

Владимир Яковлевич Исмаилов

Федеральный научный центр биологической защиты растений, заведующий лабораторией, ведущий научный сотрудник лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых, кандидат биологических наук, Краснодар, Россия

E-mail: vlyaism@yandex.ru

Александр Александрович Команцев

Федеральный научный центр биологической защиты растений, младший научный сотрудник лаборатории химической коммуникации и массового разведения насекомых, Краснодар, Россия

E-mail: alex.agro83@mail.ru

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА ДЕЗОРИЕНТАЦИИ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ЧИСЛЕННОСТИ ВОСТОЧНОЙ И СЛИВОВОЙ ПЛОДОЖОРОК

Цель исследования – оценка применения бинарных феромонных дезрапторов для нарушения половой химической коммуникации двух доминирующих вредителей восточной и сливовой плодовых моths на сливе и персике. Исследование проводилось в 2019–2020 гг. в хозяйствах Краснодарского края ИП КФХ Щербаков Н.А и СПК «Светлогорское» Абинского района, на сливе сорта Стенлей (площадь 3 га) и персике сорта Золотой Юбилей (площадь 7 га). Для дезориентации восточной *Grapholitha molesta* Busck и сливовой *Grapholita funebrana* Tr. плодовых моths на сливе и персике использовали полифункциональные дезрапторы, ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д. Диспенсеры с исходной нормой расхода феромона в количестве 300 шт. на сливе и 250 шт. на персике на 1 га развешивали на деревья на высоте 1,5–2 м от поверхности почвы, равномерно распределяя по всей площади. Эффект дезориентации рассчитывали по количеству самцов, отловленных на участках дезориентации, в сравнении с контрольными. Установлен высокий эффект дезориентации на сливе, который при норме расхода феромона 300 диспенсеров/га составил 99,7 %, на персике при расходе феромона 250 диспенсеров/га – 100 %. Поврежденность плодов сливы в опыте составила 0,8 %, в контроле – 34,7 %, на персике в опытном варианте – 0,5 %, в эталоне – 7,8 % (химическая защита). Продолжительность дезориентирующего защитного действия феромонов составляла до 4 месяцев. В результате исследования выявлена высокая эффективность комплексной половой дезориентации доминирующих вредителей на основе многокомпонентных феромонных испарителей.

Ключевые слова: феромоны, дезориентация, восточная плодовая мотылька *Grapholitha molesta* Busck, сливовая плодовая мотылька *Grapholita funebrana* Tr., многоцелевые дезраптеры.

Vladimir I. Ismailov

Federal Research Center of Biological Plant Protection, Head of the laboratory, leading researcher of the laboratory of chemical communication and mass breeding of insects. Candidate of biological Sciences – Krasnodar, p/o 39, 350039, Russia

E-mail: vlyaism@yandex.ru

A.A. Komantsev

Federal Research Center of Biological Plant Protection, junior researcher of the laboratory of chemical communication and mass breeding of insects, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russia

E-mail: alex.agro83@mail.ru

DISORIENTATION METHOD APPLICATION TO CONTROL THE EASTERN AND PLUM MOTHS NUMBER

The purpose of the study is to evaluate the use of binary pheromone disruptors for disrupting sexual chemical communication between the two dominant pests of the eastern and plum moth on plums and peaches. The study was conducted in 2019–2020 in the farms of the Krasnodar Region of the IE farm

Shcherbakov N.A. and the Svetlogorskoye agricultural enterprise of the Abinsky District, on the plum of the Stanley variety (area 3 hectares) and the peach variety Zolotoy Yubiley (area 7 hectares). To disorientate the eastern Grapholitha molesta Busck and the plum Grapholita funebrana Tr. moth on plum and peach polyfunctional disruptors, SHIN-ETSU MD VP TT, D were used. Dispensers with the initial rate of pheromone consumption in the amount of 300 pcs. on a plum and 250 pcs. on a peach per 1 ha were hung on trees at a height of 1.5–2 m from the soil surface, evenly distributing over the entire area. The disorientation effect was calculated by the number of males caught in the disorientated areas in comparison with the controls. A high disorientation effect was established on the plum, which at a pheromone consumption rate of 300 dispensers / ha was 99.7 %, on a peach with a pheromone consumption of 250 dispensers/ha – 100 %. Damage to plum fruits in the experiment was 0.8 %, in the control – 34.7 %, on a peach in the experimental version – 0.5 %, in the standard – 7.8 % (chemical protection). The duration of the disorienting protective effect of pheromones was up to 4 months. The study revealed a high efficiency of complex sexual disorientation of dominant pests based on multicomponent pheromone vaporizers.

Keywords: pheromones, disorientation, Eastern moth *Grapholitha molesta* Busck, plum moth *Grapholita funebrana* Tr., multipurpose disrupters.

Введение. В настоящее время половым феромонам отводится все более возрастающая роль в стратегии и тактике защиты растений. Обладая высокой биологической активностью, они малотоксичны, высокоспецифичны и являются экологически безопасными средствами мониторинга и контроля численности вредителей [1, 2].

Известны различные способы применения половых феромонов насекомых в защите сельскохозяйственных культур, как с целью изучения динамики численности, распространенности видов, так и для борьбы с вредными видами путем применения половых феромонов с целью дезориентации [3, 4].

Химическая коммуникация для большинства видов насекомых, в том числе и вредных, является основным инструментом для взаимодействия с окружающей средой и ориентации в ней [5]. На основании данной биологической особенности базируются методы феромонного мониторинга и нарушения естественных репродуктивных функций популяций вредных видов.

В мониторинге феромонные ловушки получили широкое применение, так как с их помощью возможно раннее обнаружение вредных насекомых даже при очень низкой численности, что особо важно для выявления адвентивных видов, а по производительности данный метод учета превосходит другие в несколько раз [6, 7]. Применение феромониторинга актуально для любой системы защиты растений, начиная от химической и интегрированной с приоритетом химических обработок и особенно биологической в технологиях органического растениеводства. На основе применения феромонных ловушек были разработаны количественные показатели экономических порогов вредоносности

(ЭПВ), с помощью которых можно весьма оперативно определять необходимость и сроки обработок инсектицидами (химическими или биологическими) или выпуска энтомофагов [8–10].

Применение феромонных ловушек для надзора и оптимизации химических обработок позволяет повысить их биологическую эффективность и значительно сократить количество используемых инсектицидов, что дает высокий экономический эффект и снижает негативное влияние последних на окружающую среду [11].

Значительные успехи в оптимизации сроков защитных мероприятий достигнуты для яблонной, восточной, сливовой плодожорки и ряда видов садовых листоверток [12].

Помимо мониторинга синтетические феромоны и аттрактанты применяются для дезориентации вредителей, их массового отлова или агрегации в местах обработки инсектицидами. Наибольшее распространение имеет метод половой дезориентации, так как он весьма эффективен и может применяться как альтернатива химическим обработкам [13, 14].

Цель исследования: оценка применения бинарных феромонных дистрапторов для нарушения половой химической коммуникации двух доминирующих вредителей восточной и сливовой плодожорки на сливе и персике.

Материалы и методы исследования. Исследование проводилось в течение двух лет (2019 и 2020 гг.) в хозяйствах Краснодарского края ИП КФХ Щербаков Н.А. и СПК «Светлогорское» Абинского района, на сливе сорта Стенлей (площадь 3 га) и персике сорта Золотой Юбилей (площадь 7 га). Данные хозяйства специализируются на выращивании плодовых культур по технологии органической системы земледелия.

Зона проведения испытания – Абинский район, который расположен на Кубано-Приазовской низменности в южно-предгорной зоне и характеризуется разнообразием почвенно-климатических условий. Климат Абинского района умеренно континентальный, с продолжительным жарким летом и сравнительно мягкой теплой весной. Переходные сезоны выражены не всегда отчетливо. Характерны: среднегодовая температура – 10,6–10,8 °С, сумма эффективных температур – 3000–3500 °С, безморозный период – более 200 дней, с годовой суммой осадков 600 мм, коэффициентом увлажнения 0,4.

Для дезориентации восточной *Grapholitha molesta* Busck и сливовой *Grapholitha funebrana* Tr. плодояжорки на сливе и персике использовали полифункциональные дидрапторы, ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д Шин-Етсу Кемикал Ко., ЛТД (423 мг/диспенсер Z-8-Додеценил ацетат + 27 мг/диспенсер E-8-Додеценил ацетат + 5 мг/диспенсер Z-8 Додеценон). Диспенсеры с исходной нормой расхода феромона в количестве 300 шт. на сливе и 250 шт. на персике на 1 га, развешивали на сливу и персик на высоте 1,5–2 м от поверхности почвы, равномерно распределяли на всей площади. Схема опыта представлена в таблице 1.

Таблица 1

Схема опыта

Вариант	Норма расхода препарата
1. Контроль / эталон	–
2. ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д	300 диспенсеров / га (слива) 250 диспенсеров / га (персик)

В контрольном варианте на сливе обработки не проводились, в опытном варианте была проведена обработка биофунгицидами (азолен 3 л/га, бактофит 2 л/га (в течение сезона 3-кратно)).

В опытном варианте на персике в течение вегетации – обработка биофунгицидами (азолен 3 л/га, бактофит 2 л/га) (3 обработки за вегетационный период); контроль (интегрированная защита) – обработка инсегар 0,6 кг/га (2 обработки), люфокс 1 л/га (1 обработка), лепидоцид 3 кг/га (3 обработки).

Для определения эффекта дезориентации на опытных и контрольных участках устанавливали по пять феромонных (клеевых) ловушек восточной и сливовой плодояжорки, учет отловленных ими самцов проводили еженедельно в течение 4 месяцев.

Эффект дезориентации рассчитывали по количеству самцов, отловленных на участках дезориентации, в сравнении с контрольными, используя модифицированную формулу Чемберлена: $\mathcal{E} = K_1 - K_2/K_1 \cdot 100 \%$, где \mathcal{E} – эффект дезориентации, %; K_1 – количество самцов, отловленных в среднем на одну ловушку в контроле, экз.; K_2 – количество самцов, отловленных в среднем на одну ловушку на участке дезориентации, экз.

Биологическую эффективность определяли по количеству плодов сливы и персика, поврежденных восточной и сливовой плодояжорками на опытных участках в сравнении с контролем.

Подсчет проводили в урожае из 300 просмотренных плодов на 10 модельных деревьях в каждом варианте опыта.

Результаты исследования и их обсуждение. Основа метода дезориентации заключается в нарушении феромонной связи внутри популяции насекомых. Механизмом такой регуляции является адаптация хеморецепторов самцов, нарушающая поиск самок и спонтанное семяизвержение, в результате чего происходит достоверное уменьшение продолжительности их жизни, сокращение периода циркадной активности самок и уменьшение количества продуцируемого феромона. Перечисленные механизмы приводят к потере энергии популяции, так как у насекомых она аккумулируется в основном в половой продукции, и в результате происходит существенное подавление численности вредителя.

Характерной особенностью фенологического развития восточной плодояжорки в 2019 г. являлась очень высокая численность перезимовавшего поколения. Так, отлов в феромонные ловушки за семь суток в 2019 г. в среднем составлял до 27 сам/лов., что значительно превышало экономический порог вредоносности (5–8 сам/лов.). Отмечены три четко выраженные генерации вредителя с пиками летной активности бабочек в июле и августе. Численность сливовой плодояжорки была немного ниже и максимально составляла 12 сам/лов.

В 2020 г. лет перезимовавшего поколения сливовой плодовой гнили начался в первой декаде мая с пиком численности 12 сам/лов. к концу мая, а восточная плодовая гниль начала лет в третьей декаде мая. Как видно из данных, представленных на рисунке 1, пики лета сливовой и восточной плодовых гнилей практически совпадают, поэтому применение многоцелевых дезрапторов против двух вредителей одновременно сли-

вовой и восточной плодовых гнилей вполне оправдано. Следует отметить, что когда изучаемые виды имеют синхронную сезонную и циркадную репродуктивную активность, то применение методов ее нарушения с помощью феромонов будет наиболее эффективным.

Эксперимент по дезориентации восточной и сливовой плодовых гнилей проводили в течение двух лет (рис. 2).



2019 г.



2020 г.

Рис. 1. Динамика лета самцов восточной *G. molesta* и сливовой *G. funebrana* плодовых гнилей (ИП КФХ Щербаков Н.А. (2019, 2020 гг.))



Рис. 2. Дезраптор для половой дезориентации самцов восточной и сливовой плодовых гнилей на персике и сливе

Результаты, представленные в таблице 2 (усредненные данные за два года), свидетельствуют о высоком эффекте дезориентации восточной и сливовой плодовых, которая при норме расхода 300 феромонных диспенсеров/га

составила 99,7 %. Поврежденность плодов сливы в опыте составила 0,8 %, в контроле – 34,7 %, а пролонгированность периода защиты культуры – более 4 месяцев от цветения до уборки урожая.

Таблица 2

**Биологическая эффективность феромона ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д
в борьбе с восточной (*G. molesta* L.) и сливовой (*G. funebrana* Tr) плодовых
на сливе в Краснодарском крае**

По датам учета	Привлечено самцов на одну ловушку, экз.	
	Контроль (без обработки)	ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д
20.04	0±0	0 ± 0
27.04	2,5±0,9	0 ± 0
04.05	5,4±0,8	0±0
11.05	0±0	0±0
01.06	5,0±0,7	0±0
08.06	10,0±0,8	0±0
15.06	13,0±1,1	0±0
22.06	17,6±1,0	0±0
29.06	12,5±1,5	0±0
06.07	0±0	0±0
13.07	0±0	1,0±0
20.07	0±0	0±0
27.07	0±0	0±0
03.08	17,0±0,8	0±0
10.08	7,0±1,0	0±0
17.08	10,0±1,1	0±0
24.08	4,0±0,5	0±0
Всего	111,9	1,0
Эффект дезориентации, %	–	99,1
Поврежденность плодов в съемном урожае, %	34,7	0,8

В таблице 3 представлены результаты (усредненные данные за два года), которые свидетельствуют о высоком эффекте дезориентации на персике: при норме расхода феромона 250 диспенсеров/га он составил 100 %. Поврежден-

ность плодов в опыте составила 0,5 %, в контроле – 7,8 % (химическая защита). Продолжительность дезориентирующего защитного действия феромонов составляла до 4 месяцев.

**Биологическая эффективность феромона ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д
в борьбе с восточной плодожоркой (*G. molesta* L.)
на персике в Краснодарском крае**

По датам учета	Привлечено самцов на одну ловушку, экз.	
	Эталон (интегрированная защита)	ШИН-ЕТСУ МД ВП ТТ, Д
20.04	0±0	0 ± 0
27.04	1,5±0,9	0±0
04.05	4,7±0,8	0±0
11.05	7,5±1,6	0±0
18.05	0±0	0±0
25.05	0±0	0±0
01.06	12,0±1,0	0±0
08.06	17,6±1,1	0±0
15.06	24,0±1,5	0±0
22.06	10,0±1,5	0±0
29.06	8,5±0,9	0±0
06.07	0±0	0±0
13.07	0±0	0±0
20.07	0±0	0±0
03.08	27,0±0	0±0
Всего	112,2	0
Эффект дезориентации, %	–	100
Поврежденность плодов в съемном урожае, %	7,8	0,5

Следует отметить, что полученные результаты определяют большую значимость исследований в области химической коммуникации насекомых для создания упреждающих технологий биологического контроля, одновременно охватывающих управление комплексами экономически значимых вредителей.

Заключение. В результате исследования установлены перспективы технологии комплексной дезориентации, основой которой является использование многовидовых испарителей, обладающих управляемой и пролонгированной эмиссией сигнальных веществ.

Настоящее исследование будет также полезно при разработке комплексной автостерилизации, диссеминации феромонов и автодиссеминации энтомопатогенов, и других методов, нацеленных на одновременное (синхронное) регулирование численности комплексов вредителей плодовых и других сельскохозяйственных культур.

Литература

1. Samnegård U., Alins G., Boreux V., Bosch J., García D., Happe A.-K., Klein A.-M., Miñarro M., Mody K., Porcel M., Rodrigo A., Roquer-Beni L., Tasin M., Hambäck P.A. Management trade-offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production // Journal of Applied Ecology. 2019. Vol. 56, Issue 4. P. 802–811 DOI: 10.1111/1365-2664.13292.
2. Kabaluk T.J., Lafontaine J.P., Borden J.H. An attract and kill tactic for click beetles based on *Metarhizium brunneum* and a new formulation of sex pheromone // J. Pest Sci. 2015. V. 88. № 6. P. 707–716. DOI: 10.1007/s10340-015-0661-3.
3. Hoffman A.J., Njoku M., Jason L., Johnson R. Creating an Edible Dialogue for Peace: Community Gardening, Horticulture, and Urban Fruit Tree Orchards // Peace Psychology Book

- Series: Springer, Cham.: The Psychology of Peace Promotion. 2019. P. 267–285.
4. Гричанов И.Я., Овсянникова Е.И. Феромоны для фитосанитарного мониторинга вредных чешуекрылых насекомых. СПб.: ВИЗР, 2005. 244 с.
 5. Ekinci K., Demircan V., Atasay A. et al. Energy, Economic and Environmental Analysis of Organic and Conventional Apple Production in Turkey // 2020. № 962 P. 1–12. DOI: 10.1007/s10341-019-00462-0.
 6. Исмаилов В.Я., Агасьева И.С. Практическое использование синтетических феромонов основных вредителей яблони // Агро XXI. 2003. № 1. С. 72–73.
 7. Рябчинская Т.А., Саранцева Н.А., Харченко Г.Л. и др. Комплексные феромонные композиции // Защита и карантин растений. 2013. № 4. С. 26–30.
 8. Van der Meer M., Kay S., Lüscher G. et al. What evidence exists on the impact of agricultural practices in fruit orchards on biodiversity, A systematic map // Environ Evid. 2020; № 9. P. 2. DOI: 10.1186/s13750-020-0185-z.
 9. Marlin E Rice, Yunfan Zou, Jocelyn G Millar, Lawrence M Hanks, Complex Blends of Synthetic Pheromones are Effective Multi-Species Attractants for Longhorned Beetles (*Coleoptera: Cerambycidae*) // Journal of Economic Entomology. 2020. № 113 (5). P. 2269–2275. DOI: 10.1093/jee/toaa157.
 10. Shawn A. Steffan, Elissa M. Chasen, Annie E. Deutsch, Agenor Mafrá-Neto, Multi-Species Mating Disruption in Cranberries (*Ericales: Ericaceae*): Early Evidence Using a Flowable Emulsion, Journal of Insect Science. 2017. № 17. P. 2–54. DOI: 10.1093/jisesa/iex025.
 11. Larsen N.A., Nuessly G.S., Cherry R.H. Efficacy of pyrethroid and neonicotinoid insecticides for *Melanotus communis* (Gyll.) (*Coleoptera: Elateridae*) control in Florida sugarcane (*Saccharum* spp.) // J. Appl. Entomol. 2016. V. 140. P. 517–526. DOI: 10.1111/jen.12285.
 12. Baroffio C.A., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Borg-Karlson, A.-K., Bruun, S.A., Cross J.V., Wibe A. Combining plant volatiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crops // Crop Protection. 2018. № 109. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.02.025.
 13. Hoshi, Hirotsuna, Masanori Takabe and Kiyoshi Nakamuta. Mating disruption of a carpenter moth, *Cossus insularis* (*Lepidoptera: Cossidae*) in apple orchards with synthetic sex pheromone, and registration of the pheromone as an agrochemical // Journal of chemical ecology. 2016. № 42 (7). P. 606–611.
 14. Knight A.L., Barros-Parada W., Bosch D. et al. Similar worldwide patterns in the sex pheromone signal and response in the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (*Lepidoptera: Tortricidae*) // Bull Entomol Res. 2015. № 105(1). P. 23–31. DOI: 10.1017/S0007485314000637.

References

1. Samnegård U., Alins G., Boreux V., Bosch J., García D., Happe A.-K., Klein A.-M., Miñarro M., Mody K., Porcel M., Rodrigo A., Roquer-Beni L., Tasin M., Hambäck P.A. Management trade-offs on ecosystem services in apple orchards across Europe: Direct and indirect effects of organic production // Journal of Applied Ecology. 2019. Vol. 56, Issue 4. P. 802–811 DOI: 10.1111/1365-2664.13292.
2. Kabaluk T.J., Lafontaine J.P., Borden J.H. An attract and kill tactic for click beetles based on *Metarhizium brunneum* and a new formulation of sex pheromone // J. Pest Sci. 2015. V. 88. № 6. P. 707–716. DOI: 10.1007/s10340-015-0661-3.
3. Hoffman A.J., Njoku M., Jason L., Johnson R. Creating an Edible Dialogue for Peace: Community Gardening, Horticulture, and Urban Fruit Tree Orchards // Peace Psychology Book Series: Springer, Cham.: The Psychology of Peace Promotion. 2019. P. 267–285.
4. Grichanov I.Ya., Ovsyannikova E.I. Feromony dlya fitosanitarnogo monitoringa vrednykh cheshuekrylykh nasekomykh. SPb.: VIZR, 2005. 244 s.
5. Ekinci K., Demircan V., Atasay A. et al. Energy, Economic and Environmental Analysis of Organic and Conventional Apple Production in Turkey // 2020. № 962 P. 1–12. DOI: 10.1007/s10341-019-00462-0.
6. Ismailov V.Ya., Agas'eva I.S. Prakticheskoe ispol'zovanie sinteticheskikh feromonov osnovnykh vreditel'ey yabl'oni // Агро XXI. 2003. № 1. С. 72–73.

7. Ryabchinskaya T.A., Saranceva N.A., Harchenko G.L. i dr. Kompleksnye feromonnye kompozicii // Zashchita i karantin rastenij. 2013. № 4. S. 26–30.
8. Van der Meer M., Kay S., Lüscher G. et al. What evidence exists on the impact of agricultural practices in fruit orchards on biodiversity, A systematic map // Environ Evid. 2020; № 9. P. 2. DOI: 10.1186/s13750-020-0185-z.
9. Marlin E Rice, Yunfan Zou, Jocelyn G Millar, Lawrence M Hanks, Complex Blends of Synthetic Pheromones are Effective Multi-Species Attractants for Longhorned Beetles (*Coleoptera: Cerambycidae*) // Journal of Economic Entomology. 2020. № 113 (5). P. 2269–2275. DOI: 10.1093/jee/toaa157.
10. Shawn A. Steffan, Elissa M. Chasen, Annie E. Deutsch, Agenor Mafra-Neto, Multi-Species Mating Disruption in Cranberries (*Ericales: Ericaceae*): Early Evidence Using a Flowable Emulsion, Journal of Insect Science. 2017. № 17. P. 2–54. DOI: 10.1093/jisesa/iex025.
11. Larsen N.A., Nuessly G.S., Cherry R.H. Efficacy of pyrethroid and neonicotinoid insecticides for *Melanotus communis* (Gyll.) (*Coleoptera: Elateridae*) control in Florida sugarcane (*Saccharum* spp.) // J. Appl. Entomol. 2016. V. 140. P. 517–526. DOI: 10.1111/jen.12285.
12. Baroffio C.A., Sigsgaard, L., Ahrenfeldt, E.J., Borg-Karlson, A.-K., Bruun, S.A., Cross J.V., Wibe A. Combining plant volatiles and pheromones to catch two insect pests in the same trap: Examples from two berry crops // Crop Protection. 2018. № 109. P. 1–8. DOI: 10.1016/j.cropro.2018.02.025.
13. Hoshi, Hirotsuna, Masanori Takabe and Kiyoshi Nakamuta. Mating disruption of a carpenter moth, *Cossus insularis* (*Lepidoptera: Cossidae*) in apple orchards with synthetic sex pheromone, and registration of the pheromone as an agrochemical // Journal of chemical ecology. 2016. № 42 (7). P. 606–611.
14. Knight A.L., Barros-Parada W., Bosch D. et al. Similar worldwide patterns in the sex pheromone signal and response in the oriental fruit moth, *Grapholita molesta* (*Lepidoptera: Tortricidae*) // Bull Entomol Res. 2015. № 105(1). P. 23–31. DOI: 10.1017/S0007485314000637.

Исследования выполнены в рамках Государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ по теме № 0686-2019-0009.

