

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ПОЧВЫ НА НАСЕЛЕНИЕ ЖУЖЕЛИЦ (COLEOPTERA, CARABIDAE) ЗАКАЗНИКА «УДЫЛЬ»

П.С. Ван, О.В. Куберская

ФГБУ «Заповедное Приамурье», г. Комсомольск-на-Амуре, Россия

«УДЫЛЬ» КОРУГУНУН САСЫК КОҢУЗДАРЫНЫН (COLEOPTERA, CARABIDAE) ПОПУЛЯЦИЯСЫНА ТОПУРАКТЫН ГИДРОТЕРМАЛДЫК ШАРТТАРЫНЫН ТААСИРИ (РОССИЯ, ХАБАРОВСК ОБЛАСТЫ)

П.С. Ван, О.В. Куберская

Федералдык мамлекеттик бюджеттик мекеме «Приамурье коругу», Комсомольск-на-Амуре ш.,
Россия

INFLUENCE OF SOIL HYDROTHERMAL CONDITIONS ON THE GROUND BELLETS' POPULATION (COLEOPTERA, CARABIDAE) IN THE UDYL' NATURAL RESERVE (RUSSIA, KHABAROVSKII KRAI)

P.S. Van, O.V. Kuberskaya

Federal State-Funded Institution «Zapovednoye Priamurye», Komsomolsk-on-Amur, Russia

vanpolina8710@mail.ru; leonika-00@mail.ru

Аннотация. Рассматривается влияние гидротермических условий почвы на различных глубинах на видовой состав и динамическую плотность жужелиц в лесных биотопах заказника «Удыль». Наиболее сильные связи установлены между влажностью почвы и общей динамической плотностью жужелиц, а также с распространением *Pterostichus alacer* A. Morawitz, 1862. Выявлено, что температура почвы сильно влияет на распределение *Carabus hummeli* Fischer von Waldheim, 1823, *Pterostichus eximius* A. Morawitz, 1862 и *Pterostichus proca* A. Morawitz, 1862.

Ключевые слова: жужелицы, влажность почвы, температура почвы, заказник «Удыль».

Аннотация. Удыль коругунун токой биотопторундагы сасык коңуздарынын түрдүк курамына жана динамикалык тыгыздыгына ар кандай тереңдиктеги топурактын гидротермалдык шарттарынын таасири каралат. Кыртыштын нымдуулугу менен жер коңуздарынын жалпы динамикалык тыгыздыгынын ортосунда, ошондой эле *Pterostichus alacer* A. Morawitz, 1862. *Pterostichus proca* A. Morawitz, 1862-ж.

Негизги сөздөр: сасык коңуздары, кыртыштын нымдуулугу, кыртыштын температурасы, Удыль коругу.

Annotation: The soil hydrothermal conditions' influence in different depths on the dynamic density of ground beetles in forest biotopes of the Udyly nature reserve is considered. The strongest links have been established between soil moisture content and the total dynamic density of ground beetles, as well as with the distribution of *Pterostichus alacer* A. Morawitz, 1862. Soil temperature is found to strongly influence the distribution of *Carabus hummeli* Fischer von Waldheim, 1823, *Pterostichus eximius* A. Morawitz, 1862 and *Pterostichus proca* A. Morawitz, 1862.

Keywords: Coleoptera, Carabidae, soil moisture content, soil temperature, Udyly' Nature Reserve.

Среди всех абиотических факторов для почвенных насекомых важными являются температура, влажность и аэрация почвы. Как правило, в северной и влажной части своего ареала вид обитает на более легких, сухих и прогреваемых почвах, чем в южной. На вертикальные миграции насекомых большое влияние оказывает температурный градиент почвы. В умеренных широтах зимой температура почвы с глубиной повышается, а летом наоборот, падает, весной и осенью

происходят температурные реверсии [1]. Местообитания жужелиц, как герпетобионтных насекомых, наряду с прочими факторами также определяются их связью с типами почв и гидротермическими преферендами [4]. В данной работе проанализирована связь гидротермических условий почвы и населения жужелиц заказника «Удиль».

Федеральный заказник «Удиль» (площадь 134,3 га) находится в Ульчском районе Хабаровского края и представляет собой водно-болотное угодье, расположенное на левобережье р. Амур, примерно в 220 км выше его устья. Рельеф территории преимущественно озерно-аллювиальный низменный, частично низкогорный. Низменная часть покрыта верховыми болотами и осоково-вейниковыми лугами на торфяно-глееземах и аллювиальных почвах. Низкогорья занимают лиственничные и елово-пихтовые леса, а также производные от них березовые и осиновые леса на буроземах. В центре заказника располагается пресноводное озеро Удиль, одно из крупнейших в Хабаровском крае. Озеро сточное, соединено с р. Амур протокой Ухта, ограничено низкими заболоченными берегами с юга и обрывистыми высокими – с северо- и юго-востока. Климат заказника ультраконтинентальный. Уже на небольших глубинах наблюдаются линзы вечной мерзлоты [6, 7].

Всего для территории известно 102 вида из 31 рода, 20 триб, 9 подсемейств Carabidae [5].

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Исследования проводились на территории заказника «Удиль» с 18 по 27 июля 2016 г и с 4 по 12 июля 2017 г. в лиственничных, елово-пихтовых, дубовых и березовых лесах на 20 пробных площадях размером (ПП) 20х20 м. (Рис. 1.). На каждой площади проводилась закладка почвенного профиля с измерением температуры и влажности почвы на глубинах от 10 до 50 см. Температуру почвы измеряли ртутным термометром. Влажность почв для разных глубин определяли визуальным полевым методом с выделением 5 категорий влажности [2] в баллах: 1 – «сухая», 2 – «свежая», 3 – «влажная», 4 – «сырая», 5 – «мокрая».

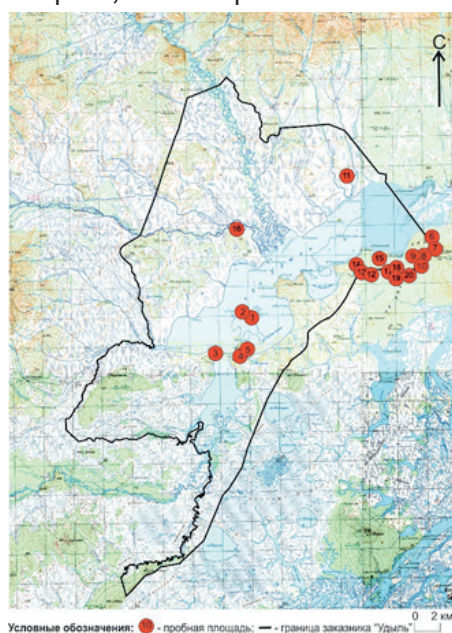


Рис. 1. Карта-схема расположения пробных площадей в заказнике «Удиль»

Сбор жужелиц осуществлялся почвенными ловушками типа Барбера, в качестве которых применялись пластиковые стаканчики объемом 200 мл, заправленные обычной водой. Ловушки выставлялись от 3-х до 8-ми суток, в количестве от 10 до 50 шт. Для достоверности расчетов встречаемость жужелиц в уловах обозначена нами как динамическая плотность (ДП) – величина, представляющая число экземпляров жуков, попавших в ловчий стаканчик в пересчете на 100 ловушко-суток.

Для определения связи между гидротермическими условиями почвы и распределением жу- желиц использовались методы теории информации, которые уже доказали свою эффективность в подобного рода исследованиях [3]. Для расчета силы и направления информационно-статисти- ческих связей между исследуемыми признаками использован нормированный коэффициент со- пряженности $K(A;B)$ явления A (зависимой переменной) с фактором B (в каждой паре признаков). $K(A;B)$ позволяет определить, что от чего зависит и насколько. Данный коэффициент рассчиты- вается по формуле [8]:

$$K(A; B) = \frac{2^{T(AB)} - 1}{2^{H(\min A, B)} - 1},$$

Здесь $T(A,B)$ есть информационная мера связи между A и B , выраженная в битах; $H(A)$ и $H(B)$ – априорные меры разнообразия (негэнтропия) признаков A и B соответственно; $H_{\min}$ – мини- мальная неопределенность одного из двух признаков, выраженная в битах.

Результаты

Всего, за время исследования нами собран и обработан 3771 экз. имаго жу- желиц, относящихся к 39 видам из 19 родов, 16 триб, 7 подсемейств Carabidae: ПП 1 – 8 видов/ ср. ДП 14,1 экз. на 100 ловушко-суток; ПП 2 – 11/ 35; ПП 3 – 11/105,7; ПП 4 – 14/ 157,3; ПП 5 – 10/ 89,3; ПП 6 – 18/ 96,8; ПП 7 – 4/ 132,6; ПП 8 – 4/ 6,3; ПП 9 – 9/ 355,3; ПП 10 – 6/ 137,9; ПП 11 – 7/ 12,5; ПП 12 – 13/ 157,2; ПП 13 – 12/ 170,4; ПП 14 – 11/ 96,7; ПП 15 – 10/ 90,8; ПП 16 – 11/ 206,7; ПП 17 – 6/ 50; ПП 18 – 9/ 66,7; ПП 19 – 6/ 26,7; ПП 20 – 4/ 32,2. Наибольшим числом видов представлены роды *Pterostichus* (10 видов), *Carabus* (5 видов) и *Synuchus* (3 вида). По два вида объединяют роды *Notiophilus*, *Bembidion*, *Agonum*, *Amara* и *Harpalus*, остальные включают по одному виду. Наибольшая ДП от- мечена у *Carabus canaliculatus*, *C. hummeli*, *Pterostichus proca*, *P. eximius*, *P. orientalis* и *P. alacer* (далее доминанты), что, в общем, закономерно для лесных экосистем.

По гидротермическим преферендумам жу- желиц 28 видов относятся к мезофилам (в т. ч. обо- значенные доминанты) и 11 к гигрофилам, последние виды в большей степени связаны с переув- лажненной средой и обычно не встречаются вдали от водоемов.

По морфоадаптациям к обитанию в определенном ярусе [9] среди жу- желиц наиболее много- численны стратобионты – обитатели подстилки и скважин в верхнем слое почвы: зарывающиеся подстилочно-почвенные (11 видов, в т. ч. 4 доминирующих вида *Pterostichus*), поверхностно-под- стилочные (10 видов), скважники, подстилочные (5 видов), скважники и подстилочно-трещинные (2 вида). При движении они используют естественную скважность подстилки и почвы. Характер почвенного покрова (дренированность, рыхлость, влажность) и подстилки (толщина, степень фер- ментации) имеют для этих жуков важнейшее значение, поэтому наиболее комфортные условия обитания для них складываются под пологом леса. Среди насекомых, обитающих на поверхно- сти почвы (эпигеобионтов) 5 видов относится к ходящим крупным (в т. ч. 2 доминирующих вида *Carabus*) и 1 вид – к бегаящим жу- желицам. При неблагоприятных условиях они прячутся под кор- нями деревьев, камнями, комками почвы или в подстилке. 1 вид является обитателем толщи по- чвы (геобионт), активно прокладывая ходы и норы в ней. Среди миксофитофагов выявлены геохортобионты гарпалоидные (2 вида) – это лазающие по растениям и активно зарывающиеся в почву жу- желицы, стратобионты – скважники (1 вид) – это малоспециализированные к фитофагии жу- желицы, обитающие часто во влажных местах в подстилке и стратохортобионты (1 вид) – это специализированные к фитофагии жу- желицы, хорошо лазающие по растениям и укрывающиеся в подстилке и скважинах почвы.

Результаты проведенного информационного анализа показали, что гидротермические усло- вия почвы оказывают сильное влияние на распределение жу- желиц (рис. 2). Влажность почвы в поверхностном ее слое оказывает определяющее воздействие на видовое разнообразие жу- желиц и их общую ДП ($K(A;B)=0,241-0,297$). На глубине 20–30 см связи резко уменьшаются в особенности для числа видов ($K(A;B)=0,09$) и на максимальной для исследования глубине 40 см возрастают до показателей, характерных для верхнего слоя почвы ($K(A;B)=0,218-0,28$). В целом оптимальной по влажности для наибольшего количества видов является сухая и свежая почва, а наибольшая ДП насекомых зафиксирована при сухом состоянии почвы, что отражает мезофиль- ность большинства отмеченных видов и особей Carabidae, включая доминантов.

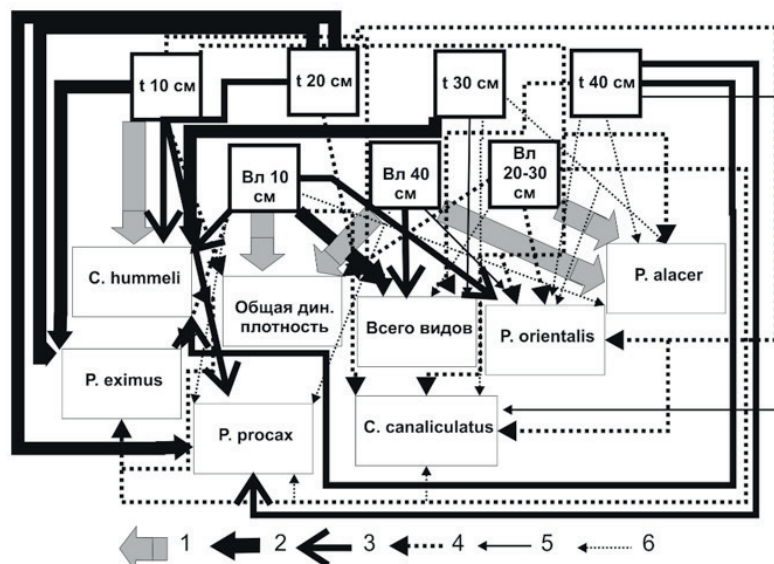


Рис.2 Информационно-статистическая модель, отражающая зависимость распределения жуков от гидротермических условий почвы в заказнике «Удиль». Нормированные коэффициенты сопряженности $K(A;B)$: 1 – более 0,250; 2 – 0,221–0,250; 3 – 0,191–0,220; 4 – 0,161–0,190; 5 – 0,131–0,160; 6 – 0,070–0,130.

Свою гигрофильность, а чаще всего гигрофобность, к различным глубинам почвы выделенные доминанты проявляют неодинаково. Если в приповерхностном слое практически все виды за исключением *P. proscax* и *P. alacer* имеют сильную связь с влажностью почвы ($K(A;B)=0,168–0,213$), то на глубине от 20 до 40 см сильной зависимостью от влажности отличается в большей мере последний вид. *Carabus canaliculatus*, *C. hummeli*, *Pterostichus proscax*, *P. eximius*, *P. orientalis* и *P. alacer* хорошо развиваются как на сухих почвах, так и на свежих и влажных почвах. Сравнительно наиболее сухолюбив *P. orientalis*: на сухих и свежих почвах общая ДП максимальна – 13–21 экз. на 100 ловушко-суток. Более гигрофил *P. alacer*: наибольшая ДП 9–15,2 экз. на 100 ловушко-суток в свежих и влажных почвах.

Связи с распределением жуков и температурой почвы также достаточно сильные, но слабее, чем с влажностью. При этом термические условия больше влияют на конкретные виды, чем на общие показатели населенности жуков. Самые сильные связи выявлены для глубины 10 см, что закономерно, поскольку это наиболее близкий к поверхности почвы горизонт, где сосредоточено максимальное количество герпетобионтов. Наибольшее количество видов (12–17) встречается при средних ($t=12–14^{\circ}\text{C}$) и максимальных ($t=17–18^{\circ}\text{C}$) температурах почвы. При выходе из данных диапазонов температуры в большую или меньшую сторону количество видов жуков резко снижается.

Достаточно сильные связи с температурой почвы выявлены для общей ДП всех видов жуков на глубинах 10–20 см ($K(A;B)=0,162–0,198$). С ростом температуры связь ДП возрастает.

В среднем сила связей между признаками в самом «населенном» слое на глубине 10 см варьируются в пределах $K(A;B)=0,162–0,176$, но на этом фоне резко выделяется влияние температуры почвы на *C. hummeli*, *P. eximius* и *P. proscax*, сила связей с которыми превышает $K(A;B)=0,204$. При возрастании глубины связи с данными видами также отличаются наибольшими показателями.

У *C. hummeli* связь с температурой почвы на различных глубинах очень высокая и изменяется в пределах от 0,215 до 0,240, достигая максимума на глубине 10 см, что характерно для обитателя поверхности и подстилки почвы (эпигеобионта). С возрастанием температуры почвы ДП вида также увеличивается. Оптимальная температура почвы по всем горизонтам для вида – $15–19^{\circ}\text{C}$. Среди остальных рассматриваемых доминантов *C. hummeli* является самым термофильным.

P. eximius ($K(A;B)=0,170–0,223$) в отличие от *C. hummeli* на близких к поверхности горизонтах почвы может вполне оптимально развиваться как при максимальных так и средних температурах, а на больших глубинах даже избирателен в пользу средних и низких ее показателей. Так при температуре почвы $10–13^{\circ}\text{C}$ на глубине 20 см на ее поверхности наблюдается максимальная ДП

вида (24–25,6 экз. на 100 ловушко-суток), при этом наибольшие значения температуры почвы в данном горизонте могут достигать 14–17°C. *P. eximius* относится к стратобионтам, зарывающимся подстильно-почвенным. При неблагоприятных сезонных условиях (в данном случае это может быть высокая температура воздуха в июле) способен проникать в почву по естественным скважинам и норам на глубину до 10–20 см. В поверхностном слое вид проявляет термозависимость при температуре почвы ниже 13°C: до этого предела его ДП минимальна. После перехода через данное значение его население может достигать как минимальных, так и максимальных показателей.

Интересно проследить изменения связи с температурой почвы по глубинам у *P. ruginosus*. Для данного вида, в отличие от описанных предыдущих, большая связь с температурой почвы на глубинах 10–20 см ($K(A;B)=0,204–0,247$). Далее на глубине 30 см связь с температурой почвы резко падает до 0,149 и на максимальной – 40 см возрастает до 0,190. Предположительно в личиночной фазе *P. ruginosus* способен проникать на такие глубины почвы [10], учитывая суровые зимы и промерзание почв в заказнике оставаться там на зимовку. На данную связь могут оказывать влияние и другие опосредованные факторы. В целом вид оптимально развивается при сравнительно высоких, но не максимальных температурах почвы. В поверхностном слое почв при диапазоне температур 5,5–19 °C наибольшая ДП наблюдается при $t=14–16^{\circ}\text{C}$. Выводы. Таким образом, построенная информационная модель демонстрирует сильную связь между гидротермическими условиями почвы и населением жуков-жужелиц лесных биотопов заказника «Удиль»:

1. Наиболее сильные связи выявлены между влажностью и ДП жуков. Максимальных значений она достигает в сухих почвах.
2. Видовое богатство жужелиц также больше всего связано с влажностью почв, хоть и меньше чем ДП. Максимальное количество видов отмечено в сухой и свежей почве. Самый влагозависимый вид – *P. alacer*, который предпочитает свежие и влажные почвы.
3. Температура почвы менее взаимосвязана с общими показателями населения жужелиц – ДП и количеством видов, но зато имеет сильные связи с конкретными видами – *C. hummeli*, *P. ruginosus* и *P. eximius*, первый из которых наиболее термофилен.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гиляров М.С. Экологические принципы эволюции наземных животных. Избранные труды. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2012. – 594 с.
2. Добровольский В.В. Практикум по географии почв с основами почвоведения. М.: Просвещение, 1982. – 127 с.
3. Залиханов М.Ч., Коломыц Э.Г., Шарая Л.С., Цепкова Н.Л., Сурова Н.А. Высокогорная геоэкология в моделях. М.: Наука, 2010. – 488 с.
4. Крыжановский О.Л. Жуки подотряда Adephaga: семейства Rhysodidae, Trachypachidae, семейство Carabidae (вводная часть и обзор фауны СССР) // Фауна СССР. Насекомые жесткокрылые. Л.: Наука, 1983. – Т. 1, Вып. 2. – 341 с.
5. Куберская О.В., Сундуков Ю.Н., Будилов П.В. Жужелицы (Coleoptera, Carabidae) заказника «Удиль», Хабаровский край // Чтения памяти А.И. Куренцова. Владивосток: Дальнаука, 2019. – Вып. 30. – С. 99–114.
6. Петренко П.С. Лесные гео- и экосистемы заказника «Удиль». «Сборник материалов шестой научно-практической конференции». // Геосистемы в Северо-Восточной Азии: типы, современное состояние и перспективы развития. Владивосток: ТИГ ДВО РАН, 2018. – С. 218–222.
7. Поздняков А.В., Сохина Э.Н., Петров Е.И., Мордовин А.М. Природные условия Удиль-Кизинской низменности. Новосибирск: Наука, 1973. – 191 с.
8. Пузаченко Ю.Г., Скулкин В.С. Структура растительности лесной зоны СССР. Системный анализ. М.: Наука, 1981. – 275 с.
9. Шарова И.Х. Жизненные формы жужелиц (Coleoptera, Carabidae). М.: Наука, 1981. – 360 с.
10. John M. Holland. Carabid Beetles: Their Ecology, Survival and Use in Agroecosystems // The Agroecology of Carabid Beetles / British Library Cataloguing in Publication Data. – Andover, 2002. – P 1–40.