

Экологические особенности зимовки яиц саранчовых (Orthoptera, Acrididae) в Центральной Якутии

Ю.В. Ермакова

Институт биологических проблем криолитозоны, г. Якутск

*Для пойкилотермных организмов особенно важным является наличие разнообразных адаптивных механизмов, позволяющих успешно противостоять неблагоприятным факторам окружающей среды. Рассмотрены экологические аспекты адаптации к зимнему периоду 6 видов саранчовых, обитающих в Центральной Якутии. Климат Центральной Якутии – один из наиболее суровых и резко континентальных в Восточной Сибири. Минимальные температуры почвы в Центральной Якутии в зимний период близки к температурам «полюса почвенного холода», расположенного в бассейнах рек Яна и Индигирка. Саранчовые зимуют в фазе яйца в почве под снежным покровом, на глубине 3–5 см, в переохлажденном состоянии. Экспериментальным путем показано, что значения температуры максимального переохлаждения 6 исследованных видов саранчовых лежат в пределах –25...–35°C. Порог длительно переносимых температур находится в интервале от –23 до –29°C, что гарантирует выживаемость яиц в зимний период. Наибольшим резервом холодоустойчивости из исследованных видов обладают *Omocestus haemorrhoidalis*, *Glyptobotrus maritimus jacutus* и *Gomphocerus sibiricus*, а наименьшим – *Bryodemella tuberculata*.*

Ключевые слова: Центральная Якутия, саранчовые, холодоустойчивость, температура максимального переохлаждения.

Ecological Features of the Overwintering Eggs of the Grasshoppers (Orthoptera, Acrididae) in Central Yakutia

Y.V. Ermakova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, Yakutsk

*To poikilothermic organisms it is particularly important the presence of a variety of adaptive mechanisms to successfully withstand to adverse environmental factors. The article deals with the environmental aspects of adaptation for the winter period of 6 species of grasshoppers living in Central Yakutia. The climate of Central Yakutia is one of the most severe and harsh continental in Eastern Siberia. The minimum soil temperatures in Central Yakutia in winter are close to the temperatures of the «Pole of Soil Cold», located in the basins of the Indigirka and Yana Rivers. Grasshopper eggs overwinter in the supercooled state in the soil under the snow, at depth of 3–5 cm. It is experimentally established that the eggs supercooling point (SCP) of 6 studied species of grasshoppers varies from –25 to –35 °C. The threshold temperature is continuously transferred in the range from –23 to –29 °C, and allows the eggs to safely survive severe winters. It is revealed that *Omocestus haemorrhoidalis*, *Glyptobotrus maritimus jacutus* and *Gomphocerus sibiricus* have higher reserve of cold hardiness, and *Bryodemella tuberculata* – the lower.*

Key words: Central Yakutia, grasshoppers, cold hardiness, supercooling point.

Введение

Одним из важных условий существования насекомых в условиях холодного климата является успешное переживание продолжительного зимнего периода, для чего ими выработаны две

стратегии холодоустойчивости – зимовка в переохлажденном состоянии и зимовка в замерзшем состоянии, при котором происходит кристаллизация внеклеточных жидкостей [1–3]. Некоторые виды могут использовать обе стратегии, для них

характерны высокие температуры максимального переохлаждения и в то же время они способны переносить замерзание [4, 5].

Из трех семейств отряда прямокрылых, распространённых на территории Якутии, только представители семейства Tetrigidae зимуют в активных фазах развития – личинках разного возраста и неполовозрелых имаго. Зимовка происходит в замерзшем состоянии, об этом свидетельствуют высокие субнулевые значения температуры максимального переохлаждения (ТП) – 5,3...–7,4°C [6]. Кузнечиковые и саранчовые зимуют в стадии яйца в почве на глубине 3–5 см.

Климат Центральной Якутии – один из наиболее суровых и резко континентальных в Восточной Сибири: по значениям зимних температур он ненамного уступает климату Северо-Востока (Верхоянья и Оймякона), а наиболее высокие летние температуры (абсолютные и среднемесячные) отмечаются только здесь.

Существенное влияние на формирование термического режима грунтов в зимнее время оказывает снежный покров. Наибольшей высоты (30–40 см) он достигает в конце февраля и остается на этом уровне до 3-й декады марта. Максимальная высота снежного покрова в отдельные годы в защищенных местах может достигать 45–65 см. На открытых местах снег ниже на 5–10 см [7].

Согласно схеме распределения годовых минимумов температур почвы на глубине 3 см, минимальные температуры почвы в районе исследований близки к температурам «полюса почвенного холода», расположенного в бассейнах рек Яна и Индигирка [8].

Материал и методика

Изучение адаптации прямокрылых к зимовке в условиях холодного климата проводилось на стационаре «Тюнгюлю» Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, расположенном на Тюнгюлюнской террасе Лено-Амгинского междуречья в 50 км СВ от г. Якутска. Прямокрылые отлавливались на влажных (пл. №5), настоящих (пл. №4) и остепненных (пл. №3) лугах термокарстовых аласных котловин, пашне (пл. №2), в лиственничном лесу (пл. №1) и на опушке (пл. №6) и помещались в садки в соотношении самки / самцы – 1:1. На дно садков насыпался субстрат, пригодный для откладки кубышек. В конце сезона субстрат просеивался, кубышки собирали в полотняные мешочки, снабжали этикеткой и помещали на зимовку в естественные условия. Кубышки были получены от 6 видов саранчовых: *Prumna primnoa* (Fischer-Waldheim, 1846), *Omocestus haemorrhoidalis* (Charpentier, 1825), *Glyptobothrus mariti-*

Распределение саранчовых на мониторинговых площадках стационара «Тюнгюлю»

Вид	№ площадки					
	1	2	3	4	5	6
<i>Prumna primnoa</i>	+	–	–	–	–	+
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	–	+	+	–	–	–
<i>Glyptobothrus maritimus jacutus</i>	+	+	+	–	–	+
<i>Gomphocerus sibiricus</i>	–	+	+	–	–	+
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	–	–	+	+++	+	–
<i>Bryodemella tuberculata</i>	–	+	+	–	–	–

mus jacutus (Storozhenko, 2002), *Gomphocerus sibiricus* (Linnaeus, 1758), *Chorthippus albomarginatus* (De Geer, 1773), *Bryodemella tuberculata* (Fabricius, 1775) (табл. 1).

Температуры максимального переохлаждения яиц саранчовых определены в лаборатории теплофизики ИФТПС СО РАН (г. Якутск). Извлеченные из кубышек яйца при помощи глицерина фиксировались на спале марганца-константановой термопары и помещались в специальную камеру, изолированную пенопластом. Яйца охлаждались до температур –40...–45°C в климатической камере Fontron со скоростью до 1°C/мин [9, 10]. Температуры регистрировались автоматически, точность измерения составляла около 0,02°C. При достижении точки максимального переохлаждения в исследуемых объектах началась спонтанная кристаллизация жидкости, при этом фиксировался резкий скачок температуры вследствие выделения скрытой теплоты кристаллизации.

Результаты и их обсуждение

Анализ динамики температуры почв в зимний период на мониторинговых площадках стационара «Тюнгюлю» показал, что период с температурами ниже –10°C продолжается около пяти месяцев [11]. Минимальные температуры в верхних слоях почв исследованных биотопов наблюдаются с конца III декады ноября до середины II декады февраля. Наиболее низкие температуры в

Таблица 2

Минимальные температуры в верхних слоях почвы мониторинговых площадок [11]

№ площадки	1	2	3	4	5	6
Дата	27.XI	29.XII	28.I	29.XII	29.XII	28.I
0 см	–30°C	–32°C	–30°C	–22°C	–32°C	–20°C
Дата	29.XII	27.XI–29.XII	15.II	29.XII	28.I	28.I
5 см	–21°C	–22°C	–21°C	–17°C	–22°C	–18°C
Тпочв.ср	–25,5°C	–27°C	–25,5°C	–19,5°C	–27°C	–19°C

ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ЗИМОВКИ ЯИЦ САРАНЧОВЫХ

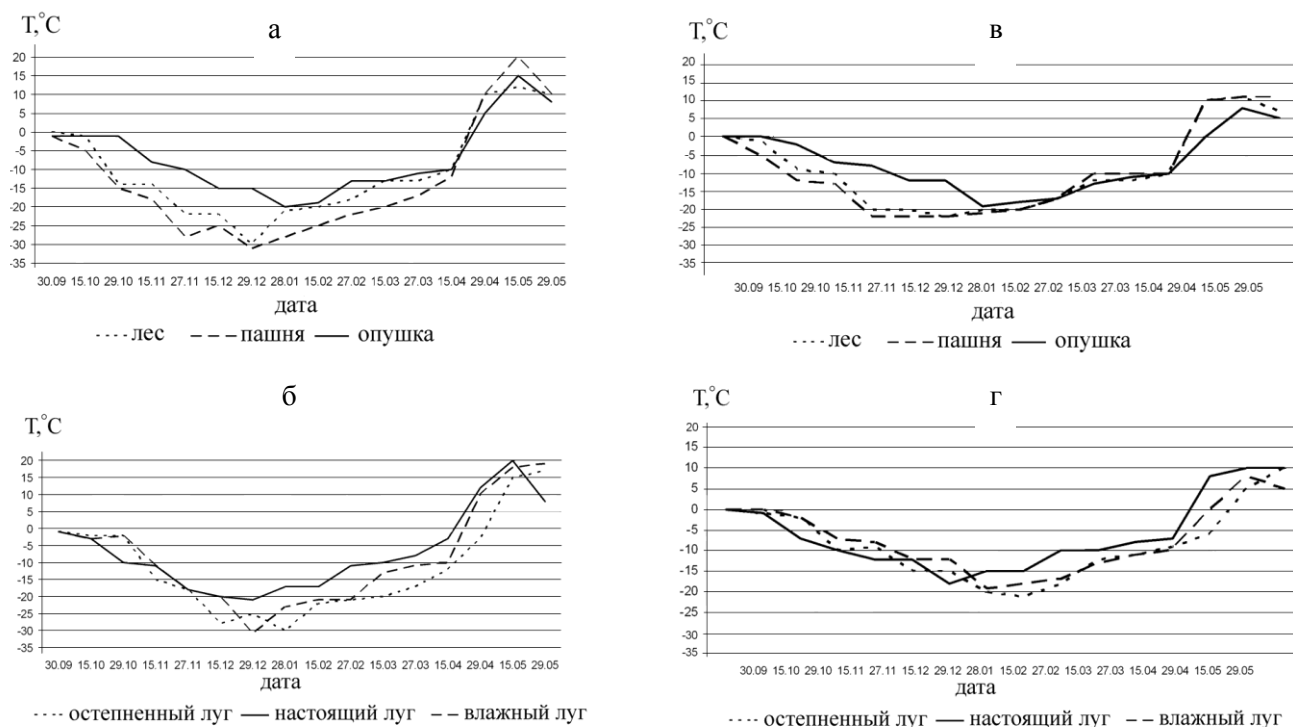


Рис. 1. Динамика температуры почвы под снежным покровом на глубине: а, б – 0 см ; в, г – 5 см

верхнем слое и на глубине 5 см отмечены на пашне и во влажном поясе, наиболее высокие минимальные – на настоящем поясе аласного луга и опушке лиственничника (табл. 2). Средняя минимальная температура почвы под снежным покровом в слое 0–5 см для всех исследованных биотопов в наиболее холодный период равна –23,9°C. Температура почвы на глубине 2–3 см, в местах зимовки кубышек саранчовых, практически не опускается ниже –25 ...–30°C (рис.1), об этом свидетельствуют расчеты, произведенные А.В. Алфимовым для территории Северной Евразии [8].

Яйца насекомых не переносят замерзания, поэтому основной характеристикой их холодоустойчивости служит температура максимального переохлаждения [12], которая у разных видов может варьировать в довольно широком диапазоне (до 10°C). В пределах вида разброс температур, за немногим исключением, менее выражен и не превышает 4–5°C (табл. 3).

Температура максимального переохлаждения большинства исследованных яиц близка к средним значениям для каждого вида. Так, для *Prumna primnoa* более 80 % выборки имеют значения ТП в пределах –29...–30°C; *Omocestus haemorrhoidalis* – более 60 % в пределах –33...–34°C; *Glyptobotrus maritimus jacutus* – около 70% в пределах –31...–32°C; *Gomphocerus sibiricus*

Т а б л и ц а 3

Температуры максимального переохлаждения яиц саранчовых (Центральная Якутия)

Вид	№ кубышек	п яиц в кубышке	ТП _{ср.} , °C	ТП _{min.} , °C	ТП _{max.} , °C
<i>Prumna primnoa</i>	5	12–20	–29,3±0,22	–26,4	–30,6
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>	5	4–11	–33,1±0,34	–30,7	–35,0
<i>Glyptobotrus maritimus jacutus</i>	5	6–18	–31,9±0,23	–30,1	–34,4
<i>Gomphocerus sibiricus</i>	5	5–10	–32,4±0,35	–29,6	–34,6
<i>Chorthippus albomarginatus</i>	5	7–10	–29,7±0,56	–25,3	–31,7
<i>Bryodemella tuberculata</i>	5	8–20	–27,8±0,46	–24,5	–30,2

более половины исследованных яиц имеют ТП в пределах –31...–32°C, для *Bryodemella tuberculata* – более 63% выборки в пределах –27...–28°C. Исключение составляет *Chorthippus albomarginatus*, у которого более 61% измерений ТП лежат в пределах –30...–31°C, что немного ниже среднего значения ТП вида (рис. 2).

Исследования холодоустойчивости 10 видов прямокрылых, проведенные сотрудниками лаборатории биоценологии ИБПС СВНЦ ДВО РАН в

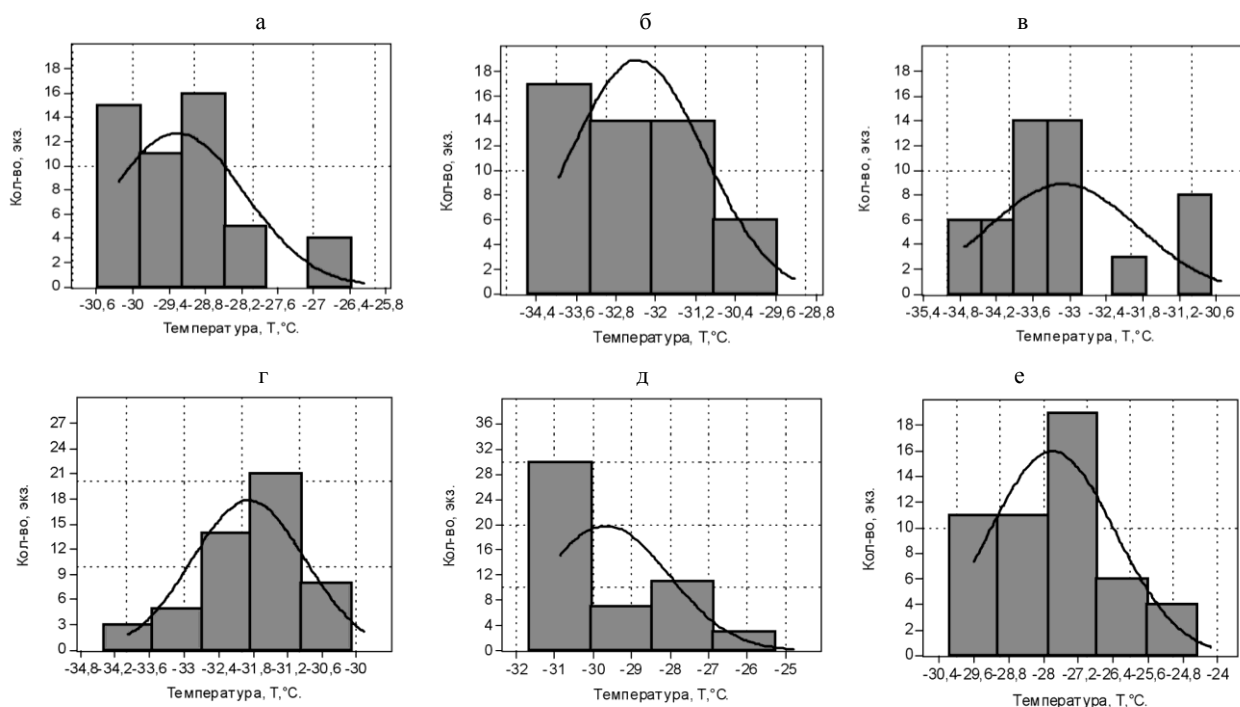


Рис. 2. Распределение температур максимального переохлаждения: а – *Prumna primnoa*; б – *Gomphocerus sibiricus*; в – *Omocestus haemorrhoidalis*; г – *Glyptobotrus maritimus jacutus*; д – *Chorthippus albomarginatus*; е – *Bryodemella tuberculata*

бассейне верховой Колымы (стационар «Абориген»), показали, что ТП яиц у большинства исследованных видов также находятся в диапазоне $-25...-35,5^{\circ}\text{C}$ [12]. Так, значения ТП яиц *Gomphocerus sibiricus* варьируют от $-26,5$ до -32°C , а *Glyptobotrus maritimus jacutus* – от $-24,9$ до $-32,1^{\circ}\text{C}$, что несколько выше ТП яиц центральной якутской популяции (табл. 3). Средние значения ТП яиц *Bryodemella tuberculata* из Магаданской области оказались почти на 3 градуса ниже, чем в Центральной Якутии, $-31,2^{\circ}\text{C}$, но 50% выборки находилась в тех же пределах, что и у центральной якутской популяции. В целом значения ТП центральной якутских и колымских популяций лежат в пределах значений, характерных для каждого вида.

Кроме способности кратковременно переносить низкие температуры, важную роль играет устойчивость насекомых к их длительному воздействию. Для яиц *Chorthippus fallax* ($\text{ТП}_{\text{ср}} = -31,18 \pm 0,8^{\circ}\text{C}$) из Внутренней Монголии установлено, что при температуре, равной $\text{ТП}_{\text{ср}}$, 50% исследованных яиц погибает в течение 12 ч. При температуре, равной -25°C (т.е. на 6°C выше), подобный результат достигался только через 44 дня [13].

Исходя из средних значений ТП, можно предположить, что порог длительно переносимых температур для исследованных видов саранчовых лежит в интервале от -23 до -29°C . Если принять значение порога устойчивости к длительному воздействию низких температур на 4°C выше средней ТП вида, то наибольшим «резервом холодоустойчивости», определяемым как разница между порогами переносимых температур и минимальными температурами в местах зимовки [9], обладают *Omocestus haemorrhoidalis*, *Glyptobotrus maritimus jacutus* и *Gomphocerus sibiricus*, а наименьшим – *Bryodemella tuberculata* (табл. 4).

Но даже в наиболее суровые и малоснежные зимы, когда значительная часть популяции может не перезимовать, выживают яйца, имеющие наиболее низкие ТП и соответственно обладающие значительным «резервом холодоустойчиво-

Т а б л и ц а 4

Основные параметры холодоустойчивости яиц саранчовых в Центральной Якутии

Вид	$T_{\text{почв.ср.}}, ^{\circ}\text{C}$ 0–5 см	$\text{ТП}_{\text{ср}}, ^{\circ}\text{C}$	Ср. порог устойчивости, $^{\circ}\text{C}$	Резерв холодоуст., $^{\circ}\text{C}$
<i>Prumna primnoa</i>	-23,9±1,58	-29,3±0,22	-25,3	1,4
<i>Omocestus haemorrhoidalis</i>		-33,1±0,34	-29,1	5,2
<i>Glyptobotrus maritimus jacutus</i>		-31,9±0,23	-27,9	4,0
<i>Gomphocerus sibiricus</i>		-32,4±0,35	-28,4	4,5
<i>Chorthippus albomarginatus</i>		-29,7±0,56	-25,7	1,8
<i>Bryodemella tuberculata</i>		-27,8±0,46	-23,8	0

сти». Поэтому «физиологическая разнокачественность» особей в природных популяциях служит важным приспособлением, способствующим сохранению вида в изменчивых условиях среды [14].

Таким образом, при адаптации к суровым условиям зимнего периода в районе Области холода Северного полушария для саранчовых характерна зимовка в переохлажденном состоянии, в фазе диапаузирующих яиц. Глубина переохлаждения яиц у исследованных видов варьирует в пределах $-25 \dots -35$ °С, что вполне обеспечивает выживаемость в зимний сезон в условиях Центральной Якутии.

Автор признателен д.б.н. Десяткину Р.В. (ИБПК СО РАН) за помощь в организации полевых исследований и данные по динамике температуры почвы в зимний период, за ценные советы и методическую помощь – д.б.н. Берману Д.И. и к.б.н. Алфимову А.В. (ИБПС ДВО РАН, г. Магадан), за помощь в проведении экспериментальных исследований – д.т.н. Тимофееву А.М. (ИФТПС СО РАН, г. Якутск)

Работа выполнена в рамках выполнения государственного задания по проекту № 0376-2014-0001. Тема 51.1.4 «Животное население приарктической и континентальной Якутии: видовое разнообразие, популяции и сообщества (на примере низовьев и дельты рек Лены, тундр Яно-Индиширо-Колымского междуречья, бассейна Средней Лены и Алдана».

Литература

1. Ушатинская Р.С. Скрытая жизнь и анабиоз. – М.: Наука, 1990. – 182 с.
2. Blok W. Insects and freezing. // Science Progress. – 1995. – Vol. 78, No. 4. – P. 349–372.
3. Somme L. Supercooling and winter survival in terrestrial arthropoda // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1982. – Vol. A 73, No 4. – P. 519–543.

4. Ring R.A. Freezing-tolerant insects with low supercooling points // Comparative Biochemistry and Physiology. – 1982. – Vol. A 73, No 4. – P. 605–612.

5. Аверенский А.И., Ли Н.Г. Стратегия холодовой адаптации у насекомых, обитающих в Центральной Якутии // Биофизика. – 2007. – Т. 52, вып.4. – С. 747–752.

6. Берман Д.И., Лейрих А.Н. Факторы, влияющие на динамику численности саранчовых (Orthoptera, Insecta) Северо-Востока Азии // Популяционная экология животных: Материалы Международной конференции «Проблемы популяционной экологии животных», посвященной памяти акад. И.А. Шилова. – Томск: Изд-во ТГУ, 2006. – С. 275–277.

7. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. – Якутск: Кн. изд-во, 1973. – 118 с.

8. Алфимов А.В. Распределение минимальных температур в поверхностном слое почвы под снежным покровом в Евразии // Почвоведение. – 2005. – № 4. – С. 438–455.

9. Горышин Н.И. Техническое оснащение экологических исследований в энтомологии. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1966. – 236 с.

10. Берман Д.И., Алфимов А.В., Жигульская З.А., Лейрих А.Н. Зимовка и холодоустойчивость муравьев на Северо-Востоке Азии. – М.: Товарищество научных изданий КМК, 2007. – 261 с.

11. Десяткин Р.В. Почвообразование в термокарстовых котловинах – аласах криолитозоны. – Новосибирск: Наука, 2008. – 324 с.

12. Берман Д.И., Лейрих А.Н., Якимчук Н.В. Зимовка и связанные с ней особенности биологии темного тетрика (*Tetrix fuliginosa*, Orthoptera, Tetrigidae) на Северо-Востоке СССР // Зоологический журнал – 1989. – Т. 68, вып. 9. – С. 86–96.

13. Hao Shu Guang, Kang Le. Supercooling capacity and cold hardiness of the eggs of the grasshopper *Chorthippus fallax* (Orthoptera, Acrididae) // European Journal of Entomology. – 2004. – e. 25; 101(2). – P. 231–236.

14. Ушатинская Р.С. Вопросы экологической физиологии насекомых. – М.: Наука, 1987. – 175 с.

Поступила в редакцию 24.06.2015

УДК 595.793.1 (571.56)

Обзор пилильщиков семейства Pamphiliidae (Hymenoptera, Symphyta) Якутии

А.А. Попов

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, г. Якутск

Приводится 25 видов пилильщиков семейства Pamphiliidae, из которых 2 вида (*Cephalcia pallidula* Guss., *Pamphilus hortorum* Kl.) впервые указываются для фауны Якутии. Дана краткая характеристика