

УДК 595.799

doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-1

Идентификация криптических видов *Bombus lucorum-complex* и *Bombus terrestris* в Пензенской области с помощью метода полимеразной цепной реакции – полиморфизма длины фрагментов рестрикции

Г. С. Потапов¹, Г. В. Бовыкина², О. А. Полумордвинов³, Т. Г. Стойко⁴

^{1,2}Федеральный исследовательский центр комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова УрО РАН, Архангельск, Россия

^{3,4}Пензенский государственный университет, Пенза, Россия

¹grigorij-potapov@yandex.ru, ²galka.bovickina@gmail.com,
³entomol-penza@yandex.ru, ⁴tgstojko@mail.ru

Аннотация. *Актуальность и цели.* Изучение распространения криптических видов *Bombus lucorum-complex* является одной из наиболее трудных задач в региональных энтомологических исследованиях. В Пензенской области имеются сведения только о двух видах шмелей *B. terrestris* и *B. lucorum*, не подтвержденные молекулярно-генетическими методами, а *B. cryptarum* не был зарегистрирован. В то же время разработан метод упрощенной молекулярной идентификации видов ПЦР–ПДРФ, позволивший на Европейском Севере России детально изучить распространение шмелей трех видов. Преимущество данного метода в том, что при его применении не требуется дорогостоящее секвенирование ДНК. Целью исследования явилась идентификация видов *Bombus lucorum-complex* и *B. terrestris* на территории Пензенской области с использованием метода ПЦР–ПДРФ анализа. *Материалы и методы.* Подробное описание ПЦР–ПДРФ метода представлено ранее, в работе Bovykina et al., 2024. Изучено 10 экземпляров, сделаны фото внешнего вида шмелей (вид сбоку) и центральной части заднего края второго тергита брюшка. *Результаты.* На территории Пензенской области подтверждено обитание *B. terrestris*, *B. cryptarum* и *B. lucorum*. В коллекции появились эталонные образцы этих видов, рассмотрена их биотопическая приуроченность, а также проанализированы морфологические признаки. *Выводы.* В результате проведенного анализа подтверждено наличие в Пензенской области шмелей *B. terrestris*, *B. cryptarum* и *B. lucorum*. Морфологические признаки эталонных экземпляров являются образцом для идентификации остальных шмелей в коллекции.

Ключевые слова: криптические виды, шмели, *Bombus lucorum-complex*, *Bombus cryptarum*, метод ПЦР–ПДРФ, Пензенская область

Для цитирования: Потапов Г. С., Бовыкина Г. В., Полумордвинов О. А., Стойко Т. Г. Идентификация криптических видов *Bombus lucorum-complex* и *Bombus terrestris* в Пензенской области с помощью метода полимеразной цепной реакции – полиморфизма длины фрагментов рестрикции // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. 2025. № 1. С. 3–10. doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-1

Identification the cryptic species of *Bombus lucorum*-complex and *Bombus terrestris* in Penza region using the PCR–RFLP method

G.S. Potapov¹, G.V. Bovykina², O.A. Polumordvinov³, T.G. Stojko⁴

^{1,2}N. Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research
of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Arkhangelsk, Russia

^{3,4}Penza State University, Penza, Russia

¹grigorij-potapov@yandex.ru, ²galka.bovickina@gmail.com,

³entomol-penza@yandex.ru, ⁴tgstojko@mail.ru

Abstract. *Background.* Studying the distribution the cryptic species of *Bombus lucorum*-complex is one of the most difficult tasks in regional entomological research. In Penza region there is information about only two species of bumblebees *B. terrestris* and *B. lucorum*, not confirmed by molecular genetic methods, and the species *B. cryptarum* has not been registered. At the same time, a simplified molecular identification method PCR–RFLP of species has been developed, which made it possible to study in detail the distribution of three bumblebee species in the European North of Russia. The advantage of this method is that it does not require expensive DNA sequencing. The aim of the study was to identify the species *Bombus lucorum*-complex and *B. terrestris* in Penza region using the PCR–RFLP analysis method. *Materials and methods.* A detailed description of the PCR–RFLP method was presented earlier in the work of Bovykina et al., 2024. Ten specimens were studied, and photographs of the bumblebees' external appearance (side view) and the central part of the posterior edge of the 2nd tergite of the abdomen were taken. *Results.* The presence of *B. terrestris*, *B. cryptarum* and *B. lucorum* has been confirmed in Penza Region. Reference samples of these species have appeared in the collection, their biotopic preference has been considered, and their morphological features have been analyzed. *Conclusions.* As a result of the analysis, the presence of *B. terrestris*, *B. cryptarum* and *B. lucorum* bumblebees in Penza region was confirmed. The morphological features of the reference specimens are a model for identifying the remaining bumblebees in the collection.

Keywords: cryptic species, bumblebees, *Bombus lucorum*-complex, *Bombus cryptarum*, PCR–RFLP method, Penza region

For citation: Potapov G.S., Bovykina G.V., Polumordvinov O.A., Stojko T.G. Identification the cryptic species of *Bombus lucorum*-complex and *Bombus terrestris* in Penza region using the PCR–RFLP method. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki = University proceedings. Volga region. Natural sciences.* 2025;(1):3–10. (In Russ.). doi: 10.21685/2307-9150-2025-1-1

Введение

Изучение распространения криптических видов *Bombus lucorum*-complex (*B. lucorum* (Linnaeus 1761), *B. cryptarum* (Fabricius 1775) и *B. magnus* Vogt 1911) является одной из наиболее трудных задач в региональных энтомологических исследованиях [1, 2]. Основная причина этого заключается в значительной сложности, а нередко и невозможности их достоверной идентификации только по морфологическим признакам. Если крупные репродуктивные самки в ряде случаев возможно точно идентифицировать, то этого нельзя сделать с рабочими особями и самцами [2, 3]. Кроме видов *Bombus lucorum*-complex определенную сложность доставляет идентификация и *B. terrestris* (Linnaeus 1758) [2]. Однако проведение ДНК-баркодинга с этой целью в большинстве случаев невозможно по финансовым причинам и возникающим трудозатратам.

В итоге к настоящему времени подробные сведения о распространении и экологии данных видов существуют только для некоторых регионов Европы [1, 2, 4, 5].

В Пензенской области имеются сведения о наличии на территории региона только *B. terrestris* и *B. lucorum* [6–9]. *B. cryptarum* в исследуемом регионе не был зарегистрирован [2, 10]. Однако находки *B. terrestris* и *B. lucorum* на территории Пензенской области не были подтверждены молекулярно-генетическими методами. В то же время на Европейском Севере России, в Архангельской области, Республике Карелия и Мурманской области с помощью метода упрощенной молекулярной идентификации – анализа полиморфизма длины фрагментов рестрикции (ПДРФ) ПЦР-продуктов – детально изучено распространение *B. terrestris*, *B. lucorum* и *B. cryptarum* на территории региона [11, 12]. Преимущество данного метода заключается в его экономичности (не требуется проведение секвенирование ДНК).

Цель настоящей работы – идентификация видов *Bombus lucorum-complex* и *B. terrestris* на территории Пензенской области с использованием метода ПДРФ-анализа.

Материалы и методы

Из 18 образцов шмелей, собранных в Пензенской области и находящихся в коллекции Педагогического института им. В. Г. Белинского Пензенского государственного университета, методом ПДРФ-анализа изучено 10 экземпляров (табл. 1). Подробное описание данного метода представлено в ранее опубликованных исследованиях [11].

Таблица 1

Список экземпляров *Bombus lucorum-complex* и *B. terrestris* из Пензенской области, идентифицированных с помощью ПДРФ-анализа

Вид	Место сбора	Каста	Координаты	Дата сбора	Коллектор
1	2	3	4	5	6
1. <i>B. terrestris</i>	Каменский р-н, с. Новая Есинеевка, огород	♀	53.2240, 43.8255	02.V.2002	О. А. Полумордвинов
2. <i>B. terrestris</i>	Каменский р-н, с. Новая Есинеевка, луг	♂	53.2240, 43.8255	17.VIII.2002	О. А. Полумордвинов
3. <i>B. terrestris</i>	Кольшлейский р-н, ГПЗ «Островцовская лесостепь», степь	♀	52.8271, 44.4289	16.V.2012	Т. В. Добролюбова
4. <i>B. terrestris</i>	г. Пенза, мкр. Победа, луг в лесу	♀	53.2519, 45.1074	20.V.1975	Р. К. Бояров
5. <i>B. terrestris</i>	г. Никольск, цветник	♀	53.7202, 46.0888	21.V.2014	Н. Е. Добролюбов
6. <i>B. cryptarum</i>	г. Пенза, мкр. Западная Поляна, лес	♀	53.1874, 44.9790	10.V.1974	Р. К. Бояров
7. <i>B. cryptarum</i>	Пензенский р-н, с. Большая Елань, остепненный овраг	♀	53.0781, 44.6986	27.VII.2003	Т. Г. Стойко

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6
8. <i>B. cryptarum</i>	Неверкинский р-н, ГПЗ «Кунчеровская лесостепь», степь	♀	52.8373, 46.3231	29.V.2013	Т. В. Добролюбова
9. <i>B. lucorum</i>	Кузнецкий р-н, р. Белая, урочище «Шалкеев Кордон», торфяной луг	♀	52.9743, 46.8625	23.VIII.2005	Е. А. Заикина
10. <i>B. lucorum</i>	Кузнецкий р-н, р. Белая, урочище «Шалкеев кордон», луг в лесу	♂	52.9743, 46.8625	07.VIII.2024	О. А. Полумордвинов

Результаты

В ходе проведения исследования на территории Пензенской области подтверждено наличие *B. terrestris*, *B. cryptarum* и *B. lucorum*. В связи с тем, что при идентификации экземпляров шмелей использовался метод генетической диагностики (ПДРФ-анализ), в коллекции появились эталонные образцы этих видов. Несмотря на то, что исследовано ограниченное число экземпляров шмелей (10), можно предварительно рассмотреть их биотопическую приуроченность на территории Пензенской области. *B. terrestris* распространен в регионе достаточно широко (от Каменского до Никольского р-ов) и в различных типах биотопов: на лугах, в лесу, в степи и в населенных пунктах (рис. 1, табл. 1). *B. cryptarum* отмечен в лесу, на остепненных склонах оврага и на степном участке заповедника «Приволжская лесостепь». *B. lucorum* найден на востоке области в Кузнецком р-не в пойме р. Белая, на лугу и в смешанном лесу (урочище «Шалкеев кордон»).

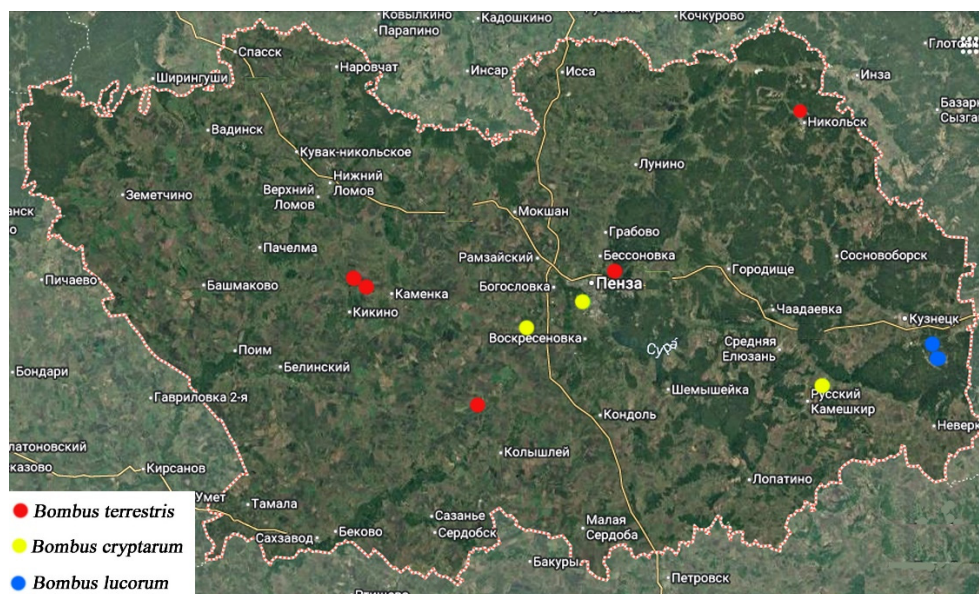


Рис. 1. Карта Пензенской области. Красными точками обозначены находки *Bombus terrestris*, желтыми – *B. cryptarum*, голубыми – *B. lucorum*

На рис. 2 показаны морфологические признаки эталонных по результатам генетического анализа экземпляров *B. terrestris*, *B. cryptarum* и *B. lucorum* – оттенки и выраженность желтых волосков на передней части спинки и втором тергите, а также характер шагреневости центральной части заднего края второго тергита. У *B. terrestris* (рис. 2, 1–5) волоски на передней части спинки яично-желтые, темнее, чем у двух других видов, а у некоторых особей почти исчезают. Второй тергит в центрально-апикальной области гладкий и блестящий. Кутикула нечерепитчатая или очень слабо выражена черепитчатая. У *B. cryptarum* (рис. 2, 6–8) на передней части спинки полоска светло-желтых волосков широкая. Центрально-апикальная область второго тергита с густой пунктировкой и четко выраженными краями, поскольку обрамлена сильно черепитчатой и матовой кутикулой. У *B. lucorum* второй тергит в центрально-апикальной области с мелкими, неглубокими и редко расположенными точками, кутикула слегка черепитчатая и матовая, покрыта штриховкой.



Рис. 2. Внешний вид шмелей (вид сбоку) и центральная часть заднего края второго тергита брюшка: *Bombus terrestris* (1–5); *B. cryptarum* (6–8) и *B. lucorum* (9–10)

Заключение

В результате проведенного генетического анализа подтверждено обитание в Пензенской области шмелей трех видов – *B. terrestris*, *B. cryptarum* и *B. lucorum*. Описанные морфологические признаки эталонных по результатам генетического анализа экземпляров могут быть использованы при идентификации вновь изучаемых шмелей в коллекции и по результатам натурных исследований.

Список литературы

1. Scriven J. J., Woodall L. C., Tinsley M. C. [et al.]. Revealing the hidden niches of cryptic bumblebees in Great Britain: Implications for conservation // Biological Conservation. 2015. Vol. 182. P. 126–133. doi: 10.1016/j.biocon.2014.11.027
2. Rasmont P., Ghisbain G., Terzo M. Hymenoptera of Europe 3. Bumblebees of Europe and neighbouring regions. Verrières-le-Buisson : N.A.P Editions, 2021. 631 p.
3. Bossert S. Recognition and identification of species in the *Bombus lucorum*-complex – A review and outlook // Deutsche Entomologische Zeitschrift. 2015. Vol. 62, № 1. P. 19–28. doi: 10.3897/dez.62.9000
4. Pamilo P., Tengö J., Rasmont P. [et al.]. Pheromonal and enzyme genetic characteristics of the *Bombus lucorum* species complex in Northern Europe // Entomologica Fennica. 1997. Vol. 7. P. 187–194.

5. Murray T. E., Fitzpatrick Ú., Brown M. J. F., Paxton R. J. Cryptic species diversity in a widespread bumble bee complex revealed using mitochondrial DNA RFLPs // *Conservation Genetics*. 2008. Vol. 9. P. 653–666. doi: 10.1007/s10592-007-9394-z
6. Ефремова З. А. Шмели Поволжья : учеб. пособие к спецкурсу. Ульяновск : УГПИ им. И. Н. Ульянова, 1991. 92 с.
7. Стойко Т. Г., Аникин С. Н. Коллекция шмелей и шмелей-кукушек (*Bombus*, *Psithyrus*) кафедры зоологии и экологии Пензенского педагогического университета / Фауна и экология животных : межвуз. сб. науч. тр. Пенза : Пенз. гос. пед. ин-т им. В. Г. Белинского, 2002. Вып. 3. С. 48–51.
8. Шибаяев С. В., Полумордвинов О. А. Обзор фауны перепончатокрылых (Insecta, Hymenoptera) Пензенской области // *Известия ПГПУ им. В. Г. Белинского*. 2012. № 29. С. 274–279.
9. Добролюбова Т. В. Шмели (Hymenoptera: Apidae, Bombini) Пензенской области и роль Государственного заповедника «Приволжская лесостепь» в их охране // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. 2015. № 2. С. 42–54.
10. Левченко Т. В. Материалы по фауне пчел (Hymenoptera: Apoidea) Московской области. 3. Семейство Apidae. Род *Bombus* Latreille, 1802 // Эверсманния. Энтомологические исследования в России и соседних регионах. 2012. Вып. 31–32. С. 72–88.
11. Vovykina G. V., Potapov G. S., Kolosova Yu. S., Kondakov A. V. RCR-RFLP approach for identification of cryptic species of *Bombus lucorum*-complex in Northern European Russia // *Ecologica Montenegrina*. 2024. Vol. 77. P. 132–145. doi: 10.37828/em.2024.77.14
12. Vovykina G. V., Potapov G. S., Kolosova Yu. S., Kondakov A. V. The distribution of cryptic species of the *Bombus lucorum*-complex in Russian Eastern Fennoscandia // *Ecologica Montenegrina*. 2025. Vol. 83. P. 166–174. doi: 10.37828/em.2025.83.17

References

1. Scriven J.J., Woodall L.C., Tinsley M.C. et al. Revealing the hidden niches of cryptic bumblebees in Great Britain: Implications for conservation. *Biological Conservation*. 2015;182:126–133. doi: 10.1016/j.biocon.2014.11.027
2. Rasmont P., Ghisbain G., Terzo M. *Hymenoptera of Europe 3. Bumblebees of Europe and neighbouring regions*. Verrières-le-Buisson: N.A.P Editions, 2021:631.
3. Bossert S. Recognition and identification of species in the *Bombus lucorum*-complex – A review and outlook. *Deutsche Entomologische Zeitschrift*. 2015;62(1):19–28. doi: 10.3897/dez.62.9000
4. Pamilo P., Tengö J., Rasmont P. et al. Pheromonal and enzyme genetic characteristics of the *Bombus lucorum* species complex in Northern Europe. *Entomologica Fennica*. 1997;7:187–194.
5. Murray T.E., Fitzpatrick Ú., Brown M.J.F., Paxton R.J. Cryptic species diversity in a widespread bumble bee complex revealed using mitochondrial DNA RFLPs. *Conservation Genetics*. 2008;9:653–666. doi: 10.1007/s10592-007-9394-z
6. Efremova Z.A. *Shmeli Povolzh'ya: ucheb. posobie k spetskursu* = Bumblebees of the Volga region: textbook. manual for the special course. Ul'yanovsk: UGPI im. I.N. Ul'yanova, 1991:92. (In Russ.)
7. Stoyko T.G., Anikin S.N. *Kollektsiya shmeley i shmeley-kukushek (Bombus, Psithyrus) kafedry zoologii i ekologii Penzenskogo pedagogicheskogo universiteta / Fauna i ekologiya zhivotnykh: mezhvuz. sb. nauch. tr.* = Collection of bumblebees and cuckoo bumblebees (*Bombus*, *Psithyrus*) of the Department of Zoology and Ecology of Penza Pedagogical University/ Fauna and ecology of animals: intercollegiate proceedings. Penza: Penz. gos. ped. in-t im. V.G. Belinskogo, 2002;(3):48–51. (In Russ.)
8. Shibaev S.V., Polumordvinov O.A. Review of the Hymenoptera Fauna (Insecta, Hymenoptera) of Penza region. *Izvestiya PGPU im. V.G. Belinskogo* = Proceedings of Penza State Pedagogical University named after V.G. Belinskiy. 2012;(29):274–279. (In Russ.)

9. Dobrolyubova T.V. Bumblebees (Hymenoptera: Apidae, Bombini) of Penza region and the role of the State Nature Reserve “Privolzhskaya Lesostep” in their protection. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* = University proceedings. Volga region. Natural sciences. 2015;(2):42–54. (In Russ.)
10. Levchenko T.V. Materials on the fauna of bees (Hymenoptera: Apoidea) of Moscow region. 3. Apidae. Class *Bombus* Latreille, 1802. *Eversmanniya. Entomologicheskije issledovaniya v Rossii i sosednikh regionakh* = Eversmannia. Entomological research in Russia and neighboring regions. 2012;(31–32):72–88. (In Russ.)
11. Bovykina G.V., Potapov G.S., Kolosova Yu.S., Kondakov A.V. RCR-RFLP approach for identification of cryptic species of *Bombus lucorum*-complex in Northern European Russia. *Ecologica Montenegrina*. 2024;77:132–145. doi: 10.37828/em.2024.77.14
12. Bovykina G.V., Potapov G.S., Kolosova Yu.S., Kondakov A.V. The distribution of cryptic species of the *Bombus lucorum*-complex in Russian Eastern Fennoscandia. *Ecologica Montenegrina*. 2025;83:166–174. doi: 10.37828/em.2025.83.17

Информация об авторах / Information about the authors

Григорий Сергеевич Потапов

кандидат биологических наук,
ведущий научный сотрудник
лаборатории экологии популяций
и сообществ,
Федеральный исследовательский центр
комплексного изучения Арктики имени
академика Н. П. Лаверова УрО РАН
(Россия, г. Архангельск,
пр-т Никольский, 20)
E-mail: grigorij-potapov@yandex.ru

Grigory S. Potapov

Candidate of biological sciences,
leading researcher of the laboratory
of ecology of populations
and communities,
N. Laverov Federal Center for Integrated
Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
(20 Nikolskiy avenue, Arkhangelsk,
Russia)

Галина Владимировна Бовыкина

младший научный сотрудник,
Федеральный исследовательский центр
комплексного изучения Арктики имени
академика Н. П. Лаверова УрО РАН
(Россия, г. Архангельск,
пр-т Никольский, 20)
E-mail: galka.bovickina@gmail.com

Galina V. Bovykina

Junior researcher,
N. Laverov Federal Center for Integrated
Arctic Research of the Ural Branch
of the Russian Academy of Sciences,
(20 Nikolskiy avenue, Arkhangelsk,
Russia)

Олег Александрович Полумордвинов

старший лаборант, лектор музея,
кафедра зоологии и экологии,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: entomol-penza@yandex.ru

Oleg A. Polumordvinov

Senior laboratory assistant,
museum lecturer,
sub-department of zoology and ecology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Тамара Григорьевна Стойко

кандидат биологических наук, доцент,
доцент кафедры зоологии и экологии,
Пензенский государственный
университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: tgstojko@mail.ru

Tamara G. Stojko

Candidate of biological sciences,
associate professor, associate professor
of the sub-department of zoology
and ecology,
Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов /
The authors declare no conflicts of interests.**

Поступила в редакцию / Received 05.04.2025

Поступила после рецензирования и доработки / Revised 28.04.2025

Принята к публикации / Accepted 07.05.2025