

**Учреждение образования  
«Международный государственный экологический  
институт имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета**



# **ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ**

**№ 2 (40)  
АПРЕЛЬ–ИЮНЬ 2017**

*Основан в мае 2007 года*

*Выходит ежеквартально*

Минск  
2017

## УЧРЕДИТЕЛЬ ЖУРНАЛА:

Учреждение образования «Международный государственный экологический институт имени А. Д. Сахарова» Белорусского государственного университета

## ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

доктор физико-математических наук, профессор **Маскевич Сергей Александрович**

## МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ КОМИТЕТ

**И. В. Дардынская**, профессор, Иллинойский университет в Чикаго (США)  
**А. П. Денисов**, генеральный директор ИЧУПП «Кока-кола Бевриджиз Белоруссия» (Беларусь)  
**Б. Крстич**, профессор, Университет г. Нови Сад (Республика Сербия)  
**Ю. А. Коровин**, профессор, Объединенный институт ядерных исследований (Россия)  
**Г. Либератос**, профессор, Университет г. Патрас (Греция)  
**Й. Сабол**, профессор, Пражский технический университет (Чешская Республика)  
**С. Н. Степаненко**, профессор, Одесский государственный экологический университет (Украина)  
**С. А. Степанов**, профессор, Международный независимый эколого-политологический университет (Россия)  
**Я. Шишко**, профессор, Варшавский университет естественных наук (Республика Польша)

## РЕДКОЛЛЕГИЯ:

<b>С. С. Позняк</b> , д-р с.-х. наук, проф. (зам. гл. редактора)	<b>В. И. Красовский</b> , канд. тех. наук, доцент
<b>О. В. Лозинская</b> (научный редактор)	<b>Н. Д. Лепская</b> , канд. фил. наук, доцент
<b>В. Г. Баштовой</b> , д-р физ.-мат. наук, проф.	<b>Л. М. Лобанок</b> , д-р мед. наук, член-корр. НАН Беларуси, проф.
<b>С. Е. Головатый</b> , д-р с.-х. наук, проф.	<b>Н. А. Лысухо</b> , канд. тех. наук, доцент
<b>А. П. Голубев</b> , д-р биол. наук, доцент	<b>С. Б. Мельнов</b> , д-р биол. наук, проф.
<b>В. А. Иванюкович</b> , канд. физ.-мат. наук, доцент	<b>И. П. Наркевич</b> , д-р тех. наук, доцент
<b>С. П. Кундас</b> , д-р тех. наук, проф.	<b>А. Е. Океанов</b> , д-р мед. наук, проф.
<b>А. В. Кильчевский</b> , д-р биол. наук, проф., член-корр. НАН Беларуси	<b>Т. Ф. Персикова</b> , д-р с.-х. наук, проф.

## АДРЕС РЕДАКЦИИ:

ул. Долгобродская, 23/1, 220070, г. Минск,  
тел. (017) 398 99 79, факс: (017) 398 99 53  
E-mail: info@iseu.by  
<http://www.iseu.bsu.by>

Свидетельство о государственной регистрации № 1366 от 10.06.2010,  
выдано Министерством информации Республики Беларусь

Редакторы *Л. М. Корневская, Т. А. Лавринович*  
Компьютерная верстка *Д. В. Головач*  
Корректор *Д. В. Головач*

Подписано в печать 23.06.2017 г. Формат 60×84 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.  
Усл. печ. л. 15,3. Уч.-изд. л. 16,04. Тираж 100 экз. Заказ 292. Бесплатно

ОАО «Оргстрой»  
ЛП № 02330/0494197 от 03.04.2009.  
Ул. Берестянская, 16, 220034, г. Минск

© Учреждение образования  
«Международный государственный  
экологический институт имени А. Д. Сахарова»  
Белорусского государственного университета, 2017

# СОДЕРЖАНИЕ

<b>СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ.....</b>	<b>5</b>
С. А. Давтян, К. Т. Казарян СОЦИАЛЬНО-ФИЛОСОФСКИЕ ОСНОВЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В АРМЕНИИ.....	5
М. Ч. Залиханов, С. А. Степанов ФИЛОСОФИЯ ЭКОЛОГИИ И СОВРЕМЕННЫЙ МИР (К 100-ЛЕТИЮ СО ДНЯ РОЖДЕНИЯ АКАДЕМИКА Н. Н. МОИСЕЕВА).....	11
О. Г. Садикова ЭКОЛОГО-ЭТИЧЕСКИЕ ИДЕИ АНТРОПОКОСМИЗМА Н. Г. ХОЛОДНОГО.....	15
<b>ИЗУЧЕНИЕ И РЕАБИЛИТАЦИЯ ЭКОСИСТЕМ.....</b>	<b>20</b>
М. М. Воробьева, Н. В. Воронова ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА COI У ТЛЕЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП.....	20
Е. Tusat, S. Karayel, S. Ari USAGE OF GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS BASED MODELLING IN MANAGEMENT AND PLANNING; THE CASE OF DISASTER PLANNING IN TURKEY .....	26
Т. П. Сергеева, А. А. Бинтяй, А. С. Лазарь СООБЩЕСТВА ПРЯМОКРЫЛЫХ (ORTHOPTERA) ПЕРЕХОДНЫХ ЗОН ЭКОЛОГИЧЕСКИ РАЗЛИЧАЮЩИХСЯ РЯДОВ БИОГЕОЦЕНОЗОВ ЗАПОВЕДНЫХ ТЕРРИТОРИЙ.....	34
О. В. Лозинская ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ СОЛЕЙ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И ЛИСТЯХ БЕРЕЗЫ ПОВИСЛОЙ ИЗ ЕСТЕСТВЕННЫХ И АНТРОПОГЕННО ИЗМЕНЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ.....	43
В. О. Лемешевский, И. В. Рышкель БИОЛОГО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ТРУТОВЫХ ГРИБОВ АГРОГОРОДКА ОЛЬШАНЫ.....	52
С. А. Жданович, А. В. Пугачевский КРИТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВАЛЕЖА СОСНЫ И ЕЛИ КАК ЛЕСНОГО ГОРЮЧЕГО МАТЕРИАЛА В ХВОЙНЫХ ЛЕСАХ БЕЛАРУСИ.....	58
Г. В. Толкач, С. С. Позняк НАКОПЛЕНИЕ НЕКОТОРЫХ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ФИТОЦЕНОЗОВ БРЕСТСКОГО РАЙОНА В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА.....	62

**РАДИОЭКОЛОГИЯ И РАДИОБИОЛОГИЯ, РАДИАЦИОННАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ .....67**

Н. Н. Цыбулько, А. В. Шашко

ВЛИЯНИЕ ДОЗ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ НА НАКОПЛЕНИЕ <sup>137</sup>CS ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЕЙ И МНОГОЛЕТНИМИ БОБОВО-ЗЛАКОВЫМИ ТРАВАМИ НА ТОРФЯНО-МИНЕРАЛЬНОЙ ПОЧВЕ.....67

**МЕДИЦИНСКАЯ ЭКОЛОГИЯ .....75**

Е. Н. Альферович, Л. В. Грак, Н. В. Кокорина

ВОЗМОЖНОСТИ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАТОЛОГИИ ТИРЕОИДНОЙ И РЕПРУДУКТИВНОЙ СИСТЕМ У ДЕВОЧЕК-ПОДРОСТКОВ .....75

Р. М. Смолякова

МОЛЕКУЛЯРНО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ КРИТЕРИИ ДИАГНОСТИКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РАКА ПРЕДСТАТЕЛЬНОЙ ЖЕЛЕЗЫ.....80

**ПРОМЫШЛЕННАЯ И АГРАРНАЯ ЭКОЛОГИЯ .....87**

Н. Н. Мирошниченко, И. А. Кривицкая, Е. Ю. Гладких

МОНИТОРИНГ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ГОРОДСКИХ ПОЧВАХ В УСЛОВИЯХ РАЗЛИЧНОЙ ТЕХНОГЕННОЙ НАГРУЗКИ.....87

Е. Г. Сарасеко

СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ ПРОИЗВОДСТВА МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В РЕСПУБЛИКЕ БЕЛАРУСЬ.....94

Е. Tusat, F. Sari, F. D. Mikailsoy

REALLOCATION OF AGRICULTURAL LANDS THROUGH LAND CONSOLIDATION; A CASE STUDY OF GEVREKLI (TURKEY) .....101

С. С. Позняк, А. А. Шиманская

СОДЕРЖАНИЕ И ХАРАКТЕР ПЕРЕРАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВАЛОВЫХ ФОРМ ХИМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ (Cu, Pb, Zn, Ni) В ПОЙМЕННЫХ ПОЧВАХ НИЖНЕГО ТЕЧЕНИЯ РЕКИ ПРИПЯТЬ МОЗЫРСКОГО РАЙОНА .....106

Ж. А. Рупасова, А. П. Яковлев, И. И. Лиштван, З. М. Алещенкова, П. Н. Белый, А. М. Николайчук, М. Н. Вашкевич

ВЛИЯНИЕ УДОБРЕНИЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ТЕКУЩЕГО ПРИРОСТА ВЕГЕТАТИВНОЙ СФЕРЫ ГОЛУБИКИ НА УЧАСТКЕ ВЫРАБОТАННОГО ТОРФЯНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ «ЖУРАВЛЕВСКОЕ».....116

А. Н. Батян, В. А. Кравченко, А. П. Ключев, В. В. Литвяк, И. М. Почицкая

СТИМУЛИРУЮЩИЙ ЭФФЕКТ ЛАЗЕРНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА НАЧАЛЬНЫЕ ЭТАПЫ ОНТОГЕНЕЗА ПШЕНИЦЫ ОЗИМОЙ .....123

**ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ .....130**

*М. М. Воробьева, Н. В. Воронова*

*Белорусский государственный университет, г. Минск, Республика Беларусь*

## ВНУТРИВИДОВОЙ ПОЛИМОРФИЗМ ГЕНА COI У ТЛЕЙ РАЗНЫХ ЭКОЛОГО-СИСТЕМАТИЧЕСКИХ ГРУПП

*Тли являются уникальной моделью для изучения уровня генетической изменчивости, так как среди них выделяют виды, значительно различающиеся между собой широтой ареала. Для оценки уровня внутривидовой генетической вариабельности провели сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена субъединицы I цитохром-оксидазы с (COI) у тлей с локальным и космополитным распространением. Учитывали следующие критерии: генетические дистанции, число и уровень дивергенции гаплотипов, среднее значение нуклеотидных различий и нуклеотидное разнообразие. Анализ нуклеотидных последовательностей гена COI позволил выявить статистически значимые генетические различия между анализируемыми группами тлей. В результате работы было установлено, что виды с космополитным распространением обладают более высоким уровнем генетической вариабельности в сравнении с локально распространенными видами, так как вынуждены адаптироваться к значительно различающимся климатическим и абиотическим условиям.*

➤ **Ключевые слова:** *внутривидовой полиморфизм, ген COI, тли, эколого-систематические группы.*

### **Введение**

Настоящие тли (Sternorrhyncha: Aphidoidea) – один из таксонов растительноядных сосущих насекомых, способных успешно адаптироваться к разнообразным природно-климатическим условиям [1]. Особенности биологии и экологии, в частности, гетерогония, полиморфизм, высокий уровень адаптации к растениям-хозяевам, способность к эффективному расселению позволили этим насекомым успешно освоить различные ландшафтно-климатические зоны [2]. В настоящее время видовое разнообразие и численность тлей достигают высоких уровней в агроценозах, городских и сельских зеленых насаждениях, других культурных и хозяйственно-ценных растений. Многие из них являются опасными вредителями культивируемых и хозяйственно-ценных растений, поэтому исследование данной группы насекомых представляет огромный практический интерес [3–4].

Тли относятся к числу насекомых, тесно связанных с кормовыми растениями. В этой связи расширение ареала тлей обусловлено, в основном, интродукцией их кормовых растений и перемещением посадочного материала [5]. Зачастую адаптации к новым биотическим и абиотическим условиям являются результатом длительных процессов и сопровождаются значительными биологическими модификациями, в частности изменением биологического цикла и спектра кормовых растений [5–6]. Например, на крайнем Севере отдельные виды тлей характеризуются укороченным биологическим циклом, из которого выпадают этапы развития виргинопар [7]. Различного рода адаптации тлей к изменению условий среды свидетельствуют о высоком уровне экологической пластичности данного таксона, которая генетически детерминирована и поддерживается естественным отбором [8].

К настоящему времени известно более 5200 рецентных видов тлей, среди которых около 70 % имеют широкие ареалы, охватывающие территории нескольких континентов, тогда как около 7 % – узкие, ограниченные пределами одного континента. В связи с этим, в зависимости от характера географического распространения, среди тлей выделяют виды-субкосмополиты, широко распространенные по всему Земному шару, и виды с ограниченным (локальным) распространением, обитающие в одном или нескольких регионах в пределах одного континента.

Согласно классическим представлениям, генетическая изменчивость является залогом успешной адаптации видов к изменяющимся условиям окружающей среды и реализации их репродуктивного потенциала [10–11]. В этой связи логично предположить, что тли с космополитным распростра-

нением должны обладать более высоким уровнем внутривидовой генетической вариабельности, чем виды с локальным распространением. В рамках настоящего исследования мы провели сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей митохондриального гена (COI) тлей из разных эколого-систематических групп для того, чтобы оценить вклад генетической вариабельности в успешность освоения видами новых территорий.

### **Материалы и методы исследования**

Общая выборка составила 63 вида тлей, которые, в соответствии с характером распространения и на основе литературных данных [12–13], были разделены на две группы: в число видов с локальным распространением вошли: *Acyrtosiphon assiniboinense* (Robinson, 1973); *A. malvae* (Mosley, 1841); *Aphis maculatae* (Williams, 1891); *A. middleton* (Thomas, 1879); *A. rubicola* (Oestlund, 1887); *Illinoia rubicola* (Oestlund, 1887); *Macrosiphum californicum* (Clarke, 1903); *Pleotrichophorus quadritrichus* (Knowlton & Smith, 1936); *Cinara loricifex* (Fitch, 1858); *E. papyrifericola* (Blackman, 2002); *Rhopalosiphum cerasifoliae* (Fitch, 1855); *Calaphis viridipallida* (Palmer, 1952); *Euceraphis borealis* (Blackman, 2002); *Drepanaphis parva* (Smith, 1941); *D. acerifoliae* (Thomas, 1878); *Chaitophorus neglectus* (Hottes & Frison, 1931); *C. populicola* (Thomas, 1878); *C. stevensis* (Sanborn, 1904) – всего 17 видов; в число видов с космополитным распространением вошли: *A. pisum* Harris, 1776; *Amphorophora agathonica* Hottes, 1950; *Anoecia fulviabdominalis* (Sasaki, 1899); *A. farinosa* Gmelin, 1790; *A. glycines* Matsumura, 1917; *A. craccivora* Koch, 1854; *A. fabae* Scopoli, 1763; *A. gossypii* Glover, 1877; *A. nerii* Fonscolombe, 1841; *A. oenotherae* Oestlund, 1887; *A. solanella* Theobald, 1914; *A. pomide* Geer, 1773; *A. spiraecola* Patch, 1914; *Aulacorthum solani* (Kaltenbach, 1843); *Brachycaudus helichrysi* Kaltenbach, 1843; *B. cardui* Linnaeus, 1758; *Capitophorus elaeagni* (Del Guercio, 1894); *Hayhurstia atriplicis* (Linnaeus, 1761); *Hyperomyzus lactucae* (Linnaeus, 1758); *Hyalopterus pruni* (Geoffroy, 1762); *M. euphorbiae* Thomas, 1878; *Myzus persicae* (Sulzer, 1776); *M. pseudocoryli* Patch, 1919; *M. rosae* (Linnaeus, 1758); *Myzus cerasi* Fabricius, 1775; *Nasonovia ribisnigri* (Mosley, 1841); *Nearctaphis bakeri* (Cowen, 1895); *Pentalonia nigronervosa* (Coquerel, 1859); *R. oxyacanthae* (Schrank, 1963); *R. padi* (Linnaeus, 1758); *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852); *Sitobion avenae* Fabricius, 1775; *Uroleucon sonchi* (Linnaeus, 1767); *Therioaphis trifolii* (Monell, 1882); *Drepanosiphum platanoidis* (Schrank, 1801); *Eriosoma lanuginosum* (Hartig, 1839); *Melaphis rhois* (Fitch, 1866); *Pemphigus betae* Doane, 1900; *P. Populivenae* Fitch (Essig, 1926); *Thecabius populiconduplifolius* Cowen, 1895; *C. costata* Zetterstedt, 1828; *Eulachnus rileyi* Williams, 1911; *A. varians* Davidson, 1912; *C. nimbata* Hottes, 1829; *Periphyllus testudinaceus* Fernie 1852; *M. mordvilkoii* Miyazaki, 1968 – всего 46 видов.

В работе были использованы 9167 нуклеотидных последовательностей гена субъединицы 1 цитохром-оксидазы с (COI). Последовательности были получены самостоятельно на кафедре зоологии БГУ, в рамках проведения курсов Глобальной таксономической инициативы «Быстрая идентификация инвазивных видов для достижения целевой задачи Айти9, используя техники и методы ДНК-штрихкодирования» при финансовой поддержке Секретариата Конвенции о биоразнообразии и Фонда биоразнообразия Японии или из GenBank NCBI.

Все последовательности были выровнены по полной последовательности референсного гена *A. pisum* в программе MEGA7 с использованием алгоритма MUSCLE. Так как каждый вид тлей имел в выборке разное количество нуклеотидных последовательностей, было принято решение создать ряд искусственных реплик (выборок), содержащих одинаковое число рандомизированно выбранных нуклеотидных последовательностей. С использованием программы SHaRK [14] мы создали для каждого вида пять независимых реплик, содержащих по 40 последовательностей гена COI. Для каждой реплики отдельно были рассчитаны следующие критерии: внутривидовые парные генетические дистанции (GD) с использованием метода ML (Maximum likelihood) в программе MEGA7; число гаплотипов (h), дивергенция гаплотипов (Hd), нуклеотидное разнообразие (P<sub>i</sub>) и среднее значение нуклеотидных различий (k) в программе DNAsp. Статистический анализ полученных данных провели методами непараметрической статистики (медианный тест Манна–Уитни) и методами описательной статистики в программе STATISTICA8. Достоверными было решено считать различия при  $p \leq 0,01$ . Для расчета статистической зависимости числа гаплотипов и их дивергенции использовали метод вычисления коэффициента корреляции Пирсона (корреляция моментов произведений).

### **Результаты исследования и их обсуждение**

Для изучения внутривидовой генетической вариабельности анализируемых видов тлей провели сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена COI в области с 58 по 613 нуклеотид и рассчитали парные внутривидовые генетические дистанции отдельно для каждой из пяти реплик каждого вида тлей (таблица 1).

Таблица 1 – Внутривидовые генетические дистанции, рассчитанные на основе анализа нуклеотидных последовательностей гена COI отдельно для каждой реплики для всех анализируемых видов тлей, охваченных исследованиями

Вид	Среднее значение парных внутривидовых генетических дистанций					Характер распространения
	Реплика 1	Реплика 2	Реплика 3	Реплика 4	Реплика 5	
<i>A. assiniboinense</i>	0,003	0,002	0,003	0,003	0,002	ограниченное
<i>A. malvae</i>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	ограниченное
<i>A. maculatae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ограниченное
<i>A. middletonii</i>	0,010	0,009	0,008	0,011	0,009	ограниченное
<i>A. rubicola</i>	0,003	0,001	0,001	0,002	0,003	ограниченное
<i>I. rubicola</i>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	ограниченное
<i>M. californicum</i>	0,009	0,007	0,007	0,009	0,009	ограниченное
<i>P. quadritrichus</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ограниченное
<i>R. cerasifoliae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ограниченное
<i>C. viridipallida</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	ограниченное
<i>E. borealis</i>	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	ограниченное
<i>E. papyrifercicola</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	ограниченное
<i>D. parva</i>	0,002	0,002	0,001	0,001	0,002	ограниченное
<i>D. acerifoliae</i>	0,001	0,001	0,001	0,000	0,001	ограниченное
<i>C. laricifex</i>	0,006	0,006	0,006	0,005	0,006	ограниченное
<i>C. neglectus</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	ограниченное
<i>C. populicola</i>	0,006	0,006	0,006	0,006	0,006	ограниченное
<i>C. stevensis</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	ограниченное
<i>A. pisum</i>	0,001	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>A. agathonica</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>A. fulviabdominalis</i>	0,004	0,004	0,004	0,004	0,004	широкое
<i>A. farinose</i>	0,003	0,003	0,005	0,003	0,003	широкое
<i>A. glycines</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>A. craccivora</i>	0,002	0,002	0,003	0,002	0,004	широкое
<i>A. fabae</i>	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	широкое
<i>A. gossypii</i>	0,002	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>A. nerii</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>A. oenotherae</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	широкое
<i>A. pomi</i>	0,001	0,005	0,002	0,006	0,005	широкое
<i>A. spiraecola</i>	0,003	0,002	0,003	0,008	0,003	широкое
<i>A. solani</i>	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>B. helichrysi</i>	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013	широкое
<i>B. cardui</i>	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	широкое
<i>C. elaeagni</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>H. atriplicis</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>H. lactucae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>H. pruni</i>	0,036	0,036	0,029	0,036	0,036	широкое
<i>M. euphorbiae</i>	0,005	0,004	0,004	0,003	0,004	широкое
<i>M. persicae</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>M. pseudocoryli</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>M. rosae</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>M. cerasi</i>	0,007	0,007	0,007	0,007	0,007	широкое
<i>N. ribisnigri</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>N. bakeri</i>	0,004	0,000	0,000	0,004	0,004	широкое
<i>P. nigronevosa</i>	0,001	0,017	0,017	0,017	0,017	широкое
<i>R. oxyacanthae</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>R. padi</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>S. graminum</i>	0,004	0,005	0,003	0,004	0,004	широкое
<i>S. avenae</i>	0,002	0,002	0,003	0,003	0,002	широкое
<i>U. sonchi</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>T. trifolii</i>	0,006	0,005	0,003	0,003	0,004	широкое
<i>D. platanoidis</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>E. lanuginosum</i>	0,001	0,002	0,003	0,003	0,006	широкое
<i>M. rhois</i>	0,002	0,003	0,002	0,002	0,002	широкое
<i>P. betae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое

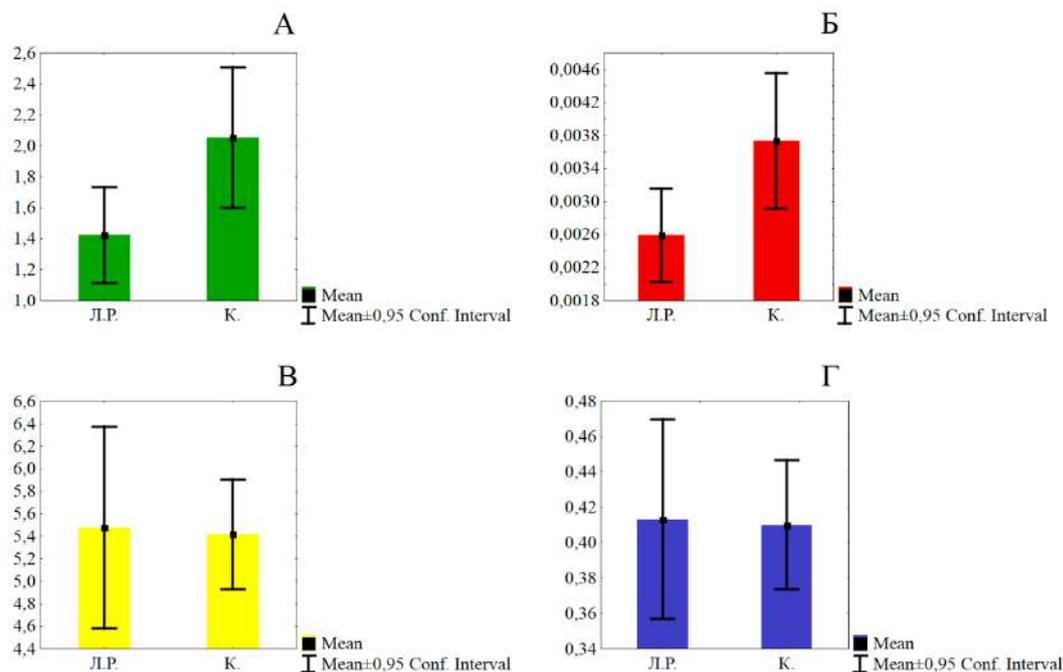
Вид	Среднее значение парных внутривидовых генетических дистанций					Характер распространения
	Реплика 1	Реплика 2	Реплика 3	Реплика 4	Реплика 5	
<i>P. populivenae</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>T. populiconduplifolius</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>C. costata</i>	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	широкое
<i>E. rileyi</i>	0,004	0,003	0,003	0,003	0,003	широкое
<i>A. varians</i>	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>C. nimbata</i>	0,002	0,004	0,004	0,006	0,004	широкое
<i>P. testudinaceus</i>	0,001	0,002	0,002	0,001	0,001	широкое
<i>A. solanella</i>	0,003	0,002	0,001	0,001	0,001	широкое
<i>C. mariana</i>	0,004	0,009	0,006	0,006	0,005	широкое

В результате анализа внутривидовых парных генетических дистанций выявлены статистически значимые различия ( $p=0,01$ ) между видами тлей с ограниченным и широким распространением.

Также нами были отмечены статистически значимые различия между видами с локальным и космополитным распространением при учете таких критериев, как среднее число нуклеотидных различий ( $k$ ) (рисунок 2А) и уровень нуклеотидного разнообразия ( $Pi$ ) (рисунок 2Б). Значения таких критериев  $GD$ ,  $k$  и  $Pi$  свидетельствуют о том, что виды-космополиты обладают более высоким уровнем генетической вариабельности в сравнении с локально распространенными видами.

У тлей с разным географическим распространением при анализе нуклеотидных последовательностей COI не было выявлено статистически значимых различий по таким критериям, как число и дивергенция гаплотипов (рисунок 2 В, Г).

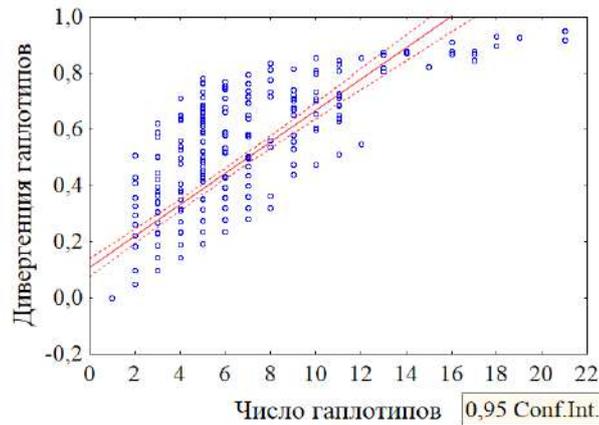
Число гаплотипов у видов тлей с узким распространением варьировало от 1 (например, *A. maculatae*, *P. quadritrichus*) до 18 (*C. populicola*, *A. middletonii*) при среднем значении 5,5; а у космополитов – от 1 (например, *A. glycines*, *C. elaeagni*, *D. platanoidis*, *H. lactucae*) до 21 (*S. graminum*) со средним значением 5,4.



Л. Р. – локально распространенные (в пределах одного континента); К. – космополиты

Рисунок 2 – Среднее значение нуклеотидных различий (А), уровень нуклеотидного разнообразия (Б), число гаплотипов (В) и уровень дивергенции гаплотипов (Г), отражающие генетические различия между тлями с разным географическим распространением

Нами отмечена положительная зависимость между числом и уровнем дивергенции гаплотипов ( $r=0,786584$ , при  $p<0,05$ ) у тлей с разной широтой (рисунок 3).



Ось X:  $N=310$ ;  $Mean=5,435$ ;  $Std.Dv. 3,833$ ;  $Max.=21,0$ ;  $Min.=1,0$   
 Ось Y:  $N=310$ ;  $Mean=0,411$ ;  $Std.Dv. 0,273$ ;  $Max.=0,95$ ;  $Min.=0,0$

Рисунок 3 – Диаграмма, отображающая зависимость между числом гаплотипов и уровнем их дивергенции у тлей

В частности, положительная корреляция отмечена как у видов с локальным распространением ( $r=0,822$  при  $p<0,05$ ), так и с космополитным распространением ( $r=0,774$  при  $p<0,05$ ). Данный факт свидетельствует о том, что увеличение числа гаплотипов у тлей в обеих группах происходит за счет появления единичных уникальных замен, что, вероятно, носит стохастический характер.

### Выводы

Сравнительный анализ нуклеотидных последовательностей гена COI в группах тлей, различающихся характером географического распространения, выявил статистически значимые различия между видами с локальным и космополитным распространением по таким критериям, как средние значения парных внутривидовых генетических дистанций, среднее значение нуклеотидных различий, нуклеотидное разнообразие, число и дивергенция гаплотипов. Полученные результаты свидетельствуют о том, что виды, адаптированные к различающимся климатическим и абиотическим условиям, обладают более высоким уровнем генетической вариабельности в сравнении с локально распространенными видами. Данный факт свидетельствует о том, что расширение ареала у тлей сопровождается ростом генетической вариабельности даже в эволюционно-консервативных генах, не имеющих узкого адаптивного значения, что может быть обусловлено только отбором, способствующим закреплению новых вариантов.

Авторы выражают признательность заведующему кафедрой зоологии, доктору биологических наук, профессору Сергею Владимировичу Буге за рекомендации, позволившие улучшить содержание научной статьи.

### Список литературы

1. Буга, С. В. Дендрофильные тли Беларуси / С. В. Буга. – Минск : БГУ, 2001. – 98 с.
2. Evolutionary and genetic aspects of aphid biology : A review / D. F. Hales [et al.] // Eur. J. Entomol. – 1997. – Vol. 94, N. 1. – P. 1–55.
3. Vilcinskis, A. Biology and ecology of aphids / A. Vilcinskis. – Germany, 2016. – 282 p.
4. Van Emden, H. F. Aphids as crop pests / H. F. Van Emden, R. Harrington. – UK : Oxford, 2006. – 58 p.
5. Blackman, R. L. Aphids on the world's herbaceous plants and shrubs / R. L. Blackman, V. F. Eastop. – Chichester, 2006. – 1439 p.
6. Favret, C. Catalog of the aphid genera described from the new world / C. Favret [et al.] // Trans. ent. Soc. Am. – 2008. – Vol. 133, № 6. – P. 363–412.
7. Marcovitch, S. The migration of the Aphididae and the appearance of the sexual forms as affected by the relative length of daily light exposure / S. Marcovitch // J. Agric. Res. – 1924. – Vol. 27. – P. 513–522.
8. Fordyce, J. A. The evolutionary consequences of ecological interactions mediated through phenotypic plasticity / J. A. Fordyce // J. Exp. Biol. – 2006. – Vol. 209. – P. 2377–2383.
9. Dixon A. F. G. Aphid ecology an optimization approach / A. F. G. Dixon. – New York : Springer Science+Business Media, 1985. – 309 p.
10. Loxdale, H. D. The nature and reality of the aphid clone: genetic variation, adaptation and evolution / H. D. Loxdale // Agricultural and Forest Entomology. – 2008. – Vol. 10, Issue. 2. – P. 81–90.

11. *Bangert, R. K.* A genetic similarity rule determines arthropod community structure / R. K. Bangert [et al.] // *Mol. Ecol.* – 2006. – Vol. 15. – P. 1379–1391.
12. *Holman, J.* Host plant catalog of aphids. Palaearctic region / J. Holman. – Berlin : Springer Science, 2009. – 1216 p.
13. *Blackman, R. L.* Aphids of the world trees. An identification and information guide / R. L. Blackman, V. F. Eastop. – London : CAB International, 1994. – 1024 p.
14. *Кветко, П. Ю.* SHaRK (Sequence Handling and Resampling Kit) – новое программное средство для обработки выборок нуклеотидных и аминокислотных последовательностей / П. Ю. Кветко, Н. В. Воронова // Материалы международного конгресса по информатике «Информационные системы и технологии» = International Congress on Computer Science: Information Systems and Technologies, Минск, 24–27 окт. 2016 г. / редкол. : С. В. Абламейко (гл. ред.), В. В. Казаченок (зам. гл. ред.) [и др.]. – Минск : БГУ, 2016. – С. 160–164.

***M. M. Varabyova, N. V. Voronova***

### **INTRASPECIFIC COI GENE POLYMORPHISM OF APHIDS OF DIFFERENT ECO-SYSTEMATIC GROUPS**

*Aphids are an unique model for the study of the level of genetic variability, since among them are species that greatly differing breadth of the range. To evaluate the level of intraspecific genetic variability we have done a comparative analysis of the nucleotide sequences of the gene subunit 1 of cytochrome oxidase (COI) in aphids with local and cosmopolitan distribution. The evaluation was made on the following criteria: genetic distances, number of haplotypes, haplotype (gene) diversity, nucleotide diversity, average number of nucleotide differences. Analysis of nucleotide COI gene sequences permitted to reveal a statistically significant genetic differences between the analyzed groups of aphids. As a result of work it was found that species with cosmopolitan distribution possess more higher level of genetic variability as compared to locally widespread species, as they have to adapt to significantly different climatic and abiotic conditions.*