МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

**КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ
И ПРИКЛАДНЫЕ АСПЕКТЫ
НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ
И ОБРАЗОВАНИЯ
В ОБЛАСТИ ЗООЛОГИИ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ**

**Сборник статей
V Международной конференции**

*26–28 октября 2020 г.
г. Томск, Россия*

Томск
Издательство Томского государственного университета
2020

9,1%, *H. rufipes* – 8,9%. Два из этих видов (*P. versicolor*, *A. aenea*) являются эвритопами, а *P. fortipes* и *H. rufipes* – лугово-степными видами.

В хвойных и лиственных насаждениях доминируют виды *Harpalus affinis* (Schrank, 1781) – 18,9 и 10,6% соответственно, *Pterostichus niger* (Schaller, 1783) – 11,3; 20,4%, *Pt. melanarius* (Illiger, 1798) – 9,4; 15,3%, *Harpalus rufipes* – 9,4; 26,4%. Жужелица *H. affinis* является эврибионтом. Виды *Pt. niger* и *Pt. melanarius* относятся к лесным видам, а *H. rufipes* – к лугово-степным видам.

В хвойных насаждениях, кроме перечисленных доминантов, численное обилие свыше 5% от общих сборов отмечено у видов *P. fortipes*, *A. aenea*, *A. equestris* (Duftschmid, 1812), *Calathus erratus* (C.R. Sahlberg, 1827), *H. rubripes* (Duftschmid, 1812).

Литература

1. Mossakowski D. Okologische untersuchungen an epigaischen Coleopteren atlantischer Moor – und Heidestandorte // Z. wiss. Zool. 1970. Bd 181. N 3/4. S. 233–316.

УДК 57.084.1

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-14

МЕХАНИЗМЫ РЕЗИСТЕНТНОСТИ К АЦЕТАМИПРИДУ РЫЖИХ ТАРАКАНОВ *BLATTELLA GERMANICA* (L.) (BLATTODEA: ECTOBIIDAE)

Еремина О.Ю.¹, Олифер В.В.¹, Лопатина Ю.В.^{1,2}

¹ ФБУН НИИ Дезинфектологии Роспотребнадзора, Москва, Россия
eremina_insect@mail.ru

² Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,
Москва, Россия

Аннотация. Представлен спектр устойчивости к различным группам инсектицидов нескольких лабораторных штаммов немецкого таракана *Blattella germanica* из разных географически удаленных регионов России. Были проведены исследования синергетических эффектов десинхронизированного использования пиперонилбутоксид (PBO), S, S, S-трибутилфосфоротритиоата (DEF), диэтилмалеата (DEM) и верапамила (Ver) в сочетании с 5–7 концентрациями ацетамиприда до определить возможные механизмы сопротивления. Исследования проведены на трех штаммах (M1, Москва; ОБН, Обнинск; У1, Екатеринбург) в сравнении со стандартным лабораторным чувствительным штаммом S-NIID. Устойчивость к ацетамиприду снижалась с использованием PBO, DEF и Ver, что указывает на участие в этом явлении монооксигеназ, эстераз

и переносчиков ABC P450. DEM оказалась менее эффективной. Мультирезистентность к инсектицидам широко распространена у немецких тараканов в России.

Ключевые слова. Немецкий таракан; ацетамиприд, механизмы резистентности.

RESISTANCE MECHANISMS TO ACETAMIPRID IN GERMAN COCKROACH *BLATTELLA GERMANICA* (L.) (BLATTODEA: ECTOBIIDAE)

Eremina O.Yu.¹, Olifer V.V.¹, Lopatina Yu.V.^{1,2}

¹Scientific Research Disinfectology Institute, Moscow, Russia
eremina_insect@mail.ru

²Moscow State University, Moscow, Russia

Abstract. The spectrum of resistance to various groups of insecticides of several laboratory strains of German cockroach, *Blattella germanica*, from different geographically remote regions of Russia is presented. Studies have been carried out on the synergistic effects of desynchronized use of piperonyl butoxide (PBO), S, S, S-tributylphosphorotrithioate (DEF), diethyl maleate (DEM) and verapamil (Ver) in combination with 5-7 concentrations of acetamiprid to determine possible resistance mechanisms. The studies were performed on three strains (M1, Moscow; OBN, Obninsk; U1, Yekaterinburg) in comparison with the standard laboratory susceptible strain S-NIID. Acetamiprid resistance was reduced using PBO, DEF, and Ver which indicates the involvement of P450 monooxygenases, esterases, and ABC transporters in this phenomenon. DEM turned out to be less effective. Insecticide multi-resistance is widespread in German cockroaches in Russia.

Keywords. German cockroach; acetamiprid, resistance mechanisms.

Тараканов часто используют в качестве модельных насекомых для изучения физиологических и биохимических механизмов, связанных с генетикой и устойчивостью к инсектицидам. Во многих странах мира у рыжих тараканов зафиксирована мультирезистентность к инсектицидам из различных химических классов [1]. Известно, что молекулы ксенобиотиков окисляются монооксигеназами (МО), расщепляются эстеразами, и подвергаются конъюгации глутатион-S-трансферазами (GST). При увеличении активности ферментных систем, участвующих в детоксикации ксенобиотиков, появляется так называемая метаболическая устойчивость. ABC-транспортеры, по-видимому, участвуют в выведении молекул инсектицидов, и продуктов их ферментативного расщепления. С помощью ингибиторов ферментных систем и ABC-транспортеров можно косвенным методом исследовать их вклад в механизм резистентности насекомых к инсектицидам.

Материалы и методы. В работе использованы рыжие тараканы *Blattella germanica* (L.) (Blattodea: Ectobiidae) лабораторной чувствительной расы S-

НИИД и собранные в Москве (М1 F₁₃), Обнинске (ОБН F₈) и Екатеринбурге (У1 F₄) на различных объектах. Тараканов культивировали в лабораторных условиях в течение 4–13 поколений без селекции инсектицидами. В опытах использовали самцов рыжих тараканов 1–3-недельного возраста. Инсектицидность и показатели резистентности (ПР) определяли по МУ 3.5.2.2358-08 [2]. Инсектицид: ацетамиприд 98,15% ДВ, (Китай); синергисты: пиперонилбутоксид (ППБ), 90% технический продукт (ТП) (Aldrich) подавляет активность фермента монооксигеназы (МО); диэтилмалеат (ДЭМ) ≥96% ТП, (Aldrich) ингибитор глутатион-S-трансфераз (GST); трибутилфосфат (ТБТФ), аналитический стандарт 99% (Sigma-Aldrich, Supelco) ингибитор эстераз; верапамил (Вер) 99% ТП, V4629 Sigma-Aldrich-Merck (США) ингибитор АВС-транспортёров. Синергическое действие ингибиторов ферментных систем определяли при десинхронизированном нанесении за 2 часа (ППБ, ТБТФ, ДЭМ) или за 20 часов (Вер) до топикальной обработки инсектицидом. Использовали ацетоновые растворы ингибиторов, не оказывающие инсектицидного действия (0,1%–1,0% ДВ). Ингибиторы наносили топикально по 1 мкл/особь. Коэффициент синергического действия (КСД) рассчитывали, как отношение СК₅₀ для тараканов, обработанных инсектицидом, к СК₅₀ для насекомых, обработанных синергистом и затем инсектицидом. Повторность опытов трехкратная. Статистическая обработка StatPlus 6.2.2.0.

Результаты. В России проведена оценка устойчивости к инсектицидам из различных химических классов нескольких рас рыжих тараканов *B. germanica*, полученных из популяций, собранных на различных объектах г. Москвы, Обнинска, Екатеринбурга и Благовещенска. Установлено, что практически все популяции рыжих тараканов на фоне высокой и экстремально высокой резистентности к пиретроидам (50–4000×), высокой устойчивости к фипронилу (10–54×), толерантны или резистентны к ФОС (хлорпирифос 0,8–30×), чувствительны к карбамату (пропоксуру 0,8–4,1×) и авермектинам (1,2–3,1×). К неоникотиноидам в Москве установлена чувствительность или толерантность (имidakлоприд 0,8–3,5×, ацетамиприд 0,9–2,6×, клотианидин 1,6–2,7× тиаметоксам 1,3–4,8×), в Екатеринбурге зарегистрирована толерантность к ацетамиприду (2,0–5,0×) и резистентность к имidakлоприду (6,0–23,6×), в Благовещенске, на фоне высокой резистентности к пиретроидам (65×) и фипронилу (40×), зафиксирована средняя резистентность к хлорпирифосу (15×) и ацетамиприду (11×), и чувствительность к пропоксуру (0,5×). Таким образом выявлена мультирезистентность, которая характеризуется устойчивостью к различным классам инсектицидов, имеющими разные места действия (молекулярные мишени), и подвергающимися детоксикации несколькими ферментативными системами.

С помощью ингибиторов ферментных систем и АВС-транспортёров проведено изучение механизмов резистентности к ацетамиприду у трех рас рыжих тараканов. Рыжие тараканы расы М1 чувствительны к ацетамиприду (0,9×), расы ОБН (3,1×) и расы У1 (3,8×) – слабоtolерантны. У тараканов чувствительной расы S-НИИД наибольшее синергическое действие выявлено для ППБ, ТБТФ и Вер (КСД 2,4, 1,7 и 2,0, соответственно), влияния ДЭМ не установлено (1,0). У тараканов расы М1 чувствительность к ацетамиприду повышалась при предобработке ППБ в 2,0 раза, ТБТФ – в 2,5 раза, ДЭМ и Вер не оказывали существенного влияния. У тараканов расы ОБН выявлено значительное синергическое действие при предобработке ППБ (КСД 6,0), ТБТФ и Вер увеличивали чувствительность тараканов в 3,1 раза, тогда как ДЭМ – только в 1,2 раза. Значительный синергизм выявлен при предобработке тараканов расы У1 всеми примененными ингибиторами (ППБ – 4,7, ТБТФ – 3,9, ДЭМ 2,6 и Вер 3,1). Полученные нами результаты согласуются имеющимися в литературе данными о механизмах резистентности как рыжего таракана [3], так и других насекомых, в частности белокрылки *Bemisia tabaci* (В биотипа) [4], хлопковой тли *Aphis gossypii* [5].

У изученных нами географически разобщенных (Москва, Обнинск, Екатеринбург, Благовещенск) популяций рыжих тараканов развилась мультирезистентность практически ко всем применяемым классам инсектицидов. В каждом конкретном случае механизмы резистентности индивидуальны и включают как метаболические и экскреционные, так и мутации мишеней действия (Kdr-, Rdl-, устойчивая холинэстераза и др.).

Литература

1. Zhu F., Lavine L., O'Neal S., Lavine M., Foss C., Walsh D. Insecticide resistance and management strategies in urban ecosystems // *Insects*. 2016. Vol. 7, № 2. 26 p. doi: 10.3390/insects7010002
2. Определение уровня чувствительности синантропных насекомых к инсектицидам. Методические указания МУ 3.5.2.2358-08. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 35 с.
3. Hou W., Jiang C., Zhou X., Qian K., Wang L., Shen Y., Zhao Y. Increased expression of P-glycoprotein is associated with chlorpyrifos resistance in the German cockroach (Blattodea: Blattellidae) // *J. Econ. Entomol.* 2016. Vol. 109, № 6. P. 2500–2505. doi: 10.1093/jee/tow141.
4. Feng Y., Wu Q., Wang S., Chang X., Xie W., Xu B., Zhang Y. Cross-resistance study and biochemical mechanisms of thiamethoxam resistance in B-biotype *Bemisia tabaci* (Hemiptera: Aleyrodidae) // *Pest. Manag. Sci.* 2010. Vol. 66, № 3. P. 313–318. doi: 10.1002/ps.1877.
5. Chen X., Li F., Chen A., Ma K., Liang P., Liu Y., Song D., Gao X. Both point mutations and low expression levels of the nicotinic acetylcholine receptor $\beta 1$ subunit are associated with imidacloprid resistance in an *Aphis gossypii* (Glover) population

from a Bt cotton field in China // Pestic. Biochem. Physiol. 2017. Vol. 141. P. 1–8. doi: 10.1016/j.pestbp.2016.11.004.

УДК 574.587 (235.35)

DOI: 10.17223/978-5-94621-931-0-2020-15

ОСОБЕННОСТИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БЕНТОСНЫХ СООБЩЕСТВ ГОРНЫХ ВОДОТОКОВ СЕВЕРНОГО МАКРОСКЛОНА ХРЕБТА ХАМАР-ДАБАН (ВОСТОЧНАЯ СИБИРЬ)

Еропова И.О.^{1,2}, Тахтеев В.В.^{1,2}, Рожкова Н.А.³, Хадеева Е.Р.⁴

¹ Байкальский музей ИНЦ СО РАН, пос. Листвянка, Россия

² Иркутский государственный университет, Иркутск, Россия

³ Лимнологический институт СО РАН, Иркутск, Россия

⁴ Институт географии им. В. Б. Сочавы СО РАН, Иркутск, Россия

eropova.irina@yandex.ru

Аннотация. Исследовано распространение сообществ зообентоса в шести небольших горных ручьях северного макросклона хребта Хамар-Дабан в районе между городом Байкальском и поселком Мурино. В сообществах зарегистрировано 16 таксономических групп. Доминирующими группами чаще всего являются Oligochaeta, Chironomidae (личинки и куколки), эндемичные Amphipoda, личинки Trichoptera и Planariidae. Наибольшая биомасса макрозообентоса наблюдалась в прибрежной зоне водотоков на сильно заиленных грунтах, наименьшая на песчаных грунтах с примесью ила и детрита при достаточно быстром течении.

Ключевые слова. Горные ручьи; гидробиоценозы, макрозообентос, сообщества, хребет Хамар-Дабан, Восточная Сибирь.

FEATURES OF THE DISTRIBUTION OF BENTHIC COMMUNITIES OF MOUNTAIN WATER CURRENTS OF THE NORTHERN MACROSLOPE OF THE KHAMAR-DABAN RIDGE (EASTERN SIBERIA)

Eropova I.O.^{1,2}, Takhteev V.V.^{1,2}, Rozhkova N.A.³, Khadeeva E.R.⁴

¹ Baikal Museum of the IRC SB RAS, pos. Listvyanka, Irkutsk region, Russia

² Irkutsk State University, Irkutsk, Russia

³ Limnological Institute SB RAS, Irkutsk, Russia

⁴ Institute of Geography. V.B. Sochava SB RAS, Irkutsk, Russia

eropova.irina@yandex.ru