитающих в береговой зоне Черного моря. Закрепленные подвижно над вращающимися шарами, моллюски совершают повороты вправо и влево от оси движения, а электромагнитный датчик с программным обеспечением изображает на экране компьютера траектории движения 6 моллюсков одновременно. Кроме того, осуществляется интеграция всех направлений движений в виде импульсной кривой, представленной на отдельном канале монитора. Подсчет отдельных импульсов этой кривой за 1-минутный интервал и последующая статистическая обработка числовых последовательностей с помощью программного пакета «GraphPad Prism 5.0» позволили анализировать двигательную активность 6 моллюсков одновременно. Числовые последовательности до и после воздействия проверяли на соответствие нормальному распределению (тест на нормальность). Вычисляли среднее арифметические величины и их ошибки. Определяли достоверные различия между средними значениями до и после воздействия и вовремя отмывки. За достоверные принимались отличия средних вычисленных для непарных величин по критерию  $t$ , по критерию Вилкоксона и F-тесту Фишера при уровне значимости  $p \leq 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Предложенная биоэлектронная система использует дистантную хеморецепцию, хорошо развитую у наземных моллюсков [2]. Замена аэрозоля из дистиллированной воды на морскую (20 ‰) приводит к снижению двигательной активности в начале воздействия с её последующим восстановлением (рис. 1).

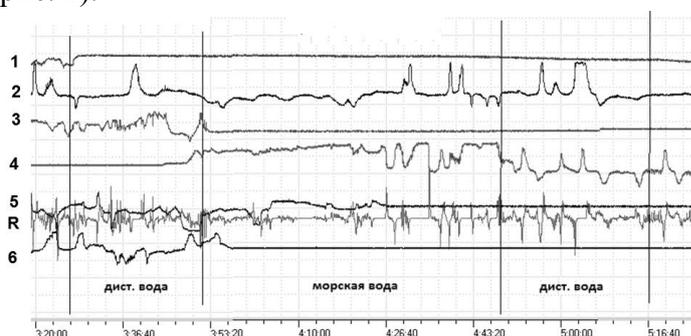


Рис. 1 Оригинальная запись двигательной активности 6 моллюсков (1-6).  
R – интегральная кривая.  
Ось X – время в минутах

При усреднении средняя арифметическая величина двигательной активности не отличается достоверно от фона (рис. 2). Небольшое торможение движения моллюсков, очевидно, связано с деполяризацией сенсорных клеток нижней пары щупалец улитки.

В последние десятилетия с увеличением производства сахарозаменителей и напитков с их применением встает вопрос о возможном загрязнении ими водной, а через механизм волновой генерации аэрозолей – и воздушной среды. Цикломат является одним из широко применяемых заменителей. Замена дистиллированной воды на раствор цикломата 20,0 мг/дм<sup>3</sup> приводила к увеличению двигательной активности моллюсков (рис. 3).

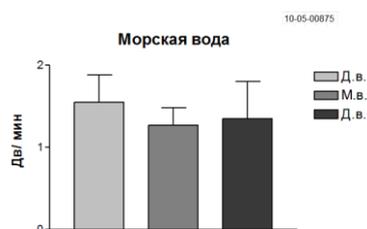


Рис. 2 Гистограмма среднеарифметических значений двигательной активности у 18 моллюсков при смене пресного аэрозоля на морской. Вертикальные линии – ошибка среднего. Д. в – дистиллированная вода. М. в. – морская вода

Статистическая обработка среднеарифметических значений двигательной активности *Helix* sp. показала достоверное увеличение числа ориентировочных движений моллюсков при воздействии на них аэрозоля, приготовленного из раствора цикламата 20,0 мг/дм<sup>3</sup> на дистиллированной воде. Как известно, цикламат имеет сладкий вкус, примерно в 30 раз более сладкий, чем сахар. Наземные моллюски реагируют на D - глюкозу и другие сахара и демонстрируют положительную ориентацию к этим сладким веществам, входящим в состав пищи [3]. Увеличение двигательной активности моллюсков на цикламат продемонстрировано впервые.

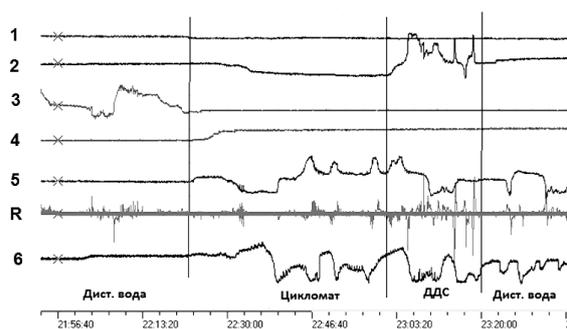


Рис. 3 Запись двигательной активности 6 моллюсков при аэрозольном воздействии цикламата и додецилсульфата натрия (ДДС). Остальные обозначения – как на рис. 1.

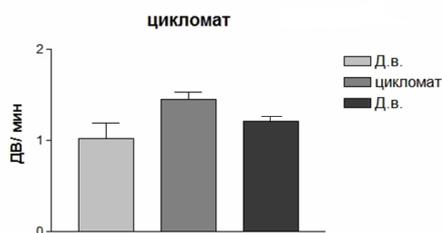


Рис. 4 Гистограмма среднеарифметических значений двигательной активности у 6 моллюсков при смене морского аэрозоля на аэрозоль из цикламата. Вертикальные линии – ошибка среднего

Додецилсульфат натрия (ДДС) является основным компонентом самых разнообразных моющих средств. В разгар курортного сезона его концентрация в морских аэрозолях повышается, особенно в ветреные, штормовые дни (устное сообщение Сыроежкина А. В., Институт океанографии РАН). Нами было показано, что аэрозоль, приготовленная на морской или дистиллированной воде с концентрацией ДДС  $0,3 \text{ гр/дм}^3$ , вызывает активизацию двигательной активности с быстрым выбором направления движения от источника аэрозоли (рис. 5).

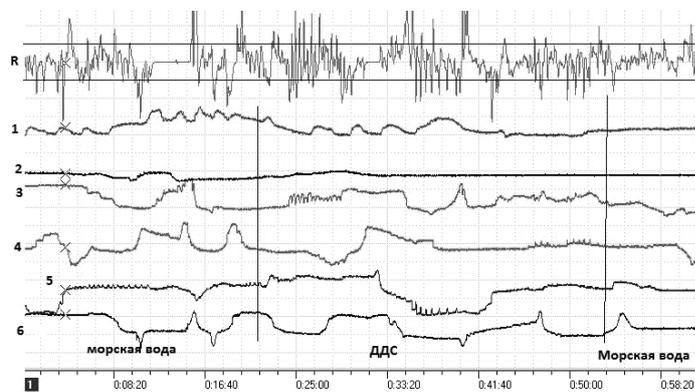


Рис. 5 Запись двигательной активности 6 моллюсков при аэрозольном воздействии ДДС

Подсчет высокоамплитудных колебаний интегральной кривой, указывающих на совпадение направления движения моллюсков, выявил достоверные отличия между фоном и воздействием аэрозоля с ДДС. Поведенческая реакция достоверно зарегистрирована на достаточно низкие концентрации ДДС в микрокаплях аэрозоля (рис. 5).

Так, микрокапельная фракция аэрозоля (диаметр  $\approx 1 \text{ мкм}$ ), а именно она обладает летучими свойствами, содержит примерно  $5 \text{ мкг/дм}^3$  ДДС, что выше ПДК<sub>дс</sub> для воздуха в пересчете на  $\text{дм}^3$  ( $0,01 \text{ мкг/дм}^3$ ). Биомаркер ориентационного поведения моллюсков позволяет устойчиво регистрировать не только искусственные аэрозоли, но и природные при небольшом ветре непосредственно у уреза воды. На рис. 7 представле-

ны зарегистрированные интенсивные поисковые движения животных при открывании крышки террариума (срединная часть записи, выделенная линиями).

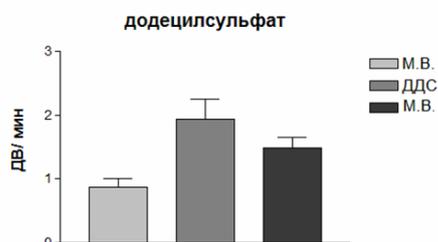


Рис. 6. Гистограмма среднеарифметических значений двигательной активности у 6 моллюсков при смене морского аэрозоля на аэрозоль из ДДС. Вертикальные линии – ошибка среднего

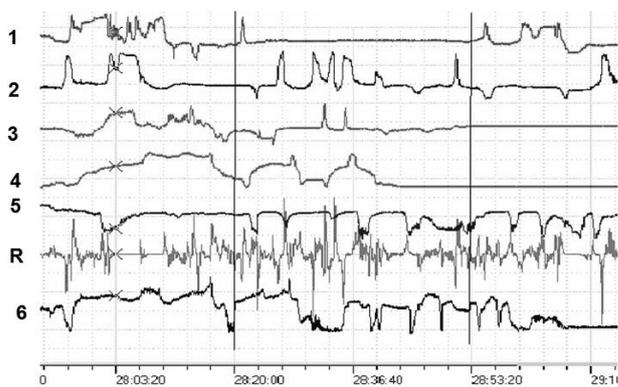


Рис. 7 Оригинальная запись двигательной активности 6 моллюсков. Появление природного аэрозоля неизвестной природы приводит к изменению ориентационного поведения. Действие морского аэрозоля отмечено вертикальными линиями

Работа выполнена с использованием оборудования Ресурсного центра «Обсерватория экологической безопасности» Научного парка СПбГУ.

1. Лапшин В. Б., Чичаева М. А., Матвеева И. С., Чичаев А. Н., Колесников М. В., Сыроешкин А. В. Тяжелые металлы, алюминий и мышьяк в аэрозолях Атлантического, Северного Ледовитого океанов и европейских морей России// Электронный научный журнал «ИССЛЕДОВАНО В РОССИИ» 2010, 393, <http://zhurnal.ape.relarn.ru/articles/2010/034.pdf>.
2. Roshchin M., Balaban P. M. Neural control of olfaction and tentacle movements by serotonin and dopamine in terrestrial snail // J. Comp. Physiol. A. Neuroethol. Sens. Neural Behav. Physiol. 2012. V. 198, 2, P. 145–158.
3. Croll R. P., Chase R. Plasticity of olfactory orientation to foods in the *Achatina fulica* // J. Comp. Physiol. 1980, Vol. 122(4). P. 421–428.

## THE ORIENTATIONAL BEHAVIOR OF MOLLUSK *HELIX* SP. AS A BIOLOGICAL INDICATOR OF POSSIBLE AIRBORNE CONTAMINATION OF THE COASTAL STRIP

N. N. Kamardin<sup>1,2</sup>, V. A. Lyubimtsev<sup>1</sup>, S. V. Kholodkevich<sup>1</sup>

<sup>1</sup> St. Petersburg Scientific Research Center for Ecological Safety of RAS, Saint-Petersburg, RF,  
nik-kamardin@yandex.ru

<sup>2</sup> Observatory of Ecological Safety of St. Petersburg State University, Saint-Petersburg, RF

Integral change of the quality of marine aerosol was analyzed by bioindication system using the orientation behavior of mollusks *Helix* sp. living in the coastal zone of the Black Sea. The mollusks reactions at sodium dodecyl sulfate, cyclamate and natural marine aerosols were demonstrated.

*Key words:* bioindication, mollusks, marine aerosols