

Филогеографические паттерны ветвистоусых ракообразных (Crustacea: Cladocera) Северной Евразии

А.А. Котов, Е.И. Беккер, Д.П. Карабанов, Я.Р. Галимов

Институт проблем экологии и эволюции РАН, Ленинский пр. 33, Москва 119071, Россия

Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН, пос. Борок 152742, Ярославская обл., Россия

Институт биологии развития им Н.К. Кольцова РАН, ул. Вавилова д. 26., Москва 119334, Россия



Что такое биогеография?

Биогеография — наука на стыке биологии и географии; изучает закономерности географического распространения и распределения животных, растений и микрорганизмов. Предметами изучения биогеографии являются как распространение биоценозов, то есть географически обусловленных совокупностей живых организмов, так и характер фауны и флоры отдельных территорий.

(из Википедии)



«Другая» биогеография



≠



Cladocera как модельная группа

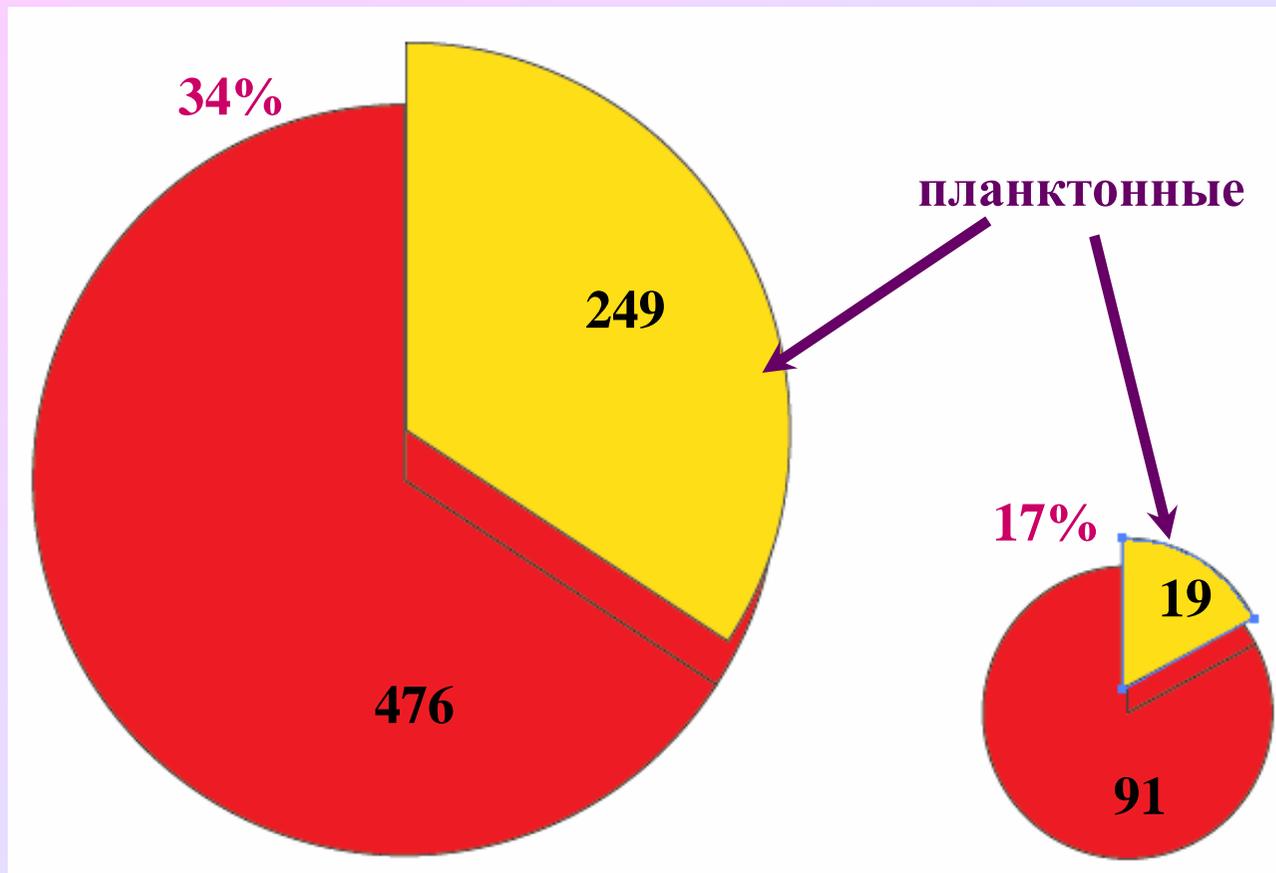


Daphnia magna

**Каждый слышал
про дафний**

... Этот род содержит 90 видов, а
есть еще 620 видов,
принадлежащих к более 100 родам

1) Разнообразие: планктонные и непланктонные Cladocera



виды (725)

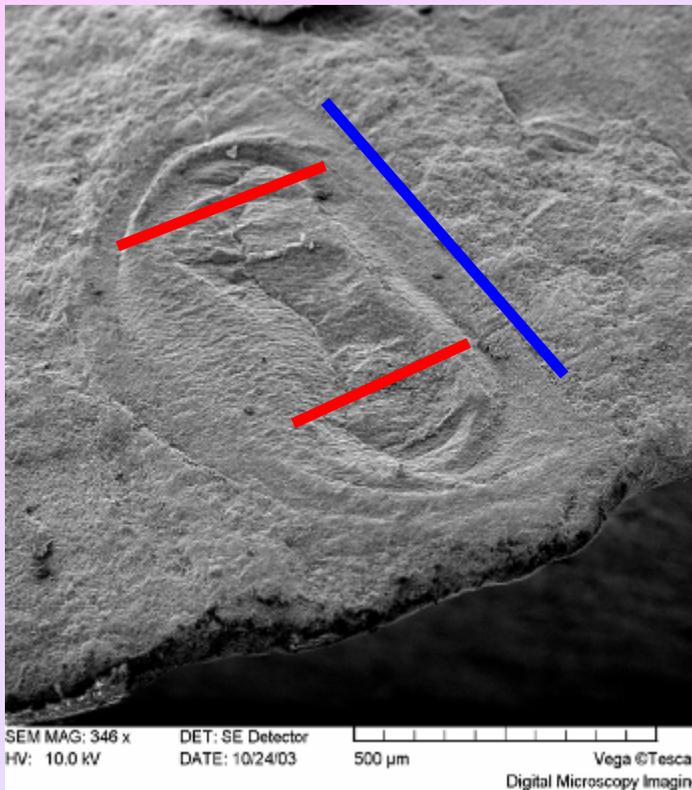
роды (110)

2) древность Cladocera

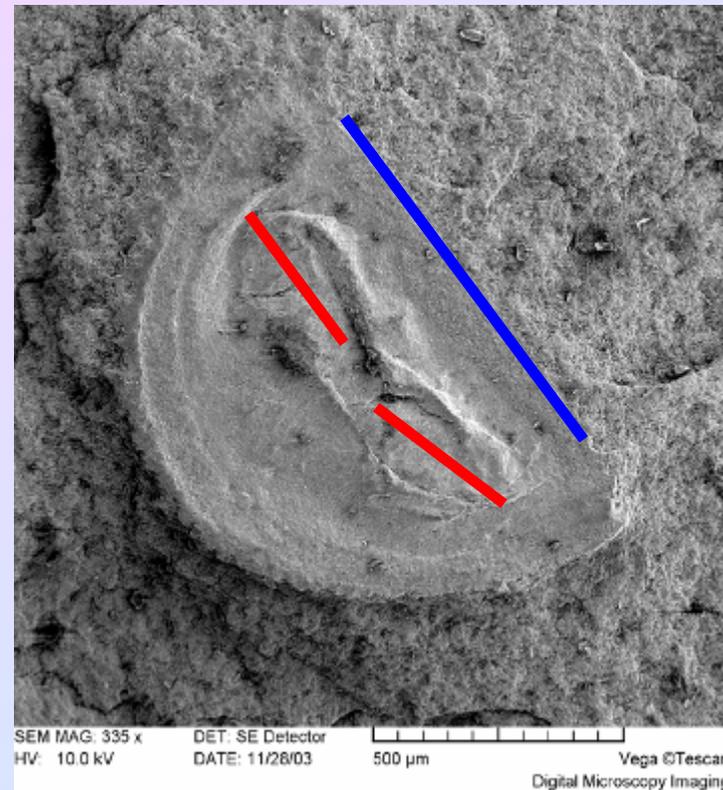


Эфиопии *Daphnia*

(Хотонт, граница J/C, около 145 млн. лет назад)



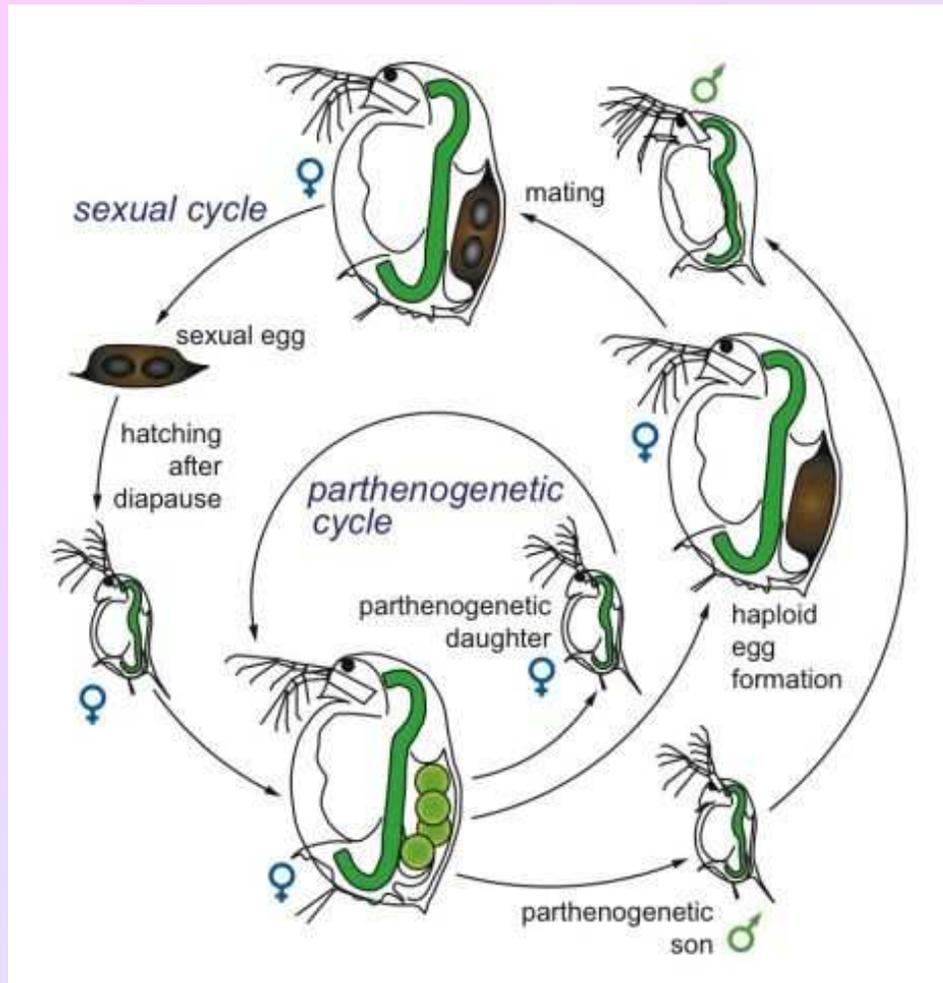
подрод *Daphnia* (*Daphnia*)



подрод *Daphnia* (*Ctenodaphnia*)

По: Kotov & Taylor, 2011

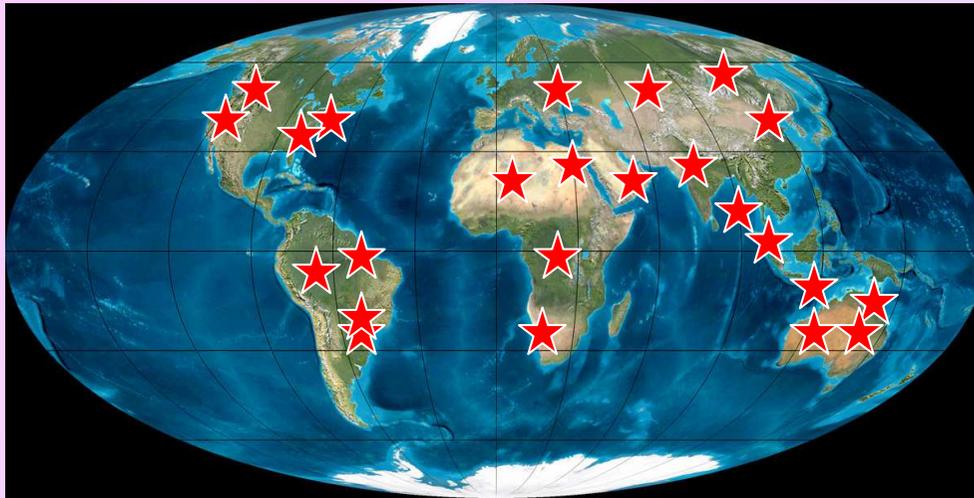
3) Особенности онтогенеза



- * Циклический партеногенез
- * Пассивное распространение покоящихся яиц

По: Ebert, 2005

Биогеография Cladocera и пресноводных животных до 70х годов XX века: “космополитизм”



Смена парадигмы (Frey, 1982, 1987);

- * Так называемые “широко распространенные виды” по большей части представляют собой группы близких видов с более узкими ареалами;**
- * Преобладает “континентальный эндемизм” (обычно один вид распространен только на одном континенте);**
- * Хотя многие виды легко распространяются (например, водоплавающими птицами), для них крайне трудно освоить новые местообитания, по большей части уже занятые другими видами, так что смешения фаун не происходит;**
- * Виды хидорид существуют неизменными в течение длительного времени (миллионов лет);**
- * Сходные виды на разных континентах произошли от панконтинентально распространенных предков (то есть, их происхождение связано с распадом протоконтинентов)**

3) Смена парадигмы в систематике и биогеографии.

Концепция “континентального эндемизма” вместо “космополитизма”



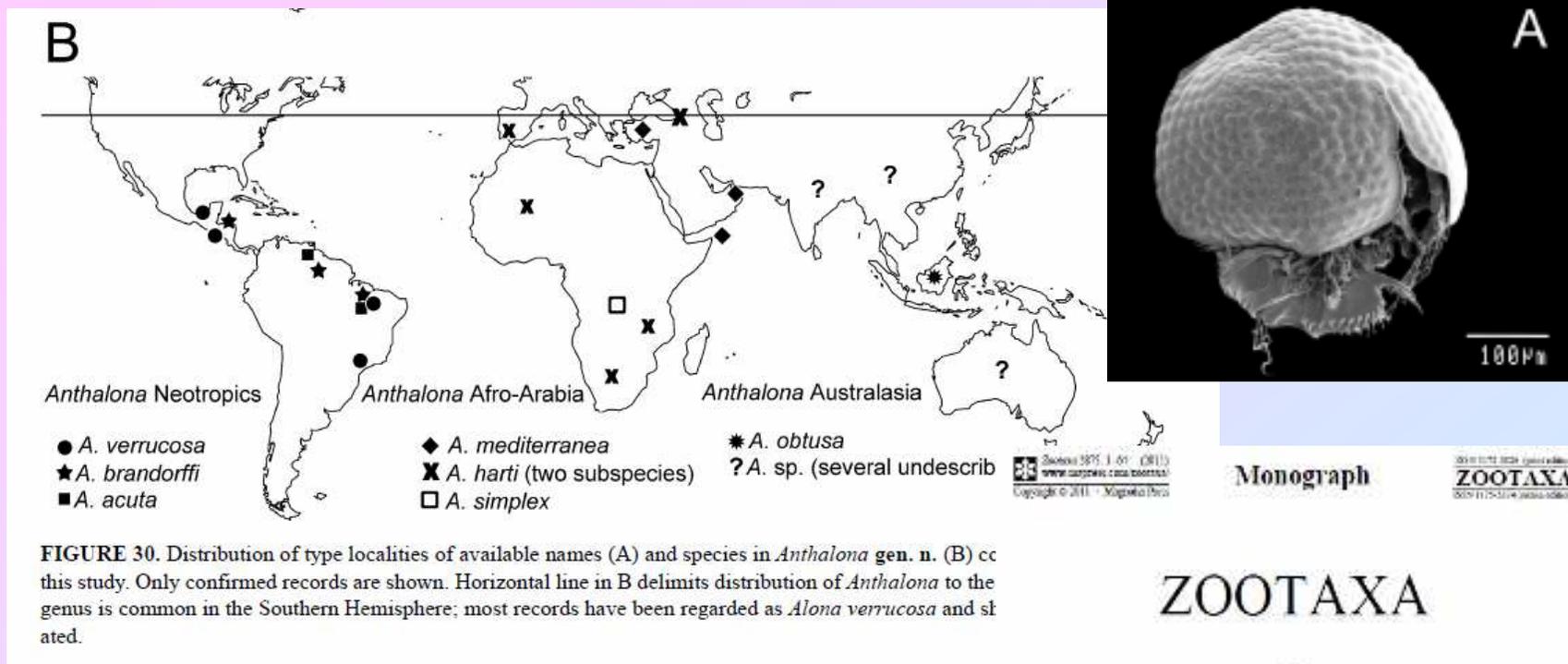
Но это еще надо
показать!



David G. Frey (1915-1992)



Большинство морфологических ревизий привело и приводит к констатации «континентального эндемизма»



По: Van Damme et al., 2011

Monograph

ZOOTAXA

2875

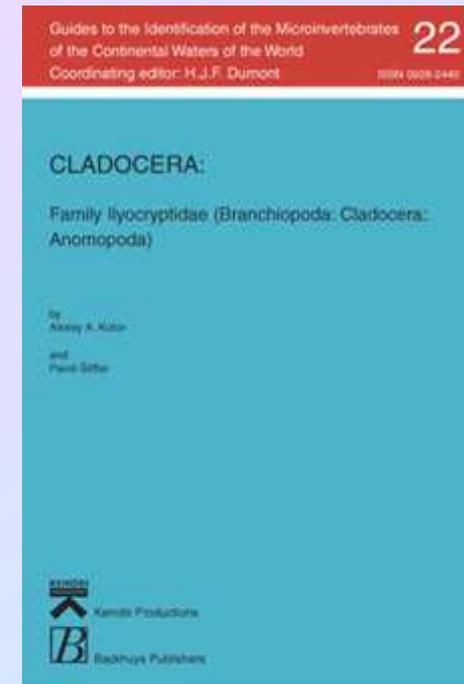
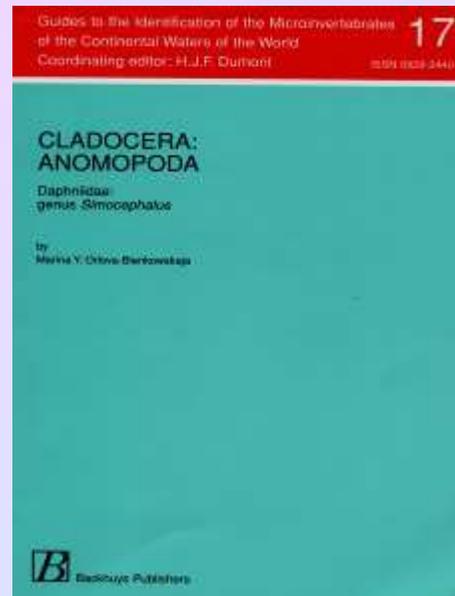
Separation of *Anthalona* gen. n. from *Alona* Baird, 1843
(Branchiopoda: Cladocera: Anomopoda):
morphology and evolution of scraping stenothermic alonines

KAY VAN DAMME^{1,2}, ARTEM YU SENEV¹ & HENRI J. DUMONT¹

¹Department of Biology, Ghent University, Coupure links 653, 9000 Ghent, Belgium
²Université de Liège, Département de Biologie, Avenue de l'Université, Sart Tilman, Belgium
Correspondence: E-mail: k.vandamme@ugent.be

Виды с космополитическим распространением, “выжившие” после морфологических ревизий

Simocephalus vetulus
Ilyocryptus spinifer



ДВА ПОДХОДА

Отечественная биогеография – набор разнообразных, часто противоречащих друг другу, неформализируемых подходов

«Западная» биогеография – набор ограниченного числа подходов, выбираемых по принципу возможности формализируемости



На самом деле, это
«германская» и
«англосаксонская»
науки



Что такое филогеография?

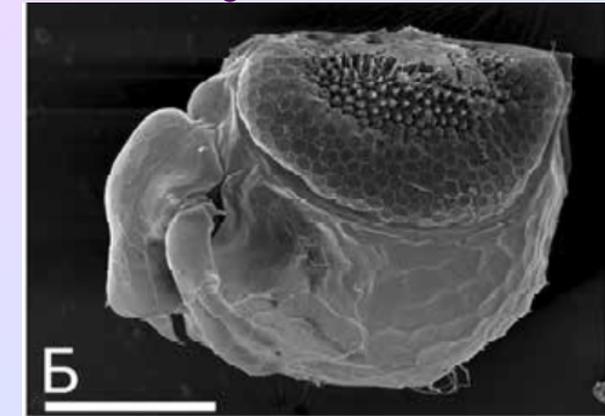
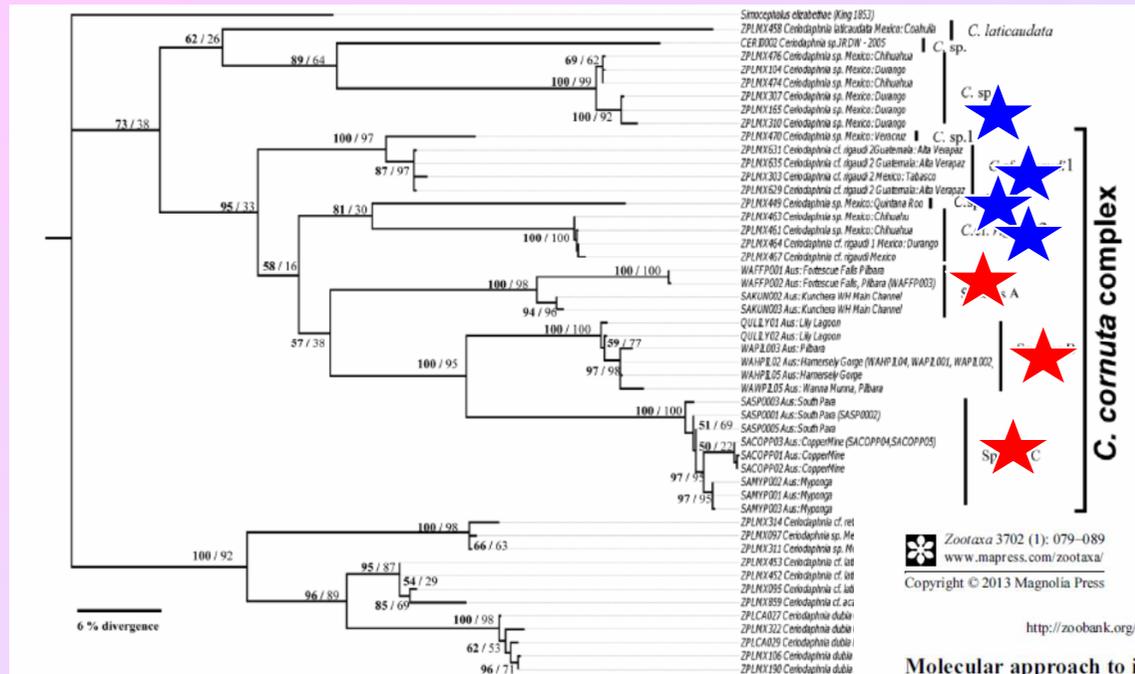
направление, объединяющее "генные генеалогии (филогенетические деревья) и пространственные паттерны" (Абрамсон, 2007)

*** Несомненно, это западный «продукт» в рамках «англосаксонской» науки**

*** Идея не нова – Ч. Дарвин, хоть он еще ничего не знал про генетику**

Простое использование филогенетических деревьев для биогеографических заключений

«КОНТИНЕНТАЛЬНЫЙ ЭНДЕМИЗМ» В ПОДАВЛЯЮЩЕМ БОЛЬШИНСТВЕ СЛУЧАЕВ



Maximum likelihood analysis of COI gene for *Ceriodaphnia* cf. *cornuta* complex.

- ★ Австралия
- ★ Центральная Америка

По: Sharma & Kotov, 2013

Zootaxa 3702 (1): 079–089
www.mapress.com/zootaxa/
Copyright © 2013 Magnolia Press

Article
ISSN 1175-5326 (print edition)
ZOOTAXA
ISSN 1175-5334 (online edition)

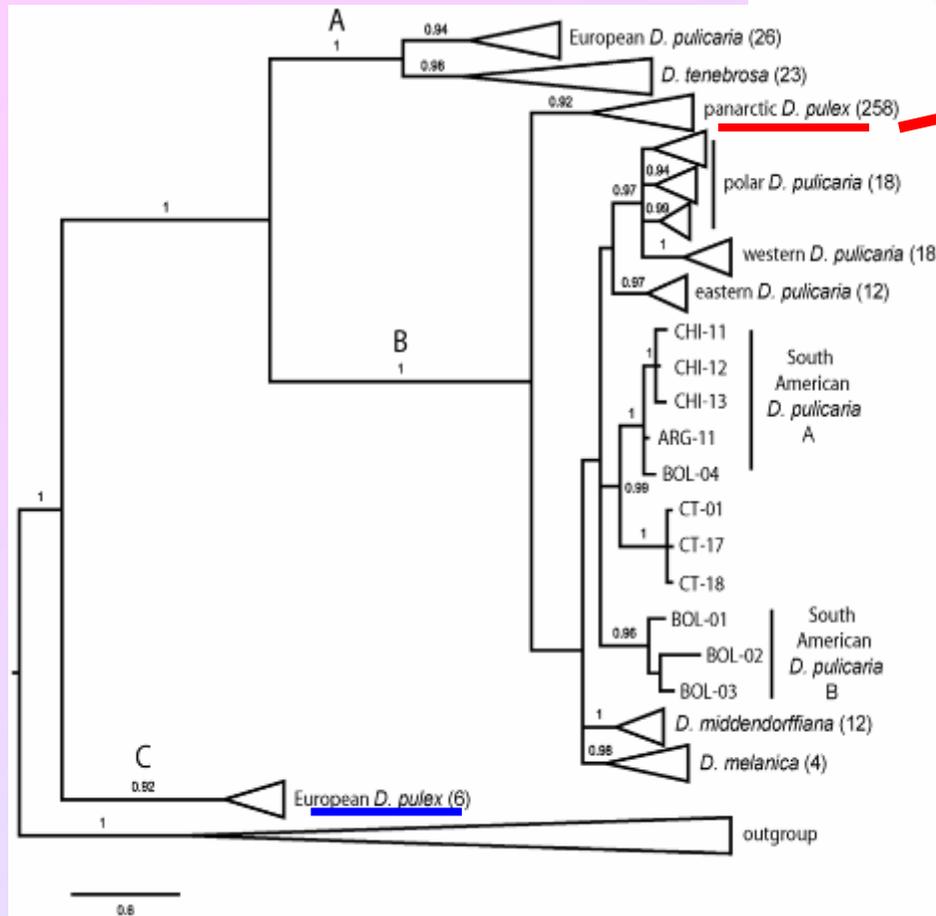
Molecular approach to identify sibling species of the *Ceriodaphnia cornuta* complex (Cladocera: Daphniidae) from Australia with notes on the continental endemism of this group

PRANAY SHARMA¹ & ALEXEY A. KOTOV^{2,3}
¹School of Earth and Environmental Science, University of Adelaide, Adelaide, Australia. E-mail: pranay.sharma@adelaide.edu.au
²A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Leninsky Prospect 33, Moscow 119071, Russia.
³Corresponding author. E-mail: alexey-a-kotov@yandex.ru

Abstract

Taxonomy of the genus *Ceriodaphnia* Dana, 1853 (Cladocera: Daphniidae) has been uncertain for a long time, the species richness was often underestimated due to (1) a morphological similarity among the species and (2) their great morphological inter- and intra-population variability. Support for this conclusion comes from the first analysis of three molecular markers for Australian representatives of this genus, two mitochondrial (COI and 16s) and one nuclear (28s) genes. Sequence analysis indicates the existence of three sibling Australian species belonging to the complex. Further work is required to establish species boundaries and investigate potential morphological diagnoses. Comparison of COI sequences with all other published sequences from the genus *Ceriodaphnia* revealed no common clades among continents existing

Глобальная филогеография группы *Daphnia pulex* (по: Crease et al., 2012)



Consensus Bayesian phylogeny of the *Daphnia pulex* species complex based on the mitochondrial ND5 gene.

OPEN ACCESS Freely available online

PLOS ONE

Transcontinental Phylogeography of the *Daphnia pulex* Species Complex

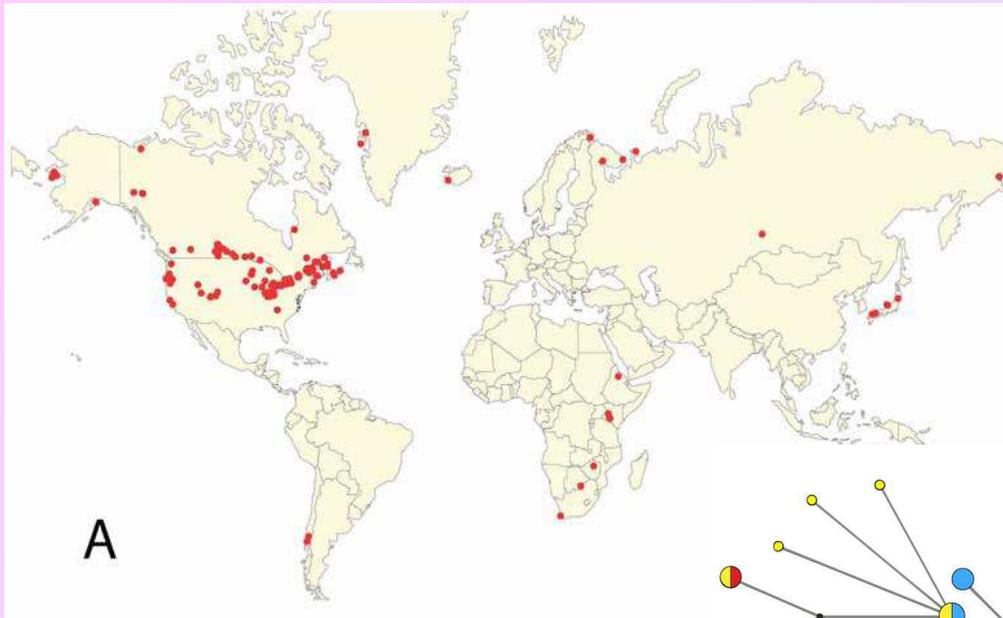
Teresa J. Crease^{1*}, Angela R. Omilian^{2,3*}, Katie S. Costanzo^{2,4}, Derek J. Taylor²

¹ Department of Integrative Biology, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada, ² Department of Biological Sciences, The State University of New York at Buffalo, Buffalo, New York, United States of America, ³ Department of Pathology, Roswell Park Cancer Institute, Buffalo, New York, United States of America, ⁴ Department of Biology, Canisius College, Buffalo, New York, United States of America

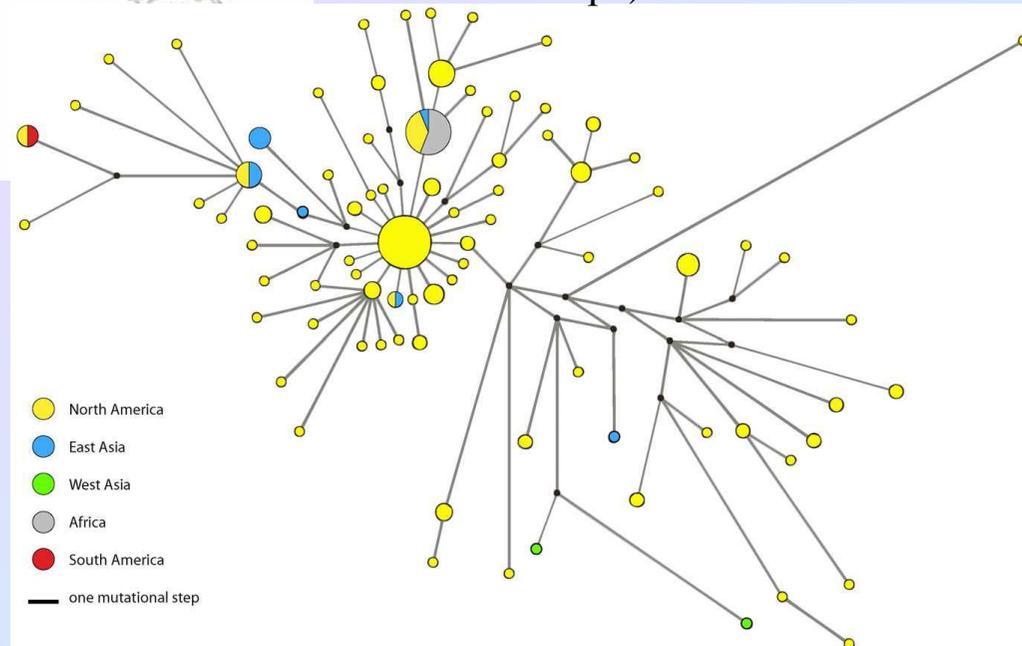
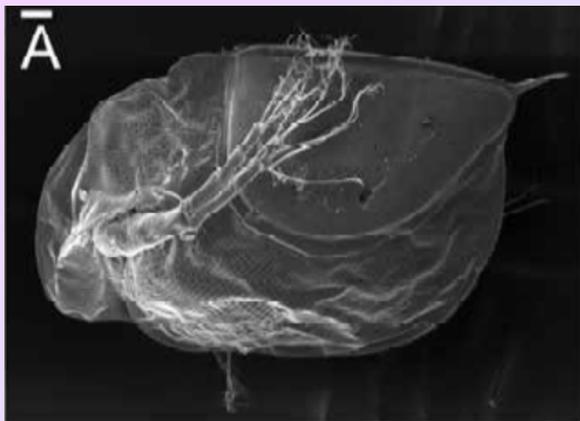
Abstract

Daphnia pulex is quickly becoming an attractive model species in the field of ecological genomics due to the recent release of its complete genome sequence, a wide variety of new genomic resources, and a rich history of ecological data. Sequences of the mitochondrial *NADH dehydrogenase* subunit 5 and *cytochrome c oxidase* subunit 1 genes were used to assess the global phylogeography of this species, and to further elucidate its phylogenetic relationship to other members of the *Daphnia pulex* species complex. Using both newly acquired and previously published data, we analyzed 398 individuals from collections spanning five continents. Eleven strongly supported lineages were found within the *D. pulex* complex, and one lineage in particular, panarctic *D. pulex*, has very little phylogeographical structure and a near worldwide distribution. Mismatch distribution, haplotype network, and population genetic analyses are compatible with a North American origin for this lineage and subsequent spatial expansion in the Late Pleistocene. In addition, our analyses suggest that dispersal between North and South America of this and other species in the *D. pulex* complex has occurred multiple times, and is predominantly from north to south. Our results provide additional support for the evolutionary relationships of the eleven main mitochondrial lineages of the *D. pulex* complex. We found that the well-studied panarctic *D. pulex* is present on every continent except Australia and Antarctica. Despite being geographically very widespread, there is a lack of strong regionalism in the mitochondrial genomes of panarctic *D. pulex* – a pattern that differs from that of most studied cladocerans. Moreover, our analyses suggest recent expansion of the panarctic *D. pulex* lineage, with some continents sharing haplotypes. The hypothesis that hybrid asexuality has contributed to the recent and unusual geographic success of

Сети гаплотипов как более тонкий подход пример *D. pulex* (Crease et al., 2012)

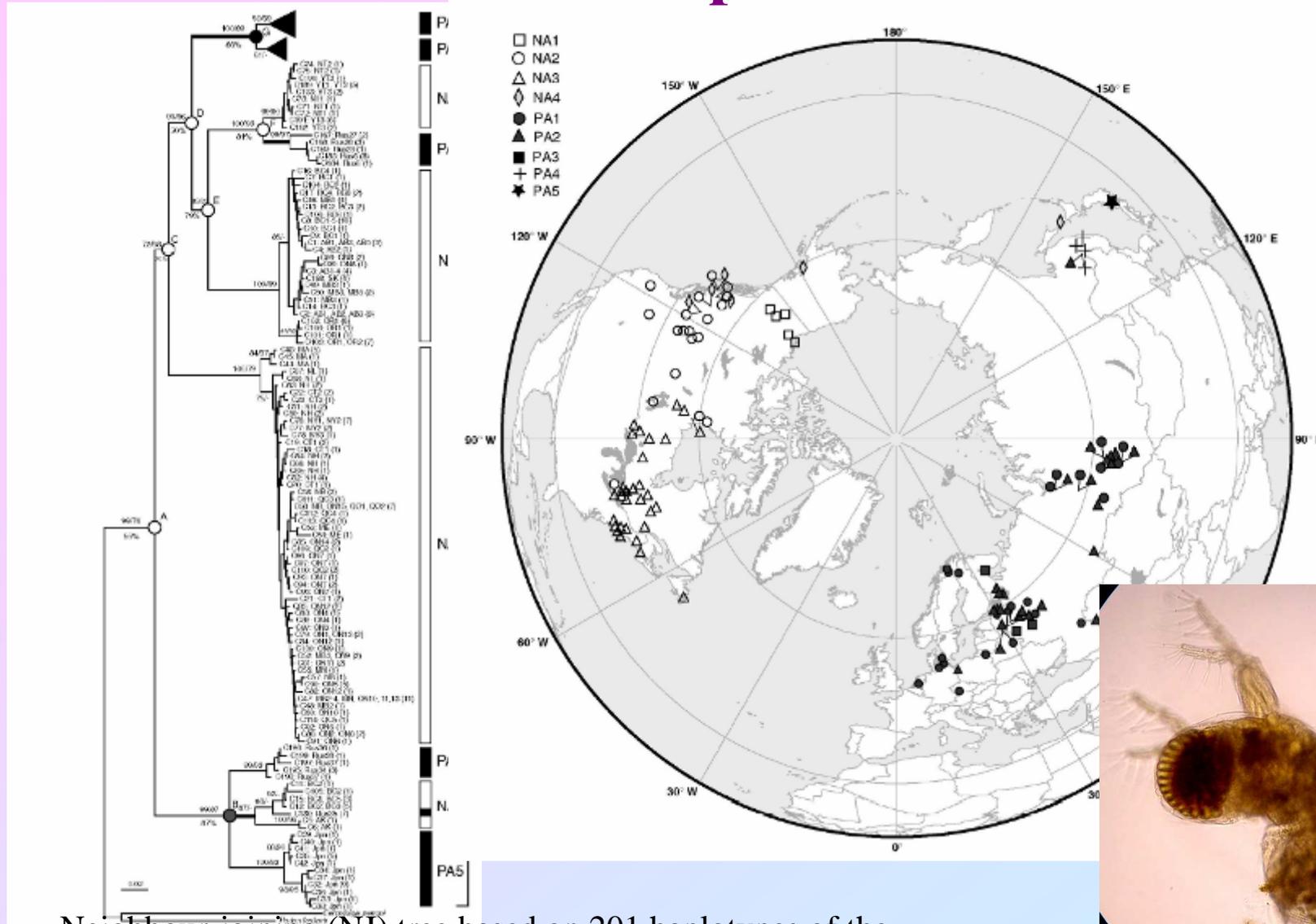


Медианная сеть гаплотипов,
построенная по
последовательностям
митохондриального гена ND5
(496 гаплотипов, 173
экземпляра)



Реконструкция голоценовой и плейстоеновой истории таксонов

По:
Xu et al., 2009

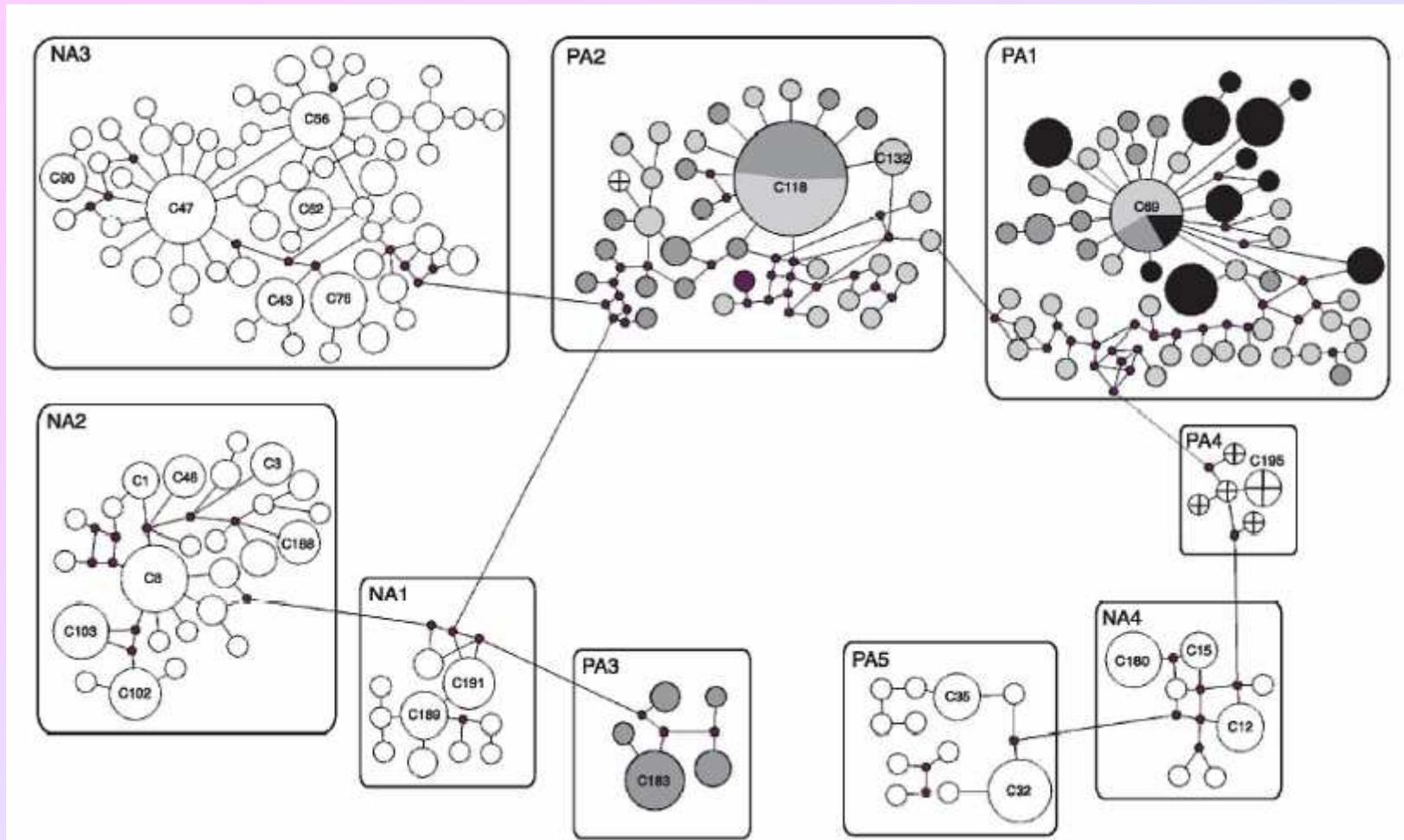


Neighbour-joining (NJ) tree based on 201 haplotypes of the cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene.

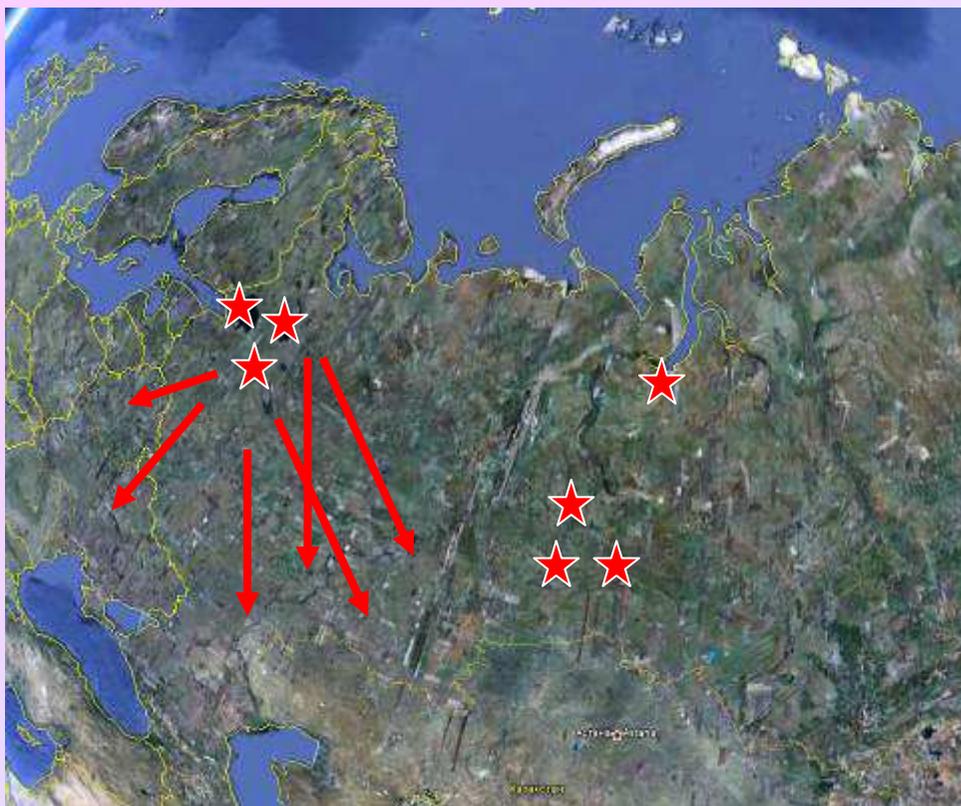


Polyphemus pediculus Linnaeus

Polyrhemus: Сеть гаплотипов COI

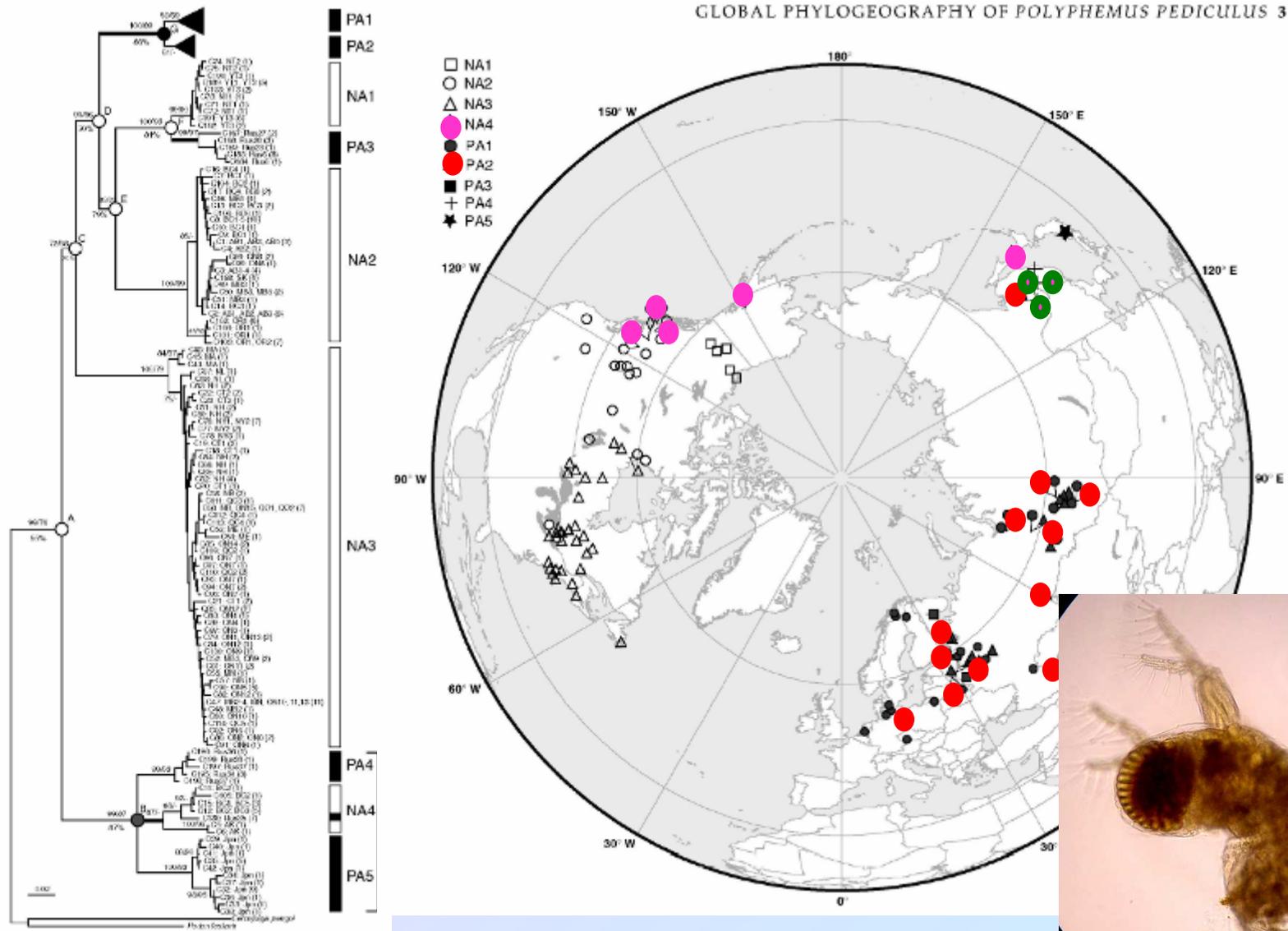


Распространение «примитивных» гаплотипов РА1 и РА2 в Европе



Вернемся потом к объяснению

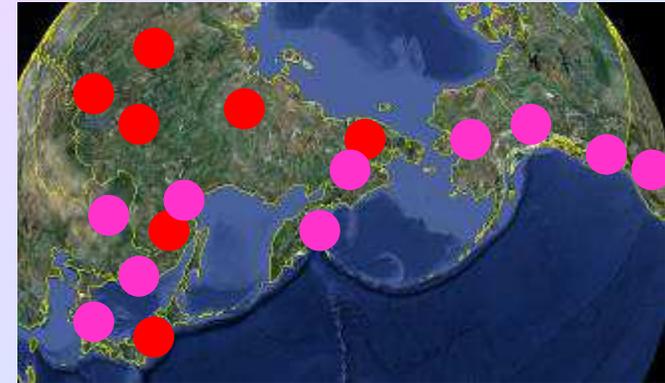
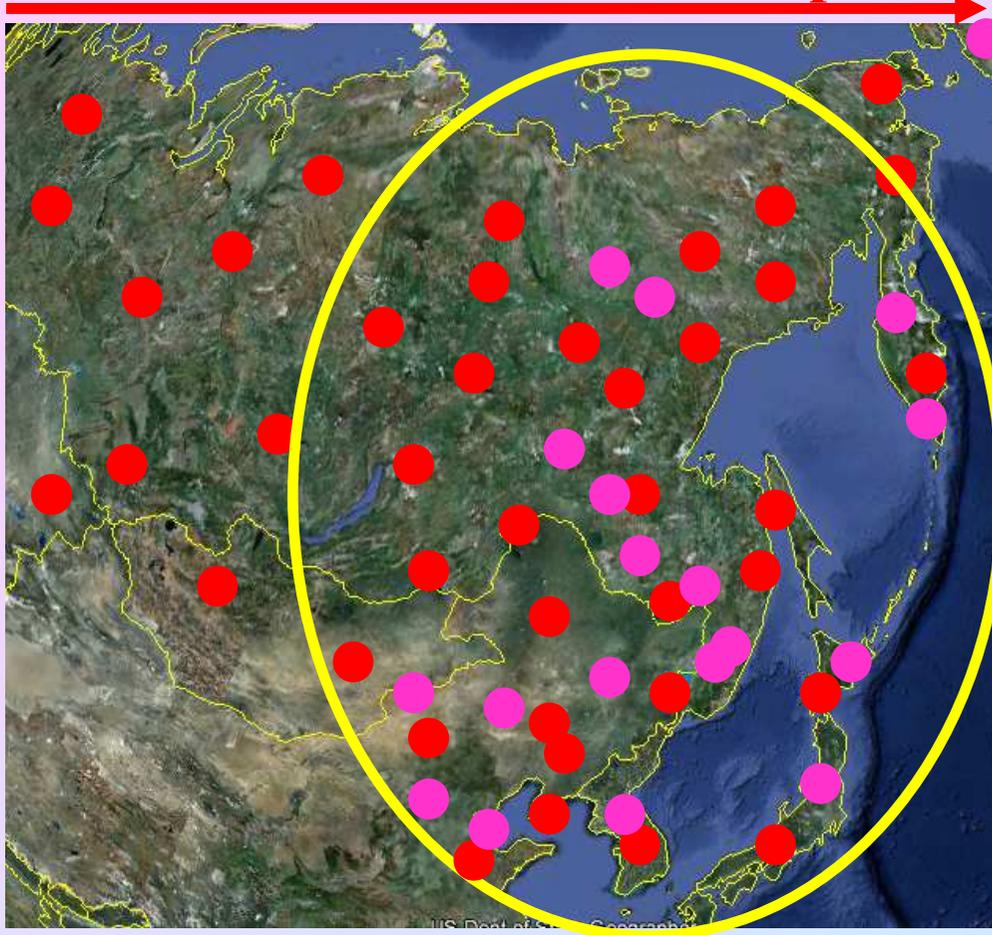
Генетика *Polyphemus pediculus* (Linnaeus, 1776) (Xu et al., 2009)



Долготный градиент в северной части Восточной Азии

- 1) Найден долготный градиент
- 2) Имеются так называемые “европейские” виды и
- 3) Специфичные восточноазиатские (“берингийские”?) виды
- 4) Биоразнообразие тут выше (поскольку не было оледенения?)

долготный градиент

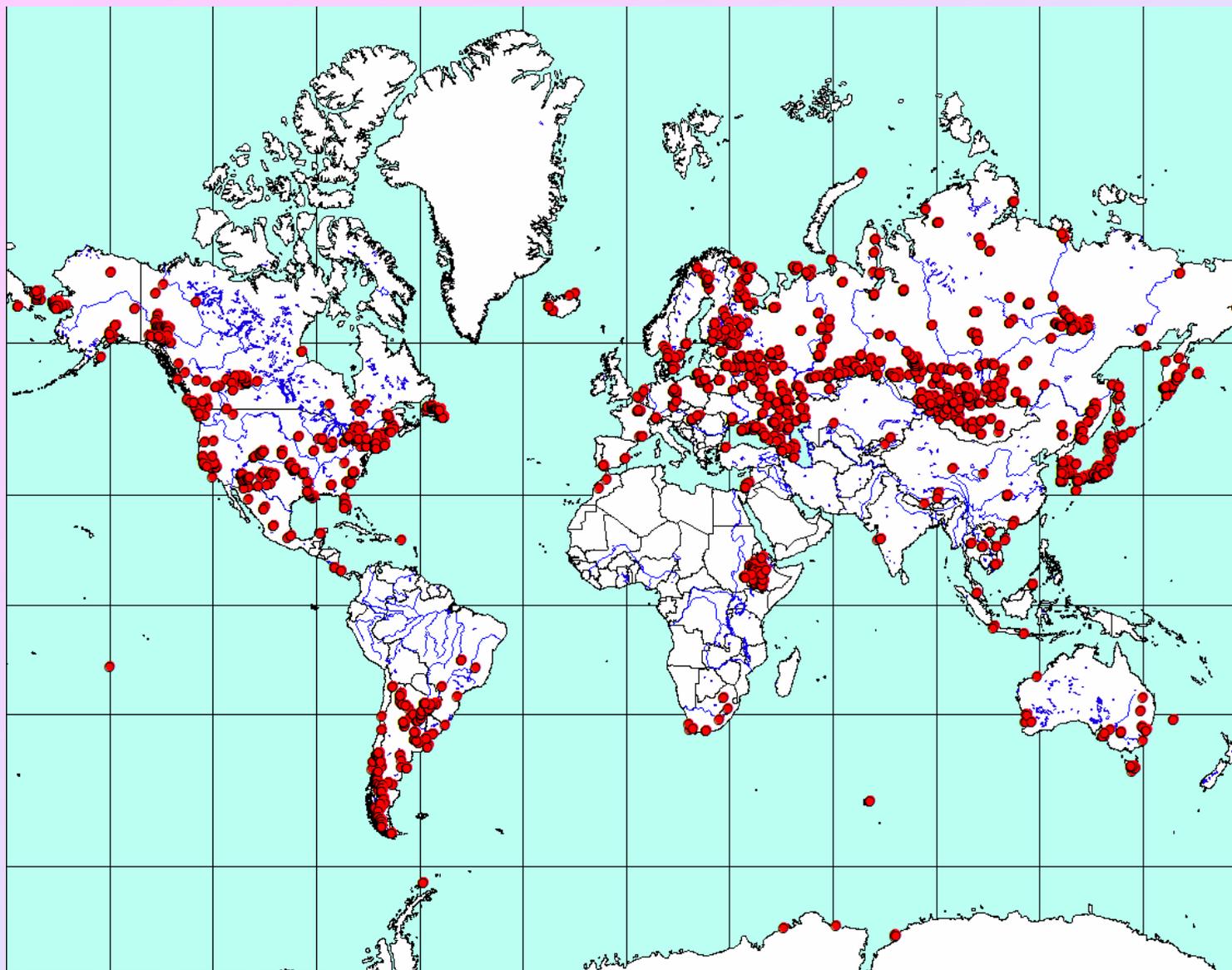


Программа массовых сборов в азиатской части Палеарктики

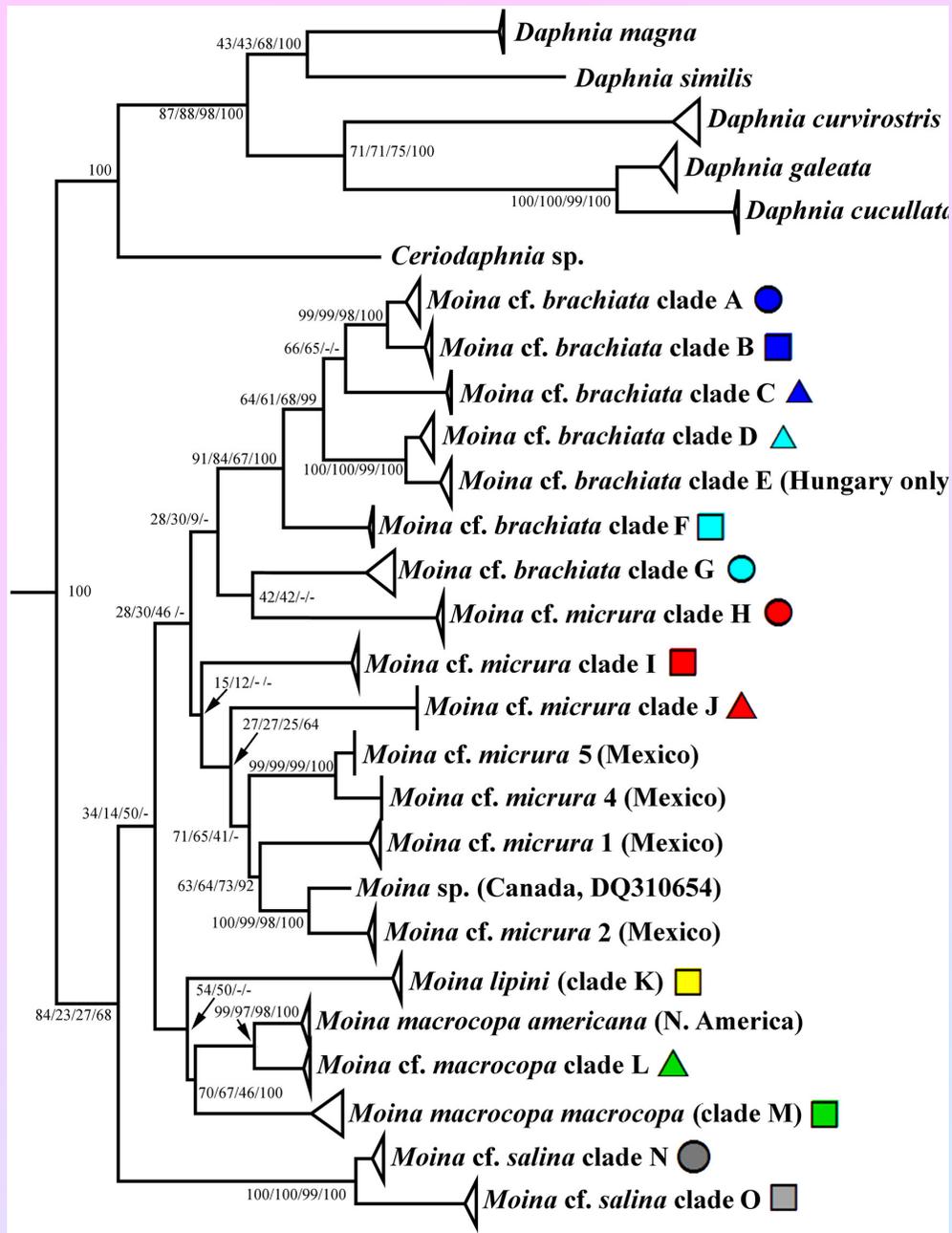


- **массовый
пробоотбор**
- **серии от коллег**

**Результат на сегодняшний день: более 3500 проб для
молекулярного анализа, занесенных в базу данных**



История с моинами



PLOS ONE

RESEARCH ARTICLE

DNA Barcoding Reveals High Cryptic Diversity in the North Eurasian *Moina* Species (Crustacea: Cladocera)

Eugeniya I. Bekker^{1*}, Dmitry P. Karabanov^{1,2*}, Yan R. Galimov^{1,2*}, Alexey A. Kotov^{1,3*}

1 Laboratory of Aquatic Ecology and Invasions, A. N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia, 2 Laboratory of Fish Ecology, I. D. Papanin Institute for Biology of Inland Waters of Russian Academy of Sciences, Borok, Yaroslavl Area, Russia, 3 Laboratory of Experimental Embryology, Koltsov Institute of Developmental Biology of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

* These authors contributed equally to this work.
* alexey-a.kotov@yandex.ru

Abstract

Species of the genus *Moina* Baird (Cladocera: Moinidae) often dominate freshwater crusta-

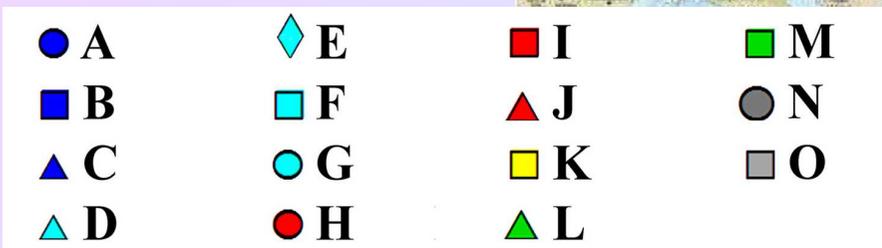
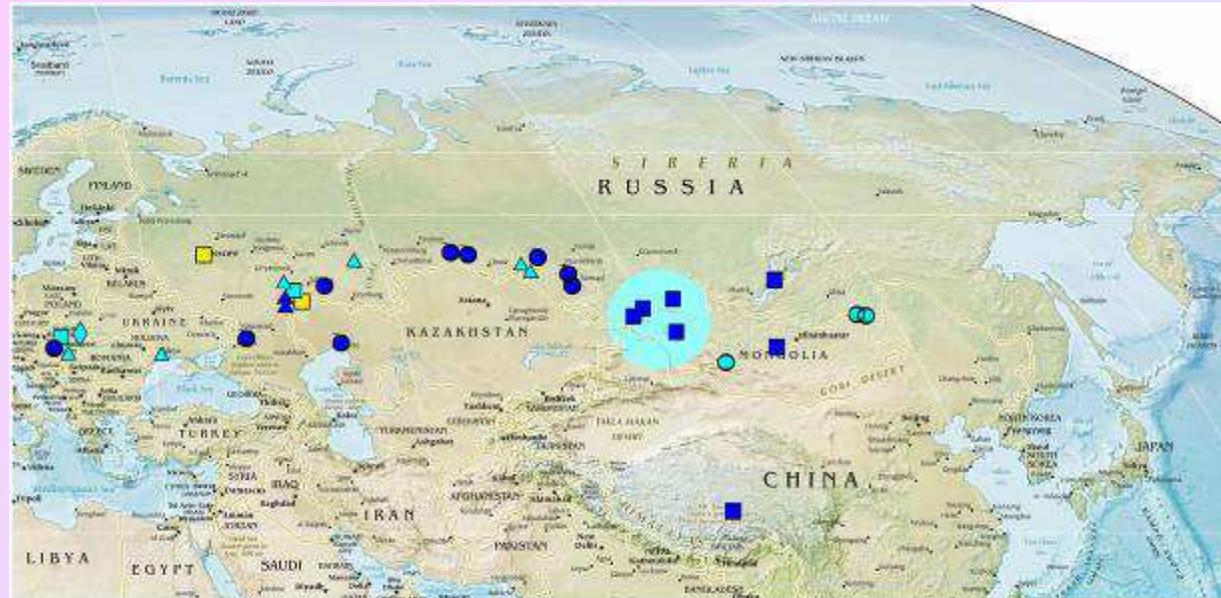
По: Bekker et al., 2016²⁵

Maximum likelihood tree representing the diversity among COI phylogroups of *Moina*.

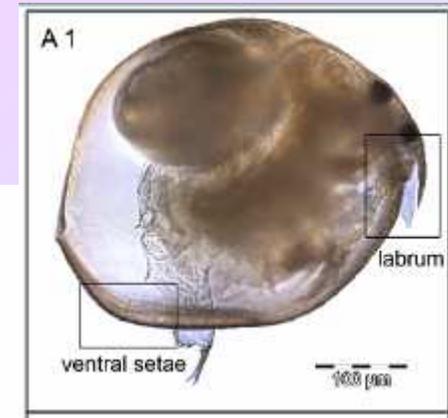
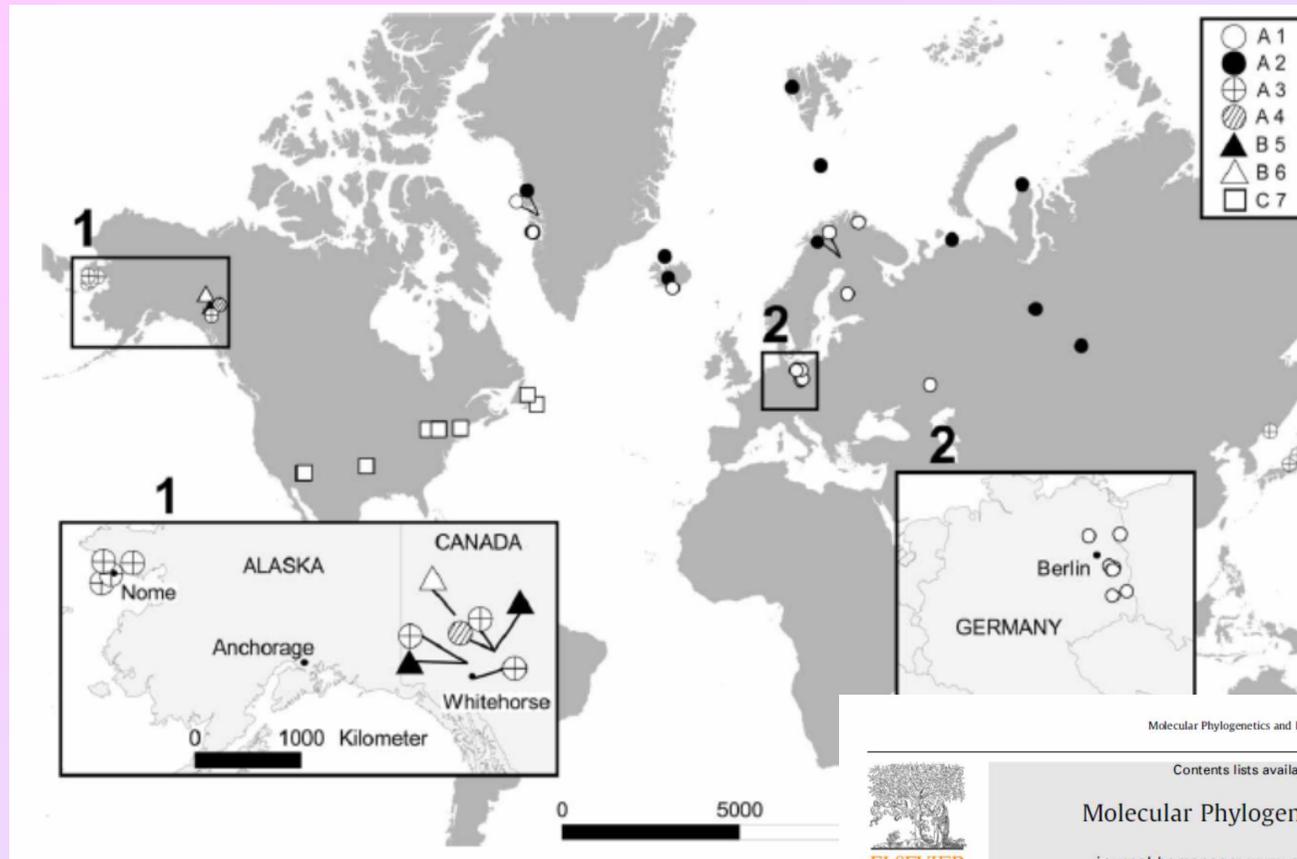
переходная зона между фаунистическими комплексами

По: Bekker et al., 2016

синие – cf. *brachiata*
 зеленые – cf. *macroscopa*
 красные – cf. *micrura*
 серые – cf. *salina*
 желтые - *lipini*



Chydorus sf. sphaericus



По: Belyaeva & Taylor, 2008

Molecular Phylogenetics and Evolution 50 (2009) 534–546

Contents lists available at ScienceDirect

Molecular Phylogenetics and Evolution

journal homepage: www.elsevier.com/locate/ympev

Cryptic species within the *Chydorus sphaericus* species complex (Crustacea: Cladocera) revealed by molecular markers and sexual stage morphology

Maria Belyaeva^{a,*}, Derek J. Taylor^b

^aDepartment of Freshwater Conservation, Brandenburg University of Technology at Cottbus, Research Station, Seestr. 45, 15526 Bad Saarow, Germany
^bDepartment of Biological Sciences, University at Buffalo, The State University of New York, Buffalo, NY 14260, USA

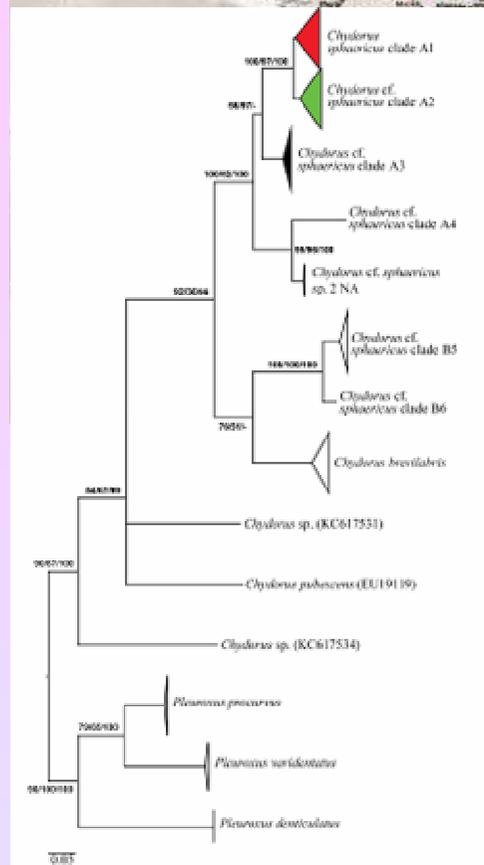
ARTICLE INFO

Article history:
Received 2 July 2008
Revised 11 November 2008
Accepted 13 November 2008

ABSTRACT

The cosmopolitanism paradigm in the biogeography of freshwater invertebrates is currently being replaced by non-cosmopolitanism or continental endemism. Benthic water fleas (Cladocera) from the family Chydoridae were the first group of freshwater invertebrates for which non-cosmopolitanism

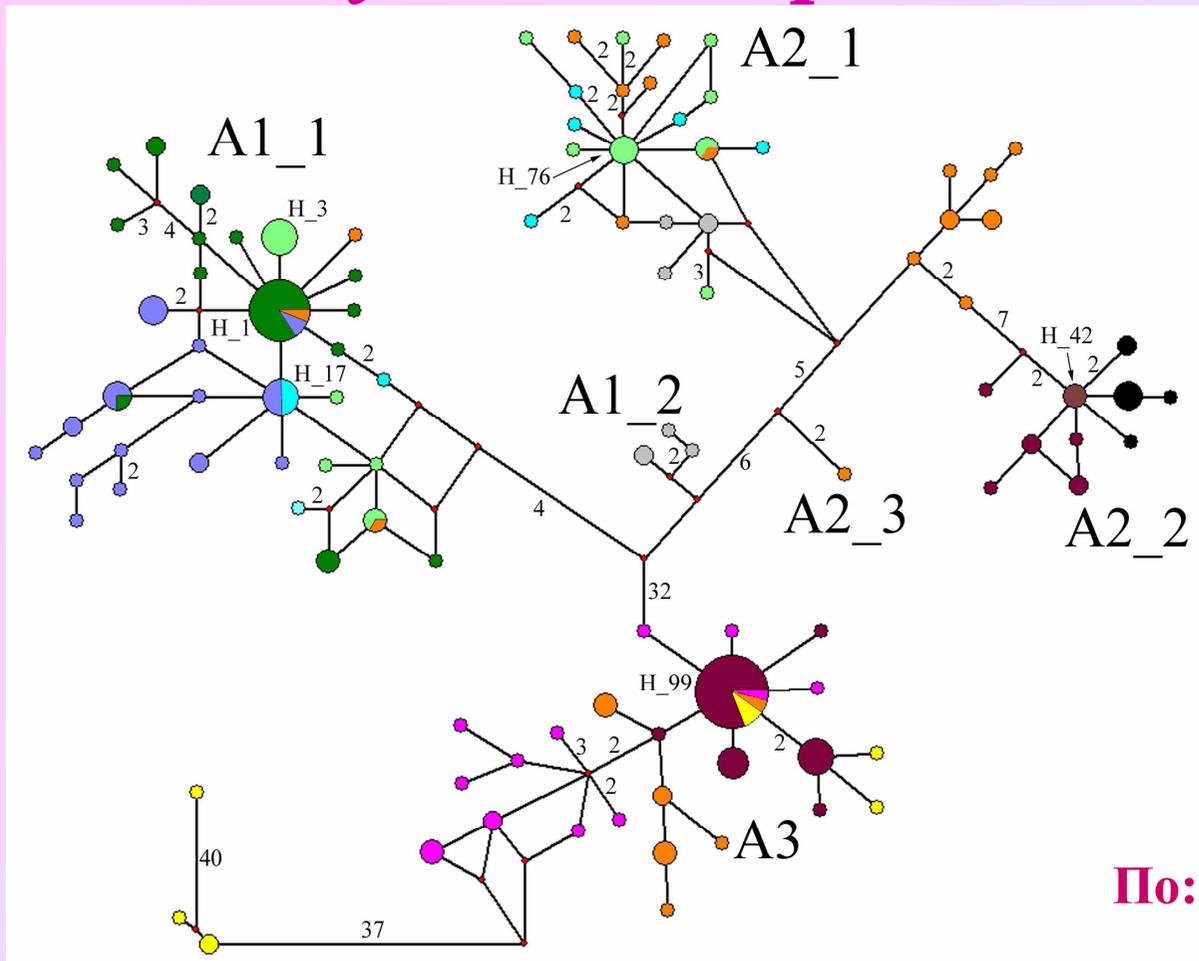
Chydorus sf. sphaericus



По: Kotov et al., 2016

Maximum likelihood tree based on sequences of the mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I (COI) gene representing the diversity among phylogroups of the *Chydorus sphaericus* group.

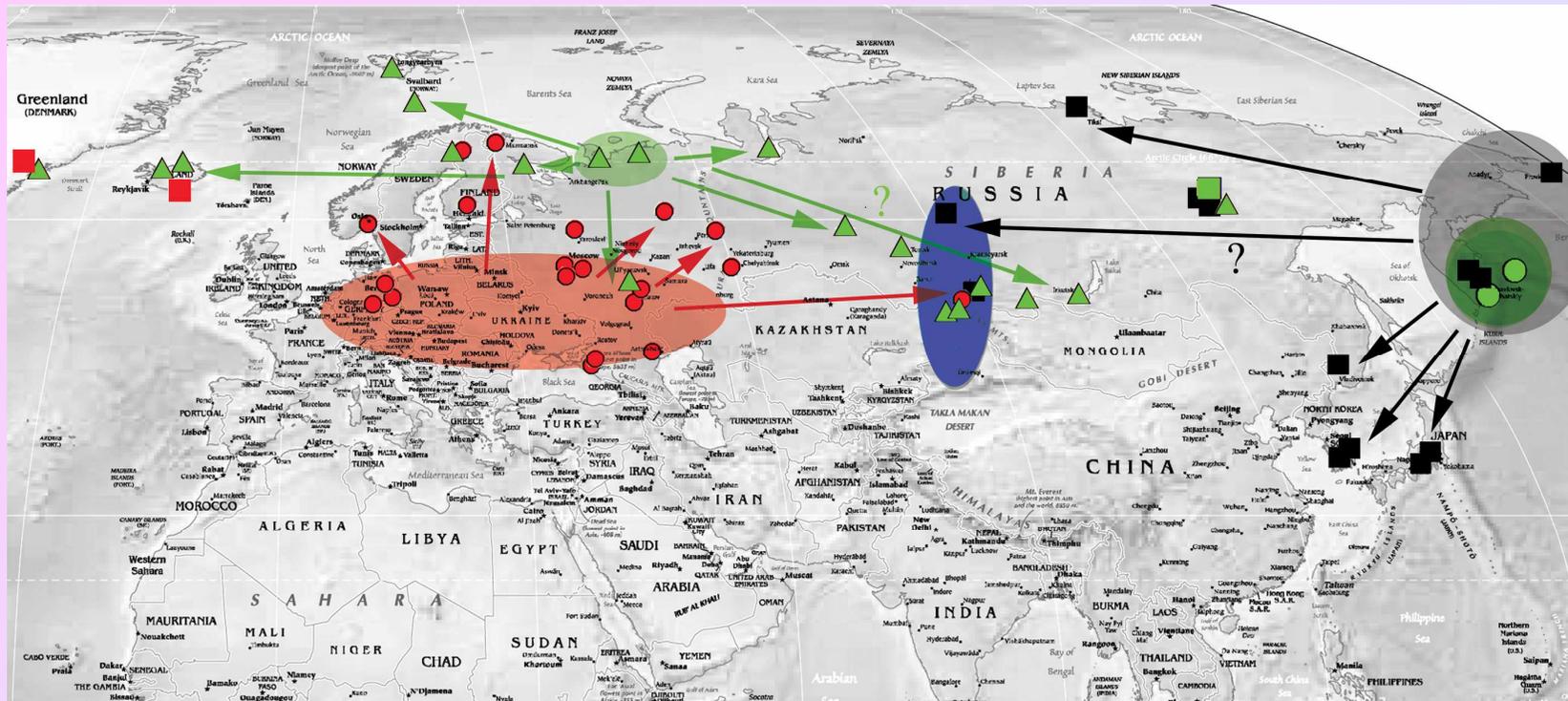
Chydorus sf. sphaericus



По: Kotov et al., 2016

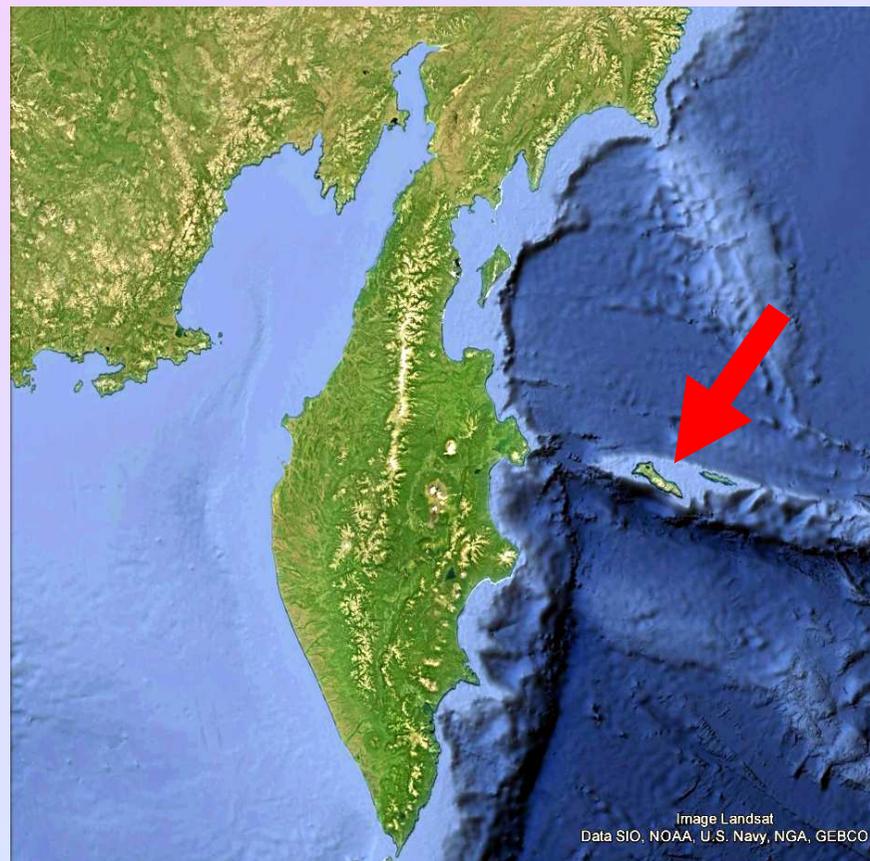
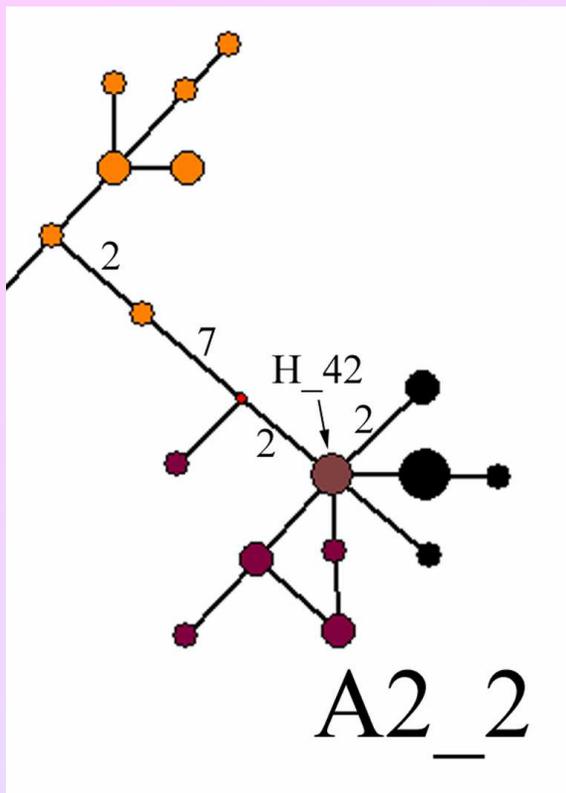
Median-joining cytochrome c oxidase subunit I (*COI*) haplotype network. Median vectors are indicated by small red circles. High-frequency haplotypes are labeled as well as the number of mutations for each branch (if not 1). Colors represent: grey – Northern Pacific (Iceland and Greenland); dark blue – southern to central portion of Western Europe; light blue – northern portion of Western Europe; light green – northern portion of European Russia; dark green – central to southern portion of European Russia; reddish – Eastern Siberia and south portion of Western Siberia; brown – continental Beringia (Kamchatka, Chukotka, Alaska); black – Bering Island; pink – Russian Far East, Korea and Japan; yellow – Arctic Canada.

Chydorus cf. sphaericus



Распространение филогрупп в Северной Евразии и реконструкция путей их расселения

Неоднократная независимая коллонизация Острова Беринга с территории «континентальной Берингии»



По: Kotov et al., 2016

Перигляциальные озера в Палеарктике в плейстоцене

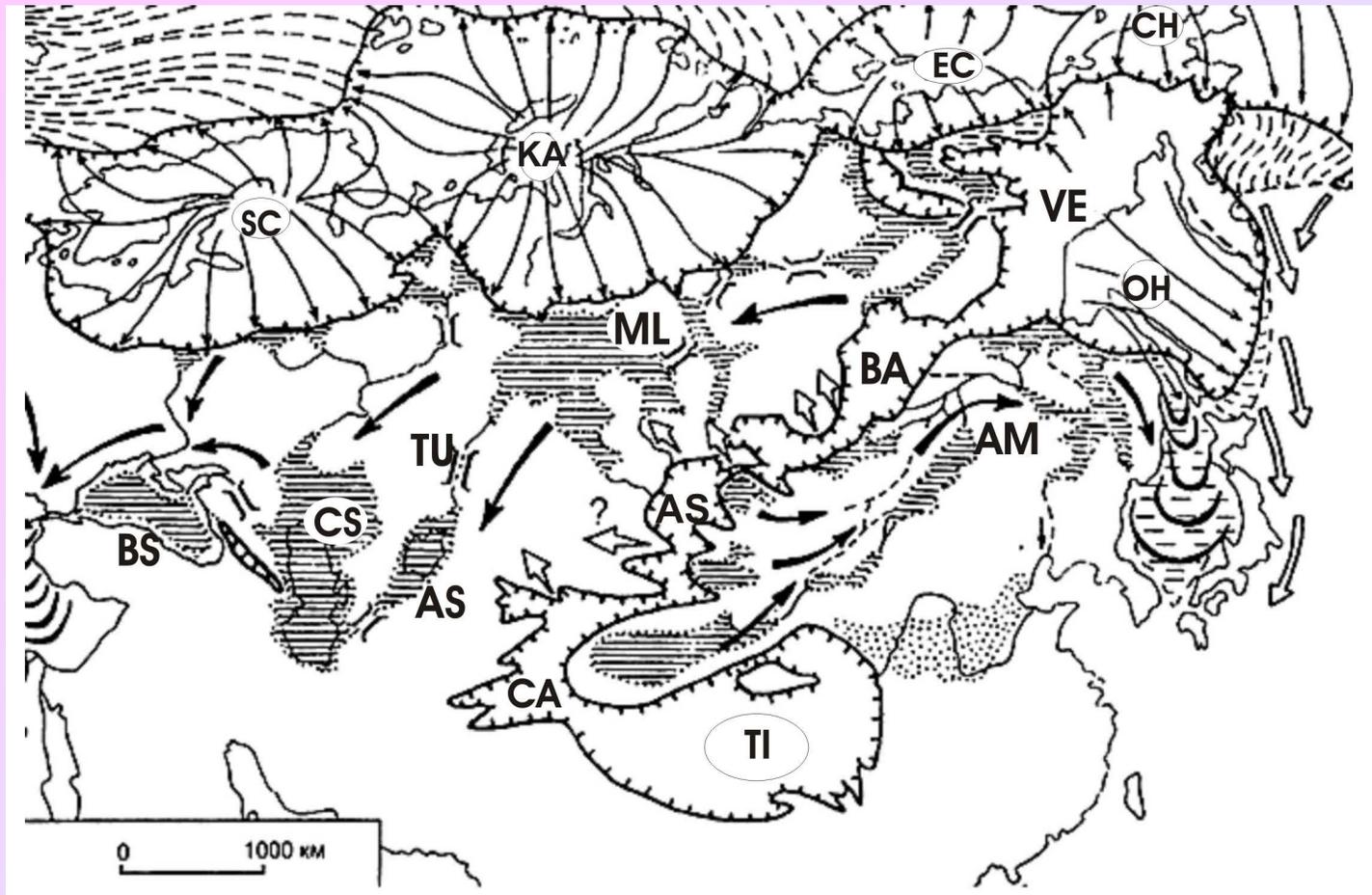
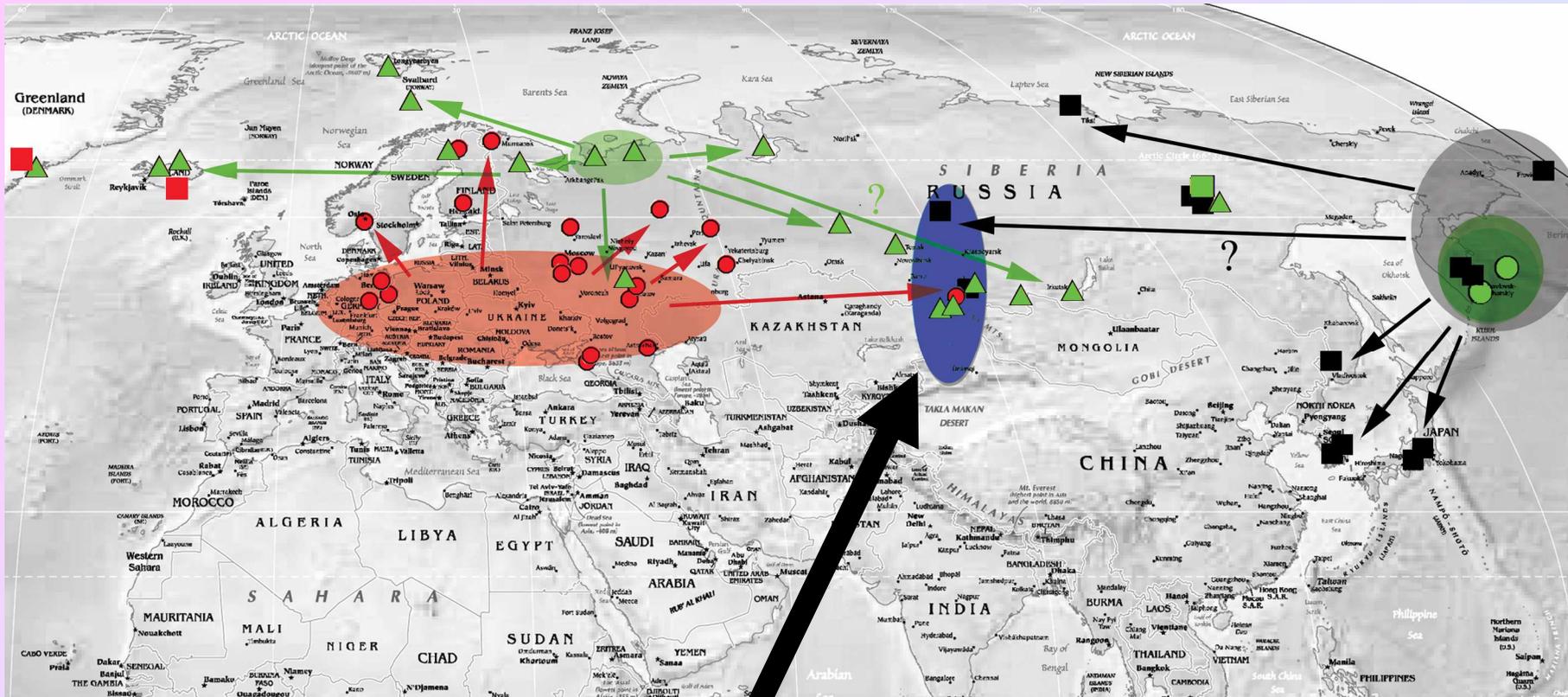


Fig. 1. Distribution of ice sheets, mountain glaciers, and ice-dammed lakes in Eurasia during the mid-Pleistocene era (according to Grosvald 1984) that influenced the distribution and range of moose. Major seas include the Aral (AS), Black (BS), and Caspian (CS). Glacial sheets include the Chukchi (CH), East Siberian (ES), Karskii (KA), Ohotskii (OH), and Scandinavian (SC). Mountain glaciers include the Altai (AS), Baikal (BA), Central Asian (CA), Tibetan (TI), and Verkhoyansk (VE). Other features include Lake Mansijskoe (ML), Amur River (AM), and the Turgaiskii trench (TU).

БЕДНЫЕ ЭКОЛОГИ! Пример *Chydorus* sf. *sphaericus*



В одной старице реки Абакан сидит три вида *C. cf. sphaericus*, не различающиеся по самкам И чего же этот «*C. sphaericus*» индикатор?

История с
Darhnia magna

ПОКА НЕ ОПУБЛИКОВАНА

Выводы

- 1) У ветвистоусых ракообразных выявляются "европейско-западносибирский" и "берингийский" фаунистический над-комплексы с переходной зоной, располагающейся в бассейне Енисея, или немного западней, в бассейне Оби).
- 2) Берингийская зона была центром расселения по крайней мере некоторых таксонов по всей Восточной Палеарктике.
- 3) Как в Азиатской, так и в Европейской части России имеются как таксоны, которые пережили плейстоценовое оледенение в южных, так и в северных рефугиумах, расселение из которых шло на юг.
- 4) Восточная Сибирь и Северная Атлантика (Гренландия и Исландия) являются районами, где сохранились немногочисленные реликтовые эндемичные клады.
- 5) Проверка универсальности сформулированной выше модели на примере других таксонов ветвистоусых ракообразных представляет собой абсолютно новую, масштабную и актуальную задачу биогеографии пресноводных животных в целом. В частности, подобные данные могут стать основой биогеографического районирования Северной Евразии в части пресных вод.



Спасибо!!!!

- * Соавторам
- * Коллегам, приславшим пробы (см. постеры)
- * РФФИ за поддержку данной Конференции
- * Тем, кто Конференцию готовил, в первую очередь, И. Марину и С. Синельникову, взявших на себя большинство орг. вопросов



Е. И. Беккер



Д. П. Карabanов



Я. Р. Галимов

