

УДК 576.316:597.851(477)

## ХРОМОСОМНЫЕ НАРУШЕНИЯ (МИКСОПЛОИДИЯ) У БУРЫХ ЛЯГУШЕК (*ANURA*, *AMPHIBIA*) ИЗ НЕКОТОРЫХ ОБЛАСТЕЙ УКРАИНЫ

**В. В. Манило**

Национальний научно-природоведческий музей НАН Украины.  
ул. Б. Хмельницького, 15, Киев, 01030 Украина

Получено 8 июня 2005

**Хромосомные нарушения (миксоплоидия) у бурых лягушек (*Anura*, *Amphibia*) из некоторых областей Украины.** Манило В. В. — Исследованы кариотипы двух видов: *Rana arvalis* Nillson, 1842 и *R. temporaria* L., 1758. Диплоидный (нормальный) набор хромосом первого из изученных видов из Житомирской обл. не отличается от ранее описанного из других областей Украины:  $2n = 24$ ,  $NF = 48$ . *R. temporaria* изучена из Закарпатской и Житомирской областей. Нормальный кариотип этого вида состоит из 26 хромосом:  $2n = 26$ ,  $NF = 52$ . В семенниках этих двух видов выявлены клетки с три-, тетра- и гексаплоидными наборами. По внешней морфологии хромосомы полиплоидных наборов не отличаются от нормальных кариотипов. Явление смешанной полиплоидизации (миксоплоидии) автор связывает с мутагенным влиянием окружающей среды. Вторичные перетяжки выявлены на некоторых метафазных пластинках на длинном плече 5-й пары и коротком плече 2-й пары *R. arvalis* и практически на всех метафазных пластинках на длинном плече 10-й пары *R. temporaria*.

Ключевые слова: хромосома, кариотип, гамета, метафаза, полиплоидизация, популяция, радиация, *Rana arvalis*, *R. temporaria*, Украина.

**Variability of the Chromosome Number in Karyotypes of Frogs in Ukraine. Communication 1. Brown Frogs.** Manilo. V. V. — Karyotypes were studied in two species of brown frogs: *Rana arvalis* Nillson, 1842 and *Rana temporaria* L., 1758. Diploid (normal) karyotype of *R. arvalis* from Zhytomyr Region does not differ from that reported from the other regions of Ukraine:  $2n=24$ ,  $NF=48$ . *R. temporaria* was studied in Zakarpatska and Zhytomyr Regions. Its normal karyotype includes 26 chromosomes:  $2n=26$ ,  $NF=52$ . As in the previous case, cells with the tri- ( $3n=39$ ), tetra- ( $4n=52$ ) and hexaploid ( $6n=78$ ) were found in the testis preparations. Chromosomes of the polyploid sets do not differ in their external morphological features from those of the normal karyotypes. This phenomenon of mixed polyploidization (myxoploidy) is not typical of anurans and most likely developed due to the mutagenic impacts (chemical, radiation, etc.) of the environment. Secondary constrictions were observed in some metaphase plates of *R. arvalis* on the long arm of the 5<sup>th</sup> chromosome pair and on the short arm of the 2<sup>nd</sup> pair, as well as almost in all metaphase plates of *R. temporaria* on the long arm of the 10<sup>th</sup> pair.

Key words: chromosome, karyotype, gamete, metaphase, polyploidization, population, radiation, *Rana arvalis*, *R. temporaria*, Ukraine.

Комплексное исследование бурых лягушек Украины, недавно нами завершённое (Песков и др., 2004), позволило уточнить спорные вопросы систематики некоторых видов и описать их кариотипы. Вместе с тем, в нескольких популяциях Житомирской и Закарпатской областей были обнаружены экземпляры остромордой (*Rana arvalis* Nillson, 1842) и травяной (*Rana temporaria* L., 1758) лягушек с кариотипом, отличающимся от нормального (Манило, 2000, 2003).

Бурые лягушки, как впрочем и все настоящие лягушки, характеризуются достаточно высоким уровнем стабильности кариотипа. Это объясняется древностью группы, ее примитивностью, экологической консервативностью. Вместе с тем, как одни из наиболее чувствительных к влиянию окружающей среды (в первую очередь геохимическому и радиационному) групп животных, они являются превосходными маркерами такого влияния (Шарыгин, 1980, 1983, 1996; Петров, Шарыгин, 1981; Израэль, 1986; Ильенко, Крапивко, 1989). Этой проблеме на протяжении последних десятилетий уделяется большое внимание. Известно, что в основе генетической адаптации к геохимическим факторам среды лежит явление гетерогенного полиморфизма популяций. В условиях экстремального воздействия геохимических факторов учащаются мутации, обостряется естественный отбор (Ковальский, 1974; Шарыгин, 1986). Но, как правило, все исследования такого рода проводились только на уровне морфологических и физиологических (обычно патологических) изменений (Пястолова и др.,

1981). И хотя целесообразность генетических исследований амфибий и рептилий обсуждалась некоторыми авторами (Шарыгин, 1996 и др.), работы такого направления в Украине отсутствуют. Наши исследования кариотипов бесхвостых земноводных Украины на популяционном уровне начаты в 1998 г. В самом начале исследований на препаратах лягушек из Житомирской обл. были обнаружены клетки с измененным количеством хромосом, и, естественно, особое внимание было обращено на амфибий из этой местности, хотя и в других областях материал также собирали, изучали и использовали в работе как сравнительный (Песков и др., 2004). Житомирская обл. уникальна своей геологической историей: еще в архее — раннем протерозое сформировались породы сначала днепровско-бугской, а затем тетеревской серий. Геологические особенности данной области определяются ее геоструктурным положением в пределах северо-западной части Украинского щита. Кристаллические породы здесь залегают неглубоко, под осадочным комплексом отложений юрского, мелового, палеогенового, неогенового и четвертичного возрастов. Это, в первую очередь, Коростеньский интрузивный плутон (Корбут и др., 1996; Корбут, 1998). Исходя из вышеизложенного, вполне закономерным является то, что в этом регионе естественный радиационный фон значительно выше, чем в других областях (Подкур, 1995). Кроме повышенного природного радиационного фона, по Житомирской области проходит так называемый западный след Чернобыльской аварии (Подкур, 1995). То есть, территория, с которой взяты для исследования животные, с одной стороны, загрязнена радиоактивными поллютантами, часть которых на протяжении тысяч лет, а часть с недавних пор создают мутагенный (генотоксический) эффект, а с другой — данный регион загрязнен химическими токсикантами, которые также несут значительный мутагенный потенциал.

Целью данного сообщения является обобщение результатов исследования кариотипов бесхвостых земноводных в свете вышеизложенной проблемы.

### Материал и методы

Весь исследованный материал представлен в таблице 1 и соответствующих разделах.

Хромосомные препараты получены из клеток костного мозга, семенников и крови предварительно колхицинированных животных общепринятым методом раскапывания (Ford, Hamerton, 1956; Макгрегор, Варли, 1986). Для повышения митотической активности клеток большинству животных (кроме 2 ♂ и 1 juv. из Богунии и 2 ♂ из с. Ушомир — остромордой лягушки и 2 ♂ из Богунии — травяной) вводили фитогемагглютинин (ФГА М «Difco») по ранее описанной нами методике (Манило, 1986).

На препаратах крови и костного мозга исследовали соматические клетки на стадии метафазы II митоза, а на препаратах семенников — митотические клетки сперматогонияльного деления, а также биваленты диакинеза и хромосомы метафазы II мейоза.

Прошедшие период старения на протяжении не менее месяца препараты проводились по спиртам (70° и 90°), промывались в орто-кислоте и заключались в канадский бальзам. Полученные таким образом постоянные препараты просматривали методом «челнока» на микроскопе «Биолам Л-212» при увеличении 900 (об. 90, ок. 10). Для анализа и микрофотографирования отбирались метафазные пластинки с хорошим разбросом хромосом и примерно одинаковой степенью спирализации. Было исследовано не менее 50 метафазных пластинок каждого вида. В описание кариотипа включали общее количество хромосом в диплоидном наборе (2n), форму хромосом по классификации А. Левана и др. (Levan et al., 1964) по положению центромеры и количество хромосомных плеч (NF основное число).

### Результаты

#### *Rana arvalis* Nilsson, 1842

Материал. 6 ♂, 2 ♀ и 1 juv. из Богунии, сев. окр. г. Житомир; 2 ♂ и 1 juv. из окр. с. Ушомир, Коростеньский р-н, Житомирская обл.; 2 ♂ из окр. с. Андреевка, Черняховский р-н, Житомирская обл.

Богуния. Диплоидный набор нормального кариотипа (2n) состоит из 24 макрохромосом, которые распределяются в равномерно убывающий по длине ряд (рис. 1, а). Морфологическая характеристика: 1-я, с 5-й по 7-ю, 10-я и 12-я пары метацентрические, 2–4-я — субмета- и остальные 3 пары субтелоцентрические. На препаратах крови и костного мозга делящиеся клетки, пригодные для анализа, представлены в основном нормальным кариотипом. Часть делящихся клеток была значительно крупнее остальных, и хотя хромосомы в них четко не просматривались, видно было, что их больше 24. Особого внимания заслуживали препараты семенников. Здесь делящиеся клетки сперматогонияльного деления включали 24, 36 (сравнительно редко), 48, 60 и 72 хромосомы. В морфологическом отношении все они соответствовали нормальному кариотипу (рис. 1, б, в; 2, д, е; табл. 1). Общее количество полиплоидных клеток составляло примерно 15%

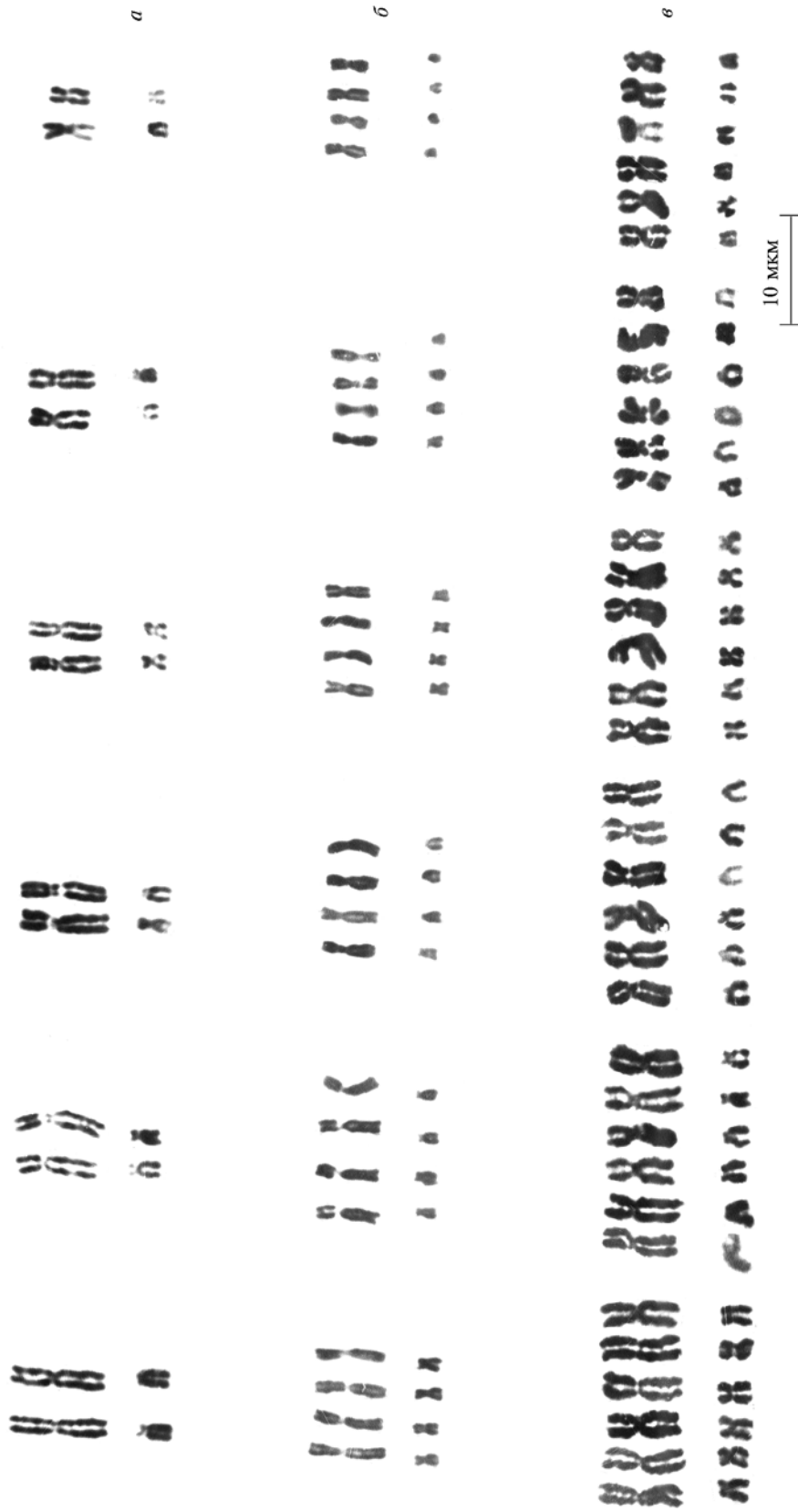


Рис. 1. Кариограммы *R. arvalis arvalis* из Богуньи (окр. г. Житомир): а — диплоидный набор нормального кариотипа (2n = 24); б — тетраплоидный набор (4n = 48); е — гексаплоидный набор (6n = 72), на длинном плече 5-й пары имеются вторичные перетяжки.

Fig. 1. Karyograms of *R. arvalis arvalis* from Bogunia near Zhutyomir: а — diploid set of the normal karyotype (2n = 24); б — tetraploid set (4n = 48); е — hexaploid set (6n = 72), on the long arm of the 5th chromosome pair — secondary constrictions.

Таблица 1. Хромосомные наборы бурых лягушек  
Table 1. Karyotypes of the brown frogs

Вид	Место добычи животных, год	Количество, экз	Количество хромосом		Наличие полиплоидов и количество хромосом	Хромосомная формула	NF	Номер пары, наличие вторичных перетяжек
			n	2n				
<i>Rana arvalis</i>	Богунья, сев. окр. Житомира, 1998	4 ♂ 2 +	12	24	до 15%	12V+6sV+6sT	48	—
					4n = 48	24V+12sV+12sT	96	2к, 5д
					5n = 60	30V+15sV+15sT	120	2л, 5д
					6n = 72	36V+18sV+18sT	144	—
<i>Rana arvalis</i>	окр. с. Ушомир, Коростеньский р-н, Житомирская обл., 2000	2 ♂ 1 juv.	12	24	10-20%	12V+6sV+6sT	48	—
					4n = 48	24V+12sV+12sT	96	—
					6n = 72	36V+18sV+18sT	144	—
<i>Rana arvalis</i>	окр. с. Андреевка, Черняховский р-н, Житомирская обл., 2001	2 ♂	12	24	10-45%	12V+6sV+6sT	48	—
					4n = 48	24V+12sV+12sT	96	—
					6n = 72	36V+18sV+18sT	144	—
<i>Rana temporaria</i>	окр. с. Ясеня, Раховский р-н, Закарпатская обл., 2000	1 ♂	13	26	до 30%	6V+18sV+2sT	52	10д
					4n = 52	12V+36sV+4sT	104	10д
					6n = 78	18V+54sV+6sT	156	10д
	Богунья, сев. окр. Житомира, 2000, 2001	3 ♂ 6 ♀	13	26	до 20%	6V+18sV+2sT	52	10д
4n = 52					12V+36sV+4sT	104	10д	
<i>Rana temporaria</i>	окр. с. Ушомир, Коростеньский р-н, Житомирская обл., 2000	1 ♂ 2 ♀	13	26	до 20%	6V+18sV+2sT	52	10д
					4n = 52	12V+36sV+4sT	104	10д
					6n = 78	18V+54sV+6sT	156	10д

Условные обозначения: n — гаплоидный набор хромосом; 2n — диплоидный; 4n — тетраплоидный; 5n — пентаплоидный; 6n — гексаплоидный; V — метацентрик; sV — субметацентрик; sT — субтелоцентрик; NF — основное число, к — короткое плечо, д — длинное плечо.

числа клеток с нормальным кариотипом. Гаметы метафазы I (диакинеза) и метафазы II мейоза также представлены необычным набором — количество бивалентов диакинеза и хромосом метафазы II варьируют от  $n = 13$  до  $4n = 48$  (рис. 2, а–г). Большое количество делящихся клеток (на некоторых препаратах до 15%) имели неполный набор хромосом от 20 до 70 (анеуплоидия). При подсчете процентного отношения нормального кариотипа к полиплоидному они не учитывались. На большинстве метафазных пластин на длинном плече 5-й пары хромосом и коротком плече 2-й пары, в том числе и полиплоидных, были обнаружены вторичные перетяжки. Всего было исследовано более 20 препаратов и около 1000 делящихся клеток.

Окр. с. Андреевка. В общей сложности исследовано и проанализировано 8 хромосомных препаратов и 200 делящихся клеток костного мозга и семенников. Метафазные пластинки соматических клеток содержали нормальный набор хромосом  $2n = 24$ , а их морфология соответствовала «нормальному» кариотипу (Песков и др. 2004). Вместе с тем, как и в предыдущем случае, на препаратах семенников наблюдалось также значительное количество клеток с полиплоидным набором хромосом. Так, у первого исследованного экземпляра (№ 565) доля полиплоидных клеток сперматогонияльного деления составила

10%, а триплоидных и тетраплоидных гамет — около 20%. У другого препарата (№ 566), наоборот, полиплоидных клеток сперматогониального деления было 45%, а полиплоидных гамет — около 15% (табл. 1, рис. 3).

С. Ушомир. Исследовали 15 препаратов и 345 делящихся клеток крови, костного мозга и семенников. Как и в предыдущем случае, на препаратах семенников, наряду с клетками с гаплоидным набором ( $n = 12$ ), встречались три-, тетра- и полиплоидные с неполным набором хромосом (33, 44 и т. д.) гаметы



Рис. 2. Метафазные пластинки *R. arvalis arvalis* из Богунии (окр. г. Житомир): *a* — нормальный гаплоидный набор  $n = 12$  (метафаза II мейоза); *б* — диплоидный  $2n = 24$  набор (метафаза II мейоза); *в* — нормальный гаплоидный набор  $n = 12$  (диакнез) метафаза I мейоза; *г* — диплоидный  $2n = 24$  набор (метафаза I мейоза, диакнез); *д* — метафазная пластинка с  $6n = 72$ ; *е* — метафазная пластинка с  $4n = 48$ .

Fig. 2. Metaphase plates of *R. arvalis arvalis* from Bogunia near Zhytomyr: *a* — the normal haploid set  $n = 12$  (metaphase of meiosis II); *б* — diploid set  $2n = 24$  (metaphase of meiosis II); *в* — the normal haploid set  $n = 12$  (metaphase of meiosis I, diakinesis); *г* — diploid set  $2n = 24$  (metaphase of meiosis I, diakinesis); *д* — metaphase plate with  $6n = 72$ ; *е* — metaphase plate with  $4n = 48$ .

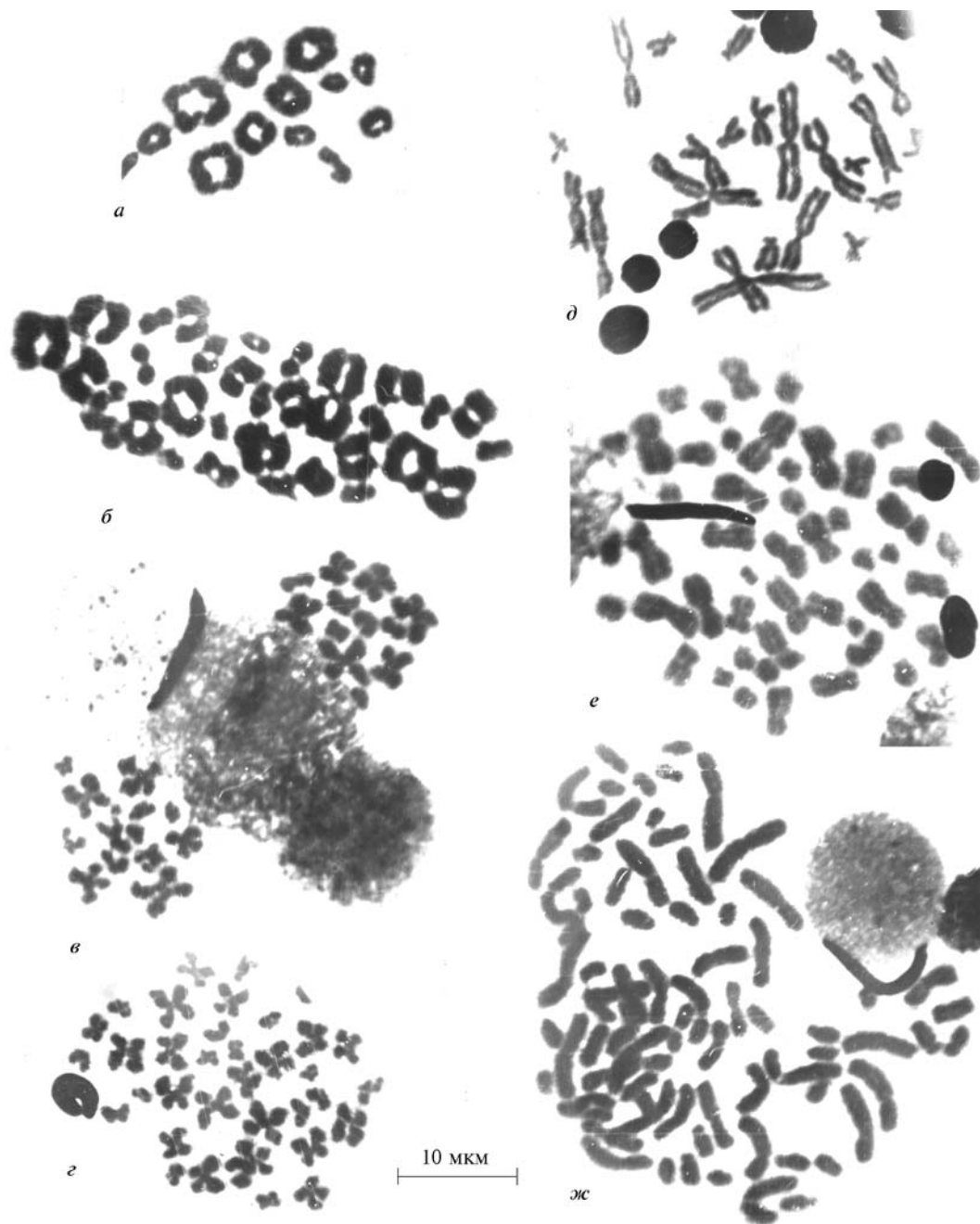


Рис. 3. Метафазные пластинки *R. arvalis arvalis* из окр. с. Ушомир и с. Андреевка: *a* — диакинез ( $n = 12$ ), гаплоидная гамета самца из с. Андреевка; *б* — диакинез ( $2n = 24$ ), диплоидная гамета самца из с. Андреевка; *в* — метафаза II мейоза ( $n = 12$ ), гаплоидная гамета самца из с. Андреевка (2 клетки); *г* — метафаза II мейоза ( $3n = 36$ ), триплоидная гамета самца из с. Андреевка; *д* — метафазная пластинка нормального кариотипа. Клетка сперматогониального деления; *е* — метафазная пластинка тетраплоидной клетки ( $4n = 48$ ) сперматогониального деления из с. Ушомир; *ж* — метафазная пластинка гексаплоидной клетки ( $6n = 72$ ) сперматогониального деления из с. Андреевка.

Fig. 3. Metaphase plates of *R. arvalis arvalis* from Ushomyr and Andreevka: *a* — diakinesis ( $n = 12$ ), haploid gamete of a male from Andreevka; *б* — diakinesis ( $2n = 24$ ), diploid gamete of a male from Andreevka; *в* — metaphase of meiosis II ( $n = 12$ ), haploid gamete of a male from Andreevka (2 cells); *г* — metaphase of meiosis II ( $3n = 36$ ), triploid gamete of a male from Andreevka; *д* — metaphase plate of the normal karyotype, spermatogonial cell; *е* — metaphase plate of a tetraploid ( $4n = 48$ ) spermatogonial cell from Ushomyr; *ж* — metaphase plate of a hexaploid ( $6n = 72$ ) spermatogonial cell from Andreevka.

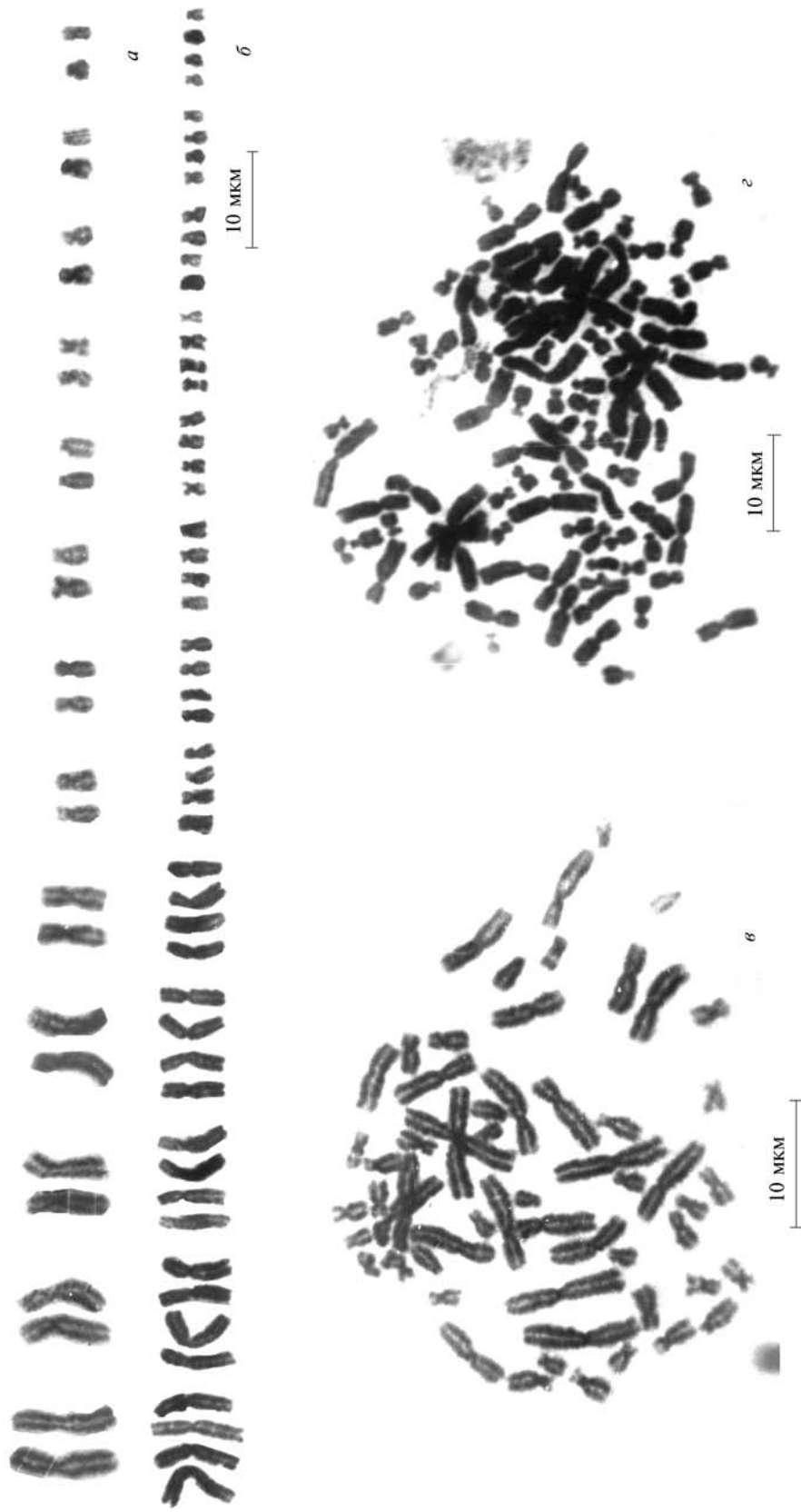


Рис. 4. Кариограммы и метафазные пластинки *R. temproaria*: а — кариограмма диплоидного набора  $2n = 26$  из окр. с. Ясень; б — кариограмма тетраплоидного набора из окр. с. Ясень; в — неполная метафазная пластинка (анеуплоидия)  $Xn = 60$  из Закарпатья; з — гексаплоидная метафазная пластинка  $6n = 78$  из с. Ушоир.

Fig. 4. Karyograms and metaphase plates of *R. temproaria*: а — karyogram of the diploid set  $2n = 26$  from Yasenya; б — karyogram of the tetraploid set from the same site; в — incomplete (aneuploid) metaphase plate  $Xn=60$  from Zakarpatsky Region; з — hexaploid metaphase plate  $6n = 78$  from Ushoynr.

(табл. 1, рис. 3). Точно такая же картина наблюдалась и в отношении митотических клеток сперматогониального деления. Необходимо также отметить, что на препаратах от животных этой популяции встречалось большое количество делящихся клеток с плохим разбросом хромосом, что затрудняло их подсчет и определение процента встречаемости полиплоидных клеток. Всего было исследовано 15 препаратов и 345 делящихся клеток.

#### *Rana temporaria* L., 1758

Материал. ♂ из окр. с. Ясеня, Раховского р-н, Закарпатской обл., (800 м); 3 ♂ и 6 ♀ из Богуньи, сев. окр. г. Житомир; ♂ и ♀ из окр. с. Ушомир, Коростеньского р-н, Житомирской обл.

Окр. с. Ясеня. Исследовали препараты крови и семенников от одного животного, добытого на высоте 800 м (хребет Урду Флаванчук). На препаратах крови все делящиеся клетки имели «нормальный» кариотип ( $2n = 26$ ). Все хромосомы двуплечие, делятся на две группы: первая — крупные, включает 1–5-ю пары, вторая — мелкие, с 6-й по 13-ю пары. Четкого разрыва по величине между крупными и мелкими хромосомами нет, длина их равномерно убывает. Морфологическая характеристика кариотипа: 1-я, 5-я и 9-я пары — мета-, 8-я — субтело-, остальные 9 пар субметацентрики, основное число  $NF = 52$  (рис. 4, табл. 1). Всего было исследовано 6 препаратов и 300 делящихся клеток. На длинном плече 10-й пары четко просматривались вторичные перетяжки.

На препаратах семенников кариологическая картина сходна с той, что наблюдалась у *R. arvalis*, отмечается явление смешанной полиплоидизации (миксоплоидии) как в гаметах, так и в клетках сперматогониального деления. Морфология хромосом соответствует «нормальному» кариотипу (рис. 4, табл. 1). Общее количество полиплоидных клеток сперматогониального деления составляло около 30% клеток с диплоидным набором хромосом.

Богунья и с. Ушомир. Исследовали препараты крови, костного мозга и семенников. Как и в предыдущей популяции, на препаратах крови и костного мозга делящиеся клетки имели 26 хромосом, хотя было достаточно много клеток с плохим разбросом склеенных хромосом, количество которых превышало 26. Препараты семенников содержали значительно меньший, чем в предыдущем случае процент полиплоидных клеток (около 20%). Исследовано 32 препарата и более 1000 делящихся клеток. На некоторых препаратах таких клеток было так много, что их подсчет вызывал затруднение. На длинном плече 10-й пары также фиксировались вторичные перетяжки (рис. 4, табл. 1).

#### Обсуждение и выводы

Исследование кариотипов бурых лягушек из 8 областей Украины показало, что диплоидный хромосомный набор (нормальный кариотип) включает 24 хромосомы для *Rana arvalis* и 26 — для *Rana temporaria* (Песков и др., 2004). Полученные нами результаты исследований житомирской и закарпатской популяций этих видов амфибий неожиданны и нетипичны для ранид. Поскольку эта группа очень древняя и консервативная, то предположение о каких либо эволюционных проявлениях или видообразовании маловероятно. Скорее всего, обнаруженное нами отклонение от нормы (миксоплоидия, анеуплоидия и т. д.) на препаратах семенников определяется, на наш взгляд, экологическими факторами, тем более что такие факторы действуют в первую очередь на генеративные клетки (Митроченко и др., 1999).

Несмотря на применение фитогемагглютина, пригодных для исследования делящихся клеток на препаратах крови и костного мозга было мало, большинство из них характеризовались плохим разбросом хромосом, что затрудняло подсчет, либо хромосомы были склеены в общую массу (имели вид интерфаз-



ного ядра иногда с неровными краями). Часть метафазных пластинок состояла из отдельных хромосом, переплетенных между собой.

Очень интересная ситуация складывается и со вторичными перетяжками. По данным В. Ф. Орловой и соавторов (1977), кариотип *R. arvalis* из Польши, Швеции, Германии, России (Мордовия), Венгрии и Латвии включает 24 двуплечие хромосомы. На коротком плече 6-й пары из Швеции и коротком плече 2-й пары из Германии имеются вторичные перетяжки. По нашим же данным (табл. 1, рис. 1, 2), вторичные перетяжки четко просматривались в большинстве метафазных пластин на длинном плече 5-й пары и коротком плече 2-й пары. По данным тех же авторов, в кариотипе *R. temporaria*, состоящем из 26 двуплечих хромосом, из Швеции, — на длинном плече 2-й пары, а из Московской обл., Франции и Италии, так же, как и по нашему описанию, вторичная перетяжка находится на длинном плече 10-й пары.

На препаратах семенников половые хромосомы не идентифицированы.

Более детальный анализ полученных результатов исследований кариотипов амфибий рода *Rana* из Житомирской и Закарпатской областей будет нами выполнен в следующем сообщении, посвященном описанию хромосомных наборов зеленых лягушек. Там же мы попытаемся более детально разобраться в характере обнаруженных хромосомных изменений, а также причинах и механизмах их возникновения.

Автор выражает благодарность Р. К. Мельниченко и А. В. Гарбару (Житомирский педагогический университет) за помощь в сборе материала.

- Израэль Ю. А. Экология и контроль состояния природной среды. — Л. : Гидрометеоздат, 1986. — 560 с.
- Ильенко А. И., Крапивко Т. П. Экология животных в радиационном биогеоценозе. — М. : Мир, 1989. — 224 с.
- Ковальский В. В. Геохимическая экология. — М. : Наука, 1974. — 298 с.
- Корбут Г. О. Геологічна будова Житомирщини. — Житомир, 1998. — 16 с.
- Корбут Г. А., Кострица Н. Е., Ремезова Е. А. Геологическое строение и полезные ископаемые Житомирской области // 36. Урал в мініатюрі. Природні багатства Житомирщини, їх вивчення та перспективи використання. — Житомир, 1996. — С. 6–20.
- Макгрегор Г., Варли Дж. Методы работы с хромосомами животных. — М. : Мир, 1986. — 272 с.
- Манило В. В. Кариотипы тектонов родов *Alsophylax* и *Crossobamon* // Вестн. зоологии. — 1986. — № 5. — С. 46–54.
- Манило В. В. Поліплідія — екологічний сигнал? // Вісн. НАН України. — 2000. — № 5. — С. 52–53.
- Митроченко В. В., Кириченко О. І., Кучма М. Д. Вплив проникаючої радіації на лісові насадження // Основи лісової радіоекології. — Київ, 1999. — С. 52–74.
- Орлова В. Ф., Бахарев В. А., Боркин Л. Я. Кариотипы некоторых бурых лягушек Евразии и таксономический анализ кариотипов всей группы // Герпетол. сб. — Л., 1977. — С. 81–103. — (Тр. Зоол. Ин-та АН СССР; Т. 74).
- Песков В. Н., Коцержинская И. М., Манило В. В., Писанец Е. М. Морфологическая дифференциация и диагностика *Rana arvalis*, *R. temporaria* и *R. dalmatina* на территории Украины // Вестн. зоологии. — 2004. — 38, №6 — С. 29–40.
- Петров В. С., Шарыгин С. А. О возможности использования амфибий и рептилий для индикации загрязнения окружающей среды // Наземные и водные экосистемы. — Горький : Изд-во ГГУ, 1981, — Вып. 4. — С. 41–48.
- Подкур П. П. Міграція радіонуклідів у біосфері // Основи лісової радіоекології. — Київ, 1995. — С. 35–51.
- Пястолова О. А., Бугаева Е. А., Большаков В. Н. Личинки амфибий как биоиндикаторы загрязнения среды // Вопр. герпетол. — Л. : Наука, 1981. — С. 112.
- Шарыгин С. А. Содержание микроэлементов в организме остромордой лягушки // Материалы к III Всесоюз. совещ. «Вид и его продуктивность в ареале». — Вильнюс, 1980. — С. 78–80.
- Шарыгин С. А. Геохимическая экология и полиморфизм некоторых амфибий и рептилий // Физиологическая и популяционная экология. — Саратов : Изд-во СГУ, 1983. — С. 41–43.
- Шарыгин С. А. Геохимическая экология и вопросы генетики амфибий и рептилий // V съезд генетиков и селекционеров Украины. — Киев, 1986. — С. 122–123.
- Шарыгин С. А. Живые индикаторы среды // Непоседа. — 1996. — № 3 (36). — С. 10–13.
- Ford C. E., Hamerton J. L. A colchicine hipotonic citrate squash sequence for mammalian chromosomes // Stain Technology. — 1956. — 31, N 6. — P. 247–251.
- Levan A., Fredga K., Sandberg A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes // Hereditas. — 1964. — N 52. — P. 201–220.