ЗООЛОГИЯ

УДК 595.799
doi: 10.17223/19988591/26/7

О.Л. Конусова, С.И. Михайлова, А.С. Прокопьев, А.А. Акинина, А.А. Литвинов

Томский государственный университет, г. Томск, Россия

Шмели (Hymenoptera, Apidae) – посетители недотроги железконосной *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae) на территории г. Томска

В качестве посетителей цветков недотроги железконосной Impatiens glandulifera в парках и на застроенных территориях г. Томска зарегистрировано 14 видов шмелей, в том числе три массовых, пять обычных и шесть редких на данной территории. Лёт шмелей на недотрогу продолжался со второй декады июля (начало массового цветения растения) до второй декады сентября. Доминировали шмель полевой Bombus pascuorum (Scopoli) (54,6%) и шмель городской, или дупловой, B. hypnorum (L.) (10,1%). В обножках рабочих особей шмелей различных видов, собранных на цветках недотроги, преобладали пыльцевые зёрна данного растения (79–100%).

Ключевые слова: *Impatiens glandulifera; Bombus; урбанизированная территория.*

Введение

Одной из первоочередных задач новой научной дисциплины – инвазионной биологии – является изучение эволюции систем консортивных связей инвазионных видов растений как с возбудителями болезней и вредителями, так и с насекомыми-опылителями, и оценка роли этих факторов в дальнейшей экспансии заносных видов.

Недотрога железконосная *Impatiens glandulifera* Royle широко известна в настоящее время как агрессивный чужеродный вид гималайского происхождения в умеренных областях Европы, в Азии, Северной Америке и Новой Зеландии. Это представитель инвазионных (инвазивных) видов растений с высокой конкурентной способностью и репродуктивным успехом, которые нередко натурализуются в естественных фитоценозах, занимая местообитания нативных видов растений. Данный вид культивируется в садах и легко дичает, одичавшим встречается по берегам ручьев и озер, оврагам и мусорным местам [1].

Благодаря обильному и продолжительному цветению, высокому содержанию в цветках нектара и пыльцы, *I. glandulifera* является весьма привлекательным для медоносных пчёл и шмелей растением и, выигрывая в конкуренции за опылителей на «рынке цветов», представляет угрозу флоре влажных местообитаний Европы и ряда районов Северной Америки [2].

Взаимоотношения *I. glandulifera* и насекомых-опылителей являлись в последние годы объектом внимания европейских и, в меньшей степени, российских учёных [3–5]. Более высокий репродуктивный успех недотроги по сравнению с нативными видами растений показали Chittka & Schurkens [6]. По данным Б.Н. Миркина [2], на территории Башкирии основные опылители недотроги – шмели – полностью переключились на питание нектаром недотроги. Однако Bartomeus et al. [7], Lopezaraiza-Mikel et al. [3] и Cawoy et al. [5] не выявили какого-либо влияния от внедрения недотроги в экосистемы на эффективность опыления местных растений. Таким образом, в настоящее время среди европейских ученых не существует единого мнения о том, вступает ли *I. glandulifera* в конкурентные отношения с аборигенными видами энтомофильных растений, снижая их репродуктивный успех.

По мере всестороннего изучения биологических особенностей вида наряду с негативными свойствами, обусловливающими его инвазионный характер, выявлен ряд полезных. Публикации по консортивным связям этого растения показывают его важную роль в сохранении видового состава насекомых-опылителей на территории Средней Европы [8, 9]. Ценность недотроги как медоносного растения позволяет включить её в состав растений, рекомендуемых для улучшения кормовой базы шмелей в условиях города [10].

Обладающая высоким средообразующим потенциалом недотрога железконосная становится важным элементом городской флоры. Во флоре г. Томска недотрога начала активно распространяться с 80-х гг. прошлого века [11]. В начале XXI в. этот вид отмечен как широко распространенный в Томске и ряде населенных пунктов Томской области [12, 13]. Широкой экспансии недотроги железконосной в Томске способствует ряд обстоятельств: большие площади старой застройки с частными домами и палисадниками, наличие рудеральной растительности, а также благоприятные почвенно-климатические условия. Особенно активно недотрога разрастается на участках с близким залеганием грунтовых вод на богатых гумусом почвах, образуя устойчивые сообщества вместе с такими видами, как *Acer negundo* L., *Urtica dioica* L., *Artemisia vulgaris* L., *Calystegia sepium* (L.) R. Br., *Chenopodium album* L.

Предварительные исследования видового состава насекомых – посетителей недотроги железконосной на территории Томска, проведённые в 2011 г., показали активное посещение цветков растения осой обыкновенной *Vespula vulgaris* L. (Hymenoptera, Vespidae), пчелой медоносной *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae, Apini), представителями нескольких видов шмелиных (Hymenoptera: Apidae, Bombini) [11].

Вопросы фауны и экологии шмелей в урбанизированных ценозах привлекают особое внимание исследователей. Их изучение создаёт основу для охраны и восстановления популяций этих насекомых вблизи крупных населённых пунктов, а также для использования в качестве объектов экологического мониторинга [14].

Шмели г. Томска и его окрестностей исследовались в 1995–2003 гг. [15]. Было показано, что группировки шмелей различных городских парков включали от 10 до 14 видов. Численно преобладали урботолерантные виды, при этом по мере приближения к застроенным территориям увеличивался вклад факультативно синантропного *Bombus hypnorum* (L.). На застроенных территориях – в зонах деревянной и средневысотной кирпичной застройки – было выявлено по шесть видов шмелей.

Специальных исследований комплексов шмелей – посетителей недотроги железконосной на территории Томска не проводилось. Мы считаем необходимым восполнить этот пробел, в том числе и в связи с тем, что заросли недотроги с длительным, охватывающим вторую половину лета и начало осени периодом цветения могут сыграть важную роль в мониторинговых исследованиях шмелей на урбанизированных территориях.

Цель данной работы – изучение видового состава и некоторых экологических особенностей комплекса шмелей – посетителей недотроги на территории г. Томска.

Материалы и методики исследования

Основой для данной работы послужил материал, собранный в течение вегетационного сезона 2012 г. Обследовались достаточно крупные (не менее 10–20 м^2) массивы недотроги, расположенные на территории парков и в зонах застройки различного типа. При выборе ключевых участков, характеристика которых приводится ниже, учитывалась возможность систематического сбора шмелей и на других энтомофильных растениях.

1. Лагерный сад. Парк в юго-западной части города, расположенный на правом высоком берегу р. Томь. На территории парка, представленной двумя основными растительными формациями – елово-берёзовым лесом и злаково-полынно-разнотравным лугом на береговом склоне – имеются условия для гнездования и фуражировки шмелей. Заросли недотроги присутствуют в западной части парка вдоль грунтовой дороги и на параллельной ей просеке ЛЭП.

2. Университетская роща и прилегающий к ней Заповедный парк Сибирского ботанического сада. Располагаются в юго-западной части города в пределах поймы и второй надпойменной террасы Томи. Здесь также существуют условия, подходящие как для гнездования, так и для фуражировки шмелей. Значительные площади заняты растениями, необходимыми для питания перезимовавших самок весной (хохлатка крупноприцветниковая *Corydalis bracteata* (Steph.) Pers., будра плющевидная *Glechoma hederacea* L.).

Летняя энтомофильная флора представлена липой сердцевидной *Tilia cordata* Mill., рябинником рябинолистным *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Br., различными декоративными травянистыми растениями. Недотрога произрастает в пойменной части рощи по берегам ручьёв, впадающих в Университетское озеро.

3. Средневысотная застройка в юго-западной части города (район пр. Ленина и ул. Учебной). Кормовая база менее стабильна, чем в парках. Газоны вдоль пр. Ленина регулярно выкашиваются, цветочные клумбы во дворах немногочисленны. Однако и здесь имеются условия для питания шмелей (посадки сирени и черёмухи на придомовых территориях, липы вдоль проезжей части; рудеральные участки, заросшие лопухом войлочным *Arctium tomentosum* Mill., иногда с примесью пустырника пятилопастного *Leonurus quinquelobatus* Gilib. и повоя заборного *Calystegia sepium* (L) R. Br.). Такие участки могут быть пригодны для поселения некоторых видов шмелей, сооружающих подземные и наземные гнёзда. Кроме того, на застроенных территориях значительно расширяются возможности для обитания шмелей, способных заселять чердаки и балконы домов. Скопления недотроги встречаются во дворах нескольких сохранившихся в этом районе малоэтажных домов и на мусорных местах.

4. Малоэтажная застройка в районе пересечения ул. Красноармейской и пр. Фрунзе (центр города). Заросли недотроги встречаются во дворах частных домов.

На каждом участке в массивах недотроги закладывалось по три площадки (2 м^2 каждая). Сборы насекомых с цветков проводили со второй декады июля (начало посещения недотроги шмелями) по первую декаду сентября (окончание лёта шмелей). Практиковался безвыборочный отлов насекомых в течение часа два раза в декаду, во время утреннего или вечернего максимума лёта. В июле были проведены сборы на заросших недотрогой газонах в пределах многоэтажной застройки (ул. Вокзальная, северо-восточная часть города). Впоследствии растительность газонов была скошена, поэтому собранный на данном участке материал использован как дополнительный при рассмотрении распространения и трофических связей некоторых видов на территории города.

Сборы шмелей вне зарослей недотроги проводили по той же методике на площадках, которые были заложены в пределах ключевых участков с учётом состояния энтомофильной растительности в разные периоды вегетационного сезона и наличия скоплений цветущих растений площадью не менее 10 м^2. Так, в Лагерном саду в июне площадки были расположены в местах сплошного произрастания горошка мышиного *Vicia cracca* L., чины луговой *Lathyrus pratensis* L., клевера лугового *Trifolium pratense* L. В условиях жаркой и засушливой погоды, установившейся в июне–июле 2012 г., бобовые на лугах береговых склонов ко времени зацветания недотроги почти отцвели. На смену им пришли сложноцветные растения (серпуха венценосная *Serratula coronata* L. на склоне, лопух войлочный на периферии лесного массива и вдоль некоторых аллей), поэтому локализация площадок частично

изменилась. На застроенной территории шмелей отлавливали в июле на растительности рудеральных участков (в основном на лопухе войлочном). На территории Заповедного парка и Университетской рощи для сборов шмелей в мае были выбраны участки, покрытые цветущей хохлаткой, в июне – будрой, в июле использовали небольшие, обильно цветущие кусты рябинника и группы декоративных растений (в основном сложноцветных). В августе – начале сентября учётные сборы шмелей на всех участках проводили только на недотроге, так как в это время другие цветущие энтомофильные растения были представлены разрозненными небольшими группами. На этих растениях насекомых отлавливали для уточнения видового состава шмелей городской территории.

В целом на участках 1–4 была собрана коллекция, включающая 924 экземпляра шмелей, из них на недотроге – 515. Классы обилия видов выделялись по их долям в сборах [16] и по пятибалльной логарифмической шкале [17]. В первом случае выделяют четыре класса обилия видов: очень редкие – менее 0,5% сборов, редкие – 0,5–1,9%, обычные – 2–10%, массовые – более 10%. Во втором случае виды с 1–2 баллами оцениваются как малочисленные, с 3 баллами – как обычные, с 4 и 5 баллами – как численно преобладающие (доминирующие). Классификация видов шмелей по длине хоботка приводится по Д.А. Адаховскому [18]. При обсуждении результатов использованы сведения по фенологии и кормовым растениям шмеля *Bombus consobrinus* Dhlb., полученные О.Л. Конусовой в 2012 г. на территории междуречья Томь – Яя.

Для более детальной характеристики трофических связей шмелей был исследован состав пыльцевых обножек рабочих особей, собранных на цветках недотроги. Препараты из пыльцевых обножек шмелей изготавливались следующим образом: обножка помещалась в пробирку с дистиллированной водой и размачивалась в течение 30 мин. Затем каплю полученного раствора наносили на предметное стекло, окрашивали ацетоорсеином и накрывали покровным стеклом. Полученный препарат рассматривали и фотографировали на световом микроскопе Микмед 6 (ЛОМО, Россия) при увеличении ×40 и ×90. В каждой обножке идентифицировали более 300 пыльцевых зерен, сопоставляя с эталонными препаратами из гербарных материалов. Статистическая обработка всех данных осуществлялась в редакторе Microsoft Excel. Данные представлены в виде среднего арифметического с ошибкой.

Кроме того, изготавливали препараты из пыльцевых обножек для работы на электронном микроскопе. Размельченную обножку наносили на клейкую основу металлической пластины и напыляли тонким слоем серебра. Полученный препарат рассматривали и фотографировали при помощи электронного микроскопа Philips SEM 515 (Нидерланды), изображения пыльцевых зёрен также сопоставляли с эталонными. Всего было исследовано 30 пыльцевых обножек.

Авторы выражают благодарность студенту Биологического института ТГУ Э.И. Кривошеину за помощь в сборе материала.

Результаты исследования и обсуждение

Взаимоотношения важных компонентов биоты городской среды – нектароносного и пыльценосного растения *I. glandulifera* и шмелей – определяются их биологическими особенностями, в том числе характеристиками жизненных и сезонных циклов.

В условиях г. Томска недотрога проходит полный цикл развития. Массовые всходы появляются в конце апреля, в течение мая–июня происходит активный рост растений, период цветения растянут с I декады июля до наступления осенних заморозков (II–III декады сентября) [11]. Структура зарослей и расположение цветков недотроги очень удобны для посещения насекомыми-опылителями. Особенностью этого вида является образование зарослей площадью 8–20 м^2. Одиночные растения встречаются только на первых этапах колонизации территории. Высота растений колеблется от 2,0–2,7 м в центре зарослей до 1–1,5 м на ее периферии, что обеспечивает свободный доступ к цветкам. Кроме того, на растениях, находящихся в центре заросли, основная масса соцветий формируется только в пазухах верхних листьев. На одном растении одновременно распускается 20–40 цветков, а в заросли площадью 10 м^2 – около 400. Трубчатая форма венчика цветка обеспечивает относительно постоянный запас нектара [19]. Цветки *I. glandulifera* протандричные, поэтому опыление их облигатно-перекрестное. Однако может иметь место опыление между цветками с одного и того же растения.

Успешно развивающиеся колонии общественных видов шмелей подходят к периоду зацветания недотроги, имея значительное количество фуражиров, доставляющих питание в гнёзда. В некоторых семьях уже появляются первые самцы и молодые самки. Пыльца и нектар недотроги могут стать важным источником питания личинок как позднелетнего поколения рабочих шмелей, так и репродуктивных особей, в том числе шмелей-кукушек (подрод *Psithyrus*), выкармливаемых в некоторых гнёздах. Для взрослых особей благоприятным фактором является обилие нектара в цветках. На недотроге вероятно обнаружение большинства видов шмелей, обитающих в городе, что и подтверждается данным исследованием.

С мая по сентябрь 2012 г. в парках и жилых кварталах Томска было зарегистрировано 17 видов шмелей восьми подродов (табл. 1). Три вида относят к паразитическому подроду *Psithyrus*.

Структура населения характерна для урбанизированных территорий: доминируют эвритопные *B. lucorum* (шмель малый земляной) и *B. pascuorum* (шмель полевой), а также факультативно синантропный вид *B. hypnorum* (шмель дупловой). Круг посещаемых этими насекомыми растений очень широк. По численности резко преобладает *B. pascuorum*, составивший более 40% сборов. К обычным видам относят *B. hortorum* (шмель садовый), *B. schrencki* (шмель Шренка), *B. consobrinus* (шмель родственный), *B. distinguendus*, *B. veteranus*.

Таблица 1 / Table 1

Видовой состав шмелей в парках и на застроенных территориях г. Томска, участки 1–4 /

Species composition of bumblebees in parks and on built-over lands of Tomsk, sections 1–4

Вид / Species	Количество экз. / Number of specimens	Относительное обилие, % / Relative abundance, %	Класс обилия / Abundance class
Bombus (Bombus) lucorum (L.)	162	17,53	4
B. (B.) patagiatus Nyl.	2	0,2	1
B. (Cullumanus) semenoviellus Scor.	4	0,4	1
B. (Megabombus) consobrinus Dhlb.	22	2,4	3
B. (Mg.) hortorum (L.)	73	7,9	3
B. (Melanobombus) sichelii Rad.	11	1,2	2
B. (Psithyrus) bohemicus Seidl	6	0,6	2
B. (P.) rupestris (F.)	2	0,2	1
B. (P.) quadricolor (Lep.)	1	0,1	1
B. (Pyrobombus) hypnorum (L.)	128	13,3	4
B. (Subterraneobombus) distinguendus F. Mor.	38	4,1	3
B. (St.) subterraneus (L.)	2	0,2	1
B. (Thoracobombus) pascuorum (Scopoli)	389	42,1	5
B. (Th.) pseudobaicalensis Vogt	2	0,2	1
B. (Th.) schrencki F. Mor.	57	6,2	3
B. (Th.) humilis subbaicalensis Vogt	2	0,2	1
B. (Th.) veteranus (F.)	23	2,5	3
Всего экземпляров / Total of specimens	924	100	
Всего видов / Total of species	17		

Обращает на себя внимание значительная доля редких и очень редких шмелей, представленных девятью видами, большинство из которых немногочисленны не только в городе, но и в других местообитаниях, известных на территории области. Например, шмель Семёнова-Тян-Шанского (*Bombus semenoviellus*) – обитатель лугов, встречающийся обычно вблизи сосновых лесов. В Томской области известны единичные находки этого вида [20].

Начало массового цветения *I. glandulifera* и лёта на неё шмелей зафиксировано во второй декаде июля. Закончился лёт шмелей в первой декаде сентября, до завершения цветения недотроги. На цветках *I. glandulifera* зарегистрировано 14 видов шмелей семи подродов, или 82% видового состава в целом (табл. 2). Не обнаружены на недотроге два представителя социальных шмелей – *B. patagiatus* и *B. semenoviellus*, а также шмель-кукушка *B. quadricolor* – все из группы редких на территории Томска видов. В то же время только на недотроге отмечены редкие виды *B. pseudobaicalensis* и *B. humilis subbaicalensis*. Наибольшее количество видов шмелей (10) зарегистрировано на недотроге в пределах участка 2 (Университетеская роща

и Заповедный парк) в районе Университетского озера. В Лагерном саду отмечено 9 видов, на двух застроенных территориях – по 8. Впервые для жилых кварталов Томска указаны такие виды, как *B. consobrinus*, *B. sichelii*, *B. subterraneus.* Шесть видов были представлены только репродуктивными формами, эпизодически посещавшими цветы недотроги. В эту группу вошли социальные виды *B. sichelii*, *B. distinguendus*, *B. pseudobaicalensis*, *B. humilis subbaicalensis* и, в соответствии с указанными выше биологическими особенностями, шмели-кукушки *B. bohemicus* и *B. rupestris*.

Регулярно посещали недотрогу на всех участках и представлены как рабочими, так и репродуктивными особями также шесть видов шмелей. Это не только хорошо приспосабливающиеся к городским условиям виды *B. pascuorum*, *B. hypnorum*, *B. lucorum*, *B. hortorum*, но и типичные обитатели лесов *B. consobrinus* и *B. shrencki*.

Шмель *B. veteranus* (рабочие и репродуктивные особи) встречался лишь на территории парков. Интересна находка в центре города, в районе пересечения двух крупных автомобильных магистралей, рабочей самки *B. subterraneus* – одного из видов шмелей, наиболее чувствительных к загрязнению солями тяжёлых металлов [21]. Ранее этот вид отмечался в городской черте только на разнотравье склонов Лагерного сада.

На всех участках массовым посетителем недотроги был шмель полевой *B. pascuorum*, доля особей этого вида за сезон составила 54,6% (см. табл. 2). Доминирование *B. pascuorum* на цветках *I. glandulifera* при относительном обилии 77% ранее отмечалось на территории Средней Европы [22].

На участках 2–4 наблюдался резкий разрыв по численности шмеля полевого и других локально доминирующих видов (*B. lucorum* в Университетской роще; *B. schrencki* в районе пр. Ленина; *B. hypnorum* на ул. Красноармейская). Доля *B. pascuorum* составила на этих участках от 52 до 65,7%. В Лагерном саду (участок 1) в состав доминантов вошло большее количество видов (кроме *B. pascuorum*, также *B. hortorum, B. consobrinus* и *B. hypnorum*), в результате обилие шмеля полевого составило 25%.

Представители шмеля дуплового *B. hypnorum* охотно посещали недотрогу с самого начала её цветения, но показатель их относительного обилия на этом растении составил за сезон только 10,1% (см. табл. 2). Неуклонное падение доли *B. hypnorum* в сборах к первой декаде августа (рис. 1), связано с особенностями его биологии – большинство колоний распадается к концу июля. При этом единичные рабочие особи с обножкой, а также репродуктивные особи шмеля дуплового встречались на недотроге и в конце августа.

Резкий рост доли особей *B. pascuorum* в сборах на недотроге в первой декаде августа (см. рис. 1) можно связать с массовым вылетом самцов и самок этого вида, сокращением кормовой базы, представленной другими видами растений, а также с падением численности шмеля дуплового *B. hypnorum*.

Таблица 2 / Table 2

Видовой состав и относительное обилие (%) шмелей на недотроге железконосной, г. Томск, 2012 г. /

Species composition and relative abundance (%) of bumblebees on *Impatiens glandulifera*, Tomsk, 2012

Вид / Species	Участок / Section								Всего на участках 1–4 / Total on sections 1–4	
	1		2		3		4			
	Кол-во экз. / Number of specimens	%	Кол-во экз. / Number of specimens	%	Кол-во экз. / Number of specimens	%	Кол-во экз. / Number of specimens	%	Кол-во экз. / Number of specimens	% / Класс обилия / % / Abundance class
Bombus lucorum	5	4,9	20	13,5	11	8,7	5	3,7	41	8,0 / 3
B. consobrinus	13	12,6	2	1,4	5	3,9	1	0,8	21	4,1 / 2
B. hortorum	30	29,1	7	4,7	7	5,5	4	2,9	48	9,3 / 3
B. sichelii	–	–	–	–	1	0,8	1	0,7	2	0,4 / 1
B. bohemicus	3	2,9	–	–	–	–	–	–	3	0,6 / 1
B. rupestris	1	1,0	–	–	–	–	–	–	1	0,2 / 1
B. hypnorum	15	14,6	6	4,1	9	7,1	22	16,1	52	10,1 / 3
B. distinguendus	–	–	3	2,0	3	2,4	–	–	5	1,0 / 1
B. subterraneus	–	–	–	–	–	–	1	0,7	1	0,2 / 1
B. pascuorum	26	25,2	92	62,2	73	52,0	90	65,7	281	54,6 / 5
B pseudobaicalensis	–	–	2	1,4	–	–	–	–	2	0,4 / 1
B. schrencki	1	1,0	6	4,1	18	14,2	13	9,5	38	7,4 / 3
B. humilis subbaicalensis	–	–	2	1,4	–	–	–	–	2	0,4 / 1
B. veteranus	9	8,7	8	5,4	–	–	–	–	17	3,0 / 2
Всего экземпляров / Total of specimens	103	100	148	100	127	100	137	100	515	100
Всего видов / Total of species	9		10		8		8		14	

Ещё один массовый на городских территориях вид *B. lucorum* в июле – начале августа на недотроге был представлен единичными особями. Во второй

декаде августа на цветках недотроги стали концентрироваться репродуктивные особи, но даже в сентябре регистрировались и рабочие, собиравшие пыльцу. При благоприятных условиях колонии *B. lucorum* функционируют достаточно долго. Со второй декады августа до начала сентября на недотроге кормились молодые самки и самцы *B. lucorum, B. hortorum, B. schrencki, B. consobrinus*, а доля особей шмеля полевого постепенно снижалась.

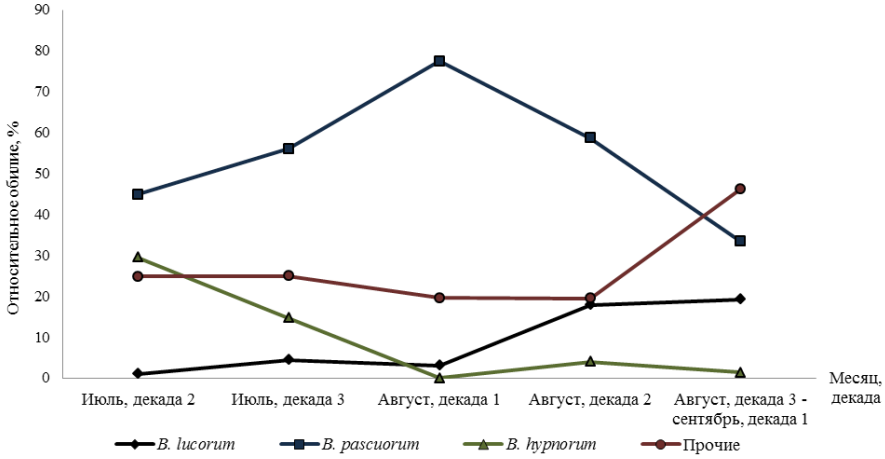

Рис. 1. Сезонная динамика относительного обилия различных видов шмелей на недотроге (участки 1–4) /

Fig. 1. Seasonal dynamics of relative abundance of different bumblebee species on *Impatiens glandulifera* (sections 1–4) (on the ordinate axis – Relative abundance, %; on the abscissa axis – Month, decade)

Распределение разных видов *Bombus* по одновременно цветущим на территории города растениям во второй и третьей декадах июля хорошо объясняется предпочтением шмелями цветков, глубина венчика которых соответствует длине хоботка, что обеспечивает наиболее эффективную фуражировку. Так, на недотроге с её глубоким венчиком преобладали представители длиннохоботковых видов при доминировании *B. pascuorum*. Виды с хоботком средней длины уступали им по численности более чем в два раза. Доля особей видов с коротким хоботком составила немногим более 3% (рис. 2).

На сложноцветных – серпухе венценосной и лопухе войлочном – почти половину особей составили представители видов с хоботком средней длины. В подавляющем большинстве это были особи *B. hypnorum.* Довольно равномерно они распределились между недотрогой и рябинником (см. рис. 2) – растениями, цветки которых резко различаются по доступности нектара.

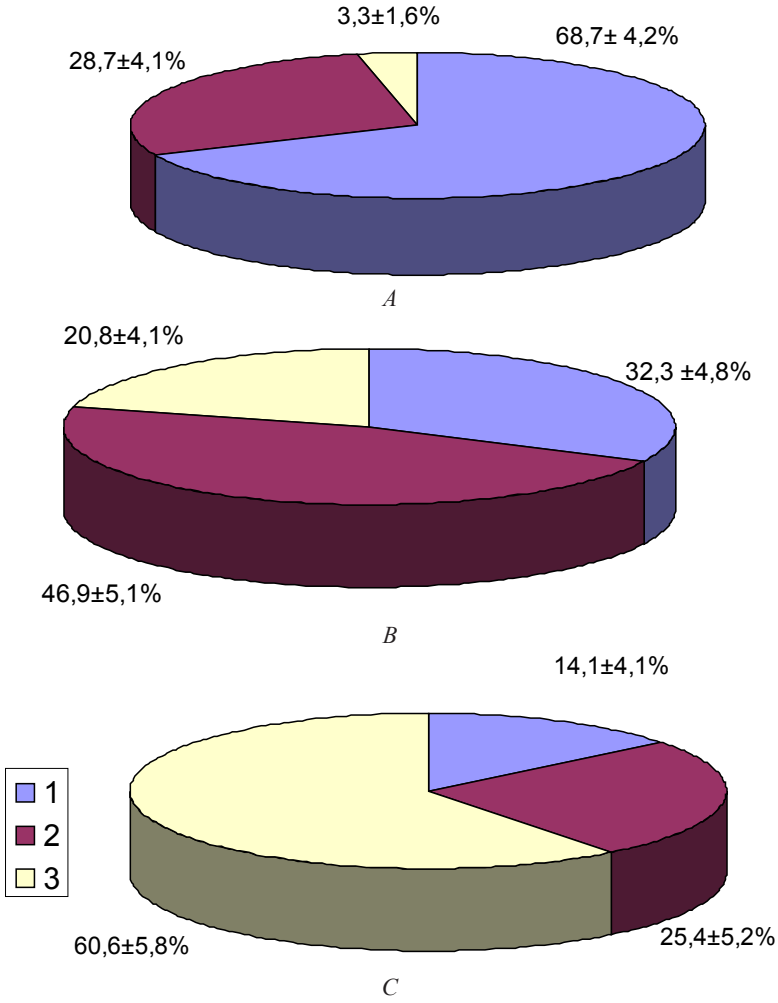

Рис. 2. Распределение групп шмелей, различающихся по длине хоботка (относительное обилие), по одновременно цветущим на городских территориях растениям во второй–третьей декадах июля /

Fig. 2. Distribution of bumblebee groups different proboscis length (relative abundance) according to simultaneously flowering plants on urban territories in the second and in the third decades of July: *1* – длиннохоботковые / long-tongued (*B. consobrinus, B. hortorum, B. distinguendus, B. humilis subbaicalensis, B. schrencki, B. pascuorum*); *2* – среднехоботковые / middle-tongued (*B. hypnorum, B. sichelii, B. veteranus, B pseudobaicalensis, B. subbaicalensis*); *3* – короткохоботковые / short-tongued (*B. lucorum, B. semenoviellus*); *A* – недотрога (*Impatiens glandulifera*); *B* – лопух и серпуха (*Arctium tomentosum, Serratula coronate*); *C* – рябинник (*Sorbaria sorbifolia*)

На рябиннике, нектар которого доступен многим насекомым, более половины сборов составили короткохоботковые шмели. В этой группе доминировал один вид – *B. lucorum*.

В течение всего периода посещения шмелями цветков недотроги доля особей длиннохоботковых видов составила 77,3 ± 1,01%, а среднехоботковых и короткохоботковых – 14,7 ± 1,57 и 8,0 ± 1,20% соответственно. Как рабочие, так и репродуктивные особи шмелей, посещающие цветки недотроги ради нектара, участвуют в опылении растения, перенося пыльцу на дорсальной поверхности тела.

Исследование обножек фуражиров, отловленных на цветках недотроги, показало преобладание в них пыльцевых зерен данного кормового растения (79% и выше). В некоторых случаях обножки были полностью однородны, т.е. монофлорны (рис. 3).

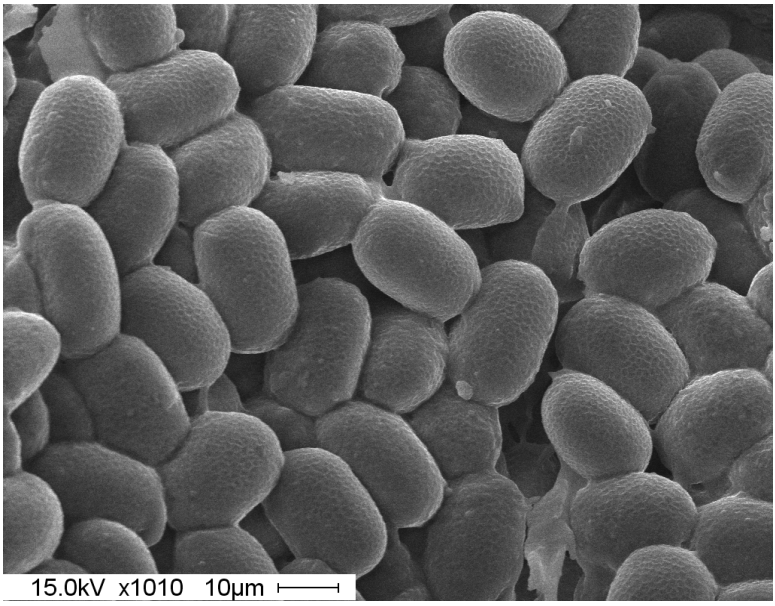

Рис. 3. Фрагмент обножки шмеля родственного, состоящей из пыльцевых зерен недотроги железконосной (участок 4, ул. Красноармейская). Фото А.А. Акинина

Fig. 3. Fragment of bumblebee pollen load, consisting of *Impatiens glandulifera* pollen grains (section 4, Krasnoarmeyskaya street). Photo A.A. Akinina

Доля пыльцы недотроги в пыльцевых обножках шмелей зависела от места сбора насекомых, а не от их видовой принадлежности. Так, в образцах обножек представителей массовых видов, собранных в зоне многоэтажной застройки, доля пыльцы недотроги оказалась наименьшей (рис. 4), хотя и здесь она весьма существенна (79–82%).

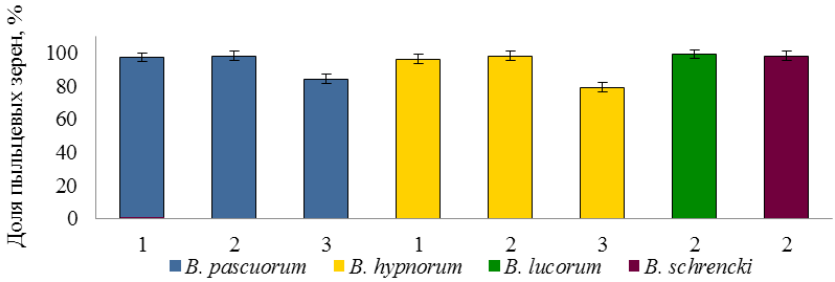

Рис. 4. Доля пыльцевых зерен недотроги железконосной в обножках массовых видов шмелей: *1* – Университетское озеро; *2* – ул. Красноармейская; *3* – ул. Вокзальная

Fig. 4. Percentage of *Impatiens glandulifera* pollen grains (%, on the ordinate axis) in pollen loads of dominant bumblebee species: *1* – University lake; *2* – Krasnoarmeyskaya street; *3* – Vokzalnaya street

Таким образом, *I. glandulifera* на урбанизированной территории может рассматриваться как важное звено нектарно-пыльцевого конвейера, поддерживающего существование городских популяций шмелей. Особенно это касается, по-видимому, шмеля, родственного *Bombus consobrinus*, фуражирующего на цветах с длинными венчиками и отличающегося довольно поздним развитием колоний. Так, в 2012 г. собирающие пыльцу особи стали появляться на кормовых растениях только в третьей декаде июля в городе – на *I. glandulifera,* а в пригородных лесах на – обычном для этого вида *Aconitum septentrionale* Koelle (аконите северном). Цветущий до сентября аконит вьющийся (*Aconitum volubile* Pall. Ex. Koelle) обеспечивал в естественных условиях дальнейшее развитие колоний, питание молодых самок и самцов. В черте Томска шмель родственный зарегистрирован как посетитель *Impatiens glandulifera* на всех исследованных участках, включая район многоэтажной застройки; в обножках фуражиров преобладала пыльца недотроги. Шмель *B. consobrinus* характеризуется как вид естественных мест обитания, исчезающий при полной антропогенной трансформации коренных биотопов [23], поэтому процесс освоения им урбанизированных территорий заслуживает глубокого изучения, которое должно включать не только исследование трофических связей, но и почти не известных для данного вида мест и способа гнездования.

С точки зрения участия нативных видов растений и недотроги в конкуренции за опылителей, возможной в случае внедрения этого чужеродного вида в естественные фитоценозы, интерес для специальных исследований представляют растения, цветки которых имеют глубокий венчик и привлекают шмелей во второй половине лета. В частности, такими видами могут стать основные кормовые растения *B. consobrinus* – борец северный и борец вьющийся, привлекательные также для других длиннохоботковых видов – *B. hortorum*, *B. pascuorum* и *B. schrencki*.

Заключение

Недотрога железконосная (*Impatiens glandulifera)* на урбанизированной территории может рассматриваться как важное звено нектарно-пыльцевого конвейера, поддерживающего существование городских популяций шмелей. В парках и жилых кварталах в черте г. Томска на цветках недотроги железконосной отмечено 14 видов шмелей, в том числе три массовых, пять обычных и шесть редких на данной территории. Во второй половине лета – начале осени недотрога являлась важнейшим источником нектара для рабочих и репродуктивных особей длиннохоботковых видов шмелей. На цветках *I. glandulifera* доля особей шести видов таких шмелей составила 77,3%. В обножках рабочих особей шмелей различных видов, собранных на цветках недотроги, преобладали пыльцевые зерна этого же растения (79–100%).

В дальнейшем необходимо изучить эффективность опыления недотроги насекомыми, прежде всего массовым видом *Bombus pascuorum,* и оценить возможные последствия внедрения данного растения в естественные биоценозы, а также продолжить исследования его роли в сохранении городских популяций шмелей.

Литература

1. *Виноградова Ю.К., Майоров С.Р., Хорун Л.В.* Черная книга флоры Средней России. М. : ГЕОС. 2010. 512 с.
2. *Миркин Б.М.* Европейские шмели предпочитают гималайских красавиц // Вестник АН Республики Башкортостан, 2001. № 4. С. 86.
3. *Lopezaraiza-Mikel M.E., Hayes R.B., Whalley M.R., Memmott J.* The impact of an alien plant on a native plant-pollinator network: an experimental approach // Ecology Letters. 2007. Vol. 10. P. 539–550.
4. *Nienhuis C., Stout J.* Effectiveness of native bumblebees as pollinators of the alien invasive plant *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) in Ireland // Journal of Pollination Ecology. 2009. Vol. 1. P. 1–11.
5. *Cawoy V., Jonard M., Mayer C., Jacquemart A.-L.* Do abundance and proximity of the alien *Impatiens glandulifera* affect pollination and reproductive success of two sympatric co-flowering native species? // Journal of Pollination Ecology. 2012. Vol. 10. P 130–139.
6. *Chittka L., Schurkens S.* Successful invasion of a floral market // Nature. 2001. № 411. P 653.
7. *Bartomeus I., Vilà M., Steffan-Dewenter I.* Combined effects of *Impatiens glandulifera* invasion and landscape structure on native plant pollination // Journal of Ecology. 2010. Vol. 98. P. 440–450.
8. *Stary P., Tkalcu B.* Bumble-bees (Hym., Bombidae) associated with the expansive touch-me-not, Impatiens glandulifera in wetland biocorridors // Anz. Schadlingsk., Pflanzenschutz, Umweltschutz. 1998. Vol. 71, № 5. P. 85–87.
9. *Schmitz G.* Nutzung der Neophyten Impatiens glandulifera Royle und I // Parviflora D.C. durch phytophage Insekten im Raum Bonn. Entomol. Nachr. Und. Ber. 1991. Vol. 35, № 4. P. 260–264.
10. *Коновалова И.Б.* Опыт улучшения обеспеченности шмелей кормовыми ресурсами в условиях города // Фундаментальные проблемы энтомологии в XXI веке: материалы Международной научной конференции / под ред. В.Е. Кипяткова, Д.Л. Мусолина. СПб. : Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2011. 198 с.

11. *Михайлова С.И., Конусова О.Л., Кривошеин Э.И.* Биологические особенности и опылители *Impatiens glandulifera* Royle в условиях города Томска // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флор России и стран ближнего зарубежья : материалы IV Международной научной конференции / под ред. О.Г. Барановой, А.Н. Пузырева. Москва ; Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2012. С. 143–145.
12. *Пяк А.И., Мерзлякова И.Е.* Сосудистые растения города Томска : учеб. пособие. Томск, 2000. 80 с.
13. *Эбель А.Л.* О распространении некоторых эукенофитов на юге Сибири // Проблемы изучения адвентивной и синантропной флоры в регионах СНГ : материалы Международной научной конференции / под ред. В.С. Новикова и А.В. Щербакова. М., 2003. С. 128–130.
14. *Еремеева Н.И.* Влияние факторов городской среды на структуру населения шмелей // Сибирский экологический журнал. 2002. № 4. С. 441–448.
15. *Колесниченко Л.Г., Конусова О.Л., Миловидов С.П.* Экологические проблемы Томска и пути их решения // Экологический мониторинг. Состояние окружающей среды Томской области в 2006 году. Томск : Графика Пресс, 2007. С. 98–107.
16. *Сысолетина Л.Г.* Фауна шмелей тайги Среднего Поволжья // Ученые записки Чувашского госпединститута. 1970. Вып. 31. С. 118–129.
17. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. М. : Наука, 1982. 287 с.
18. *Адаховский Д.А.* Изучение фауны, экологии и разнообразия шмелиных Удмуртии. Ижевск, 2007. 112 с.
19. *Brian M.V.* Social Insects, Ecology and Behavioural Biology. London : Chapman and Hall., 1983. 377 p.
20. *Конусова О.Л., Гришина Е.М., Гришаев Л.В.* Шмели Томской области : учеб. пособие. Томск : Изд-во Томского госуниверситета, 2008. 80 с.
21. *Березин М.В., Бейко В.Б., Березина Н.В.* Анализ структурных изменений населения шмелей (Bombus, Apidae) Московской области за последние 40 лет // Зоологический журнал. 1996. Т. 75, вып. 2. С. 212–221.
22. *Feldmann R.* Das Drusige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) als Trachtpfianze fur Hummeln // Natur und Heimat. 1995. Vol. 55, № 4. P. 97–101.
23. *Конусова О.Л.* Сведения по экологии и поведению шмеля родственного *Bombus consobrinus* (Dachlbom, 1832) (Hymenoptera, Apidae) из окрестностей города Томска // Евразиатский энтомологический журнал. 2010. Т. 9, вып. 3. С. 495–500.

Поступила в редакцию 05.09.2013 г.;
принята 19.04.2014 г.

Авторский коллектив:
Конусова Ольга Леонидовна – старший преподаватель кафедры зоологии беспозвоночных Биологического института Томского государственного университета (г. Томск, Россия).
E-mail: insect@bio.tsu.ru
Михайлова Светлана Ивановна – канд. биол. наук, доцент кафедры агрономии Биологического института Томского государственного университета (г. Томск).
E-mail: mikhailova.si@yandex.ru
Прокопьев Алексей Сергеевич – канд. биол. наук, зав. лаб. биоморфологии и цитогенетики редких и исчезающих растений Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (г. Томск).
E-mail: alexey@sibmail.com
Акинина Алёна Александровна – старший лаборант лаборатории биоморфологии и цитогенетики редких и исчезающих растений Сибирского ботанического сада Томского государственного университета (г. Томск).
E-mail: miracle-sun@list.ru
Литвинов Андрей Александрович – студент кафедры зоологии беспозвоночных Биологического института Томского государственного университета (г. Томск).
E-mail: insect@bio.tsu.ru

Tomsk State University Journal of Biology. 2014. № 2 (26). P. 90–107
doi: 10.17223/19988591/26/7

***Olga L. Konusova[1], Svetlana I. Mikhailova[2], Alexey S. Prokopyev[3], Alyona A. Akinina[3], Andrey A. Litvinov[1]**

[1] *Department of Invertebrate Zoology, Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.* *E-mail: insect@bio.tsu.ru
[2] *Department of Agronomy, Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.*
[3] *Laboratory of Rare Plants Cytogenetics and Biomorphology, Tomsk State University, Tomsk, Russian Federation.*

Bumblebees (Hymenoptrea, Apidae) as visitors of *Impatiens glandulifera* Royle (Balsaminaceae) in the city of Tomsk (Western Siberia, Russia)

Impatiens glandulifera Royle is now widely known as an aggressive alien species of Himalayan origin in the temperate regions of Europe, Asia, North America and New Zealand. Having high potential for habitat-forming, *Impatiens glandulifera* becomes an important element of urban flora. Thanks to abundant and prolonged flowering, high content of nectar and pollen in the flowers, *Impatiens glandulifera* is very attractive to honey bees and bumblebees. In the flora of Tomsk, *Impatiens glandulifera* began to spread actively from the 80-ies of the last century.

The given research is based on the material collected during the growing season in 2012. We studied the species composition and ecological characteristics of some complex bumblebees – *Impatiens glandulifera* visitors in parks and in built over areas of Tomsk (Western Siberia, Russia). In general, we collected 924 specimens of bumblebees, of which 515 from *Impatiens*. Species abundance classes were distinguished by their proportions in collections (Sysoletina LG) and according to a logarithmic five point scale (Pesenko YA). Bumblebee species are classified by their proboscis length according to Adakhovsky DA. For more detailed characteristics of bumblebee trophic interactions, we investigated the composition of pollen loads of workers collected on *Impatiens* flowers.We registered 14 species of bumblebees, including three dominant, five common and six rare species in the area. Visits of bumblebees on *Impatiens glandulifera* lasted from the middle of July (the beginning of the mass plant flowering) until the second decade of September. *Bombus pascuorum* (54.6%) and *B. hypnorum* (10.1%) dominated.

We showed that forest species of bumblebees *Bombus consobrinus* and *B. schrencki* live on the territory of Tomsk and visit *Impatiens glandulifera* for pollen and nectar. In the second half of summer and early autumn, impatiens was an important source of nectar for workers and reproductive individuals of long-tongued species of bumblebees. On the flowers of *Impatiens glandulifera* the proportion of individuals of six species of long-tongued bumblebees was 77.3%. In the pollen loads of working individuals of different bumblebee species collected on *Impatiens glandulifera* flowers, pollen grains of the same plant prevailed (79-100%). In the future it is necessary to study the effectiveness of *Impatiens glandulifera* pollination by insects, especially dominant species *Bombus pascuorum*, and to assess a possible introduction of this plant in natural biotic communities, as well as a further research of its role in the preservation of the urban populations of bumblebees.

The article contains 2 tables, 4 figures, 23 ref.

Key words: *Impatiens glandulifera*; *Bombus*; urbanized area.

References

1. Vinogradova YK, Mayorov SR, Khorun LV. Chernaya kniga flory Sredney Rossii [The black data book of the flora of Middle Russia]. Moscow: GEOS; 2010. 512 c. In Russian
2. Mirkin BM. Evropeyskie shmeli predpochitayut gimalayskikh krasavits [European bumblebees prefer Himalayan beauties]. *Vestnik Akademii nauk Respubliki Bashkortostan – The Herald of the ASRB*. 2001;4:86. In Russian
3. Lopezaraiza-Mikel ME, Hayes RB, Whalley MR, Memmott J. The impact of an alien plant on a native plant-pollinator network: an experimental approach. *Ecology Letters*. 2007;10:539-550. doi: 098080980980980
4. Nienhuis C, Stout J. Effectiveness of native bumblebees as pollinators of the alien invasive plant *Impatiens glandulifera* (Balsaminaceae) in Ireland. *Journal of Pollination Ecology*. 2009;1:1-11.
5. Cawoy V, Jonard M, Mayer C, Jacquemart A.-L. Do abundance and proximity of the alien *Impatiens glandulifera* affect pollination and reproductive success of two sympatric co-flowering native species? *Journal of Pollination Ecology*. 2012;10:130-139.
6. Chittka L, Schurkens S. Successful invasion of a floral market. *Nature*. 2001;411:653. doi:10.1038/35079676
7. Bartomeus I, Vilà M, Steffan-Dewenter I. Combined effects of *Impatiens glandulifera* invasion and landscape structure on native plant pollination. *Journal of Ecology*. 2010;98:440-450.
8. Stary P, Tkalcu B. Bumble-bees (Hym., Bombidae) associated with the expansive touch-me-not, Impatiens glandulifera in wetland biocorridors. *Anz. Schadlingsk., Pflanzenschutz, Umweltschutz*.1998;71(5):85-87. doi: 10.1007/BF02770639
9. Schmitz G. Nutzung der Neophyten *Impatiens glandulifera* Royle und *I. parviflora* D. C. durch phytophage Insekten im Raum Bonn. *Entomol. Nachr. Ber.* 1991;35(4):260-264.
10. Konovalova IB. Experience of improving the availability of feed resources for bumblebees in the urban environment. Kipyatkov VE, Musolin DL, editors. Proceedings of International Scientific Conference *Fundamental problems of Entomology in the XXI century.* St. Petersburg: St.Petersburg University Publishing House; 2011. p. 198. In Russian
11. Mikhailova SI, Konusova OL, Krivoshein EI. Biological peculiarities and pollinators of *Impatiens glandulifera* Royle in Tomsk. Proceedings of the IV International Scientific Conference *Problems of Studying Adventive and Synathropic Flora of Russia and the CIS Countries*. Baranova OG and Puzyrev AN, editors. Moscow-Izhevsk: Institute of computer sciences; 2012. p. 143-145. In Russian
12. Pyak AI, Merzlyakova IE. Sosudistye rasteniya goroda Tomska [Vascular plants of Tomsk: Study guide]. Tomsk: Tomsk State Universite Publishing House; 2000. 80 p. In Russian
13. Ebel AL. O rasprostranenii nekotorykh eukenofitov na yuge Sibiri [On distribution of some eukenofits on the south of Siberia]. In: *Problemy izucheniya adventivnoy i sinantropnoy flory v regionakh SNG* [Proceedings of International Scientific Conference *Problems of Studying Adventive and Synathropic Flora in the CIS regions*]. Novikov VS and Shcherbakov AV, editors. Moscow. 2003. p. 128-130. In Russian
14. Eremeeva NI. Influence of urban factors on the bumblebee population structure. *Siberian Journal of Ecology*. 2002;4:441-448. In Russian
15. Kolisnichenko LG, Konusova OL, Milovidov SP. Ekologicheskie problemy Tomska i puti ikh resheniya [Ecological problems of Tomsk and ways of solutions]. *Ekologicheskiy monitoring. Sostoyanie okruzhayushchey sredy Tomskoy oblasti v 2006 godu* [In: *Environmental monitoring. The state of the environment of Tomsk oblast in 2006*]. Tomsk: Grafika Press; 2007. p. 98-107. In Russian
16. Sysoletina LG. Fauna shmeley taygi Srednego Povolzh'ya [The bumblebee fauna of the taiga in the Middle Volga basin]. *Uchenye zapiski Chuvashskogo gospedinstituta – Proceedings of Chuvash State Pedagogical University*. 1970. Iss. XXXI. p. 118-129. In Russian

17. Pesenko YA. Printsipy i metody kolichestvennogo analiza v faunisticheskikh issledovaniyakh [Principles and methods of quantitative analysis in faunal studies]. Moscow: Nauka; 1982. 287 p. In Russian
18. Adakhovsky DA. Izuchenie fauny, ekologii i raznoobraziya shmelinykh Udmurtii [Study of fauna, ecology and diversity of bumblebees of Udmurtia]. Izhevsk: Udmurtskiy gos. un-t; 2007. 112 p. In Russian
19. Brian MV. Social Insects, Ecology and Behavioural Biology. London: Chapman and Hall; 1983. 377 p.
20. Konusova OL, Grishina EM, Grishaev LV. Shmeli Tomskoy oblasti [Bumblebees of Tomsk oblast: Study guide]. Tomsk: Tomsk State University Publishing House; 2008. 80 p. In Russian
21. Berezin MV, Beiko VB, Berezina NV. Analysis of structural changes in the bumblebee (Bombus, Apidae) population of Moscow oblast over the last 40 years. *Zoologicheskiy zhurnal – The Russian Journal of Zoology*. 1996;75(2):212-221. In Russian
22. Feldmann R. Das Drusige Springkraut (*Impatiens glandulifera*) als Trachtpfianze fur Hummeln. *Natur und Heimat*. 1995;55(4):97-101.
23. Konusova OL. Data on the ecology and behaviour of *Bombus consobrinus* (Dachlbom, 1832) (Hymenoptera, Apidae) from vicinity of Tomsk. *Euroasian Entomological Journal*. 2010;9(3):495-500.

Received 5 September 2013;
Accepted 19 April 2014