

В.И. КРЮКОВ, В.А. ТОЛСТОЙ, К.Г. ОФИЦЕРОВ

КАРИОТИПИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПОПУЛЯЦИЙ ДОМОВЫХ МЫШЕЙ ТАДЖИКСКОЙ ДЕПРЕССИИ

Исследованы кариотипы 190 мышей из 21 различной географической точки Таджикской депрессии – обширной тектонической впадины на юго-западе Памиро-Алая. Установлено, что кариотипы всех мышей содержат 40 акроцентрических хромосом. Робертсоновские транслокации не обнаружены. При дифференциальном G-окрашивании не обнаружено отклонений от G-окраски стандартного кариотипа. С-окрашивание показало существование между популяциями некоторого полиморфизма. В выборке из заповедника "Тигровая балка" обнаружена особь с двумя блоками гетерохроматина в одной из хромосом.

Домовая мышь является одним из основных модельных видов животных в популяционно-биологических исследованиях. Благодаря пристальному многолетнему вниманию биологов к этому виду изучены изменчивость многих его морфологических признаков, полиморфизм генетических систем и хромосомных перестроек (Berri, 1963; Saranna, 1980; Klein et al., 1981; Bonhomme et al., 1984).

Стандартный кариотип домовой мыши состоит из 40 акроцентрических хромосом. Такой набор описан у большинства лабораторных линий. Центрическое слияние хромосом (робертсоновская транслокация) впервые было обнаружено в кариотипе инбредной линии AKR (Leonard, Deknudt, 1967). В настоящее время известно, по меньшей мере, 13 независимых случаев центрических слияний хромосом у мышей лабораторных линий. У диких мышей впервые робертсоновские транслокации были обнаружены на юго-востоке Швейцарии (Gropp et al., 1970). Мыши этой популяции имели кариотип с семью парами метацентрических хромосом. Несколько позже в центральной Италии обнаружили мышей, кариотип которых состоял из наименьшего для этого вида числа хромосом – 22, из них девять пар были метацентрическими.

Кариотипы домовых мышей из диких популяций, обитающих на территории СССР, до середины 80-х гг. оставались практически неизученными. Лишь сравнительно недавно появились публикации о результатах кариотипического исследования мышей из нескольких районов европейской части СССР, Казахстана и Дальнего Востока (Булатова и др., 1984; Кулиев, Наджафова, 1986; Якименко и др., 1986; Якименко, 1988). Популяционная кариология домовых мышей, обитающих в Средней Азии и, в частности, на территории Памиро-Алая, совершенно не изучена.

Орографические особенности Памиро-Алая определяют очень своеобразные природно-климатические характеристики этого региона (Станюкович и др., 1982). Большой перепад абсолютных высот ведёт к формированию нескольких природно-климатических поясов, чередование которых (снизу вверх) в некоторой степени аналогично смене широтных природно-климатических поясов (с юга на север). Домовые мыши, как и многие другие виды животных, в исследуемом районе обитают в нескольких высотных поясах, что позволяет изучать влияние экологических факторов на механизмы морфологической, кариотипической и генетической дифференциации популяций. Проведение именно такого комплексного анализа природных популяций домовой мыши и является целью нашего исследования.

Ранее мы сообщали о полиморфизме T-локуса у домовых мышей в двух популяциях (Крюков, Демин, 1983; Крюков, 1985). В настоящей статье рассматриваются результаты кариотипического анализа домовых мышей из 21 различной географической точки Таджикской депрессии. Последняя представляет собой обширную тектоническую впа-

дину, ограниченную с запада и севера Гиссарским хребтом и его отрогами, на востоке – юго-западными отрогами Дарвазского хребта. На юге границу проводят по рекам Пяндж и Амударья (Гвоздецкий, 1959).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДИКА

Животные были отловлены в 1984-1989 гг. в 21 пункте (рис. 1): 1) 20 особей (9 ♀♀ и 11 ♂♂) в жилых постройках г. Душанбе; 2) 7 особей (5 : 2) в жилых постройках г. Орджоникидзебада; 3) 10 особей (3 : 7) в жилых строениях пос. Ленинский; 4) 18 особей (10 : 8) в заповеднике "Тигровая балка"; 5) 12 особей (7 : 5) в дикой популяции, обитающей на хребте Пянджский Каратау

(900-950 м над ур. м.; отловлены и проанализированы в 1978 г.); 6) 1 ♂ в пос. Дусти; 7) 1 ♀ – в жилом доме г. Гиссара; 8) 3 особи (2 : 1) в Яванском р-не, участке "Яван-4" на обочине хлопкового поля; 9) 19 особей (9 : 10) в Куйбышевском р-не, на территории Куйбышевского рыбхоза, в пойменном тугае; 10) 5 особей (3 : 2) в Дангаринском р-не, окрестности кишлака Булони-Боло; 11) 11 особей (2 : 9) в Советском р-не, окрестности кишлака Шибанай; 12) 9 особей (2 : 7) по берегам Сульбуринского водохранилища в Восейском р-не; 13) 11 особей (6 : 5) в Пархарском р-не, в пшеничном поле у кишлака Гулистон; 14) 10 особей (4 : 6) в Кулябском р-не, в пшеничном поле, в 5 км южнее г. Куляба; 15) 4 особи (1 : 3) в Московском р-не, в 3 км северо-западнее пос. Московский, в пшеничном поле; 16) 10 особей (1 : 9) в окрестностях г. Турсунзаде; 17) 5 особей (4 : 1) в Шаартузском р-не, в окрестностях источника "Чилиючор-Чашма"; 18) 5 особей (3 : 2) в Шаартузском р-не, в 20 км севернее кишлака Тартки; 19) 9 особей (4 : 5) в Колхозабадском р-не, в 15 км западнее г. Колхозабада, на хлопковых полях; 20) 10 особей (5 : 5) на хлопковом поле у кишлака Дехканабад, Джиликульский р-н; 21) 10 особей (3 : 7) в Коммунистическом р-не, в 4 км западнее г. Калининабада. В общей сложности проанализированы карiotипы 190 животных.

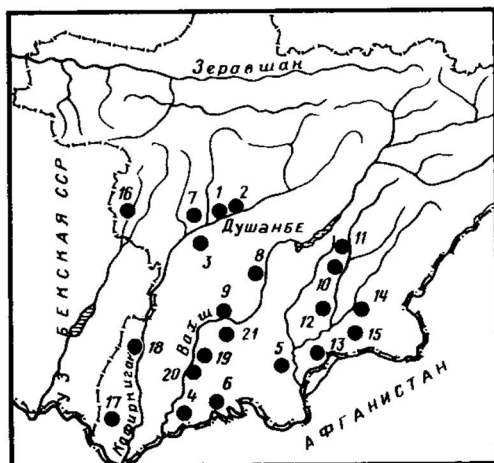


Рис.1. Места отлова мышей. Пояснения в тексте.

Несколько выборок представляют особый интерес, поэтому дадим им более подробную характеристику. Выборку мышей (№ 4) из заповедника "Тигровая балка" составляют животные, обитающие на небольшой территории (около 3 га), представляющей собой участок пойменного тугая. Этот участок ограничен с одной стороны водой озера-старицы и с трёх других сторон – глинистой пустыней второй террасы р. Вахш. С двух сторон пустыня вплотную примыкает к озеру, практически полностью изолируя рассматриваемый участок тугая от других. Мы не исключаем возможности некоторой миграции мышей вдоль берега, но в целом эта популяция мышей в указанном участке тугая может, по-видимому, рассматриваться как изолированная. Зимы в "Тигровой балке" относительно тёплые, и поэтому мыши живут в тугае, оставаясь активными практически круглый год. Ближайший посёлок Дусти находится на расстоянии 20 км и отделен пустынным участком буферной зоны (госземзапас). В соответствии с терминологией Брюлла (Bruell, 1970; цит. по: Sage, 1981; Якименко, 1988) эту популяцию мышей следует рассматривать, по-видимому, как аборигенную.

Выборка № 5 состоит из мышей, отловленных в сезонных животноводческих постройках (кошарах), используемых главным образом только весной при прогоне скота на летние пастбища, а также в стогах сена, окружающих кошары. Эти мыши являются,

вероятно, одичавшими потомками комменсальных мышей. Мыши остальных 19 выборов без сомнения могут быть отнесены к введомным комменсалам.

Воздушно-сухие препараты хромосом готовили из костного мозга стандартным методом (Hsu, Patton, 1969) с митотической активацией (Lee, Elder, 1980). Тотальная окраска выполнена в 0,1%-ном растворе азура-эозина. G- и C-окрашивание хромосом проводили после обработки препаратов трипсином (Wang, Fedoroff, 1972) и гидроокисью бария (Sumner, 1972) соответственно. Просмотр и фотографирование препаратов вели с помощью микроскопов "Биолам Р-16" и микрофотоаппарата МФН-12. Использована фотопленка "Микрат-300".

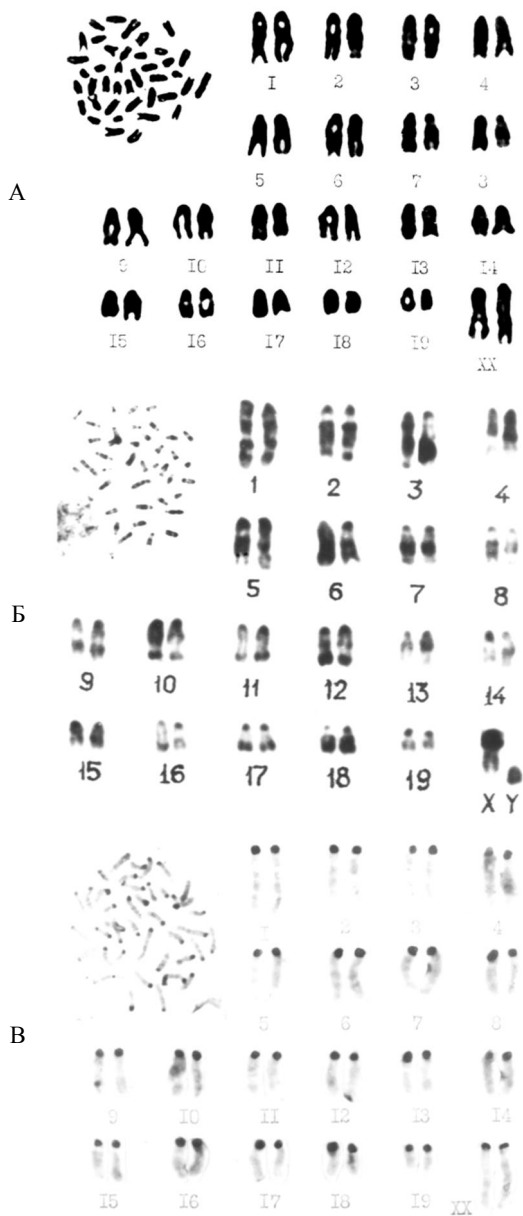


Рис. 2. Кариотипы домашних мышей: А, В – самка из заповедника "Тигровая балка" (А – тотальное окрашивание, В – С-окрашивание); Б – самец из синантропной популяции г. Орджоникидзеабада (G-окрашивание).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Анализ тотально окрашенных хромосом показал, что все 190 проанализированных мышей имеют кариотип, состоящий из 40 акроцентрических хромосом (рис. 2, А). Мышей с какими-либо центрическими слияниями хромосом не обнаружено.

К настоящему времени проанализированы кариотипы домовых мышей из нескольких географических районов СССР. В частности, описаны кариотипы мышей из Московской и Кировоградской областей, Краснодарского края, Калмыкии, северо-западного Казахстана, Азербайджана и юга Дальнего Востока (Булатова и др., 1984; Кулиев, Наджафова, 1986; Якименко и др., 1986; Якименко, 1988). Установлено, что все мыши этих регионов имеют стандартный кариотип. Показано, что у курганчиковой мыши *M. m. hortulanus*, которую в настоящее время выделяют в самостоятельный вид, кариотип также состоит из 40 акроцентрических хромосом (Гайченко, Михалевич, 1974; Котенкова, Лялюхина, 1986).

В результате кариотипического анализа диких популяций домовых мышей в Западной Европе (в частности, в Швейцарии, Италии, Испании, ФРГ, Югославии, Великобритании, на о-ве Сицилия) были обнаружены популяции мышей с центрическими слияниями (Saranna, 1980; Lehman, Radbruch, 1977; Dulič, 1978; Adolph, Klein, 1981; Brooker, 1982; Amori et al., 1983). Кроме того, есть данные о находках робертсоновских транслокаций в кариотипах мышей из Индии (S. Chakabarti, A. Chakabarti, 1977) и на одном из островов у южных берегов Африки (Robinson, 1978). Опубликованы данные о выявлении мышей – носителей центрических слияний в популяциях Туниса (Said et al., 1986).

Относительно причин возникновения множественных робертсоновских транслокаций у мышей, обитающих в Западной Европе, была высказана гипотеза множественных последовательных мутаций (Saranna, 1980), в основу которой положены представления о социальной структуре внутривидовых единиц – демов. Из проанализированных нами популяций по крайней мере одна, вероятно, соответствует гипотезе Капанны.

Изученная нами популяция мышей в заповеднике "Тигровая балка" обитает в благоприятных климатических условиях, которые кратко описаны выше. Эти условия позволяют популяции достигать достаточно высокой плотности. Поэтому можно предполагать, что все эволюционные механизмы, учитываемые гипотезой Капанны, должны действовать в этой популяции и вести к накоплению хромосомных перестроек. Однако, как показал кариотипический анализ, животные с робертсоновскими транслокациями здесь не обнаружены. По-видимому, одних эволюционных механизмов недостаточно для накопления перестроек в популяции. Должны существовать, вероятно, и другие, генетические механизмы. С помощью дифференциальной G-окраски изучены кариотипы мышей из выборок № 1, 3, 4. Рисунок всех G-окрашенных хромосом был аналогичен рисунку хромосом стандартного кариотипа мыши (рис. 2, Б) (Nesbitt, Francke, 1973). Каких-либо видимых перестроек в хромосомах исследованных кариотипов не обнаружено.

При использовании C-метода окрашивания хромосом интенсивно окрашивается гетерохроматин и очень слабо – эухроматин хромосом. Пардю и Гэлл (Pardue, Gall, 1970) локализовали сателлитную ДНК мыши в центромерном районе хромосом. Было показано, что количество сателлитной ДНК пропорционально размеру окрашенного по C-методу участка хромосомы (Jones, Carneo, 1971).

К настоящему времени получены обширные данные по изменчивости C-гетерохроматина в кариотипе домовой мыши. Тестирование многих лабораторных линий мышей показало сильную изменчивость величины C-гетерохроматиновых блоков в центромерных районах некоторых хромосом (Foreit, 1973; Yoshida, Codama, 1983). Варьирование величины блоков околоцентромерного гетерохроматина в хромосомах мышей из диких популяций изучено слабее. Установлена изменчивость C-блоков у мышей из трёх различных популяций Богемии (Foreit, 1973). Обнаружены различия в C-окраске хромосом у подвидов *Mus musculus mollossinus* и *M. m. musculus* (Dev et al., 1975). Круп-

ные блоки гетерохроматина описаны у мышей из Монголии (Булатова и др., 1984). На территории СССР полиморфизм С-окраски хромосом описан у мышей из популяций г. Москвы, Краснодарского края, Калмыкии, северо-западного Казахстана, Украины, Азербайджана и Дальнего Востока (Булатова и др., 1984; Кулиев, Наджафова, 1986; Якименко и др., 1986; Якименко, 1988).

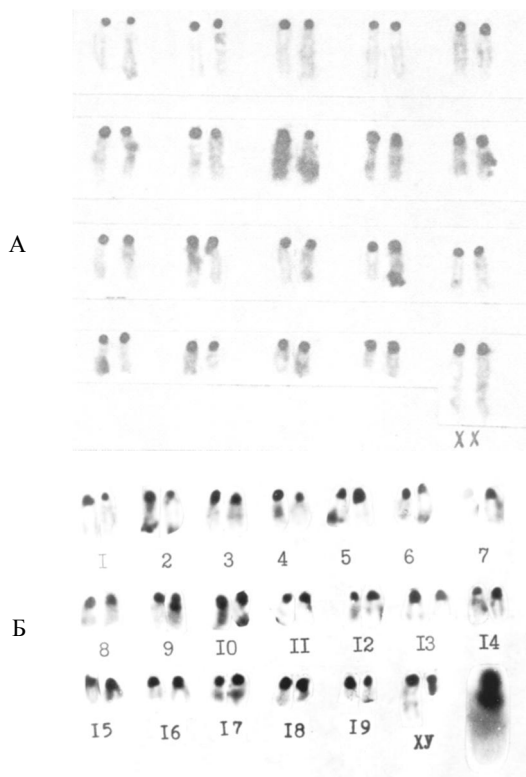


Рис. 3. Кариотипы домовых мышей: *А* - самка из популяции г. Орджоникидзебада (С-окрашивание), *Б* - самец из заповедника "Тигровая балка"; в одной из хромосом (9-я пара?) виден добавочный блок гетерохроматина; внизу справа увеличенное изображение этой хромосомы

Нами проведено С-окрашивание хромосом у мышей из выборок № 2, 3, 4. Установлено, что гетерохроматиновые блоки присутствуют во всех хромосомах и их величина несколько варьирует у особей из разных популяций (рис. 2, *В*; 3, *А*). Внутрипопуляционные различия между особями по величине С-блоков незначительны за одним исключением. У одного самца из выборки 4 в одной из хромосом (№ 8 или № 9) рядом с околоцентромерным блоком гетерохроматина обнаружен дополнительный блок, который просматривался во всех С-окрашенных метафазных пластинах и, следовательно, не являлся артефактом (рис. 3, *Б*). Аналогичное явление обнаружено у мышей некоторых лабораторных линий (Traut, Winking, 1983), а также у диких мышей из Монголии (Булатова и др., 1984) и Читинской обл. СССР (Якименко, 1988). По-видимому, существование дополнительных блоков гетерохроматина – достаточно широко распространённое явление, имеющее, возможно, адаптивное значение. Однако относительно роли вариабельности гетерохроматина в адаптации организмов единого мнения пока нет. Не ясно, связана ли сильная изменчивость величины гетерохроматиновых блоков с отсутствием каких-либо его адаптивных свойств или же вариабельность количества гетерохроматина в хромосомах – результат проявления некоторых его биологических функций. Если верна последняя точка зрения, то величина блоков гетерохроматина может определённым образом коррелировать с высотой природно-климатического пояса, в котором оби-

тает та или иная популяция. Некоторые факты, подтверждающие это предположение, уже получены (Ibragimov et al., 1982).

ВЫВОДЫ

1. Все 190 особей *Mus musculus* L., отловленных в 21 географической точке Таджикской депрессии, имели кариотип, состоящий из 40 акроцентрических хромосом. Носителей робертсоновских транслокаций не обнаружено.

2. Дифференциальная G-окраска показала совпадение рисунка G-полос в хромосомах диких мышей и стандартном кариотипе.

3. С-окрашивание хромосом выявило незначительную вариабельность величины блоков околоцентромерного гетерохроматина внутри популяций. Межпопуляционные различия выражены сильнее. В одной выборке обнаружена мышь с дополнительным интерстициальным гетерохроматиновым блоком в одной из хромосом.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Булатова Н.Ш., Орлов В.Н., Котенкова Е.В., 1984. Новые данные об изменчивости гетерохроматина в популяциях домовых мышей // Докл. АН СССР, 275, 3, 758-760.
- Гайченко В.А., Михалевич О.А., 1974. К систематике курганчиковой мыши (Rodentia) // I Междунаро. конгр. по млекопит., Тезисы докл., ч. I. М.: Изд-во ВИНТИ, 1-138.
- Гвоздецкий Н.А., 1959. О географическом понятии "Памиро-Алай" и расчленении гор Средней Азии на горные системы // Вопр. физ. геогр. СССР. М.: Изд-во МГУ, 138-142.
- Котенкова Е.В., Лялюхина С.В., 1986. Механизм изоляции между симпатрическими видами мышей // IV Съезд Всес. териол. о-ва, Тезисы докл., ч. I. М., 67-68.
- Крюков В.И., 1985. Комплементарный анализ рецессивных мутаций Т-локуса мышей (*Mus musculus* L.) из природных популяций юго-западного Таджикистана // Изв. АН ТаджССР, отд. биол., 1, 70-74.
- Крюков В.И., Демин Ю.С., 1983. Исследование t-гаплотипов природных популяций домовых мышей. Сообщение III // Генетика, 19, 11, 1840-1844.
- Кулиев Г.Н., Наджафова Р.С., 1986. Анализ кариотипов домовых, полевой и лесной мышей и краснохвостой песчанки с применением методов дифференциальной окраски // IV Съезд Всес. териол. о-ва, Тезисы докл., ч. I. М., 71-72.
- Станюкович К.В., Брудная А.Ф., Ускова Р.А., 1982. Природные пояса в горах // Таджикистан (природа и природные ресурсы). Душанбе: Дониш, 572-577.
- Якименко Л.В., 1988. Проблемы систематики, результаты и перспективы цитогенетического исследования домовых мышей // Эволюционные исследования. Вавилонские темы. Владивосток: Изд-во ДВО АН СССР, 74-93.
- Якименко Л.В., Коробицина К.В., Хохлова И.С., 1986. Цитогенетическая дифференциация трех форм домовых мышей на территории РСФСР // IV Съезд Всес. териол. о-ва, Тезисы докл., ч. I, 108-109.
- Adolph S., Klein J., 1981. Robertsonian variation in *Mus musculus* from Central Europe, Spain and Scotland // J. Heredity, 72, 3, 219-221.
- Amori G., Cristaldi M., Federici R., 1983. Faunal and cytotoxic observation on Aeolian island rodents // Boll. Zool., 50, 1-2, 9-14.
- Berry R.J., 1963. Epigenetic polymorphism in wild population of *Mus musculus* // Genet. Res. (Camb.), 4, 2, 193-220.
- Bonhomme F., Catalan J., Britton-Davidian J., 1984. Biochemical diversity and evolution in the genus *Mus* // Biochem. Genetics, 22, 3-4, 275-303.
- Brooker B.C., 1982. Robertsonian translocations in *Mus musculus* from N.E. Scotland and Orkney // Heredity, 48, 2, 305-309.
- Capanna E., 1980. Chromosomal rearrangements and speciation in progress in *Mus musculus* // Folia Zool., Brno, 29, 1, 43-57.
- Chakabarti S., Chakabarti A., 1977. Spontaneous Robertsonian fusion leading to karyotype variation in the mouse - first report from Asia // Experientia, 33, 2, 175-177.
- Dev V.G., Miller D.A., Tantavahi R., 1975. Chromosome markers in *Mus musculus* // Chromosoma, 55, 4, 335-344.
- Dulič B., 1978. Chromosomes of small mammals from south western Karstic region of Yugoslavia // II Intern. Theriol. Congr., Brno. Abstr., 1-133.

- Foreit J., 1973. Centromeric heterochromatin polymorphism in the house mouse. Evidence from inbred strains and natural populations // *Chromosoma*, 43, 2, 187-201.
- Gropp A., Tettenbom U., von Lehman E., 1970. Chromosomen-variation vom Robertson'schen Typus bei der Tabakmaus, *M. poschiavinus* und ihren Hybriden mit der Laboratorienmaus // *Cytogenetics*, 9, 1, 9-13.
- Hsu T.C., Button J.L., 1969. Bone marrow preparations for chromosome studies // *Comparative mammalian cytogenetics* / Benirschke K. N.Y.: Springer-Verlag, 454-460.
- Ibragimov A.I., Mirrakhimov M.M., Nazarenko S.A., 1982. Human chromosomal polymorphism. I. Chromosomal Q-polymorphism in mongoloid populations of Central Asia // *Hum. Genet.*, 60, 1, 1-7.
- Jones K.W., Cornero C., 1971. Location of satellite and homogeneous DNA sequences on human chromosomes // *Nat. New Biol.*, 233, 268-271.
- Klein J., Gotze D., Nadeau J.H., 1981. Population immunogenetics of murine H-2 and *t* systems // *Biology of house mouse. Symp. Zool. Soc. London*, 47. London: Acad. Press, 439-453.
- Lee M.R., Elder F.F., 1980. Yeast stimulation of bone marrow mitosis for cytogenetic investigation // *Cytogenet. Cell. Genet.*, 26, 1, 36-40.
- Lehman E., Radbruch A., 1977. Robertsonian translocation in *Mus musculus* from Sicily // *Experientia*, 1025-1027.
- Leonard A., Deknudt G.H., 1967. A new marker for chromosome studies in the mouse // *Nature*, 214, 5087, 504-505.
- Nesbitt M.N., Francke U., 1973. A system of nomenclature for band patterns of mouse chromosomes // *Chromosoma*, 41, 2, 145-158.
- Pardue M.L., Gall J.C., 1970. Chromosomal localization of mouse satellite DNA // *Science*, 168, 3937, 1356-1358.
- Robinson T.J., 1978. Preliminary report of a Robertsonian translocation in an isolated feral *Mus musculus* population // *Mammal. Chrom. Newsletter*, 19, 2, 84-85.
- Sage R.D., 1981. Wild mice // *The mouse in Biomedical Research*, 1. N.Y.: Acad. Press, 39-90.
- Said K., Jacquart T., Montgelard C., 1986. Robertsonian house mouse populations in Tunisia: a karyological and biochemical study // *Genetica*, 68, 2, 151-156.
- Summer A. T., 1972. A simple technique for demonstrating centromeric heterochromatin // *Exp. Cell Res.*, 75, 1, 305-306.
- Traut W., Winking H., 1983. Characterization of a new type of heterochromatin in the mouse // *Hereditas*, 98, 1, 157.
- Wang H.C., Fedoroff S., 1972. Banding in human chromosomes treated with trypsin // *Nat. New Biol.*, 235, 54, 52-53.
- Yoshida M.C., Kodama Y., 1983. C-band patterns of chromosomes in 17 strains of mice // *Cytogenet. Cell Genet.*, 35, 1, 51-56.

Отдел охраны и рационального
использования природных
ресурсов АН ТаджССР (Душанбе)

Поступила в редакцию
14 августа 1987г.

KARYOTYPICAL ANALYSIS OF *MUS MUSCULUS* POPULATIONS FROM TAJIK DEPRESSION

V.I. KRYUKOV, V.A. TOLSTOY, K.G. OFITSEROV

*Department of Protection and Rational Use of Natural Resources,
Tajik SSR Academy of Sciences (Dushanbe)*

Summary

Karyotypes of 190 specimens of *Mus musculus* L. were studied from 21 localities in the southwest of Pamir-Alais. All 190 mice had the standard karyotype which contained 40 acrocentric chromosomes, Robertsonian translocation were not found. The G-banding of wild mice chromosomes corresponds to ones of the standard karyotype. Interpopulation differences were found in C-banding. One mouse had the double heterochromatin block in one of the chromosomes (9 pair?).