

Р. А. Суходольская

Н. Л. Ухова

И. Г. Воробьева

Изменчивость размеров и морфометрической структуры популяций жужелицы *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787) в заповедниках

В работе представлены результаты анализа морфометрических признаков (длина и ширина надкрылий, переднеспинки, головы) жужелиц *Pterostichus oblongopunctatus*, который проводился вручную при помощи самописной программы на Python 2.7 с использованием библиотек numpy и openCV. Выборки были взяты в 2010—2015 гг. в трех заповедниках: Волжско-Камском (55°18' с.ш., 49°17' в.д.), Большой Кокшаге (56°40' с.ш., 47°16' в.д.) и Висимском (57°24' с.ш., 59°23' в.д.). В каждом из них обследовано 5—10 площадок, которые представляли собой нативные участки сосняков и липняков в первом заповеднике, сосняков — во втором и пихто-ельники разной степени сукцессии — в третьем. Жуков отлавливали стандартно ловушками Барбера. Результаты показали, что практически по всем признакам жуки, обитающие в Волжско-Камском заповеднике, крупнее, чем в Висимском. Особи из Большой Кокшаги занимают промежуточное положение. Морфометрическая структура популяций *P. oblongopunctatus* различается во всех трех заповедниках, причем в Большой Кокшаге и Висимском она более сходна. Анализ главных компонент выявил примерно равные нагрузки на все признаки у жуков из Волжско-Камского заповедника в отличие от популяций из двух других.

Ключевые слова: жужелицы, изменчивость размеров, морфометрическая структура, заповедники, многомерный анализ.

Насекомые выполняют важнейшие экосистемные функции, такие как утилизация мертвых остатков, опыление, служат пищевым ресурсом для представителей высших таксонов. В то время как большинство видов еще не описано, они исчезают с невероятной скоростью [16], а исследований по темпам их вымирания очень немного [12]. Одним из путей сохранения биоразнообразия насекомых считают организацию заповедников, где сохраняются естественные условия для видов, особенно стенобионтных, которые не выживают в трансформированном антропогенной деятельностью ландшафте [8]. Организация заповедников, по-видимому, наиболее эффективный способ сохранения локального и регионального биоразнообразия [9]. Существующая сеть заповедников всячески способствует этой цели, однако в их научной работе наибольшее внимание уделяется таксономическому разнообразию и редко встречаются работы по филогенетическому и функциональному [18]. Основной упор делается на редкие и исчезающие виды, а работы по эврибионтным видам ограничиваются регистрацией численности и доли в сообществе, игнорируют их уникальный эволюционный статус и функциональные признаки [15]. К числу функциональных признаков относится размер тела, который непосредственно связан со многими физиологическими, поведенческими признаками, обеспечивающими приспособленность к окружающим факторам среды. Поэтому работ по изменчивости размеров тела насекомых становится все больше [11; 19]. В них рассматривается изменчивость размеров насекомых не только с позиций общезоогеографических правил (Бергманна и пр.), но и в плане индикации антропогенных и другого рода воздействий (изменения климата, локальные адаптации к условиям обитания и т. п.) [7].

В нашей работе представлены результаты исследования изменчивости размеров тела жужелицы *P. oblongopunctatus* F. (рис. 1).

Жужелицы относятся к большому прогрессивному семейству жесткокрылых. Они широко распространены и являются необходимым элементом любого почвенного цено-

© Суходольская Р. А., Ухова Н. Л., Воробьева И. Г., 2018

за. В большинстве своем это хищники, играющие существенную роль в защите сельскохозяйственных и лесных насаждений. Они считаются чуткими индикаторами среды обитания. Исследованный нами вид широко распространен от Великобритании до Прибайкалья, исключая Крайний Север и засушливые регионы на юге. Изолят существует в Японии. На Дальнем Востоке обитает целая серия других видов этого подрода [16].



Рис. 1. Внешний вид *P. oblongopunctatus*
(<https://macroid.ru/showphoto.php?photo=168334&cat=58122>)

Это типичный обитатель подстилки лиственных и хвойных лесов, эпигеонт ходящий, неспецифический зоофаг, вид с весенним типом размножения. Мультизональность и эврибионтность *P. oblongopunctatus* позволяет ему адаптироваться к самым разнообразным воздействиям, включая антропогенные. Так, он демонстрирует высокую численность в зоне влияния медеплавильного комбината [1], используется в лабораторных экспериментах по изучению влияния тяжелых металлов на развитие и размеры жужелиц [17]. Цель данного исследования — сравнительная оценка характера изменчивости мерных признаков *P. oblongopunctatus* в нативных условиях в разных точках его ареала.

Материалы и методика

Районы исследований. Материал собирали в 2010—2015 гг. в трех заповедниках.

Волжско-Камский государственный природный биосферный заповедник (далее — ВКГЗ) (55°18' с.ш., 49°17' в.д.) состоит из двух участков — Раифского и Саралинского, расположенных в разных ландшафтных зонах. Первый входит в Западно-Казанский низменный район с восточноевропейскими сосновыми и широколиственно-сосновыми лесами на дерново-подзолистых и светло-серых лесных почвах подтаежной подзоны бореальной ландшафтной зоны. Второй участок находится в Волго-Мешинском возвышенном районе с восточноевропейскими сосново-широколиственными (с преобладанием осинников и березняков) и сосновыми частично остепненными лесами на дерново-подзолистых, темно-серых лесных почвах в широколиственно-лесной подзоне суббореальной северной семигумидной ландшафтной зоны [3]. Раифский участок заповедника лежит в провинции южной тайги и смешанных лесов Вятско-Камской возвышенности (южная тайга Западного Предкамья), Саралинский — в лесостепной провинции Низменного Заволжья (лесостепь Западного Предкамья) [6]. Площадь заповедника составляет чуть более 10 тыс. га. Наибольшая ее часть покрыта лесом.

В Раифском участке пробы отбирали в сосняках кв. 25, 47, 63, 67 и в липняках в кв. 50, 80, 81, 84, 86 и 131; в Саралинском участке — в сосняках кв. 24 и 42 и в липняках кв. 24, 54 и 55. Все они представляют собой участки нетронутого леса. Материал собирали в вегетационные сезоны 2014—2015 гг.

Государственный природный заповедник «Большая Кокшага» (56°40' с.ш., 47°16' в.д.) расположен в среднем течении реки Большая Кокшага. Площадь заповедника составляет 21428 га.

Материал был собран с 6.05.2015 по 6.09.2015 на пяти пробных площадях в сосняках различного состава, которые располагались в 90 квартале: 1 — сосняк лишайниково-мшистый (одновозрастной), сформированный на гари 1930 г., травяной покров очень редкий; 2 — сосняк лишайниково-мшистый (разновозрастной) с редким подлеском; 3 — сосняк липняковый с подростом из осины, ели и березы; 4 — сосняк лишайниковый с сосной и березой во втором ярусе; 5 — сосняк черничный с подростом ели, сосны, осины и пихты.

Висимский государственный биосферный заповедник (57°24' с.ш., 59°23' в.д.) расположен в низкогорной части Среднего Урала. После катастрофического ветровала 1995 г. и двух обширных пожаров 1998 и 2010 гг. коренные леса сохранились на очень небольшой площади.

Материал собирали в 2010—2012 гг. на пяти различающихся по растительности участках: ПЗП¹-19, ПЗП-7, ПЗП-2, ПЗП-20 — разные сукцессионные стадии пихто-ельника высокотравно-папоротникового коренного: ПЗП-19 — припевающий березняк вейниково-высокотравный (пожар прошел около 80 лет назад), ПЗП-20 — кипрейно-малиново-вейниковое послепожарное сообщество (пожар был в 1998 г. и повторно в 2010 г.); ПЗП-2 — кипрейно-малиново-вейниковое послепожарное сообщество (с 1995 г. ветровал пихто-ельника высокотравно-папоротникового коренного), в 2010 г. по этой ПЗП прошла граница пожара, выгорела пятнами. Кв. 150 — послерубочный березняк (около 50 лет), производный от пихто-ельника крупнопапоротникового.

Техника исследований. Жуков отлавливали стандартными почвенными ловушками, которые устанавливались в ряд на расстоянии 10—15 м друг от друга в каждом из исследованных биотопов и экспонировались по 5 суток. Собранных жуков транспортировали в лабораторию и отбирали жуков исследуемого вида для проведения морфометрических промеров.

Измерение животных производилось вручную при помощи самописной программы на Python 2.7 с использованием библиотек numpy и openCV. Исходный код и инструкции доступны под пермиссивной лицензией MIT. Фотографии животных были получены при помощи камеры Nikon D5100 с рассеивателем света вспышки. При съемке животные были помещены в коробку с белой матовой поверхностью. Для получения снимков с наименьшей абберацией кривизны поля животные размещались в 1 ряд по 4—6 штук в каждом на фокусном расстоянии от 10 см. Для привязки размеров животных на снимке к реальным на минимальном расстоянии от них располагался маркер масштаба в виде отрезка миллиметровой бумаги (рис. 2).

Жуков обмеряли по шести мерным признакам: длина надкрылий от щитка до конца, ширина надкрылий по плечевому углу, длина переднеспинки по срединной борозде, ширина переднеспинки по расстоянию между задними углами, длина головы по расстоянию от лабрума до затылочной борозды, ширина головы по расстоянию между глазами. В тексте на рисунках эти признаки обозначены следующим образом: А, Б — длина и ширина надкрылий соответственно, В, Г — длина и ширина переднеспинки соответственно, Д, Е — длина головы и расстояние между глазами. В общей сложности было обмерено 2315 особей. Из них в Волжско-Камском заповеднике — 536 самок и 676 самцов, в Большой Кокшаге — 194 самки и 184 самца, в Висимском — 375 самок и 350 самцов.

¹ Почвенно-зоологическая площадка.

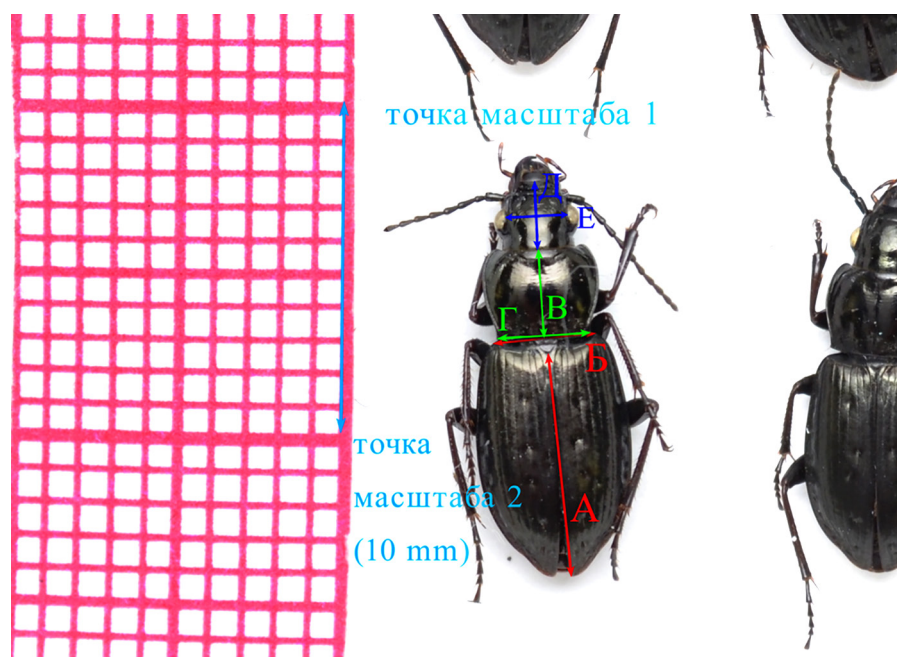


Рис. 2. Схема промеров жуков. А — длина надкрылий, Б — ширина надкрылий, В — длина переднеспинки, Г — ширина переднеспинки, Д — длина головы, Е — расстояние между глазами

Статистическая обработка результатов проведена в программе Statistica 10. Использовали общепринятые методы многомерного анализа [5].

Результаты. Практически по всем исследованным признакам жуки, обитающие в ВКГЗ, больше таковых из Висимского заповедника (рис. 3), жуки из Большой Кокшаги занимают по размерам промежуточное положение.

Исключение составляют длина надкрылий, которая статистически значимо не различается у жуков ВКГЗ и Большой Кокшаги, и длина головы, одинаковая у особей Большой Кокшаги и Висимского заповедника.

Предпринятый многомерный анализ по комплексу признаков показал, что структура морфометрических признаков *P. oblongopunctatus* во всех трех заповедниках различается статистически значимо (рис. 4, табл. 1), при этом структура популяций исследованного вида жужелиц в Б. Кокшаге и Висимском заповеднике более схожи между собой.

Таблица 1

Расстояние Махаланобиса между центроидами распределения признаков выборок *P. oblongopunctatus*

	Б. Кокшага	Волжско-Камский
Б. Кокшага	0,000	12,077***
Волжско-Камский	12,077***	0,000
Висимский	1,546***	17,796***

*** p-level < 0,001.

Поскольку в ВКГЗ и Висимском заповеднике было исследовано по несколько популяций *P. oblongopunctatus*, мы предприняли попытку оценить их структуру в каждом заповеднике. Результаты показали, что расстояние Махаланобиса, по которому судят о значимости различий популяций по комплексу признаков, в ВКГЗ колеблется в пределах 0,19—21,35, при 125 парах сравнений 41 статистически не значимо. В Висимском заповеднике расстояние Махаланобиса колеблется в пределах 0,23—3,48, при 10 парах

сравнений различия в структуре не значимы только в одном случае. Таким образом, по структуре выборки *P. oblongopunctatus* из Висимского заповедника более сходны между собой, чем таковые из ВКГЗ.

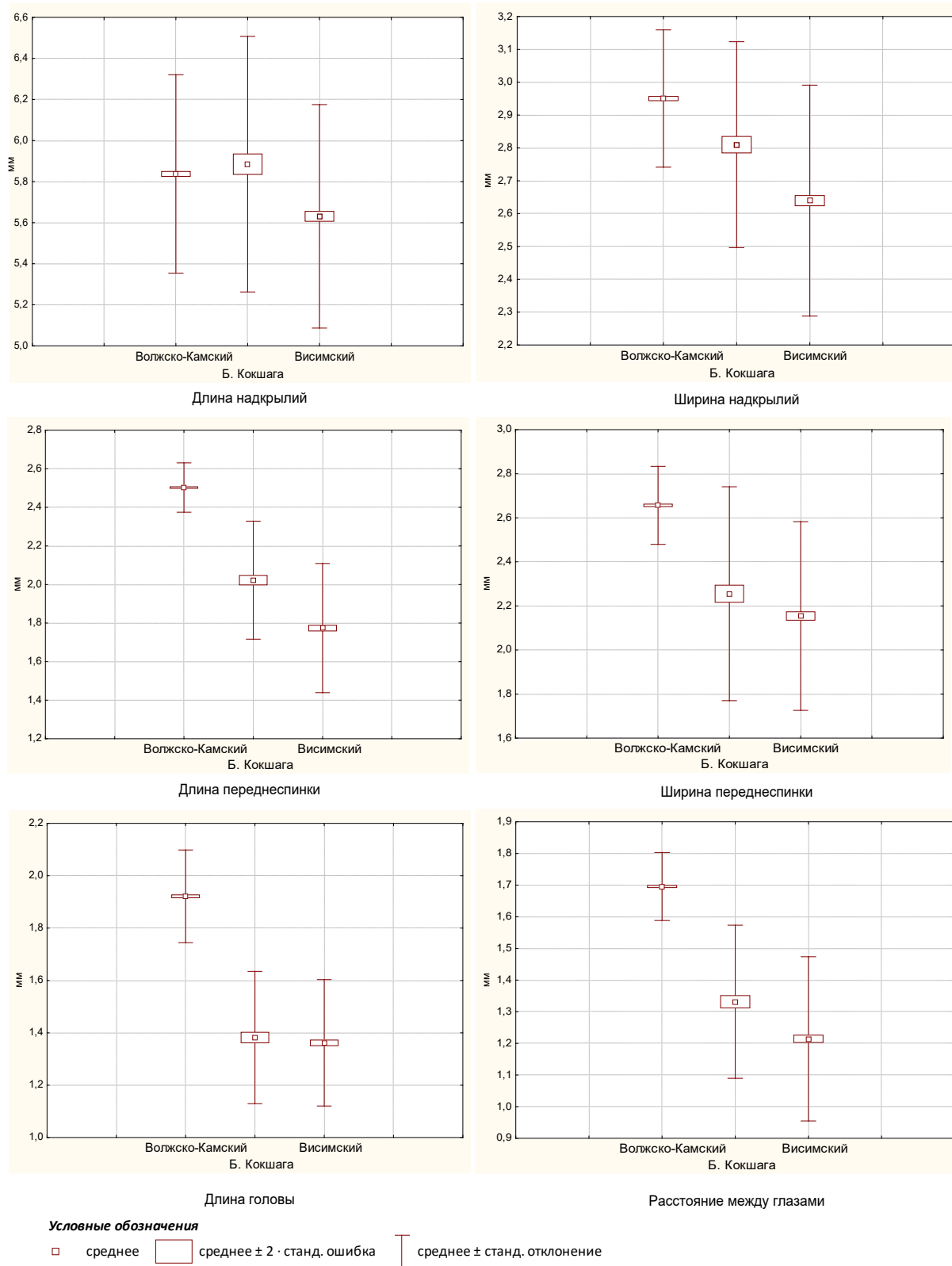


Рис. 3. Морфометрические параметры *P. oblongopunctatus* в разных заповедниках

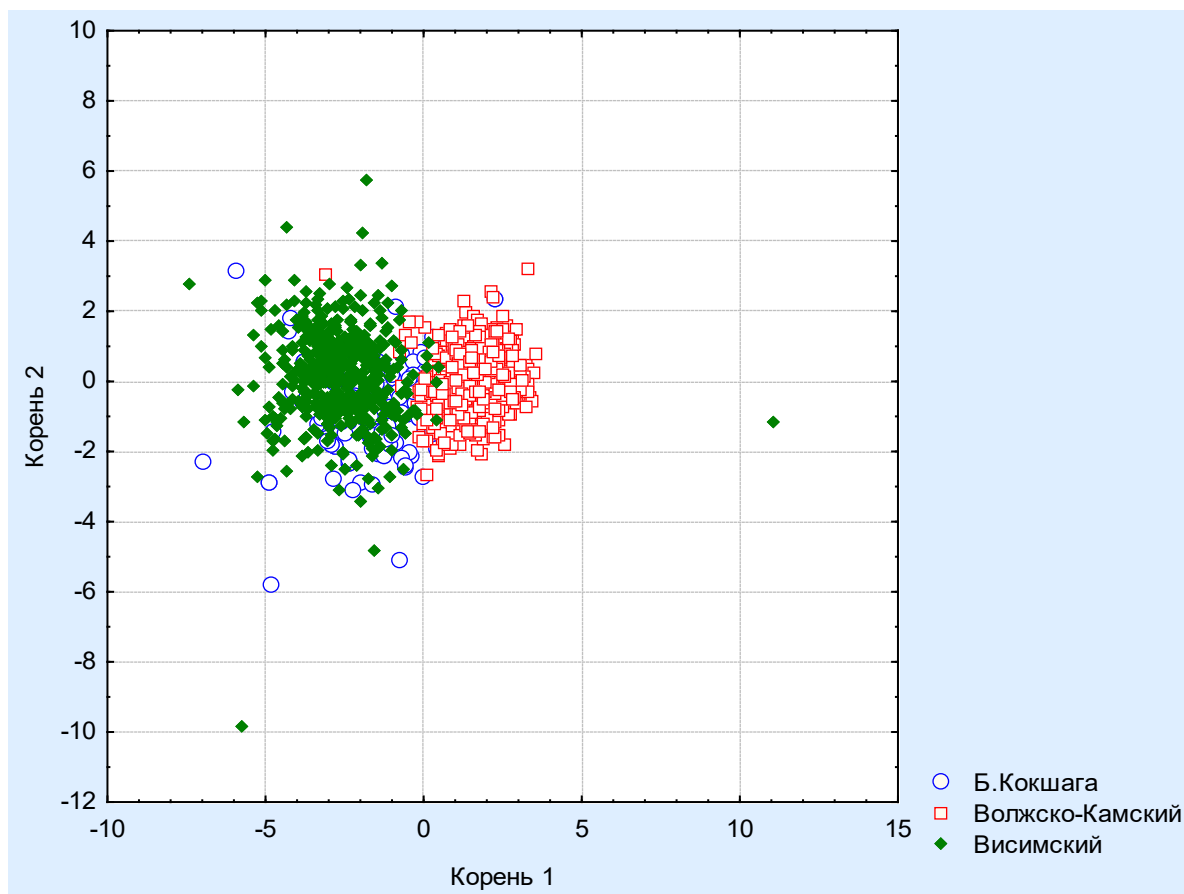


Рис. 4. Положение выборок *P. oblongopunctatus* в плоскости двух дискриминантных осей (Wilks' Lambda: 0,19 approx. $F(12,32) = 353,25$, $p < 0,0000$)

Сходство структуры популяций исследуемого вида жужелиц в Большой Кокшаге и Висимском заповеднике подтвердил анализ главных компонент (РСА), проведенный по значениям длин надкрылий как основного признака, по которому судят о размерах жука (рис. 5): факторные нагрузки по первому фактору в популяциях Висимского заповедника и Большой Кокшаги практически одинаковы, а по второму различаются направлением. В популяциях Волжско-Камского заповедника нагрузка по первому фактору значительная, больше по сравнению с популяциями других заповедников и имеет противоположный знак, а по второму — ее практически не наблюдается. Поэтому мы провели РСА отдельно для популяций *P. oblongopunctatus* каждого из заповедников (рис. 6). Для популяций *P. oblongopunctatus* трех заповедников характерна большая нагрузка как по первому фактору, так и по второму на признак Д (длина головы), что свидетельствует о наличии отбора по поисковой активности. При этом в ВКГЗ нагрузки по обоим факторам на остальные признаки примерно одинаковы и большая приходится на первый фактор. Это говорит о том, что структура популяций *P. oblongopunctatus* достаточно стабильная. В Большой Кокшаге популяции исследуемого вида менее структурированы: если по первому фактору нагрузки на остальные признаки примерно одинаковы, то по второму — признаки А, Б, Г (длина и ширина надкрылий и ширина переднеспинки соответственно) имеют отрицательный знак нагрузки, а В и Е (длина переднеспинки и расстояние между глазами) — положительный. Такой же расклад наблюдается и в популяциях *P. oblongopunctatus* Висимского заповедника, однако нагрузка на признаки распределена между ними примерно одинаково. Это предполагает значительную степень неустойчивости данных популяций. О степени устойчивости в отношении *P. oblongopunctatus* в исследованных

заповедниках можно сказать, что наибольшая она в ВКГЗ, наименьшая — в Висимском заповеднике. В пользу этого говорят и цифры по сумме двух главных компонент: чем она больше, тем более устойчивой считается выборка. В нашем случае сумма главных компонент укладывается в ряд 78% — 62% — 52% в ВКГЗ, Большой Кокшаге и Висимском заповеднике соответственно.

Такие результаты объясняются, на наш взгляд, условиями окружающей среды, складывающимися в исследованных заповедниках. В ВКГЗ жуки собирались в плотах, находящихся на поздних стадиях сукцессии, то есть оценивались достаточно сложившиеся сообщества. К тому же в анализ были взяты выборки как из сосняков, так и липняков. В Большой Кокшаге выборки были взяты только из сосняков. На наш взгляд, большая нагрузка по длине надкрылий в популяциях ВКГЗ определяется тем, что выборки были взяты как в сосняках, так и в лиственных биотопах (рис. 5). В Висимском заповеднике популяции *P. oblongopunctatus* не только изолированы, но и обитают на качественно различных участках как по типу растительности, так и сукцессионного процесса. Именно это обстоятельство объясняет «разрыхленность» структуры этих популяций, которые испытывают различающиеся давления отбора по каждому из исследованных признаков.

Сравнительный анализ популяций жужелиц, обитающих в Волжско-Камском и Висимском заповедниках, был проведен на жужелице *Pterostichus melanarius* [4]. Результаты показали, что жуки, обитающие в ВКГЗ, статистически значимо больше по всем шести исследованным признакам по сравнению с Висимскими, причем разница обеспечивается за счет самок. Репродуктивная структура исследованных популяций характеризуется значительным сдвигом в пользу самцов в ВКГЗ и равновесным — в Висимском, причем половой диморфизм в гораздо большей степени выражен в популяциях ВКГЗ, а дисперсия полов (как отношение изменчивости размерных признаков самок к таковым у самцов) больше выражена в популяциях *P. melanarius* Висимского заповедника. Таким образом, что касается популяций этого вида, авторы заключают, что для него в ВКГЗ складывается достаточно благоприятная ситуация, поскольку значения полового диморфизма и дисперсия полов увеличены [2].

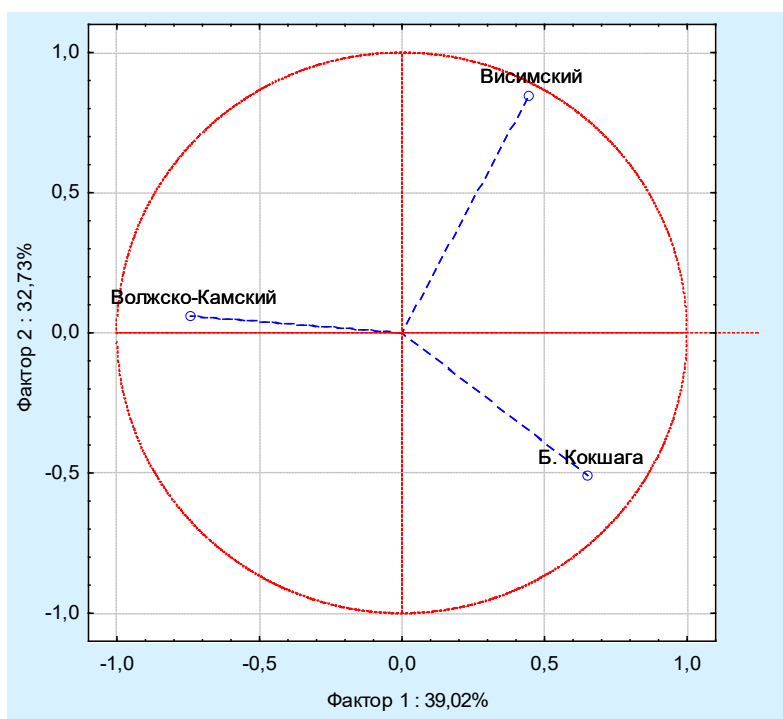


Рис. 5. Результаты PCA в популяциях *P. oblongopunctatus* по длине надкрылий

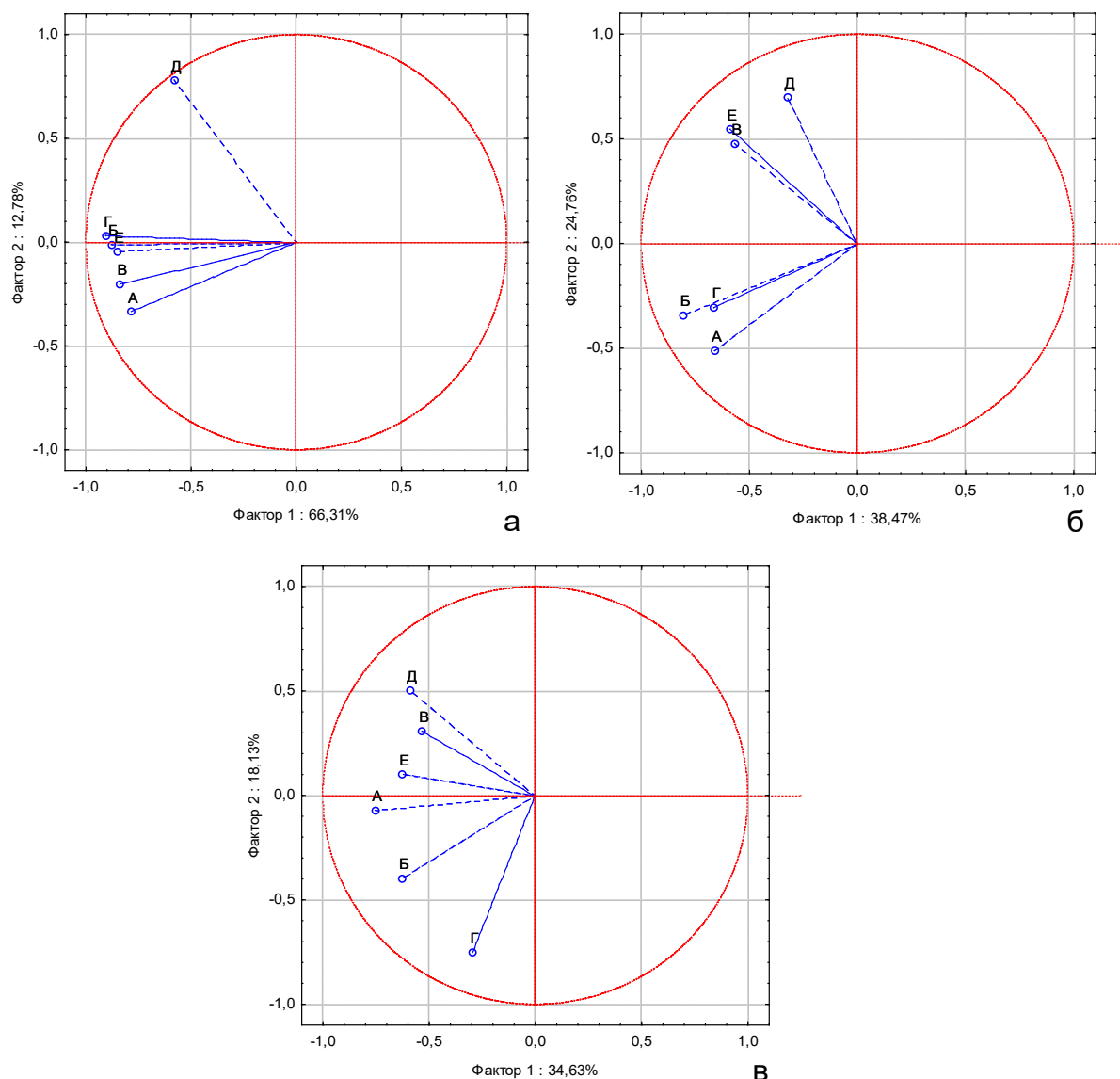


Рис. 6. Результаты PCA в исследованных популяциях *P. oblongopunctatus*. а — ВКГЗ, б — Большая Кокшага, в — Висимский заповедник (обозначения признаков даны в разделе «Материал и методика»)

Особи изученного нами вида *P. oblongopunctatus* статистически значимо различаются по размерам в разных точках своего ареала. Значимые различия зарегистрированы также и в морфометрической структуре их популяций. Это может объясняться несколькими причинами. Как показали тайваньские исследователи, разная степень вырубке леса оказывает влияние на функциональные признаки, в том числе размеры жуков у другого вида жужелиц — *Carabus masizoi* [10]. На изучаемых нами заповедных территориях вырубке лесов не ведется, однако наблюдались ветровалы и лесные пожары. В этом отношении отметим работу, в которой регистрируется изменение размеров некоторых видов жужелиц вследствие урагана [13]. Значимые различия в размерах жуков из исследованных популяций могут определяться и климатическими условиями, различающимися в местах обитания исследованного вида как в широтном, так и в долготном направлениях. Такие закономерности были описаны для многих таксонов, в том числе для насекомых [14].

Заключение. Особи широкораспространенного вида жужелиц *P. oblongopunctatus*, обитающие на заповедных территориях, расположенных в разных климатических зонах,

различаются по размерам и по морфометрической структуре их популяций. Это говорит в пользу того, что в каждой из частей ареала складываются свои условия обитания, формирующие диапазон фенотипической изменчивости. Наиболее благоприятны условия обитания в Волжско-Камском заповеднике (крупные по размерам жуки и установившаяся структура популяций) по сравнению с Большой Кокшагой и Висимским заповедником. Полученные результаты позволяют говорить о том, что не стоит таксономически выделять в подвид популяции, обитающие в разных физико-географических регионах, а также рекомендовать оценку репродуктивной структуры для оценки степени устойчивости популяций жужелиц.

Список использованной литературы

1. Бельская Е. А., Зиновьев Е. В. Структура комплексов жужелиц (Coleoptera, Carabidae) в природных и техногенно нарушенных экосистемах на юго-западе Свердловской области // Сибирский экологический журнал. 2007. № 4. С. 533—543.
2. Геодакян В. А. Эволюционная теория пола // Природа. 1991. № 8.
3. Ермолаев О. П., Игонин М. Е., Бубнов А. Ю., Павлова С. В. Ландшафты Поволжья. Казань : КГУ, 1964. 194 с.
4. Суходольская Р. А., Ухова Н. Л. Сравнительный анализ морфометрической и репродуктивной структуры популяций жужелицы *Pterostichus melanarius* Ill. в условиях Висимского и Волжско-Камского заповедников // Экологические исследования в Висимском биосферном заповеднике. Екатеринбург, 2006. С. 303—306.
5. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ : пер. с англ. / Дж.-О. Ким, Ч. У. Мьюллер, У. Р. Клекка [и др.] ; под ред. И. С. Енюкова. М. : Финансы и статистика, 1989. 215 с.
6. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. А. В. Ступишина. Казань : Изд-во Казан. ун-та, 1964. 197 с.
7. Barton P. S., Gibb H., Manning A., Lindenmayer D. B., Cunningham S. A. Morphological traits as predictors of diet and microhabitat use in a diverse beetle assemblage // Biological Journal of the Linnean Society. 2011. Vol. 102, is. 2. P. 301—310. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2010.01580.x.
8. Cabeza M., Arponen A., Jäätelä L., Kujala H., van Teeffelen A., Hanski I. Conservation planning with insects at three different spatial scales // Ecography. 2010. Vol. 33. P. 54—63. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.06040.x.
9. Chape S., Harrison J., Spalding M., Lysenko I. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets // Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences. 2005. Vol. 360 (1454). P. 443—455. DOI: 10.1098/rstb.2004.1592.
10. Chen Y.-T., Yeh L.-W., Tso I.-M., Lin H.-C., Liang-Kong Lin L.-K., Lin C.-P. Evidence of Trait Shifts in Response to Forest Disturbance in Taiwanese *Carabus masuzoi* (Coleoptera: Carabidae) // Annals of the Entomological Society of America. 2018. Vol. 111 (3). P. 98—102. DOI: 10.1093/aesa/say003.
11. Chown S. L., Gaston K. J. Body size variation in insects: a macroecological perspective // Biological Reviews. 2010. Vol. 85, is. 1. P. 139—169. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2009.00097.x.
12. Dunn R. R. Modern insect extinctions, the neglected majority // Conservation Biology. 2005. Vol. 19. P. 1030—1036. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00078.x.
13. Garbalinska P., Skłodowski J. Body size differentiation in selected carabid species inhabiting Puszcza Piska forest stands disturbed by the hurricane // Baltic Journal of Coleopterology. 2008. Vol. 8. P. 101—114.
14. Harris R., McQuillan P., Hughes L. Patterns in body size and melanism along a latitudinal cline in the wingless grasshopper *Phaulacridium vittatum* // Journal of Biogeography. 2012. Vol. 39, is. 8. P. 1450—1461. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2012.02710.x.
15. Hewett E. D., Tashian R. E. Functional diversity, conservation, and convergence in the evolution of the alpha-, beta-, and gamma-carbonic anhydrase gene families // Molecular Phylogenetics and Evolution. 1996. Vol. 5, is. 1. P. 50—77. DOI: 10.1006/mpev.1996.0006.
16. Kryzhanovsky O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G. A Checklist of the Ground-Beetles of Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae). Sofia ; Moscow : Pensoft, 1995. 271 p.
17. Lagisz M. Changes in morphology of the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera; Carabidae) from vicinities of a zinc and lead smelter // Environmental Toxicological Chemistry. 2008. Vol. 27. P. 1744—1747. DOI: 10.1897/07-661.

18. Saura S., Bertzky B., Bastin L., Battistella L., Mandrici A., Dubois G. Protected area connectivity: Shortfalls in global targets and country-level priorities // *Biological Conservation*. 2018. Vol. 219. P. 53—67. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.12.020.

19. Silva F. R. J., Battirola L. D., Lhano M. G., Sousa W. O., Marques M. I. Morphometry of *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae: Leptysmiinae) in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil // *Brazilian Journal of Biology*. 2014. Vol. 74, N. 3. P. 730—738. DOI: 10.1590/bjb.2014.0068.

Поступила в редакцию 13.08.2018

Суходольская Раиса Анатольевна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Институт проблем экологии и недропользования Академии наук Республики Татарстан
Российская Федерация, 420087, г. Казань, ул. Даурская, 28
E-mail: ra5suh@rambler.ru

Ухова Надежда Леонидовна, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Висимский государственный природный биосферный заповедник
Российская Федерация, 624144, Свердловская область, г. Кировград, ул. Ст. Разина, 23
E-mail: ukh08@yandex.ru

Воробьева Ираида Геннадьевна, кандидат биологических наук, доцент
Марийский государственный университет
Российская Федерация, 420039, г. Йошкар-Ола, ул. Школьная, 57
E-mail: vigir@mail.ru

UDC 573.01:595.762.12

R. A. Sukhodolskaya
N. L. Ukhova
I. G. Vorobyova

Body size population structure variation in ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787) in nature reserves

The article presents the results of morphometric analysis (elytron, pronotum and head lengths and widths) in carabid *Pterostichus oblongopunctatus*. The authors carried out it manually by self written program on Python 2.7 with the use of numpy and openCV libraries. Beetles were sampled in 2014—2015 in three nature reserves: Volzhsko-Kamskiy (55°18' N, 49°17' E), Bolyshaya Kokshaga (56°40' N, 47°16' E) and Visimskiy (57°24' N, 59°23' E). The authors studied 5—10 plots in each reservoir in native pine- and linden forests in the first protected area, pine-forests — in the second and fur-spruce forests — in the third. Beetles were sampled traditionally with Barbers traps. Our results showed that practically beetles all traits in Volzhsko-Kamskiy reserve were larger than those in Visimskiy one. Beetles from Bolyshaya Kokshaga took the middle position. Morphometric structure of the populations in *P. oblongopunctatus* differed in all nature reserves studied, but it was more similar in Bolyshaya Kokshaga and Visimskiy. PCA revealed similar loads on all traits in the populations of Volzhsko-Kamskiy reserve unlike the populations of the other two.

Key words: ground beetles, body size variation, morphometric structure, protected areas, multivariate analyses.

Sukhodolskaya Raisa Anatolievna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Research Institute for Problems of Ecology and Mineral Wealth Use of Tatarstan Academy of Sciences
Russian Federation, 420087, Kazan, ul. Daurskaya, 28
E-mail: ra5suh@rambler.ru

Ukhova Nadezhda Leonidovna, Candidate of Biological Sciences, Senior Researcher
Visimskiy State Nature Biosphere Reserve
Russian Federation, 624144, Sverdlovsk region, Kirovgrad, ul. St. Razina, 23
E-mail: ukh08@yandex.ru

Vorobyova Iraida Gennadievna, Candidate of Biological Sciences, Assistance Professor
Mariy State University
Russian Federation, 420039, Yoshkar-Ola, ul. Shkol'naya, 57
E-mail: vigir@mail.ru

References

1. Bel'skaya E. A., Zinov'ev E. V. Struktura kompleksov zhuzhelits (Coleoptera, Carabidae) v prirodnykh i tekhnogenno narushennykh ekosistemakh na yugo-zapade Sverdlovskoi oblasti [Structure of the Complexes of Carabid Beetles (Coleoptera, Carabidae) in Natural and Industry-Disturbed Forest Ecosystems in the South-West of the Sverdlovsk Region]. *Sibirskii ekologicheskii zhurnal — Contemporary Problems of Ecology*, 2007, no. 4, pp. 533—543. (In Russian)
2. Geodakyan V. A. Evolyutsionnaya teoriya pola [Evolutionary Theory of Gender]. *Priroda*, 1991, no. 8. (In Russian)
3. Ermolaev O. P., Igonin M. E., Bubnov A. Yu., Pavlova S. V. *Landshafty Povolzh'ya* [Landscapes of the Volga region]. Kazan, KGU Publ., 1964. 194 p. (In Russian)
4. Sukhodol'skaya R. A., Ukhova N. L. Sravnitel'nyi analiz morfometricheskoi i reproduktivnoi struktury populyatsii zhuzhelitsy *Pterostichus melanarius* Ill. v usloviyakh Visimskogo i Volzhsko-Kamskogo zapovednikov [Comparative analysis of the morphometric and reproductive structure of the ground beetles *Pterostichus melanarius* Ill. under the conditions of the Visimsky and Volzhsko-Kamsky nature reserves]. *Ekologicheskie issledovaniya v Visimskom biosfernom zapovednike* [Environmental studies in the Visimsky Biosphere Reserve]. Yekaterinburg, 2006, pp. 303—306. (In Russian)
5. Kim Dzh.-O., M'yuller Ch. U., Klekka U. R. [et al.] *Faktornyi, diskriminantnyi i klasternyi analiz* [Factor, discriminant and cluster analysis]. Moscow, Finansy i statistika Publ., 1989. 215 p. (In Russian)
6. *Fiziko-geograficheskoe raionirovanie Srednego Povolzh'ya* [Physical and geographical zoning of the Middle Volga]. Kazan, Kazan. un-t Publ., 1964. 197 p. (In Russian)
7. Barton P. S., Gibb H., Manning A., Lindenmayer D. B., Cunningham S. A. Morphological traits as predictors of diet and microhabitat use in a diverse beetle assemblage. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2011, vol. 102, is. 2, pp. 301—310. DOI: 10.1111/j.1095-8312.2010.01580.x.
8. Cabeza M., Arponen A., Jäätelä L., Kujala H., van Teeffelen A., Hanski I. Conservation planning with insects at three different spatial scales. *Ecography*, 2010, vol. 33, pp. 54—63. DOI: 10.1111/j.1600-0587.2009.06040.x.
9. Chape S., Harrison J., Spalding M., Lysenko I. Measuring the extent and effectiveness of protected areas as an indicator for meeting global biodiversity targets. *Philosophical Transactions of the Royal Society B. Biological Sciences*, 2005, vol. 360 (1454), pp. 443—455. DOI: 10.1098/rstb.2004.1592.
10. Chen Y.-T., Yeh L.-W., Tso I.-M., Lin H.-C., Liang-Kong Lin L.-K., Lin C.-P. Evidence of Trait Shifts in Response to Forest Disturbance in Taiwanese *Carabus masuzoi* (Coleoptera: Carabidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 2018, vol. 111 (3), pp. 98—102. DOI: 10.1093/aesa/say003.
11. Chown S. L., Gaston K. J. Body size variation in insects: a macroecological perspective. *Biological Reviews*, 2010, vol. 85, is. 1, pp. 139—169. DOI: 10.1111/j.1469-185X.2009.00097.x.
12. Dunn R. R. Modern insect extinctions, the neglected majority. *Conservation Biology*, 2005, vol. 19, pp. 1030—1036. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2005.00078.x.
13. Garbalinska P., Skłodowski J. Body size differentiation in selected carabid species inhabiting Puszcza Piska forest stands disturbed by the hurricane. *Baltic Journal of Coleopterology*, 2008, vol. 8, pp. 101—114.
14. Harris R., McQuillan P., Hughes L. Patterns in body size and melanism along a latitudinal cline in the wingless grasshopper *Phaulacridium vittatum*. *Journal of Biogeography*, 2012, vol. 39, is. 8, pp. 1450—1461. DOI: 10.1111/j.1365-2699.2012.02710.x.
15. Hewett E. D., Tashian R. E. Functional diversity, conservation, and convergence in the evolution of the alpha-, beta-, and gamma-carbonic anhydrase gene families. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 1996, vol. 5, is. 1, pp. 50—77. DOI: 10.1006/mpev.1996.0006.
16. Kryzhanovsky O. L., Belousov I. A., Kabak I. I., Kataev B. M., Makarov K. V., Shilenkov V. G. *A Checklist of the Ground-Beetles of Russia and Adjacent Lands (Insecta, Coleoptera, Carabidae)*. Sofia, Moscow, Pensoft Publ., 1995. 271 p.

17. Lagisz M. Changes in morphology of the ground beetle *Pterostichus oblongopunctatus* F. (Coleoptera; Carabidae) from vicinities of a zinc and lead smelter. *Environmental Toxicological Chemistry*, 2008, vol. 27, pp. 1744—1747. DOI: 10.1897/07-661.
18. Saura S., Bertzky B., Bastin L., Battistella L., Mandrici A., Dubois G. Protected area connectivity: Shortfalls in global targets and country-level priorities. *Biological Conservation*, 2018, vol. 219, pp. 53—67. DOI: 10.1016/j.biocon.2017.12.020.
19. Silva F. R. J., Battirola L. D., Lhano M. G., Sousa W. O., Marques M. I. Morphometry of *Cornops aquaticum* (Orthoptera: Acrididae: Leptysminae) in the Pantanal of Mato Grosso, Brazil. *Brazilian Journal of Biology*, 2014, vol. 74, no. 3, pp. 730—738. DOI: 10.1590/bjb.2014.0068.