

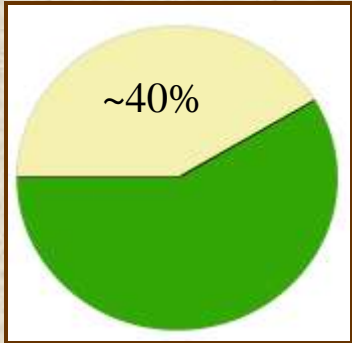
Сравнительная
цитогенетика
грызунов группы
Muromorpha

Научный руководитель:
д.б.н. А.С. Графодатский

Повсеместное распространение



1569 видов млекопитающих



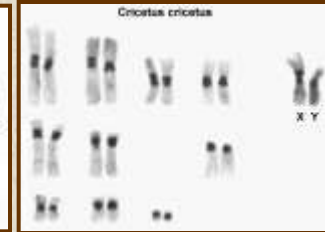
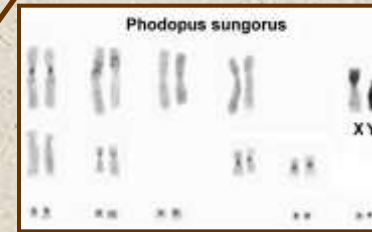
Диплоидные числа хромосом

$$2n=10$$

↓

$$2n=92$$

Вариации по количеству гетерохроматина



Myomorpha (Rodentia)

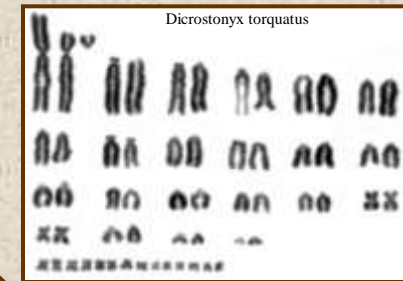
Домашние любимцы



Лабораторные животные



Наличие В-хромосом у некоторых видов



Наличие отличных от XX/XY систем определения пола у некоторых видов

Подотряд *Myomorpha* (326 родов, 1569 видов) по Carleton, Musser, 2005

Надсемейство *Dipodoidea*

Семейство *Dipodidae* (16 родов, 51 вид)

Подсемейство *Allactaginae*

Подсемейство *Cardiocraniinae*

Подсемейство *Dipodinae*

Подсемейство *Euchoreutinae*

Подсемейство *Sicistinae*

Подсемейство *Zapodinae*

Надсемейство *Muroidea*

Семейство *Platacanthomidae* (2 рода, 2 вида)

Семейство *Spalacidae* (6 родов, 36 видов)

Подсемейство *Myospalacinae*

Подсемейство *Rhizomyinae*

Подсемейство *Spalacinae*

Подсемейство *Tachyoryctinae*

Семейство *Calomyscidae* (1 род, 8 видов)

Семейство *Nesomyidae* (21 род, 61 вид)

Подсемейство *Cricetomyinae*

Подсемейство *Delanymyinae*

Подсемейство *Dendromurinae*

Подсемейство *Mystromyinae*

Подсемейство *Nesomyinae*

Подсемейство *Petromyscinae*

→ Семейство *Cricetidae* (130 родов, 681 вид)

Подсемейство *Arvicolinae*

Подсемейство *Cricetinae*

Подсемейство *Lophiomyinae*

Подсемейство *Neotominae*

Подсемейство *Sigmodontinae*

Подсемейство *Tylomyinae*

→ Семейство *Muridae* (150 родов, 730 видов)

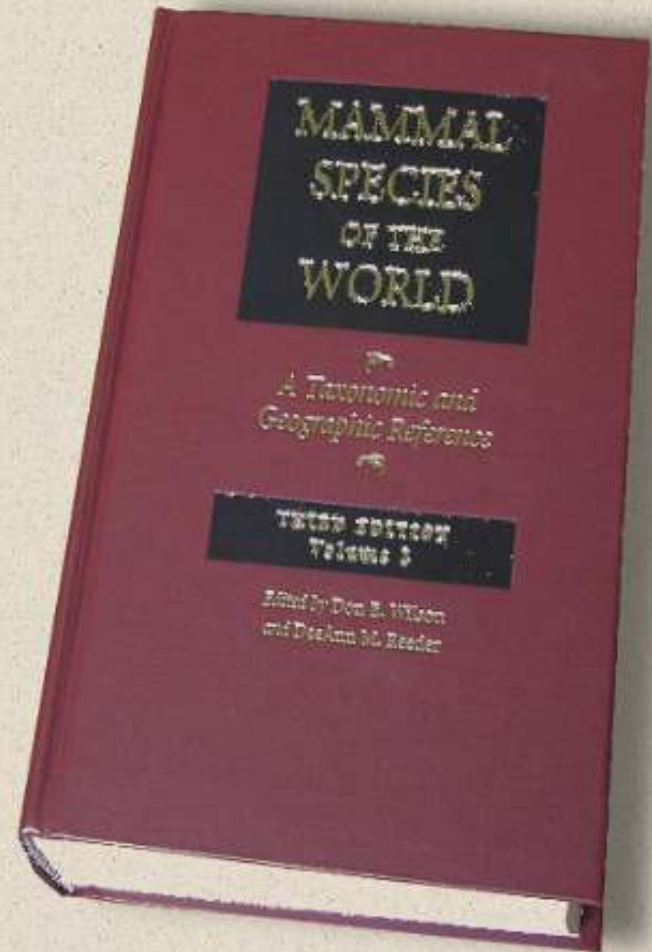
Подсемейство *Deomyinae*

Подсемейство *Gerbillinae*

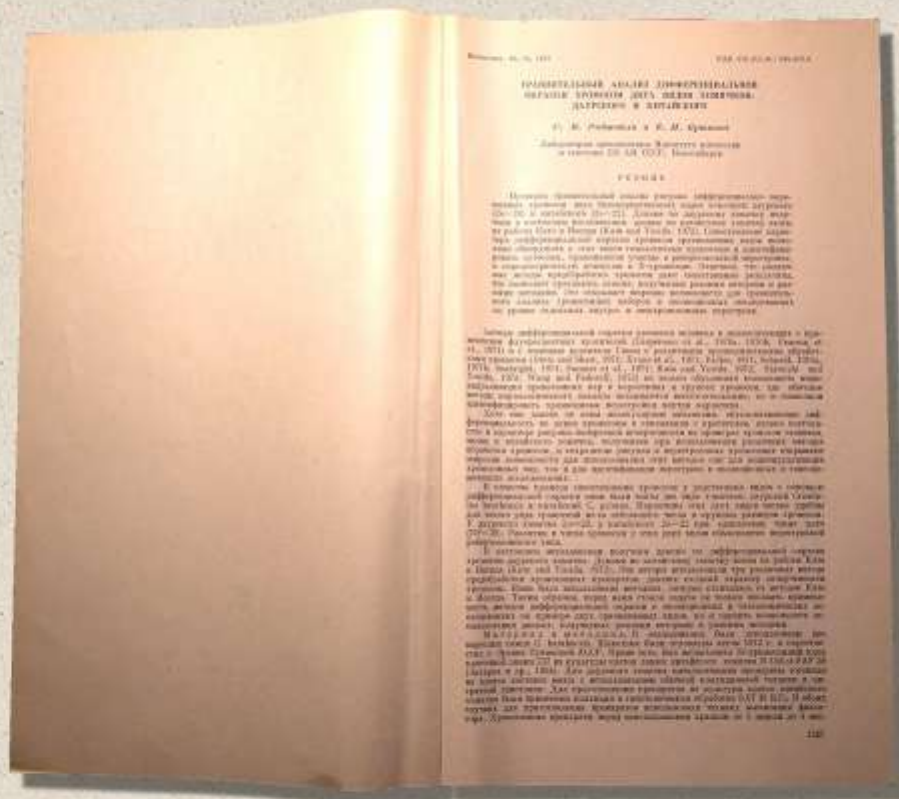
Подсемейство *Leimacomyinae*

Подсемейство *Murinae*

Подсемейство *Otomyinae*



Раджабли С.И., Крюкова Е.П. Сравнительный анализ дифференциальной окраски хромосом двух видов хомячков: даурского и китайского. // Цитология. 1973. Т. 12. С. 1527-1531.



СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОЙ ОКРАСКИ ХРОМОСОМ ДВУХ ВИДОВ ХОМЯЧКОВ: ДАУРСКОГО И КИТАЙСКОГО

С. И. РАДЖАБЛИ и Е. П. КРЮКОВА
Докладовая работа, представленная на заседании ЦИ АН СССР, Новосибирск

РЕЗУЛЬТАТЫ

Изучены дифференциальная окраска хромосом (аутосома, X-хромосома) у самцов и самок двух видов хомячков: даурского (Cytodipus turkestanicus) и китайского (Cytodipus turkestanicus). Впервые описаны различия в дифференциальной окраске хромосом между этими видами. У даурского хомячка X-хромосома окрашивается в фиолетовый цвет, а у китайского — в розовый. Эти различия обусловлены наличием у даурского хомячка специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У китайского хомячка этого фермента нет. Эти различия обусловлены наличием у даурского хомячка специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У китайского хомячка этого фермента нет.

Впервые описаны различия в дифференциальной окраске хромосом у самцов и самок даурского хомячка. У самцов X-хромосома окрашивается в фиолетовый цвет, а у самок — в розовый. Эти различия обусловлены наличием у самцов специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У самок этого фермента нет.

Впервые описаны различия в дифференциальной окраске хромосом у самцов и самок китайского хомячка. У самцов X-хромосома окрашивается в розовый цвет, а у самок — в фиолетовый. Эти различия обусловлены наличием у самцов специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У самок этого фермента нет.

Впервые описаны различия в дифференциальной окраске хромосом у самцов и самок даурского хомячка. У самцов X-хромосома окрашивается в фиолетовый цвет, а у самок — в розовый. Эти различия обусловлены наличием у самцов специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У самок этого фермента нет.

Впервые описаны различия в дифференциальной окраске хромосом у самцов и самок китайского хомячка. У самцов X-хромосома окрашивается в розовый цвет, а у самок — в фиолетовый. Эти различия обусловлены наличием у самцов специфического фермента — фермента, окисляющего метилметиленовый синий в метилметиленовый синий. У самок этого фермента нет.

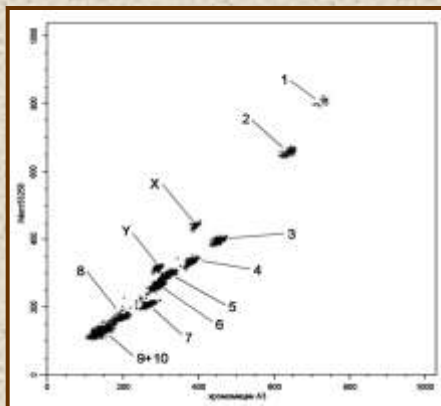
Цель: исследование кариотипических взаимоотношений млекопитающих из подотряда Muomorpha отряда Rodentia

Задачи:

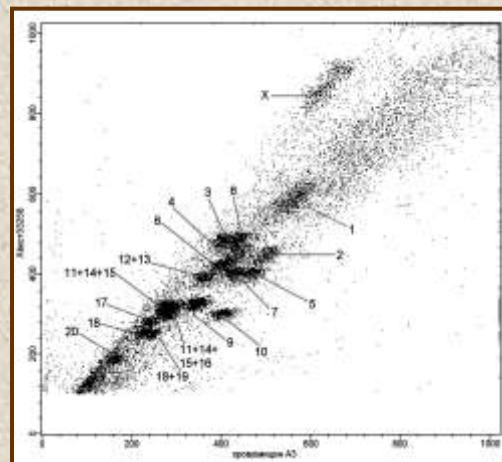
1. Описать кариотипические отношения в подотряде Muomorpha с помощью пэинтинг-проб китайского, золотистого хомячков, копытного лемминга и домашней мыши.
2. Проанализировать данные сравнительного хромосомного пэинтинга, реконструировать предковые кариотипы крупных таксонов и возможный ход перестроек, приведших к формированию наборов хромосом современных Muomorpha.
3. Локализовать пэинтинг-пробы хромосом человека на хромосомах одного из базальных представителей подотряда Muomorpha.
4. С использованием кладистического анализа выявленных хромосомных характеристик установить филогенетическую позицию подотряда Muomorpha внутри отряда Rodentia.

Наборы пэйнтинг-проб

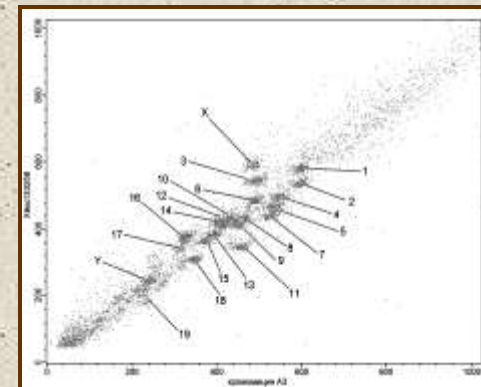
Китайский хомячок
Cricetulus griseus
($2n=22$)



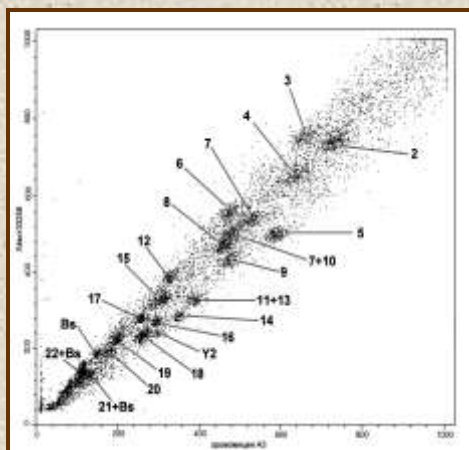
Золотистый хомячок
Mesocricetus auratus
($2n=44$)



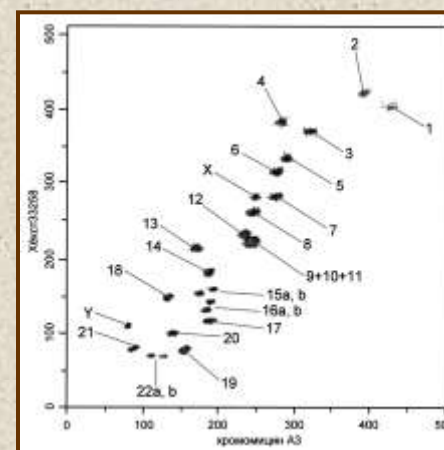
Домовая мышь
Mus musculus
($2n=40$)



Копытный лемминг
Dicrostonyx torquatus
($2n=45+B$)



Человек
Homo sapiens
($2n=46$)



Исследованы кариотипы

28 видов

Надсемейство Dipodoidea

Семейство Dipodidae

Подсемейство Zapodinae

Sicista betulina – лесная мышовка

Надсемейство Muroidea

Семейство Calomyscidae

Подсемейство Calomyscinae

Calomyscus sp. – мышевидный хомячок

Семейство Cricetidae

Подсемейство Arvicolinae

Arvicola terrestris – водяная полевка

Clethrionomys rutilus – красная полевка

Dicrostonyx torquatus – копытный лемминг

Ellobius lutescens – горная слепушонка

Ellobius talpinus – обыкновенная слепушонка

Microtus oeconomus – полевка-экономка

Подсемейство Cricetinae

Allocricetulus curtatus – монгольский хомячок

Allocricetulus evermanni – хомячок Эверсманны

Cricetus cricetus – обыкновенный хомяк

Cricetulus barabensis – барабинский хомячок

Cricetulus griseus – китайский хомячок

Cricetulus longicaudus – длиннохвостый хомячок

Cricetulus migratorius – серый хомячок

Cricetulus pseudogriseus – забайкальский хомячок

Cricetulus sokolovi – гобийский хомячок

Mesocricetus auratus – золотистый хомячок

Mesocricetus brandti – турецкий хомячок

Mesocricetus newtoni – румынский хомячок

Mesocricetus raddei – кавказский хомячок

Phodopus campbelli – хомячок Кэмпбелла

Phodopus roborowskii – хомячок Роборовского

Phodopus sungorus – джунгарский хомячок

Tscherskia triton – крысовидный хомячок

Подсемейство Neotominae

Peromyscus eremicus – кактусовый хомячок

Семейство Muridae

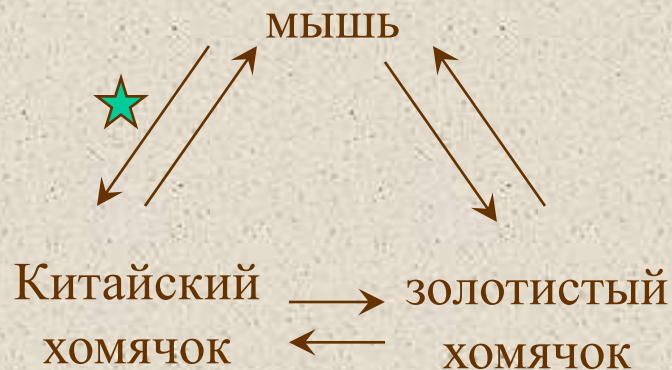
Подсемейство Gerbillinae

Meriones libicus – краснохвостая песчанка

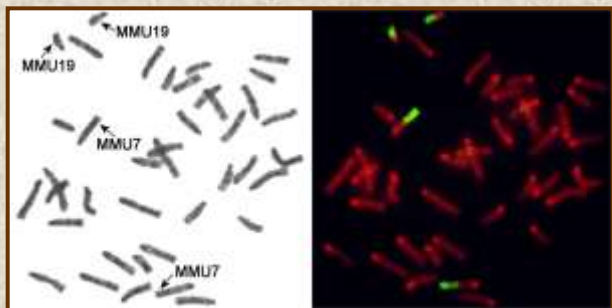
Подсемейство Murinae

Mus musculus – домовая мышь

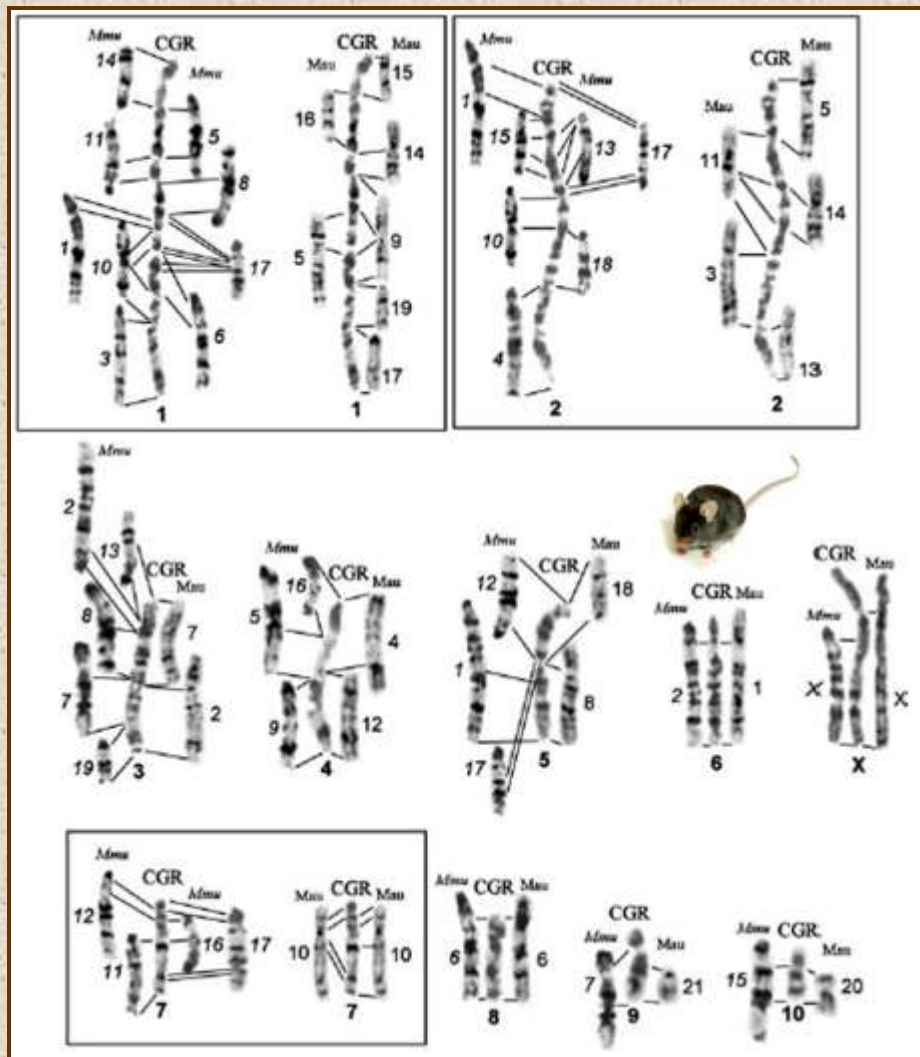
Сравнительная хромосомная карта мыши, китайского и золотистого хомячков, построенная по результатам реципрокного пэйнтинга



★ Реципрокный пэйнтинг мышь-китайский хомячок: Yang *et al.*, 2000



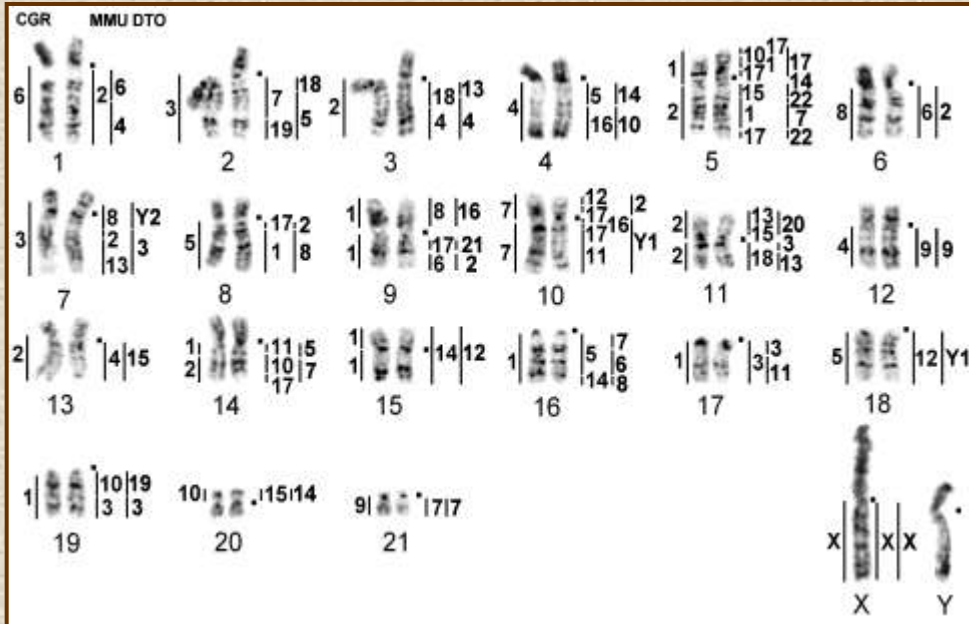
Локализация пробы хромосомы 2 золотистого хомячка на метафазных хромосомах мыши



MMU – *Mus musculus*
 CGR – *Cricetulus griseus*
 MAU – *Mesocricetus auratus*

Реципрокный пэинтинг ЗОЛОТИСТЫЙ ХОМЯЧОК-КОПЫТНЫЙ ЛЕММИНГ

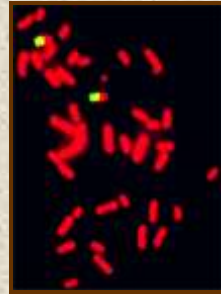
Золотистый хомячок (*Mesocricetus auratus*, 2n=44)



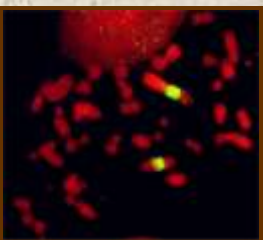
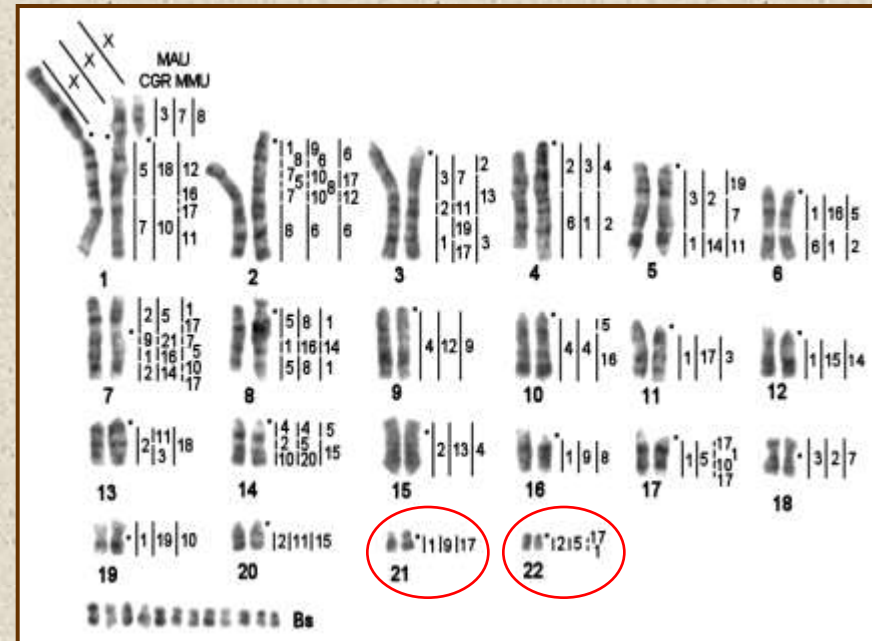
DTO – *Dixrostonyx torquatus*
MMU – *Mus musculus*
CGR – *Cricetulus griseus*
MAU – *Mesocricetus auratus*

Локализация пробы хромосомы 18
золотистого хомячка на метафазных
хромосомах копытного лемминга

Локализация пробы хромосомы 15
копытного лемминга на метафазных
хромосомах золотистого хомячка



Копытный лемминг (*Dicrostonyx torquatus*, 2n=45+Bs)



Calomyscidae

Cricetidae

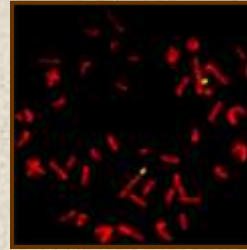
Calomyscinae:

Calomyscus sp., 2n=52
(МЫШЕВИДНЫЙ ХОМЯЧОК)

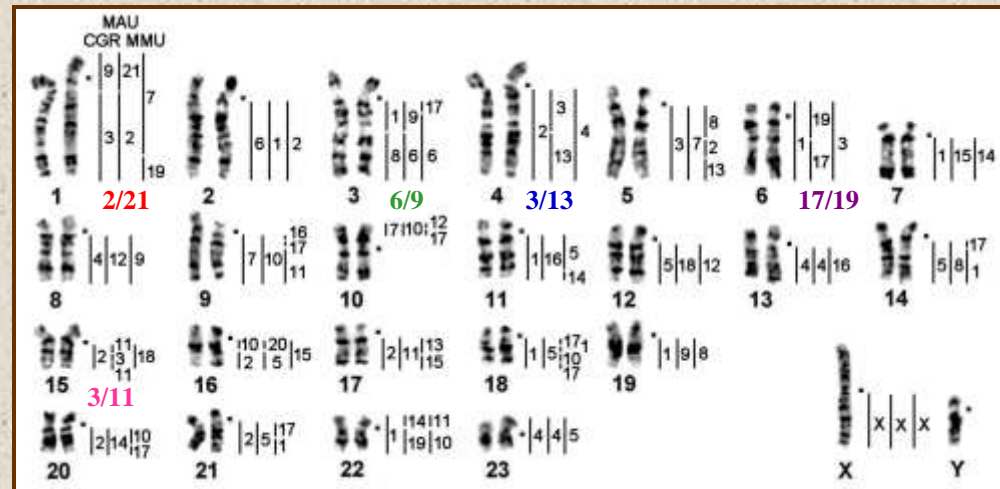
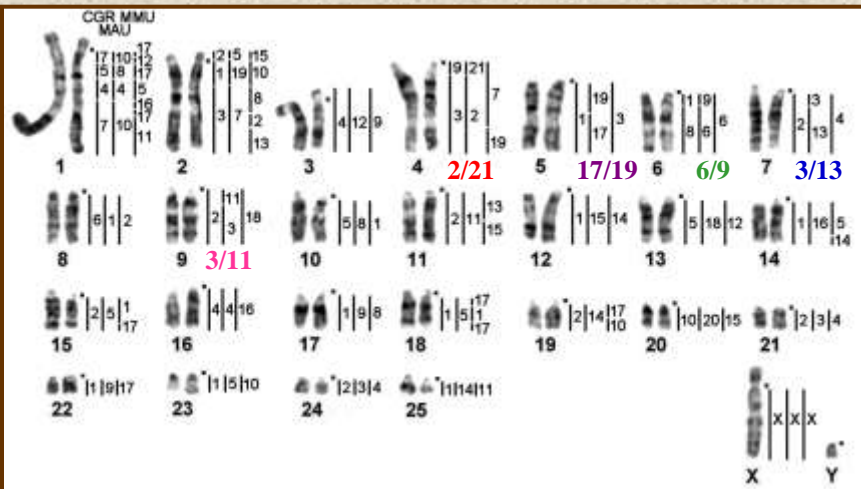


Neotominae:

Peromyscus eremicus, 2n=48
(КАКТУСОВЫЙ ХОМЯЧОК)



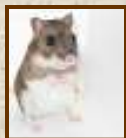
Локализация пробы хромосомы 21
золотистого хомячка на метафазных
хромосомах кактусового хомячка



Семейство Cricetidae

Исследованы
кариотипы 17
видов из 6 родов

Подсемейство Cricetinae



★ *Allocricetulus curtatus* – монгольский хомячок, $2n=20$

Allocricetulus evermanni – хомячок Эверсмана, $2n=26$

Cricetus cricetus – обыкновенный хомяк, $2n=22$

Cricetulus barabensis – барабинский хомячок, $2n=20$

Cricetulus griseus – китайский хомячок, $2n=22$

Cricetulus longicaudaus – длиннохвостый хомячок, $2n=24$

Cricetulus migratorius – серый хомячок, $2n=22$

★ *Cricetulus pseudogriseus* – забайкальский хомячок, $2n=24$

★ *Cricetulus sokolovi* – гобийский хомячок, $2n=20$

Mesocricetus auratus – золотистый хомячок, $2n=44$

Mesocricetus brandti – турецкий хомячок, $2n=42$

★ *Mesocricetus newtoni* – румынский хомячок, $2n=38$

Mesocricetus raddei – кавказский хомячок, $2n=44$

Phodopus campbelli – хомячок Кэмпбелла, $2n=28$

Phodopus roborowskii – хомячок Роборовского, $2n=34$

Phodopus sungorus – джунгарский хомячок, $2n=28$

Tscherskia triton – крысовидный хомячок, $2n=28$

группа *Cricetus*

★ Виды, для которых
были доступны только
данные G-бэндинга



Семейство Cricetidae

Подсемейство Arvicolinae



Arvicola terrestris – водяная полевка, $2n=36$



Clethrionomys rutilus – красная полевка, $2n=56$



Dicrostonyx torquatus – копытный лемминг, $2n=45+Bs$



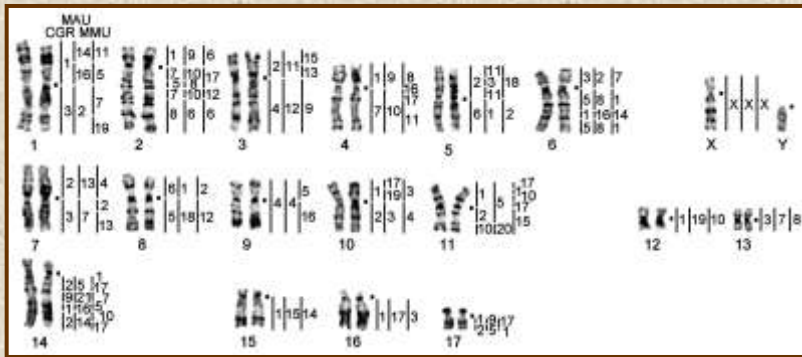
Ellobius lutescens – горная слепушонка, $2n=17$

Ellobius talpinus – обыкновенная слепушонка, $2n=54$

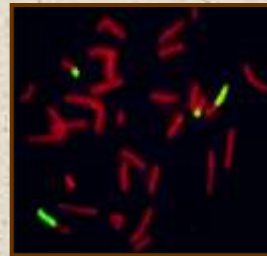
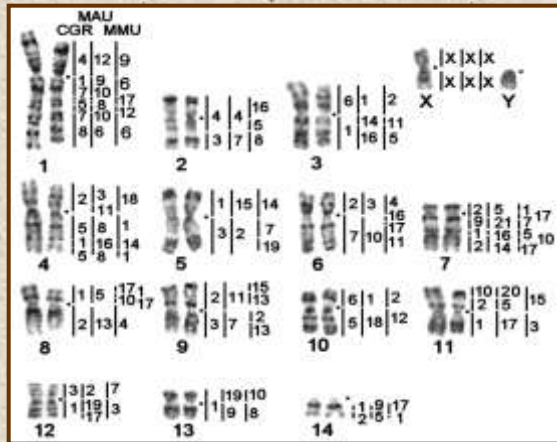


Microtus oeconomus – полевка-экономка, $2n=30$

Arvicola terrestris

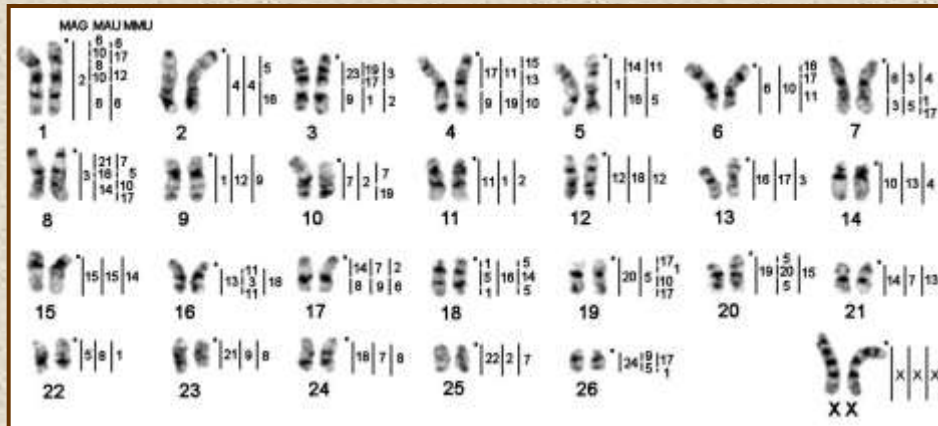


Microtus oeconomus

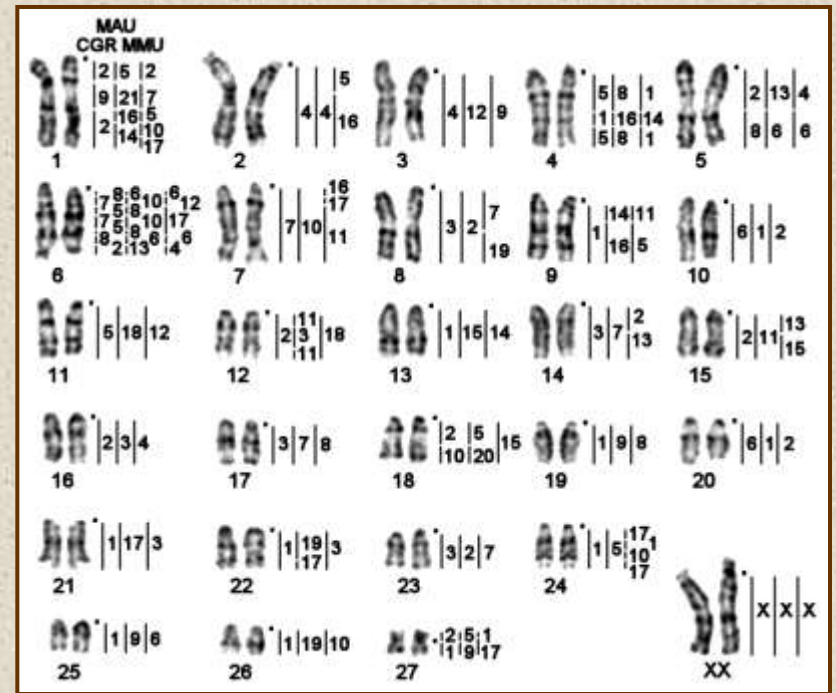


Локализация пробы
хромосомы 2
золотистого хомячка на
метафазных
хромосомах полевки-
экономки

Ellobius talpinus

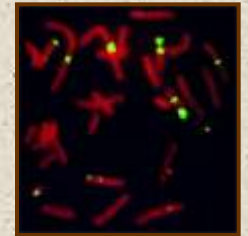
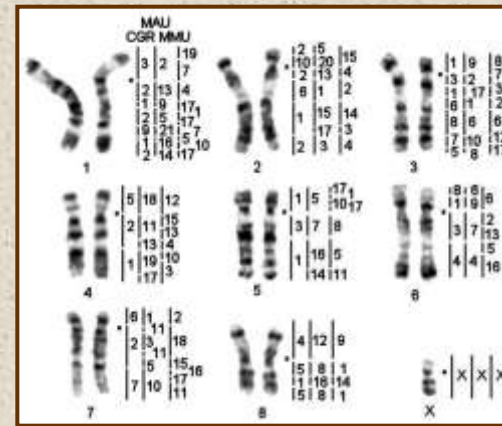


Clethrionomys rutilus



Робертсоновские транслокации

Ellobius lutescens



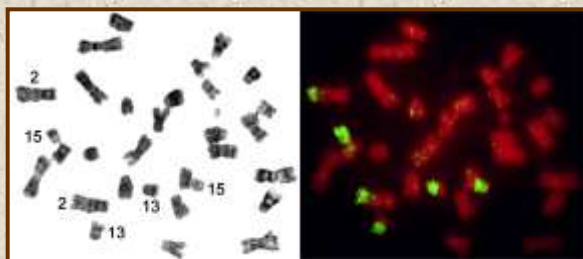
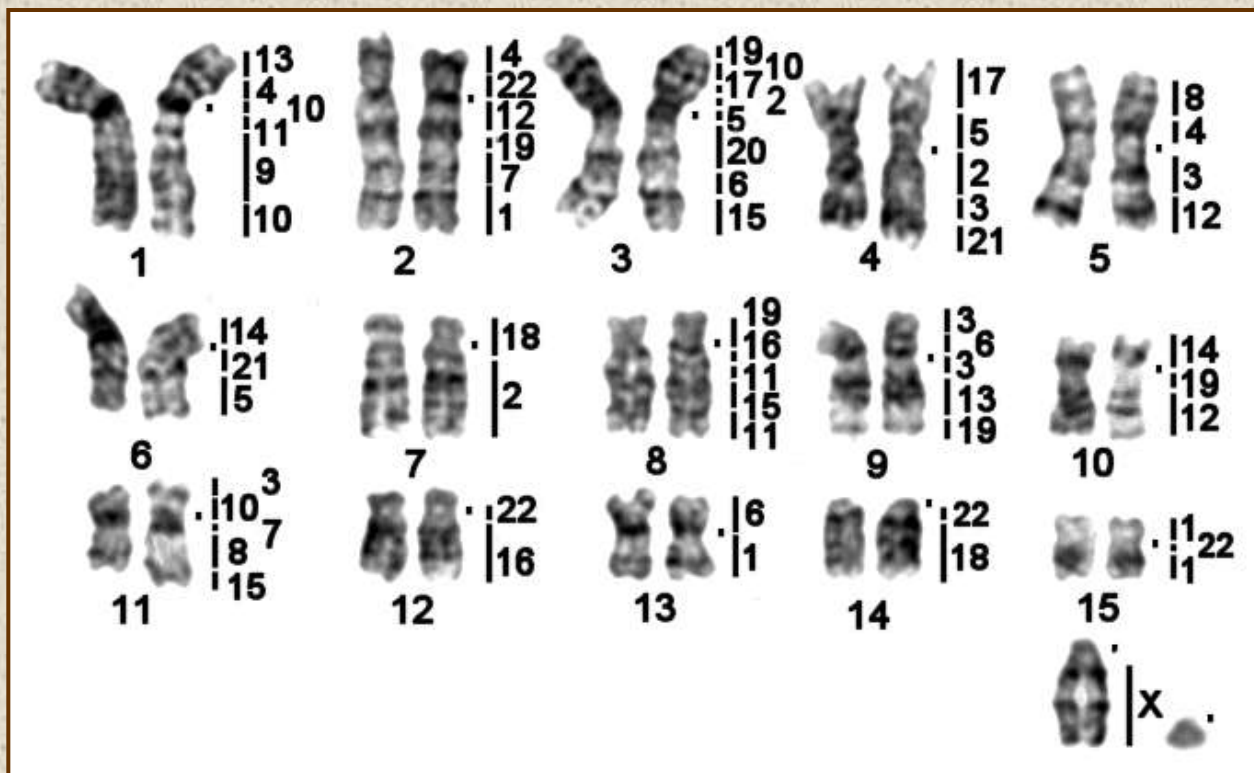
Локализация пробы
хромосомы 17 мыши
на метафазных
хромосомах полевки-
экономки

Надсемейство Dipodoidea

Семейство Dipodidae

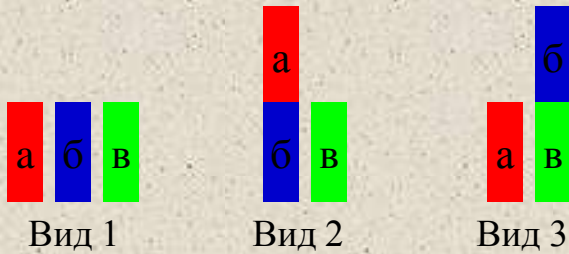
Подсемейство Zarpodinae

Sicita betulina – лесная мышовка, $2n=32$



Локализация пробы хромосомы 1 человека на метафазных хромосомах лесной мышовки. Слева дифференциально окрашенные хромосомы, справа те же метафазные пластинки после флуоресцентной *in situ* гибридизации.

Филогенетический анализ проводился согласно Dobigny *et al.*, 2004



- 1) а+б: вид 2
 2) б+в: вид 3

	1	2
вид 1	0	0
вид 2	1	0
вид 3	0	1

Фрагмент таблицы гомологии хромосом исследованных видов

MAU	MBR	MRA	MNE	MMU
1q prox 1q med 1q dist	1q prox 1q med 1q dist	1q prox 1q med 1q dist	1q prox 1q med 1q dist	2q med prox 2q med dis 2q dist
2q prox 2q med prox 2q med dist 2q dist	2q prox 2q med prox 2q med dist 2q dist	2q prox 2q med prox 2q med dist 2q dist	4q prox 4q med prox 4q med dist 4q dist	7q med dis 7q dist 19q
3q prox 3q med prox 3q med dist 3q dist	13q prox 13q med prox 13q med dist 13q dist	12q prox 12q med prox 12q med dist 12q dist	2p prox 2p med prox 2p med dist 2p dist	18q dist 4q prox 4q med prox 4q med med
4q prox 4q med 4q dist	8q prox 8q med 8q dist	4q prox 4q med 4q dist	1p prox 1p med 1p dist	5q dist 5q med dis 16q dist
5p prox 5p med prox 5p med dist 5p dist	19q prox 19q med prox 19q med dist 19q dist	5p prox 5p med prox 5p med dist 5p dist	14q prox 14q med prox 14q med dist 14q dist	17q med med p 1q prox 10q med pr 17q med med me
5q prox 5q med prox 5q med med prox 5q med med dist 5q med dist	5q prox 5q med prox 5q med med prox 5q med med dist 5q med dist	5q prox 5q med prox 5q med med prox 5q med med dist 5q med dist	7q prox 7q med prox 7q med med prox 7q med med dist 7q med dist	15q med di 15q dist 1q med prox 1q med med

Хромосомные характеристики, выявленные в кариотипах изученных видов

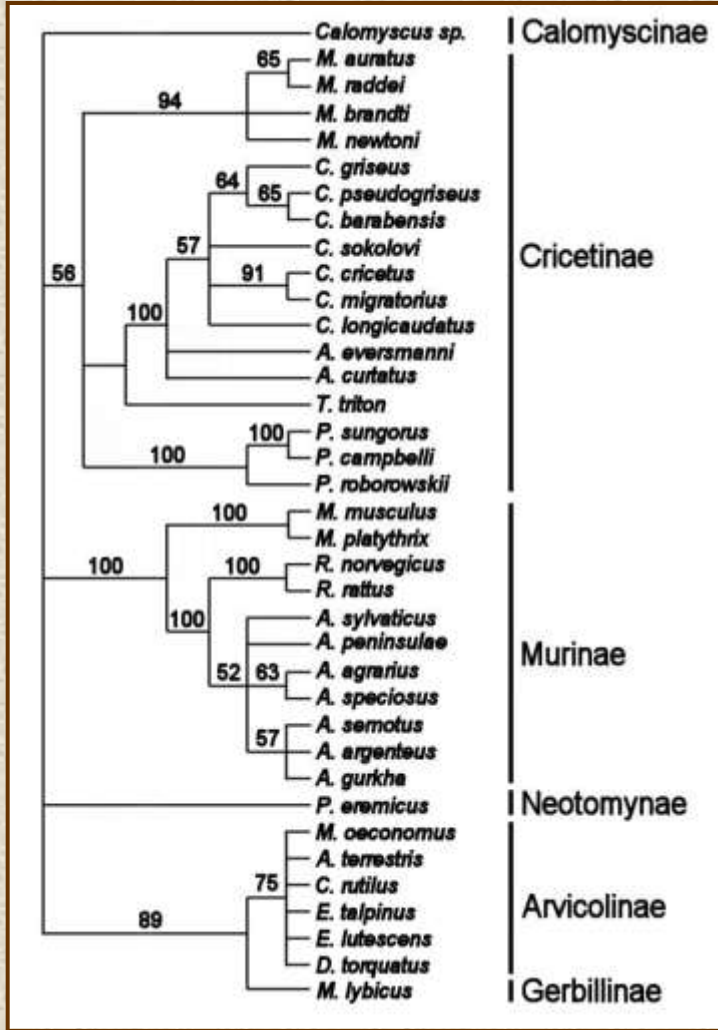
- 1q prox+1q med prox: MAU, MBR, MRA, MNE, CGR, CSO, AEV, ACU, CCE, CMI, CLO, CPS, CBA, PSU, PCA, PRO, TTR, PER, CSP, ELU, MLY
- 1q med prox+1q med-med prox: CSP, CRU
- 1q med med prox+1q med med med prox: MAU, MBR, MRA, MNE, MMU, MPL, CGR, CSO, AEV, ACU, CCR, CMI, CLO, CPS, CBA, PSU, PCA, PRO, TTR, PER, CSP, MOE, ATE, DTO, ETA, ELU, MLY, RNO, RRA, ASY, APE, AAG, ABE, ASP, AAR, AGU
- 1q med med med med prox+1q med med med med prox: CSP
- 1q med med med med med prox+1q med med med med med: MAU, MBR, MRA, MNE, MMU, MPL, CGR, CSO, AEV, ACU, CCR, CMI, CLO, CPS, CBA, PSU, PCA, PRO, TTR, CSP, MOE, ATE, CRU, ETA, ELU, RNO, RRA, ASY, APE, AAG, ABE, AAR, AGU
- 1q med med med med+1q med med med med dist: CSP
- 1q med med med med dist+1q med med med dist: MAU, MBR, MRA, MNE, CGR, CSO, AEV, ACU, CCR, CMI, CLO, CPS, CBA, PSU, PCA, PRO, TTR, PER, CSP, MOE, ATE, DTO, CRU, ETA, ELU, MLY, RNO, RRA, ASY, APE, AAG, ABE, ASP, AAR, AGU

Фрагмент матрицы хромосомных характеристик

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
CSP	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
MAU	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	0
MBR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
MRA	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1
MNE	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1
MMU	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
MPL	0	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	1
CGR	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CSO	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
AEV	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
ACU	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CCR	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CMI	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CLO	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CPS	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
CBA	1	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1
PSU	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
PCA	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
PRO	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
TTR	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
PER	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	1	0	1
MOE	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	0

Надсемейство Muroidea

+ *Meriones lybicus*



- «Необычное» положение *M. lybicus*
- Не установлен порядок ответвления *Mesocricetus*, *Phodopus* и группы *Cricetus*
- Не разделены Arvicolinae

Данные для анализа
следующих видов
взяты из источников
литературы:

Apodemus sylvaticus
Apodemus peninsulae
Apodemus agrarius
Apodemus semotus
Apodemus speciosus
Apodemus argenteus
Apodemus gurkha
(Matsubara *et al.*, 2004;
Stanyon *et al.*, 2004)

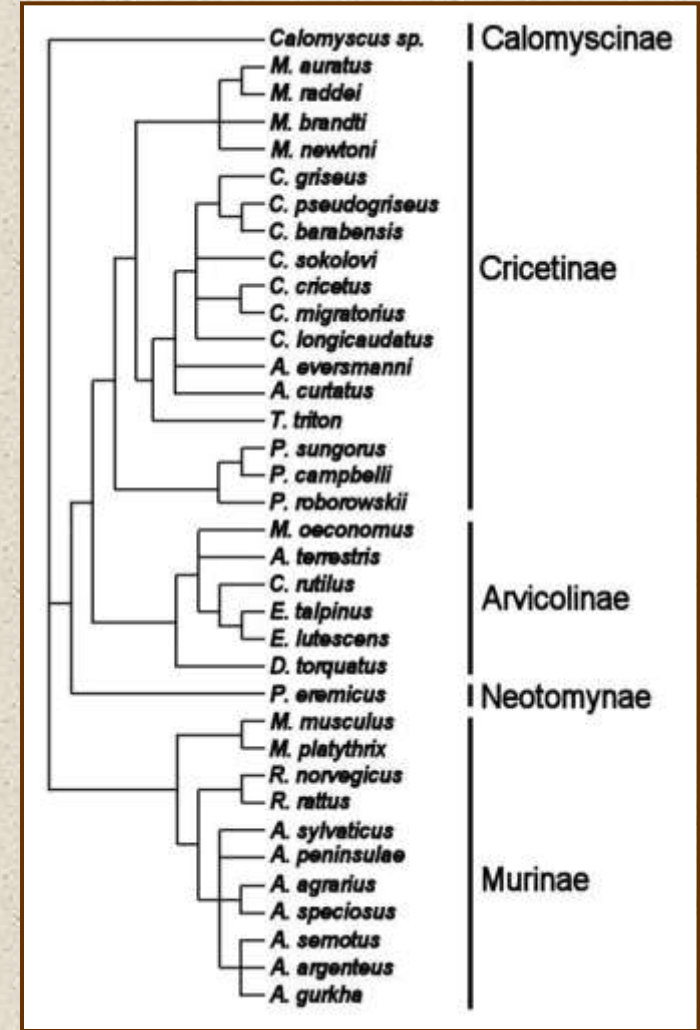
Mus platythrix
(Matsubara *et al.*, 2003)

Rattus norvegicus
(Guilly *et al.*, 1999;
Stanyon *et al.*, 1999;
Guilly *et al.*, 2001)

Rattus rattus
(Cavagna *et al.*, 2002)

Всего в
клатистический
анализ были
включены 37 видов
из надсемейства
Muroidea

- *Meriones lybicus*



- Установлено филогенетическое родство Arvicolinae и Cricetinae
- Базальная позиция *Phodopus* внутри Cricetinae
- Базальная позиция *D. torquatus* внутри Arvicolinae

Вероятный предковый кариотип надсемейства Muroidea (АМК)



Каждая хромосома предкового кариотипа (нумерация снизу) представлена в виде фрагментов хромосом золотистого хомячка (*M. auratus*, MAU) (обозначены 23 цветами, цифры справа от идиограммы). Гомология предковых хромосом хромосомам мыши (*M. musculus*, MMU) показана слева от идиограммы.

Данные для анализа
следующих видов взяты из
источников литературы:

Подотряд Sciuromorpha

Menetes berdmorei

Petaurista albiventer

Sciurus carolinensis

(Richard *et al.*, 2003; Li *et al.*,
2004)

Данные лаборатории
цитогенетики животных
ИЦиГ СО РАН:

Подотряд Castorimorpha

Castor fiber

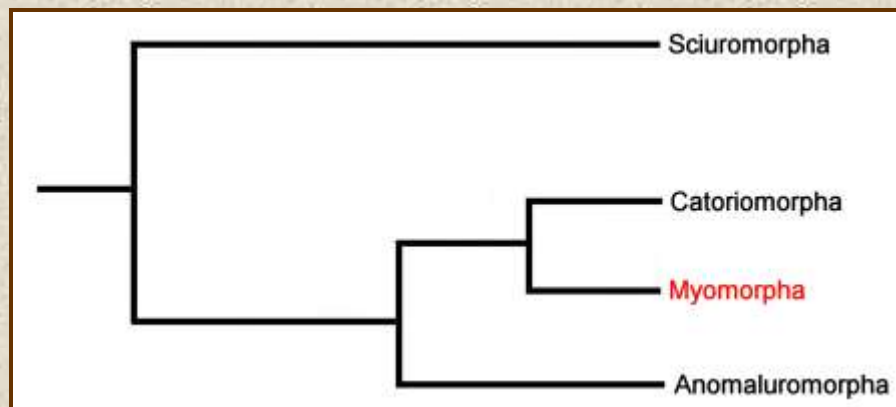
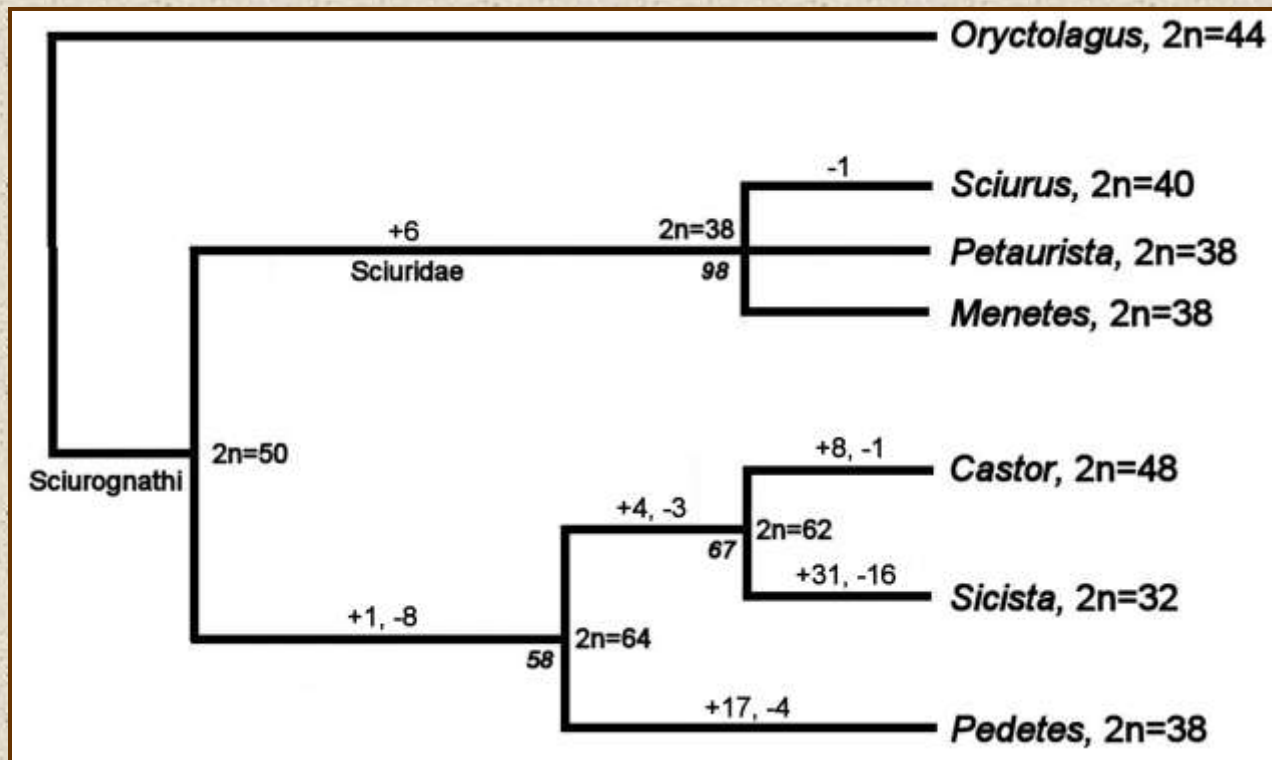
Подотряд Anomaluromorpha

Pedetes capensis

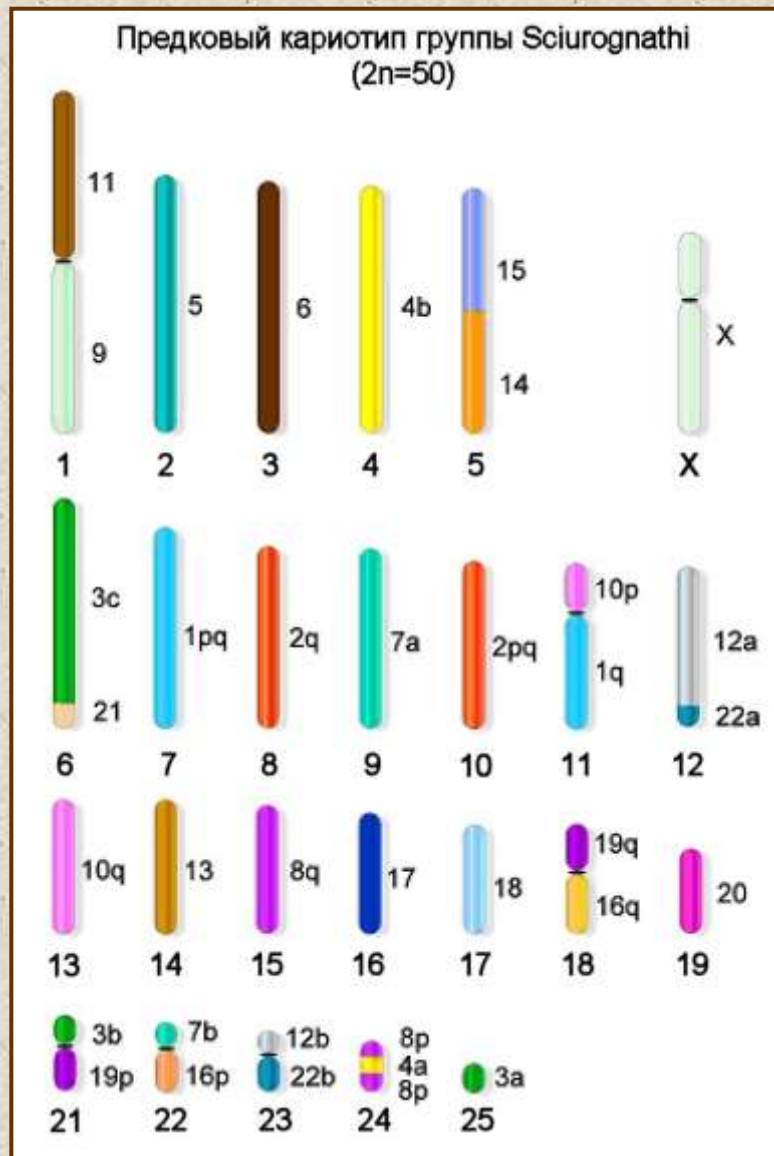
Внешняя группа – кролик
Oryctolagus cuniculus (отряд
Lagomorpha)

(Korstanje *et al.*, 1999)

Надсемейство Dipodoidea



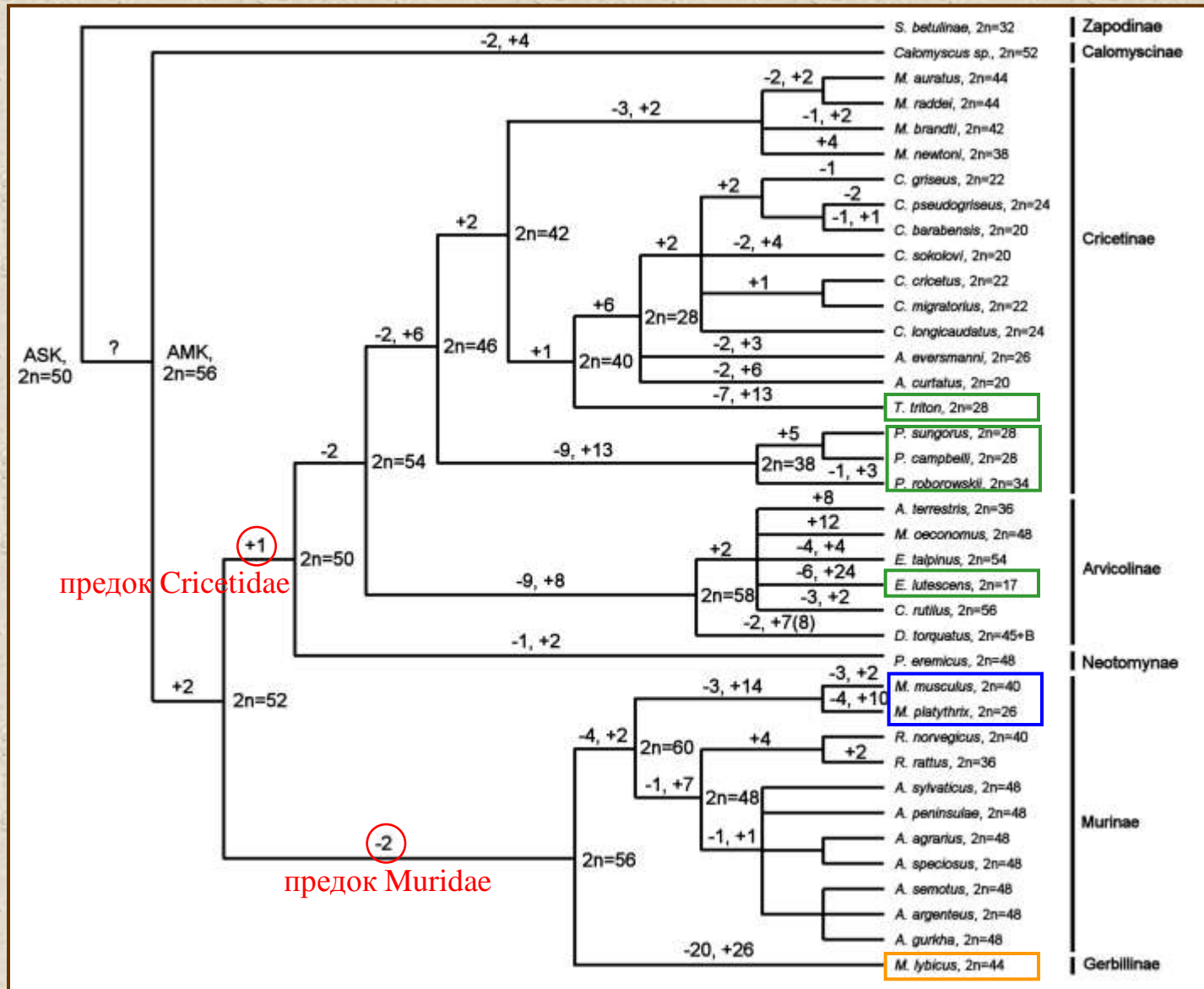
Вероятный предковый кариотип группы Sciurognathi* (ASK)



Каждая хромосома предкового кариотипа (нумерация снизу) представлена в виде фрагментов хромосом человека (обозначены 23 цветами, цифры справа от идиограммы).

* Группа Sciurognathi: Anomaluomorpha+Castorimorpha+Myomorpha+Sciuromorpha, по Carleton, Musser, 1993

Скорость кариотипической эволюции в подотряде Muomorpha



«+» слияние предковых хромосом, «-» – разрыв, «?» – количество и тип хромосомных перестроек неизвестны. Инверсии не учтены.

Выводы:

1. По результатам локализации наборов пэйнтинг-проб золотистого хомячка (*Mesocricetus auratus*), китайского хомячка (*Cricetulus griseus*) и домашней мыши (*Mus musculus*) на хромосомах 27 видов *Myomorpha* построена интегративная карта хромосом всех исследованных видов.
2. Исследованы кариотипические взаимоотношения между 17 видами из подсемейства настоящих хомяков *Cricetinae* (Cricetidae, *Myomorpha*). Построены сравнительные хромосомные карты для 6 родов: *Allocricetulus*, *Cricetulus*, *Cricetus*, *Mesocricetus*, *Phodopus* и *Tscherskia*. Показано, что основными перестройками, сопровождавшими дивергенцию хомяковых, были слияния и разделения предковых хромосомных элементов, инверсии, приобретение блоков гетерохроматина.
3. Исследованы кариотипические взаимоотношения между 6 видами из подсемейства полевковых *Arvicolinae* (Cricetidae, *Myomorpha*). Установлено, что основными перестройками, сопровождавшими эволюцию кариотипов полевковых, были Робертсоновские транслокации.

4. Предложены предковые кариотипы семейств хомяковых (Cricetidae), мышинных (Muridae), надсемейства Muroidea. Идентифицированы маркерные слияния элементов предковых хромосом, приведшие к формированию кариотипа каждого исследованного вида.
5. Показана неравномерность скоростей кариотипической эволюции для различных ветвей филогенетического древа Muroidea.
6. Впервые с помощью пэйнтинг проб человека (*Homo sapiens*) исследован кариотип представителя подотряда Myomorpha – лесной мышовки (*Sicista betulina*).
7. По результатам интеграции ранее опубликованных данных и данных настоящей работы определено положение подотряда Myomorpha на филогенетическом древе грызунов, реконструирован предковый кариотип группы Sciurognathi.

Список публикация по теме диссертации:

1. Трифонов В.А., Перельман П.Л., Романенко С.А., Билтуева Л.С., Графодатский А.С. Филогеномика млекопитающих: цитогенетические аспекты. // Биологические мембраны 2005. Т. 22. №3. С. 210-224.
2. Трифонов В.А., Перельман П.Л., Романенко С.А., Графодатский А.С. Эволюционно-цитогенетическое разнообразие млекопитающих. // В.К. Шумный, Ю.И. Шокин, Н.А. Колчанов, А.М. Федотов (ред.): Биоразнообразие и динамика экосистем: информационные технологии и моделирование. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2006. С. 361-368. (Интеграционные прехты СО РАН; вып. 7).
3. Krast C., Trifonov V., Romanenko S., Clausen U., Mrasek K., Michel S., Avner P., Liehr T. Molecular cytogenetic characterization of mouse cell line WMP2 by spectral karyotyping and multicolor banding applying murine probes. // Int. J. Mol. Med. 2006. V. 17. P. 209-213.
4. Liehr T., Starke H., Heller A., Kosyakova N., Mrasek K., Gross M., Karst C., Steinhäuser U., Hunstig F., Fickelscher I., Kuechler A., Trifonov V., Romanenko S.A., Weise A. Multicolor fluorescence in situ hybridization (FISH) applied to FISH-banding. // Cytogenet Genome Res. 2006. V. 114(3-4). P. 240-244.
5. Romanenko S.A., Perelman P.L., Serdukova N.A., Trifonov V.A., Biltueva L.S., Wang J., Li T., Nie W., O'Brien P.C.M., Volobouev V.T., Stanyon R., Ferguson-Smith M.A., Yang F., Graphodatsky A.S. Reciprocal chromosome painting between three laboratory rodent species. // Mamm Genome. 2006. V. 17. P. 1183-1192.
6. Romanenko S.A., Volobouev V.T., Perelman P.L., Lebedev V.S., Serdukova N.A., Trifonov V.A., Biltueva L.S., Nie W., O'Brien P.C.M., Bulatova N.Sh., Ferguson-Smith M.A., Yang F., Graphodatsky A.S. Karyotype evolution and phylogenetic relationships of hamsters (Cricetidae, Muroidea, Rodentia) inferred from chromosomal painting and banding comparison. // Chromosome Res. 2007. V. 15. P. 283-297.
7. Sitnikova N.A., Romanenko S.A., O'Brien P.C.M., Perelman P.L., Fu B., Rubtsova N.V., Serdukova N.A., Golenishchev F.N., Trifonov V.A., Ferguson-Smith M.A., Yang F., Graphodatsky A.S. Chromosomal evolution of Arvicolinae (Cricetidae, Rodentia). I. The genome homology of tundra vole, field vole, mouse and golden hamster revealed by comparative chromosome painting. // Chromosome Res. 2007. V. 15. P. 447-456.
8. Romanenko S.A., Sitnikova N.A., Serdukova N.A., Perelman P.L., Rubtsova N.V., Bakloushinskaya I.Yu., Lyapunova E.A., Just W., Ferguson-Smith M.A., Yang F., Graphodatsky A.S. Chromosomal evolution of Arvicolinae (Cricetidae, Rodentia). II. The genome homology of two mole voles (genus Ellobius), the field vole and golden hamster revealed by comparative chromosome painting. // Chromosome Res. 2007. V. 15. P. 891-897.
9. Graphodatsky A.S., Yang F., Dobigny G., Romanenko S.A., Biltueva L.S., Perelman P.L., Beklemisheva V.R., Alkalaeva E.Z., Serdukova N.A., Ferguson-Smith M.A., Murphy W.J., Robinson T.J. Tracking genome organization in rodents by Zoo-FISH. // Chromosome Res. 2008. V. 16. P. 261-274.

Апробация работы:

1. III конференция молодых ученых СО РАН, посвященная М.А. Лаврентьеву. Новосибирск, 1-3 декабря 2003 г.
2. Международное рабочее совещание "Происхождение и эволюция биосферы". Новосибирск, 26-29 июня 2005 г.
3. XV Всероссийское совещание "Структура и функции клеточного ядра". Санкт-Петербург, 18-20 октября 2005 г.
4. Отчетная конференция "Динамика генофондов растений, животных и человека". Москва, 2005.
5. Отчетная конференция "Динамика генофондов растений, животных и человека". Москва, 2007.
6. V конференция молодых ученых СО РАН, посвященная М.А. Лаврентьеву. Новосибирск, 20-22 ноября 2007 г.

Результаты работы были представлены на отчетных сессиях Института цитологии и генетики СО РАН в феврале 2005 и 2007 годов.