



## СОДЕРЖАНИЕ

<b>Вандал Н.Б., Сиддалигамурти Дж.С., Шиванна Н.</b> Влияние температуры и плотности на выбор мест окукливания личинками дрозофил . . . . .	87
<b>Куликовский М.С., Девяткин В.Г.</b> Центрические диатомовые (Bacillariophyta) водотоков средней части бассейна р. Селенга (Монголия) . . . . .	101
<b>Однокурцев В.А., Седалищев В.Т.</b> Гельминтофауна сибирской лягушки ( <i>Rana amurensis</i> Boulenger, 1886) Якутии, её половозрастная и сезонная изменчивость . . . . .	112
<b>Плюснина О.В.</b> Питание ротана – <i>Perccottus glenii</i> Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) в водоемах естественного и инвазийного ареалов . . . . .	120
<b>Стойко Т.Г., Булавкина О.В., Мазей Ю.А.</b> Особенности пространственного распределения наземных раковинных моллюсков Засурского леса (Среднее Поволжье, Пензенская область) . . . . .	126

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

<b>Арылова Н.Ю.</b> Особенности репродукции сайгака ( <i>Saiga tatarica tatarica</i> L.) в Республике Калмыкия в условиях низкой численности . . . . .	136
<b>Ермилов С.Г., Чистяков М.П.</b> Питание орибатидных клещей надсемейства Crotonioidea в лабораторных условиях . . . . .	142
<b>Ефимов Р.В., Завьялов Е.В., Табачишин В.Г.</b> Аспекты экологической сегрегации и технология видовой идентификации гадюковых змей (Reptilia: Viperidae, Vipera) в Поволжье на основе генотипирования . . . . .	147
<b>Омми Ф., Некофар К.</b> Приближенная модель атмосферного переноса токсикантов в Тегеране . . . . .	154

## ХРОНИКА

<b>Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В.</b> Кафедре охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности – 15 лет . . . . .	159
--	-----



## CONTENTS

<b>Vandal N.B., Siddalingamurthy G.S., Shivanna N.</b> Effect of temperature and density on larval pupation site preference in different species of <i>Drosophila</i> . . .	87
<b>Kulikovski M.S., Devyatkin V.G.</b> Centric diatoms (Bacillariophyta) in watercourses of Selenga river basin . . . . .	101
<b>Odnokurtsev V.A., Sedalishchev V.T.</b> Helminthic fauna of Siberian wood frog ( <i>Rana amurensis</i> Boulenger, 1886) from Yacutia, its sex-age and seasonal variability . . . . .	112
<b>Plyusnina O.V.</b> Nutrition of Amur sleeper – <i>Perccottus gleniii</i> Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) in reservoirs of its native and invasion habitats . . . . .	120
<b>Stoyko T.G., Bulavkina O.V., Mazei Yu.A.</b> Spatial distribution of terrestrial shell-bearing mollusks in Zasursky forest (Middle Volga region, Penza region) . . .	126

## SHORT COMMUNICATIONS

<b>Arylova N.Yu.</b> Reproduction features of the Saiga antelope ( <i>Saiga tatarica tatarica</i> L.) in Republic of Kalmykia in the low numbers' conditions . . . . .	136
<b>Ermilov S.G., Chistyakov M.P.</b> Nutrition of oribatid mites of Crotonioidea superfamily in laboratory conditions . . . . .	142
<b>Yefimov R.V., Zavialov E.V., Tabachishin V.G.</b> Aspects of ecological segregation and technology of specific identification of viper snakes (Reptilia: Viperidae, <i>Vipera</i> ) in Volga region by genotyping . . . . .	147
<b>Ommi F., Nekofar K.</b> An approximate model of atmospheric transfer of toxicants in Teheran . . . . .	154

## CHRONICLE

<b>Goldfeyn M.D., Kozhevnikov N.V.</b> Fifteen-year anniversary of the environment protection and life safety chair . . . . .	159
---	-----

## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION SITE PREFERENCE IN DIFFERENT SPECIES OF *DROSOPHILA*

N.B. Vandal, G.S. Siddalingamurthy, and N. Shivanna

*Department of Studies in Zoology, Karnatak University*

*Dharwad-580003, Karnataka state, India*

*Email: drnshivanna@rediffmail.com*

Поступила в редакцию 17.11.07 г.

**Effect of temperature and density on larval pupation site preference in different species of *Drosophila*.** – Vandal N.B., Siddalingamurthy G.S., and Shivanna N. – The larval pupation site preferences (PSP) in different species of *Drosophila* were studied at varied larval density and temperatures. Compared to control, at highest larval densities, the percentage of media pupation decreased and glass pupation increased at lowest temperatures in *D. yakuba*, whereas at highest temperatures with lowest larval density the media pupation increased. At all the larval densities studied; in *D. mauritiana* the glass and media pupation increased at 20°C, whereas at highest temperatures the media pupation increased and the glass pupation decreased, in *D. rajasekari* the cotton pupation and in *D. virilis* the glass pupation decreased and the media pupation increased at lowest and highest temperatures, the larvae of *D. novamexicana* prefer to pupate maximum on glass and minimum on media at lowest temperatures and at highest temperatures the pupation increased on glass and decreased on the media. In *D. hydei* the glass and media pupation decreased at lowest temperatures, and increased glass and decreased the media pupation at highest temperatures with highest and lowest density respectively. Statistical analysis has revealed that the variation of PSP in all the species with temperature, density, and sites is significant. These results show that at lowest and highest temperature and larval density the PSP significantly differ in all the species of *Drosophila* analyzed.

*Key words:* *Drosophila*, pupation site preference, density, temperature, larva, habitat choice.

**Влияние температуры и плотности на выбор мест окукливания личинками дрозофил.** – Вандал Н.Б., Сиддалигамурти Дж.С., Шиванна Н. – Изучен выбор мест окукливания (ВМО) личинками дрозофил при различных показателях плотности личинок и температуре. По сравнению с контрольной группой, при наивысшей плотности личинок процент окукливания на среде уменьшался, а на стекле усиливался при низких температурах для *D. yakuba*. Напротив, при высоких температурах с низкой плотностью личинок окукливание на среде усиливалось. При всех изученных плотностях личинок наблюдалось следующее: для *D. mauritiana* окукливание на стекле и на среде усиливалось при 20°C, в то время как при высоких температурах окукливание на среде увеличивалось с ослаблением окукливания на стекле; для *D. rajasekari* окукливание на хлопке и для *D. virilis* окукливание на стекле уменьшались, а окукливание на среде возрастало при низких и высоких температурах соответственно; личинки *D. novamexicana* окукливались больше на стекле и меньше на среде при низких температурах, а при высоких температурах их окукливание усиливалось на стекле и уменьшалось на среде. Для *D. hydei* окукливание на стекле и на среде уменьшалось при низких температурах, а при высоких температурах оно увеличивалось на стекле и уменьшалось на среде при самой высокой и самой низкой плотности соответственно. Статистический анализ показал, что изменения ВМО по температуре, плотности и месту окукливания были значимыми у всех видов *Drosophila*. Таким образом, при низкой и высокой температурах и плотностях личинок ВМО достоверно отличается у всех исследованных видов дрозофил.

*Ключевые слова:* *Drosophila*, предпочтение мест окукливания, плотность, температура, личинка, биотопические предпочтения.

Temperature and density both have major phenotypic effects on the life-history traits in *Drosophila melanogaster* (Prasad, Joshi, 2003). The effect of temperature has been studied in different species of *Drosophila* on both adult and preadult characters. Compared to individuals reared at the standard temperature of about 25°C, rearing at a colder temperature (16 to 17°C) results in an increased egg size as well as an increased larval and pupal duration, mature larval size and adult size at eclosion, larger wing size, larval critical weight, life span, life time fecundity and progeny production but this reduces daily fecundity (David et al., 1994; Delpuech et al., 1995; Partridge et al., 1995; Noach et al., 1996; Crill et al., 1996; Lazeby et al., 1996; de Moed et al., 1997, 1999; Imasheva et al., 1997; French et al., 1998; Eanes, 1999; Blankenhorn, 1999; Robinson, Partridge, 2001; Bochdanovits et al., 2003).

Increased larval crowding in laboratory cultures results in a decrease in the food available over time and an increase in the metabolic waste levels, especially that of ammonia (Borash et al., 1998). The major phenotypic effects of rearing larvae at high (several hundreds per vial) versus moderate (50 to 100 per vial) density are an increased larval and pupal mortality, larval development time, pupation height and adult life span as well as reduced adult size and fecundity (Mueller, 1986, 1997; Guo et al., 1991; Zwaan et al., 1991; Mueller et al., 1993; Roper et al., 1996; Chippindale et al., 1997; Joshi, Mueller, 1997; Santos et al., 1997; Shiotsugu et al., 1997; Sokolowski et al., 1997; Mueller, Joshi, 2000; Prasad et al., 2001).

*Drosophila* species usually show less specificity in their adaptations for larval sites than for oviposition sites, and the adaptive differentiation in response to temperature stress among a population of *D. pseudoobscura* is more pronounced for puparia than for adults (Kaneshiro et al., 1973; Coyene et al., 1983). Joshi (1997) reviewed the obvious effects of density on the adaptations of both larva and adult. The food medium rapidly becomes very moist and soggy in crowded cultures. In such cultures, individuals pupating on or close to the surface of the medium have an increased chance of being dislodged and drowned in the medium. The larval pupation site preference (PSP) is an important event in *Drosophila* preadult development, because the place selected by the larva can have decisive influence on its subsequent survival as a pupa (Sameoto, Miller, 1968). De Souza et al. (1968) has reported that the simple genetic control for pupation site choice in *D. willistoni* under high-density conditions clearly implicates a different type of behaviour than the pupation height measured for *D. melanogaster* and *D. simulans* (Sokal et al., 1960; Sameoto, Miller, 1968).

The PSP has been analyzed by two types of phenotypic characters, one is the pupation height and the other is pupation site preference. The pupation height studies have been made by using different factors such as moisture, light, temperature, density, sex, larval developmental time, selection for high and low pupation height and its genetic control (Sokal et al., 1960; Mensua, 1967; Sameoto, Miller, 1968; Markow, 1979; Fogleman, Markow, 1982; Ringo, Wood, 1983; Bauer, Sokolowski, 1985; Casares, Carcedo, 1987; Singh, Pandey, 1993 *a, b*; Pandey, Singh, 1993). An environmental variable known to influence pupation in *Drosophila* is temperature. Species differences in the ability to pupate successfully, as well as in pupation height choice have been shown to be temperature dependent (Grossfield, 1978; J.A. McKenzie, S.W. McKenzie, 1979;

## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

Fogleman, Markow, 1982; Schnebel, Grossfield, 1986; Kimura, 1988; Schnebel, Grossfield, 1992).

The PSP has also been studied by analyzing the percentage of pupae pupated at different sites viz; cotton, glass and the medium in the culture. The studies of Barker (1971), Shirk et al. (1988), Shivanna et al. (1996), Vandal et al. (2003), Vandal and Shivanna (2004, 2005 *a, b*, 2006, 2007) have reported that most of the species [*D. simulans*, *D. gibberosa*, *D. bipectinata*, *D. malerkotliana*, *D. yakuba*, *D. mauritiana*, *nasuta* subgroup species (*D. nasuta nasuta*, *D. nasuta albomicans*, *D. nasuta kepulauanana*, *D. sulfurigaster sulfurigaster*, *D. sulfurigaster neonasuta*), *D. immigrans*, *D. rubida* and *D. pararubida*] under normal conditions prefer to pupate maximum on the media. The quantity of larval salivary gland protein, larval locomotory path length, pattern, temperature and substrates plays a role in larval pupation site preference in *Drosophila*. Larval PSP has not been studied using combined factors like temperature and density. In view of this the present study was undertaken to know the effect of temperature along with density on larval PSP in *Drosophila* species occupying different sites for pupation at constant conditions.

### MATERIALS AND METHODS

For the present investigation, closely related sibling species were taken to study the effect of temperature with varying larval densities on PSP: *D. yakuba* and *D. mauritiana* belong to *melanogaster* subgroup species, *D. rajasekari* is a closely related sympatric species belonging to *suzukii* subgroup, *D. virilis* and *D. novamexicana* belong to *virilis* group and *D. hydei* belongs to *repleta* group (Bock, Wheeler, 1972; Ehrman, 1978; Ranganath et al., 1985; Ashburner, 1989). These *Drosophila* species were collected from the *Drosophila* stock centre, University of Mysore, Mysore, India, maintained about 20 years.

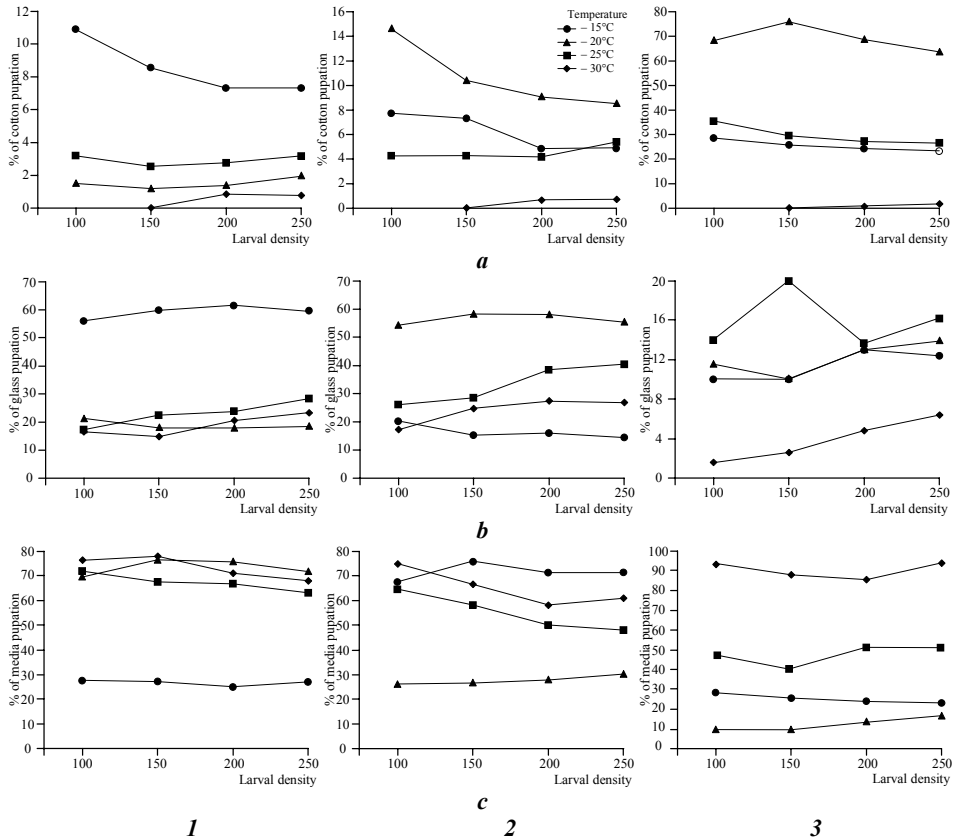
In order to maintain uniformity with regard to age of the larvae the eggs were collected every 6 hours using a modified technique of Delcour described by Ramachandra and Ranganath, (1988) and allowed to hatch. First instar larvae – about 50 (control 22±1°C), 100, 150, 200, and 250 from the cultures were isolated and transferred to a vial (10 × 3.8 cm) containing equal quantities of the wheat cream agar medium (Shivanna et al., 1996). About 50 µl of dilute yeast was added everyday to feed the larvae and to maintain the moisture content of the food medium. The cultures were kept at four different temperatures viz; 15, 20, 25, and 30°C.

Ten replicates were carried out for each experiment. The mean values as well as the percentage of pupation were calculated based on the number of larvae pupated at different sites viz; cotton, glass, and the medium. Primary data (the number of pupae on different sites) were subjected to three-way ANOVA (temperature × density × sites) to analyze the combined effect of temperature and density at three different sites of *Drosophila*.

### RESULTS

Figure 1 (1*a*, 2*a* and 3*a*) reveals that the percentage of cotton pupation is minimum at all the temperatures and densities in *D. yakuba* and *D. mauritiana*. Compared to control, the cotton pupation decreased at all the larval densities and at different temperatures in *D. mauritiana* whereas it increased at 15°C with 100 to 250 larvae/vial and 25°C with

100 and 250 larvae/vial. *D. rajasekari* prefers to pupate maximum on cotton at all the temperatures at varied densities. Compared to control, the larval pupation on cotton decreased at all the larval densities and at different temperatures except at 20°C, wherein the cotton pupation increased with 100 to 250 larvae/vial.



**Fig. 1.** Percentage of larval pupation site preference at different temperatures and densities in *Drosophila*: 1 – *D. yakuba*, 2 – *D. mauritiana*, 3 – *D. rajasekari*; a – cotton, b – glass, c – media

Figure 1 (1b, 2b, and 3b) shows the mean percentage of glass pupation in *D. yakuba*, *D. mauritiana* and *D. rajasekari* at different larval densities and temperatures. The larvae of *D. yakuba* and *D. mauritiana* prefer to pupate minimum on glass at all the temperatures and larval densities. The glass pupation at 15°C increases in *D. yakuba*, whereas in *D. mauritiana* it increases at 20°C with 100 to 250 larvae/vial compared to control. The larvae of sympatric species of *D. rajasekari* prefer to pupate more on glass at 15°C with 200 and 250 larvae/vial, 20°C with 100, 200, and 250 larvae/vial and 25°C with 100 to 250 larvae/vial than control.

EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

Figure 1 (1c, 2c, and 3c) shows the mean percentage of media pupation in *D. yakuba*, *D. mauritiana*, and *D. rajasekari* at different larval densities and temperatures. It reveals that the larvae of *D. yakuba* and *D. mauritiana* prefer to pupate maximum on the media at varying densities and temperatures. Compared to control, *D. yakuba* larvae prefer the media for pupation at 25°C with 150 and 200 larvae/vial and at 30°C with 100 and 150 larvae/vial. Whereas *D. mauritiana* prefers it at 20, 30°C with 100 to 250 larvae / vial and at 25°C with 100 and 150 larvae/vial. The larvae of *D. rajasekari* prefer to pupate minimum on media at varying densities and temperatures. Compared to control, the media pupation increased at 15, 25, and 30°C with an increase from 100 to 250 larvae / vial.

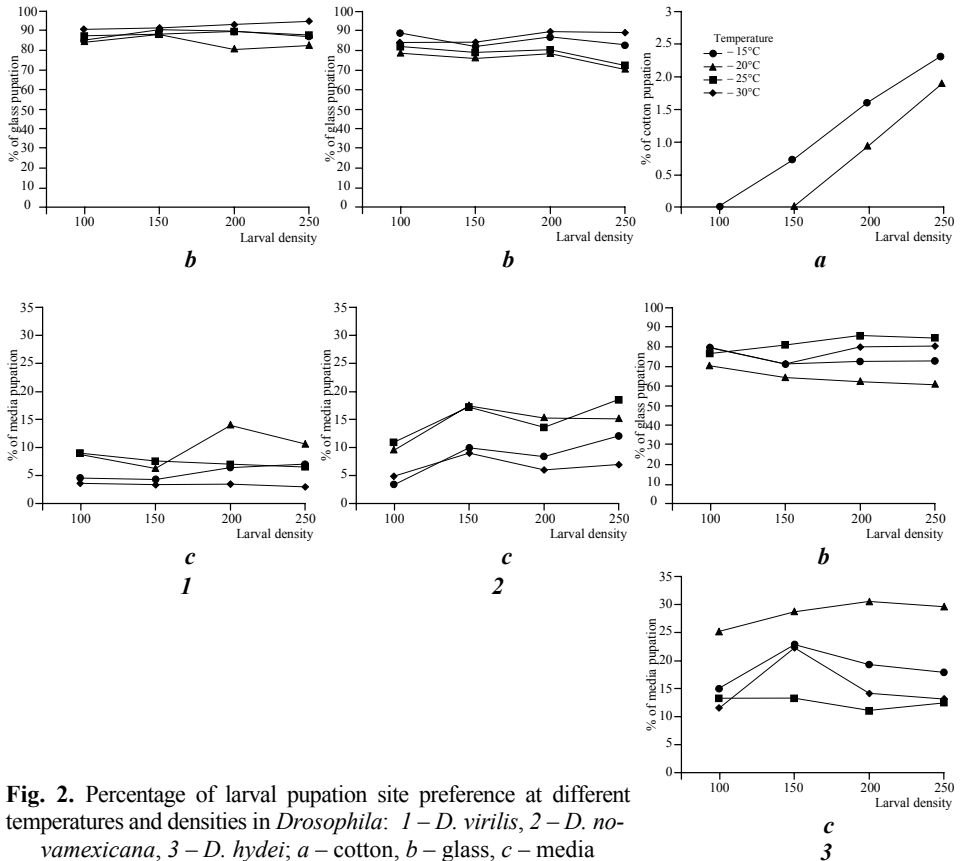


Fig. 2. Percentage of larval pupation site preference at different temperatures and densities in *Drosophila*: 1 – *D. virilis*, 2 – *D. novamexicana*, 3 – *D. hydei*; a – cotton, b – glass, c – media

Figure 2 (3a) shows the mean percentage of cotton pupation in *D. hydei*. Compared to control, the larvae prefer cotton for pupation (0.73%, 1.6% and 2.32%) at 15°C with 150 to 250 larvae/vial and (0.95% and 1.88%) at 30°C with 200 and 250 larvae/vial. In control, *D. virilis*, *D. novamexicana* and *D. hydei* do not prefer to pupate on cotton.

Figure 2 (1b, 2b, and 3b) shows the mean percentage of glass pupation in *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* at different larval densities and temperatures. It reveals that *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* larvae prefer to pupate maximum on the media at varying densities and different temperatures. Compared to control, the larvae of *D. virilis* decrease the glass pupation at all the temperatures with a varied larval density. Whereas the larvae of *D. novamexicana* increase their glass pupation at 15 and 30°C with 100 to 250 larvae/vial, at 25°C with 100 to 200 larvae/vial and 20°C with 100 and 200 larvae/vial. The larvae of *D. hydei* increase the glass pupation at 25°C with 100 to 250 larvae/vial, 30°C with 100, 200, and 250 larvae/vial and at 15°C with 100 larvae/vial.

Figure 2 (1c, 2c, and 3c) shows the mean percentage of media pupation in *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* at different larval densities and temperatures. Compared to control, the larvae of *D. virilis* increase their media pupation at all the temperatures and a varied larval density except at 30°C with 250 larvae/vial. The larvae of *D. novamexicana* and *D. hydei* decrease their media pupation at all the temperatures with a varying larval density except *D. novamexicana* at 25°C with 200 larvae/vial and *D. hydei* at 20°C with 100 and 250 larvae/vial.

The highest mortality is found to be in *D. yakuba* (7.1, 7.26, 7.75, and 7.8%) at all the densities 100, 150, 200, and 250 larvae/vial at 30°C and (7.8, and 7.53%) with 100 and 150 larvae/vial at 25°C. Followed by *D. mauritiana* (9.36%) with 250 larvae/vial at 15°C, (9 and 7.55%) with 150 and 200 larvae/vial at 25°C, and (13.6 and 11.4%) with 200 and 250 larvae/vial at 30°C. *D. rajasekari* (20.8, 25.7 and 33.68%) with 150 to 250 larvae/vial at 15°C, (10.4%) with 100 larvae/vial at 20°C and (10.3%) with 150 larvae/vial at 25°C. *D. virilis* (10.5%) with 100 larvae/vial at 15°C. *D. novamexicana* (8%) with larvae/vial at 15°C, (11.6 and 14%) with 100 and 250 larvae/vial at 20°C, (9.4%) with 250 larvae/vial at 25°C, and (11%) with 100 larvae/vial at 30°C. *D. hydei* (7.04 and 7.8%) with 250 larvae/vial at 15 and 20°C and (8.2% and 8.8%) with 100 larvae/vial at 25 and 30°C compared to control (table 1).

**Table 1**  
Percentage of larval mortality with varying larval densities at different temperatures  
in different species of *Drosophila*

Species, larvae/vial	15°C	20°C	25°C	30°C
1	2	3	4	5
<i>D. yakuba</i> (Control, nil)				
100	5.8	7.3	7.8	7.1
150	4.4	4.4	7.53	7.26
200	6.7	4.8	6.8	7.75
250	6.16	7.64	5.44	7.8
<i>D. mauritiana</i> (Control, nil)				
100	4.9	4.9	5.2	8.0
150	1.6	4.6	9.0	8.66
200	7.5	4.75	7.55	13.6
250	9.36	5.8	6.36	11.4



## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

Table 1 (continuation)

1	2	3	4	5
<i>D. rajasekar</i> (Control, nil)				
100	6.3	10.4	4.5	5.1
150	20.8	4.13	10.33	3.86
200	25.7	4.75	7.75	6.3
250	33.68	5.72	6.32	6.48
<i>D. virilis</i> (Control, 1.8)				
100	10.5	6.9	3.9	5.6
150	5.66	5.0	4.66	5.34
200	3.6	5.35	3.2	3.5
250	5.8	6.8	6.08	2.24
<i>D. novamexicana</i> (Control, 5.0)				
100	5.6	11.6	7.2	11.0
150	8.0	6.2	4.4	6.74
200	4.85	5.8	6.55	4.1
250	5.12	14.0	9.4	3.84
<i>D. hydei</i> (Control, nil)				
100	5.6	4.2	8.2	8.8
150	5.26	6.86	5.8	6.73
200	6.4	6.0	3.6	6.0
250	7.04	7.8	2.8	6.48

Three-way ANOVA on the combined effect of temperature and densities data at three different sites viz; cotton, glass and media pupation has revealed that the variation of larval pupation site preference in all the species and sites are significant except *D. yakuba* on cotton, *D. rajasekari* on the media, *D. virilis* and *D. novamexicana* on glass (table 2).

Table 2

Three-way analysis of variance of pupation site preference at three different sites in *Drosophila*

Species	Source of variation	Degrees of freedom	F- value	p-value
<i>D. yakuba</i>	Temperature × Density × Glass	10	78.334*	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	76.913*	<0.001
	Temperature × Density × Cotton	10	3.170	<0.001
<i>D. mauritiana</i>	Temperature × Density × Glass	10	66.932*	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	48.809*	<0.001
	Temperature × Density × Cotton	10	6.358*	<0.001
<i>D. rajasekari</i>	Temperature × Density × Glass	10	13.030*	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	1.286	<0.001
	Temperature × Density × Cotton	10	133.83*	<0.001
<i>D. virilis</i>	Temperature × Density × Glass	10	1.489	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	13.083*	<0.001
<i>D. novamexicana</i>	Temperature × Density × Glass	10	2.210	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	5.516*	<0.001
<i>D. hydei</i>	Temperature × Density × Glass	10	24.631*	<0.001
	Temperature × Density × Media	10	10.444*	<0.001
	Temperature × Density × Cotton	10	26.068*	<0.001

\*Significant.

## DISCUSSION

The environmental conditions at which a species can carry out its vital life-history stages will directly influence its geographical and habitat distribution. Conditions that influence the pre-adult stages can be just as important as those affecting adults. Since insect pupae are immobile, they can remain exposed to potentially harmful biotic and abiotic factors for varied periods of time (desiccation, predation, infection etc.). Pupation site choice can be critical for survival. Differences in pupation site choice can reflect the ability of larvae to find food, niche, and competition in general.

In *Drosophila*, temperature is the most important environmental factor which affects all the biological processes at the molecular, cellular, and organismic levels (David et al., 1983). Different strains of *D. nasuta nasuta* showed intraspecific variations with respect to preadult fitness at constant and ambient temperatures (Ashadevi, Ramesh, 1998). Temperature involves limitations on the *Drosophila* activity while temperature sensitivity involves behavioural alterations, which are expressed only at or above a critical temperature. Different species show different optimum temperatures for growing, and some cannot be grown above a certain temperature (within 16 – 30°C), depending on the species, the flies moved to the cooler end of the tube at 22°C when the temperature was above 41°C (Grossfield, 1978). High temperatures and dry periods for several days may act as a strong selective force on developing pupae (Tonzetich, Ward, 1972). Spassky (1951) found that a particular homokaryotype of *D. pseudoobscura* showed a higher viability on wet food at high temperatures whereas other ones had a higher viability on dry food at lower temperatures. The pupal survivorship decreases at lower temperatures than at higher temperatures in *D. melanica* (Tonzetich, Ward, 1972). Within a stressful temperature range (30 to 34°C), the adults of the sibling species *D. simulans* flies died after 15 hours at 32°C, those of *D. melanogaster* being low after 24 hours. At 28°C, no death occurred for both the species after 15 hours (Parson, 1978).

The larval pupation site preference (PSP) is one of the behaviour of late third instar larvae in *Drosophila*. It has been analyzed by two types of phenotypic characters, one is the pupation height and the other is pupation site preference. The pupation height is the distance the larva moved upward and pupated above the food media. PSP is the percentage of larvae moved / not moved upward and pupated at different sites. The larval PSP at both the control and different temperatures with a varied larval density has revealed that *D. yakuba* and *D. mauritiana* prefer to pupate maximum on the media and minimum on glass and cotton. The larvae of *D. rajasekari* prefer to pupate maximum on cotton and minimum on the media and glass. Whereas the larvae of *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* prefer to pupate maximum on glass and minimum on the media. The larval PSP analyzed is affected by temperature and the larval density.

At lowest temperatures, the maximum pupation height occurs within *repleta* and *willistoni* groups and at higher temperatures all the species show a little pupation height or no upward movement (Schnebel, Grossfield, 1992). David and Clawel (1968), Srivastava and Singh (1998) reported the reduction of oviposition at low temperatures in different species of *Drosophila*.

Selection for faster development and that for adapting to larval crowding share some superficial similarity in the individuals failing to eclose before a certain point in

## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

time die, either because of food shortage, or because of being not included in the breeding adults. At high larval densities there is a clear environmental signal, in the form of food running out, available to the larvae such that they can make the switch from feeding to pupation. Rather than speeding up the development in real time, it is probably more important for larvae to acquire food faster than others. Such that they attain the critical size for pupation before their food runs out (Joshi, Mueller, 1996).

De Souza et al. (1968) reported that genetically determined pupation site choice in *D. willistoni* under a high density found that allelic variation at a single locus pupated in food cups or on the bottom of the population cage appeared to have an advantage and rapidly increased in frequency. Any larva pupating on the surface of the medium is likely to be buried if there is still an actively feeding larval population which suggests that the fitness of genotypes which vary in pupation height may be a function of larval density (Mueller, Sweet, 1986). Sokal et al. (1960) investigated those genetic and environmental factors that govern the selection of pupation sites by *D. melanogaster*. They reveal that densities below 52 eggs/vial do not affect pupation site, but at higher densities a greater proportion of larvae tends to pupate on the surface of the medium instead of on the wall of the vials. At the high-density level considered, there appears no relation between pupation site and density. In contrast, Pandey and Singh (1993), Sokolowski et al. (1997) and Joshi (1997) have reported that there is an increase in the pupation height with an increased larval density in *D. melanogaster*, *D. ananassae*, *D. bipectinata*, *D. malerkotliana*, and *D. biarmipes*.

The larval mortality varies from species to species at all the larval densities and temperatures. The highest larval mortality is found in *D. yakuba*, followed by *D. mauritiana*, *D. rajasekari*, *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* compared to control (table 1). In a culture that contains a high density of larvae or adults, the food medium rapidly becomes very moist and soggy. In such cultures, individuals pupating on or close to the medium have an increased chance of being dislodged and drowned in the medium (Joshi, Mueller, 1993). Earlier studies also reported a highest pupal mortality at varying heights above the food surface on vials even at low densities (Joshi, Mueller, 1993; Borash et al., 1998).

The present study reveals that, compared to control, the percentage of media pupation decreased and glass pupation increased in *D. yakuba* with highest larval densities of 200 and 250 larvae/vial at lowest temperatures of 15 and 20°C (Figure 1 (1b)). Whereas the larvae of *D. mauritiana* increase the percentage of glass and media pupation with highest larval densities of 200 and 250 larvae/vial at lowest temperatures of 15 and 20°C (Figure 1 (2b, 2c)). *D. rajasekari* larval pupation on cotton decreases at 15°C and increases at 20°C at highest larval densities of 200 and 250 larvae/vial (Figure 1 (3a)). *D. virilis* larval preference on glass pupation decreases and the media pupation increases with highest larval densities of 200 and 250 larvae/vial at lowest temperatures of 15 and 20°C (Figure 2 (1b, 1c)). *D. novamexicana* larvae prefer glass for pupation more than the media with larval densities of 200 and 250 larvae/vial at lowest temperatures of 15 and 20°C (Figure 2 (2b, 2c)). In *D. hydei* larval pupation on glass decreases and media pupation increases at 15°C (Figure 2 (3b, 3c)).

At highest temperatures with lowest larval densities, *D. yakuba* larvae prefer the media for pupation at 100 and 150 larvae/vial at 30°C and decreases at 25°C. Whereas *D. mauritiana* prefers the media more and glass less for pupation at highest temperatures of 25 and 30°C at lowest larval densities 100 and 150 larvae/vial than the control. The larvae of *D. rajasekari* preferred to pupate maximum on cotton in control, wherein it decreased about 32 to 75.5% at highest temperatures of 25 and 30°C at lowest larval densities of 100 and 150 larvae/vial. In *D. virilis* the larval pupation on glass decreases and the media pupation increases at highest temperatures of 25 and 30°C in lowest larval densities of 100 and 150 larvae/vial. Whereas in *D. novamexicana* and *D. hydei* the glass pupation increases and the media pupation decreases at highest temperatures of 25 and 30°C at lowest larval densities of 100 and 150 larvae/vial. The combined effect of temperature and density at three different sites viz; cotton, glass, and media pupation analyzed by three-way ANOVA (temperature × density × sites) has revealed that the variation of larval pupation site preference in all the species is significant except *D. yakuba* on cotton, *D. rajasekari* on the media, and *D. virilis* and *D. novamexicana* on glass (table 2).

Barker (1971), Shirk et al. (1988), Shivanna et al. (1996), Vandal et al. (2003) reported that at constant temperature and density most of the species (*D. simulans*, *D. gibberosa*, *D. bipectinata*, *D. malerkotliana*, *D. yakuba*, *D. mauritiana*, *nasuta* subgroup species (*D. nasuta nasuta*, *D. nasuta albomicans*, *D. nasuta kepulauanana*, *D. sulfurigaster sulfurigaster*, *D. sulfurigaster neonasuta*), *D. immigrans*, *D. rubida* and *D. pararubida*) preferred to pupate maximum on the media, *D. melanogaster*, *D. ananassae*, *D. virilis*, *D. novamexicana*, and *D. hydei* larvae preferred to pupate highest on glass, and *D. rajasekari* preferred to pupate highest on cotton. They have reported that the PSP depends on the quantity of glue protein synthesized by the salivary glands of the larvae. Comparison between all the species showed a variation in pupation with varying larval densities at different temperatures. The species collected from different geographical distributions and ecological backgrounds were maintained for about 2 decades at a constant temperature in the laboratory. They were not adapted for a constant temperature. When the larval densities and temperatures changed, the larval PSP also changes. This indicates that the larval density and temperature influences the PSP in different species of *Drosophila*. The temperature range is not similar for all the species. Differences in the temperature-dependent pupation responses among closely related species have been implicated as a possible basis for reducing interspecific competition (Fogleman, Markow, 1982; Ricci, Budnik, 1984; Schnebel, Grossfield, 1986; Kimura, 1988). The present study reveals that the significant variations in larval pupation site choices in sibling, sympatric, *virilis* and *repleta* group species are due to the extreme variations of temperatures and larval densities. Apart from the glue protein, locomotory path length, pattern and substrates, high and low temperatures and densities also affect the larval pupation site/habitat preference in *Drosophila*.

#### ACKNOWLEDGEMENT

Thanks are due to Professor H.A. Ranganath *Drosophila* Stock Centre (DSC) Department of Zoology, University of Mysore, «Manasagangotri» Mysore, for *Drosophila*

## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

stocks and UGC Minor Research Project sanctioned to Dr. N. Shivanna. F.31-234/2005 (SR) for financial assistance.

### REFERENCES

- Ashadevi J.S., Ramesh S.R. Intraspecific variation with respect to certain components of fitness in *Drosophila nasuta nasuta* at different temperature // Ind. J. Exp. Biol. 1998. Vol. 37. P. 37 – 42.
- Ashburner M. *Drosophila*: A laboratory hand book. New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press, 1989.
- Barker J.S.F. Ecological differences and competitive interaction between *D.melanogaster* and *D. simulans* in small laboratory populations // Oecologia. 1971. Vol. 8. P. 139.
- Bauer S.J., Sokolowski M.B. A genetic analysis of path length and pupation height in natural population of *D. melanogaster* // Can. J. Genet. Cytol. 1985. Vol. 27. P. 834 – 840.
- Blankenhorn M. Different growth responses to temperature and resource limitation in three fly species with similar life histories // Evol. Ecol. 1999. Vol. 13. P. 395 – 409.
- Bochdanoviits Z., van der Klis H., De Jong G. Covariation of gene expression and adult body size in natural populations of *Drosophila melanogaster* // Molecular Biology and Evolution. 2003. Vol. 20. P. 1760 – 1766.
- Bock I.R., Wheeler M.R. The *Drosophila melanogaster* species Group // Studies Genet. VII. Univ Texas Publ. 1972. №7213. P. 1 – 102.
- Borash D.J., Gibbs A.G., Joshi A., Mueller L.D. A genetic polymorphism maintained by natural selection in temporally varying environment // Amer. Naturalist. 1998. Vol. 151, №2. P. 148 – 156.
- Borash D.J., Teotonio H., Rose M.R., Muller L.D. Density-dependent natural selection in *Drosophila*: Correlation between feeding rate, development time and viability // J. Evol. Biol. 2000. Vol. 13. P. 181 – 187.
- Casares P., Carracedo M.C. Pupation height in *Drosophila*: Sex differences and influence of larval developmental time // Behavior Genetics. 1987. Vol. 17. P. 523 – 535.
- Chippindale A.K., Alipaz J.A., Chen H.W., Rose M.R. Experimental evolution of accelerated development in *Drosophila*. 1. Developmental speed and larval survival // Evolution. 1997. Vol. 51. P. 1536 – 1551.
- Coyne J.A., Bundgaard J., Prout T. Geographic variation of tolerance to environmental stress in *Drosophila subobscura* // Amer. Naturalist. 1983. Vol. 122, №4. P. 474 – 488.
- Crill W.W., Huey R.B., Gilchrist G.W. Within- and between – generation effects of temperature on the morphology and physiology of *Drosophila melanogaster* // Evolution. 1996. Vol. 50. P. 1205 – 1218.
- David J., Clawel M.F. Influence de la temperature sur le nombre le nombre. le pourcentage eclosion et la tail le des oenfs pondus par *D. melanogaster* // Annal. Soc. Entmol. 1968. Vol. 5. P. 161 – 177.
- David J.R., Allemand R., Van Herreweg J., Cohe Y. Ecophysiology: abiotic factors // The Genetics and Biology of *Drosophila* / Eds. M. Ashburner, H.L. Carson, J.N. Thompson. London: Academic Press, 1983. Vol. 3B. P. 106 – 109.
- David J.R., Moretea B., Gautier J.R., Stockel A., Imasheva A.G. Reactions norms of size characters in relation to growth temperature *Drosophila melanogaster*: an isofemale line analysis // Genet. Select. Evol. 1994. Vol. 26. P. 229 – 251.
- De Moed G.H., de Jong G., Scharloo W. Environmental effects on body size variation in *Drosophila melanogaster* and its cellular basis // Genet. Res. 1997. Vol. 70. P. 35 – 43.
- De Moed G.H., de Jong G., Scharloo W. The energetics growth of *Drosophila melanogaster*. Effect of temperature and food conditions // Netherlands J. Zoology. 1999. Vol. 48. P. 169 – 188.

- De Souza H.L., da Cunha A.B., dos Santos E.P.* Adaptive polymorphism of behaviour developed in laboratory population of *Drosophila willistoni* // Amer. Naturalist. 1968. Vol. 102, №928. P. 583 – 585.
- Delpuech J.M., Moreteau B., Chicke J., Pla E., Vouidibio J., David J.R.* Phenotypic plasticity and reaction norms in temperate and tropical population of *Drosophila melanogaster*: ovarion size and development temperature // Evolution. 1995. Vol. 49. P. 670 – 675.
- Eanes W.F.* Analysis of selection on enzyme polymorphism // Annal. Rev. Ecol. Syst. 1999. Vol. 30. P. 301 – 326.
- Ehrman P.* Sexual behaviour // The genetics and biology of *Drosophila* / Eds. M. Ashburner, T.R.F. Wright. New York: Academic Press, 1978. Vol. 2 b. 171 p.
- Fogleman J.C., Markow T.A.* Behavioural differentiation between two species of cactophilic *Drosophila* II Pupation site preference // Southwestern Naturalist. 1982. Vol. 27. P. 315.
- French V., Feast M., Partridge L.* Body size and cell size in *Drosophila*: the developmental responses to temperature // J. Insect. Physiol. 1998. Vol. 44. P. 1081 – 1089.
- Grossfield J.* Non-sexual behaviour of *Drosophila* // The genetics and biology of *Drosophila* / Eds. M. Ashburner, T.R.F. Wright. New York: Academic Press, 1978. Vol. 2 a. 179 p.
- Guo P.Z., Mueller L.D., Ayala F.J.* Evolution of behaviour by density-dependent natural selection // Proc. of the National Academy of Sciences USA. 1991. Vol. 88. P. 10905 – 10906.
- Imasheva A.G., Loeschcke V., Zhivatovsky L.A., Lazebny O.E.* Effects of extreme temperature on phenotypic variation and developmental stability in *Drosophila melanogaster* and *Drosophila buzzatti* // Biol. J. Linn. Soc. 1997. Vol. 6. P. 117 – 126.
- Joshi A.* Laboratory studies of density-dependent selection: Adaptation to crowding in *Drosophila melanogaster* // Current Science. 1997. Vol. 72. P. 555 – 562.
- Joshi A., Mueller L.D.* Directional and stabilizing density-dependent natural selection for pupation height in *Drosophila melanogaster* // Evolution. 1993. Vol. 47. P. 176 – 184.
- Joshi A., Mueller L.D.* Density-dependent natural selection in *Drosophila*: trade-offs between larval food acquisition and utilization // Evol. Ecol. 1996. Vol. 10. P. 463 – 474.
- Joshi A., Mueller L.D.* Adult crowding effects on longevity in *Drosophila melanogaster* increase in age independent mortality // Current Science. 1997. Vol. 72. P. 255 – 260.
- Kaneshiro K.Y., Carson H.L., Clayton F.E., Heed W.B.* Niche separation in pair of homosequential *Drosophila* species from the island of Hawaii // Amer. Naturalist. 1973. Vol. 107, №958. P. 766 – 774.
- Kimura M.T.* Adaptation to temperate climates and evolution of over wintering strategies in the *Drosophila melanogaster* species group // Evolution. 1988. Vol. 42. P. 1288 – 1297.
- Lazebny O.E., Zakharchuk E.B., Imasheva A.G.* Larval density and variation of body size in laboratory lines of *Drosophila melanogaster* // Russian J. of Genetics. 1996. Vol. 32. P. 1010 – 1012.
- Markow T.A.* Survey of intra and inter specific variation for pupation height in *Drosophila* // Behavior Genetics. 1979. Vol. 9. P. 209.
- McKenzie J.A., McKenzie S.W.* Comparative study of resource utilization in natural population *Drosophila melanogaster* and *Drosophila simulans* // Oecologia. 1979. Vol. 40. P. 299 – 309.
- Mensua J.* Some factors affecting pupation height of *Drosophila* // Drosophila Information Service. 1967. Vol. 42. P. 76.
- Mueller L.D.* Density-dependent rates of population growth: estimation in laboratory populations // Amer. Naturalist. 1986. Vol. 128, №2. P. 282 – 293.
- Mueller L.D.* Theoretical and empirical examination of density-dependent selection // Annal. Rev. Ecol. Syst. 1997. Vol. 28. P. 264 – 288.
- Mueller L.D., Sweet V.F.* Density-dependent natural selection in *Drosophila*: evolution of pupation height // Evolution. 1986. Vol. 40. P. 1354 – 1356.

## EFFECT OF TEMPERATURE AND DENSITY ON LARVAL PUPATION

- Mueller L.D., Graves J.L.Jr., Rose M.R. Interaction between density-dependent and age specific selection in *D. melanogaster* // Functional Ecology. 1993. Vol. 7. P. 469 – 479.
- Noach E.J.K., de Jong G., Scharloo W. Phenotypic plasticity in morphological traits in *Drosophila melanogaster* // J. Evol. Biol. 1996. Vol. 9. P. 831 – 844.
- Pandey M.B., Singh B.N. Effect of biotic and abiotic factors on pupation height in four species of *Drosophila* // Ind. J. Exp. Biol. 1993. Vol. 31. P. 912 – 916.
- Parson P.A. Boundary conditions for *Drosophila* resource utilization in temperate regions. Especially at low temperatures // Amer. Naturalist. 1978. Vol. 112, №988. P. 1063 – 1074.
- Partridge L., Barrie B., Fowler K., French V. Evolution and development of body size and cell size in *Drosophila melanogaster* in response to temperature // Evolution. 1995. Vol. 48. P. 126 – 127.
- Prasad N.G., Joshi A. What have two decades of laboratory life-history evolution studies *Drosophila melanogaster* taught us? // J. Genet. 2003. Vol. 82. P. 45 – 76.
- Prasad N.G., Mallikarjun Shkarad, Amit D., Rajamani M., Joshi A. Correlated responses to selection in *Drosophila*: the evolution of larval trait // Evolution. 2001. Vol. 55. P. 1363 – 1372.
- Ramachandra N.B., Ranganath H.A. Estimation of population fitness of parental races *Drosophila nasuta nasuta* and *Drosophila nasuta albomicana* and of the newly evolved Cytoraces I and II // Genome. 1988. Vol. 30. P. 58.
- Ranganath H.A., Gowda L.S., Rajasekarshetty M.R. Competition studies between three sympatric species of *Drosophila* // Entomon. 1985. Vol. 10. P. 249 – 253.
- Ringo J., Wood D. Pupation site selection in *Drosophila simulans* // Behavior Genetics. 1983. Vol. 13. P. 17 – 27.
- Roper C., Pignatelli P., Partridge L. Evolutionary responses of *Drosophila melanogaster* life history to differences in larval density // J. Evol. Biol. 1996. Vol. 9. P. 609 – 622.
- Sameoto D.D., Miller R.S. Selection of pupation site by *Drosophila melanogaster*, *Drosophila simulans* // Ecology. 1968. Vol. 49. P. 177.
- Santos M., Borash D.J., Bounlutay N., Mueller L.D. Density-dependent natural selection in *Drosophila*: evolution of growth rate and body size // Evolution. 1997. Vol. 51. P. 420 – 432.
- Schnebel E.M., Grossfield J. Pupation- temperature range in 12 *Drosophila* species from different ecological backgrounds // Experientia. 1986. Vol. 42. P. 600 – 604.
- Schnebel E.M., Grossfield J. Temperature effects on pupation height response in four *Drosophila* species traits // J. Insect. Physiol. 1992. Vol. 38. P. 727 – 732.
- Shiotsugu J., Leroi A.M., Yashiro H., Rose M.R., Muller L.D. The symmetry of correlated responses in adaptive evolution: An experimental study using *Drosophila* // Evolution. 1997. Vol. 51. P. 163 – 172.
- Shirk P.D., Roberts P.A., Harn C.H. Synthesis and secretion of salivary gland proteins in *Drosophila gibberosa* during larval and prepupal development // Roux's Arch. Dev. Biol. 1988. Vol. 197. P. 66.
- Shivanna N., Siddalinga Murthy G.S., Ramesh S.R. Larval pupation site preference and its relationship to the glue proteins in a few species of *Drosophila* // Genome. 1996. Vol. 39. P. 105 – 111.
- Singh B.N., Pandey M.B. Selection for high and low pupation height in *Drosophila ananassae* // Behavior Genetics. 1993 a. Vol. 23. P. 239.
- Singh B.N., Pandey M.B. Evidence for polygenic control of pupation height in *Drosophila ananassae* // Hereditas. 1993 b. Vol. 119. P. 111.
- Sokal R.R., Ehrlich P., Hunter P., Schlager G. Some factors affecting pupation site in *Drosophila* // Annals of the Entomological Society of America. 1960. Vol. 53. P. 174 – 182.
- Sokolowski M.B., Pereira H.S., Hughes K. Evolution of foraging behaviour in *Drosophila* by density-dependent selection // Proc. of the National Academy of Sciences USA. 1997. Vol. 94. P. 7373 – 7377.

*Spassky B.* Effect of temperature and moisture content of the nutrient medium on the viability of chromosomal types in *Drosophila pseudoobscura* // Amer. Naturalist. 1951. Vol. 85, №822. P. 177 – 180.

*Srivastava T., Singh B.N.* Effect of temperature on oviposition in four species of the *melanogaster* group of *Drosophila* // Rev. Brasil. Biol. 1998. Vol. 58. P. 491 – 495.

*Tonzetich J., Ward C.L.* Interaction effects of temperature and humidity on pupal survival in *Drosophila melanica* // Evolution. 1972. Vol. 27. P. 495 – 504.

*Vandal N.B., Modagi S.A., Shivanna N.* Larval pupation site preference in a few species of *Drosophila* // Indian J. Exp. Biol. 2003. Vol. 41. P. 918 – 920.

*Vandal N.B., Shivanna N.* Effect of water on larval pupation site preference in a few species of *Drosophila* // Drosophila Information Service. 2004. Vol. 87. P. 64 – 66.

*Vandal N.B., Shivanna N.* Studies on larval pupation site preference in a few species of *Drosophila*: Water and Density // Indian Entomol: Health Prod. 2005 a. Vol. 3. P. 323 – 333.

*Vandal N.B., Shivanna N.* Larval path length and patterns influences the pupation site preference in *Drosophila* // Intern. J. Diptero. Res. 2005 b. Vol. 16. P. 217 – 224.

*Vandal N.B., Shivanna N.* Temperature dependent larval pupation site preference in different species of *Drosophila* // Povolzhskiy J. Ecology. 2007. № 2. P. 91 – 105.

*Zwaan B.J., Bijlsma R., Hockstra R.F.* On the developmental theory of ageing. I. Starvation resistance and longevity in *Drosophila melanogaster* in relation to pre-adult breeding conditions // Heredity. 1991. Vol. 66. P. 29 – 39.



УДК 582.261.1(282.256.341.5)

## ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (BACILLARIOPHYTA) ВОДОТОКОВ СРЕДНЕЙ ЧАСТИ БАССЕЙНА р. СЕЛЕНГА (МОНГОЛИЯ)

М.С. Куликовский, В.Г. Девяткин

*Институт биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН  
Россия, 152742, Борок, Некоузский р-н, Ярославская обл.*

Поступила в редакцию 16.01.08 г.

**Центрические диатомовые (Bacillariophyta) водотоков средней части бассейна р. Селенга (Монголия).** – Куликовский М.С., Девяткин В.Г. – В р. Селенга и ее притоках выявлено 13 видовых и внутривидовых таксонов центрических диатомовых водорослей. Для флоры Монголии впервые приводятся *Stephanodiscus makarovae* и *Cyclotella atomus* var. *gracilis*. Показано сходство флоры центрических водорослей изученных водотоков с реками Азии и озерами Монголии, за исключением оз. Хубсугул. Рассчитаны показатели встречаемости отмеченных таксонов. Приведен эколого-географический анализ выявленной флоры.

*Ключевые слова:* центрические диатомовые, флора, бассейн р. Селенга, Монголия.

**Centric diatoms (Bacillariophyta) in watercourses of Selenga river basin.** – Kulikovski M.S., Devyatkin V.G. – 13 species of centric diatoms have been discovered in the Selenga river and its watercourses. *Stephanodiscus makarovae* and *Cyclotella atomus* var. *gracilis* are new species for the diatom flora of Mongolia. The centric diatom flora of the Selenga river watercourses is similar to that of other Asian rivers and Mongolian lakes with the exception of Hovsogol Lake. Data on the species occurrence frequency have been calculated. The flora revealed is analyzed ecologically and geographically.

*Key words:* centric diatoms, flora, Selenga river basin, Mongolia.

### ВВЕДЕНИЕ

Бассейн р. Селенга общей площадью 447 тыс. км<sup>2</sup> расположен в гористой центральной части Азиатского материка в пределах двух стран – России и Монголии. Территория бассейна реки в Монголии составляет 299 тыс. км<sup>2</sup> (67%). Главный приток Селенги – р. Орхон. Основной приток Орхона р. Туул, на которой расположена столица Монголии г. Улан-Батор, начинается на Хэнтэе. Однако самым многоводным притоком является р. Ероо, берущая начало в возвышенной части хребта Бага-Хэнтэй. Территория бассейна р. Селенга – наиболее индустриально развитый район Монголии, наибольшей концентрацией населения в котором отличаются города Улан-Батор, Дархан и Эрдэнэт (Экосистемы..., 2005).

Изучение экосистем бассейна р. Селенга представляет большой интерес, поскольку она является крупнейшей рекой Монголии и основной водной артерией, поставляющей водные массы в оз. Байкал. Для рационального природопользования необходимы сведения как об отдельных компонентах, так и об экосистемах в целом (Экосистемы..., 2005). В то же время хорошо известно, что диатомовые водоросли являются прекрасными индикаторами экологического состояния водных экосистем (Баринава и др., 2006; Stoermer, Smol, 1999), изучение флоры которых – основа при дальнейших мониторинговых изысканиях.

Флора диатомовых Монголии изучается более столетия, однако основное внимание исследователей приковано, как в прошлом, так и в настоящем, к уникальному оз. Хубсугул (Дорогостайский, 1904; Кожова и др., 1977; Воробьева, 2004; Генкал и др., 2005; Ostenfeld, 1907; Oestrup, 1908; Fedotov et al., 2003; Edlund et al., 2003, 2006) и другим озерам региона (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002). Альгофлора рек Монголии до сих пор изучена недостаточно (Улзийхутаг, Цэцэгмаа, 1980; Загоренко, 1983; Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002; Soninkhishig et al., 1999; Edlund et al., 2001).

Цель работы – изучение видового состава центрических диатомовых в водах бассейна р. Селенга и эколого-географический анализ выявленной флоры.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом послужили пробы планктона, бентоса и обрастаний (26), отобранные В.Г. Девяткиным по программе совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции РАН и АНМ в конце июля – августе 2001 – 2002 гг. из рек Селенга, Орхон и притоков последнего – Ероо, Хуитни, Туул, а также водотока, в который поступают стоки г. Эрдэнэт (рис. 1).

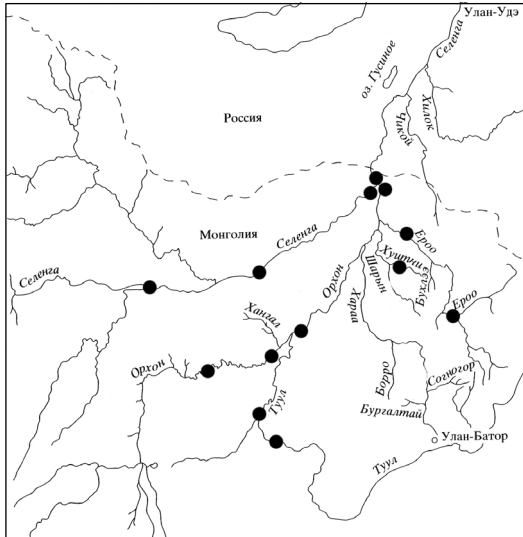


Рис. 1. Карта-схема рек бассейна р. Селенга и пунктов отбора проб (отмечены точками)

Для освобождения клеток от органической части использовали хромовую смесь, после чего остаток промывали в дистиллированной воде с использованием мембранных фильтров (Девяткин, 1993). Препараты водорослей исследовали с помощью сканирующего (LEO) электронного микроскопа.

В работе использована классификация, разработанная З.И. Глезер и др. (1988).

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Класс *Centrophyceae*

Порядок *Thalassiosirales*

Семейство *Thalassiosiraceae* Lebour emend. Hasle

Род *Thalassiosira* Cl.

*T. weissflogii* (Grun.) G. Fryxell et Hasle (рис. 2, 1). Створки 13.4 – 14.8 мкм в диаметре, краевых выростов с опорами 12 – 14 в 10 мкм.

Пресноводно-солонатоводный вид, широко-бореальный и нотальный.

## ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (BACILLARIOPHYTA)

Семейство *Stephanodiscaceae* Makar.

Род *Stephanodiscus* Ehr.

*S. hantzschii* Grun. (рис. 2, 2).  
Створки 12.5 – 14.6 мкм в диаметре,  
штрихов 8 – 10 в 10 мкм.

Широко распространенный пресноводный и слегка солоноватоводный вид, обычен в эвтрофных водоемах, алкалифил.

*S. invisitatus* Hohn et Hellerm. (рис. 2, 3). Створки 10.3 – 12.8 мкм в диаметре, штрихов 12 в 10 мкм.

Широко распространенный эвригалинный вид в олиго- и мезотрофных водоемах.

*S. makarovae* Genkal (рис. 2, 4).  
Створка 6.9 мкм в диаметре, штрихов 20 в 10 мкм.

Широко распространенный в Евразии вид в олиго- до эвтрофных водоемах.

*S. minutulus* (Kütz.) Cl. et Möll. (рис. 3, 1). Створки 6.3 – 7.7 мкм в диаметре, штрихов 15 – 16 в 10 мкм.

Пресноводный широко распространенный вид в олиго- и мезотрофных водоемах.

Род *Cyclostephanos* Round

*C. dubius* (Fricke) Round (рис. 3, 2).  
Створки 12.3 – 22 мкм в диаметре,  
штрихов 8 – 14 в 10 мкм.

Широко распространенный вид в водоемах различного типа.

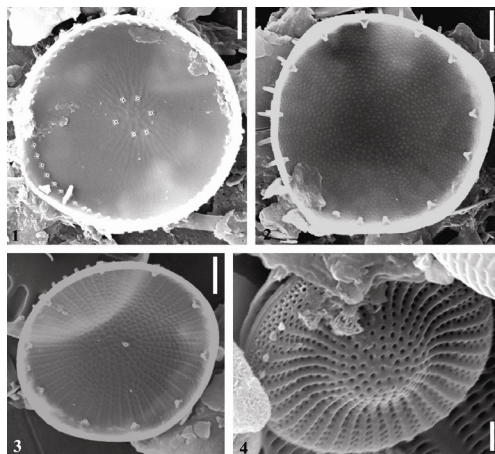
Род *Cyclotella* Kütz.

*C. atomus* Hust. var. *atomus* (рис. 3, 3). Створка 5 мкм в диаметре, штрихов 20 в 10 мкм.

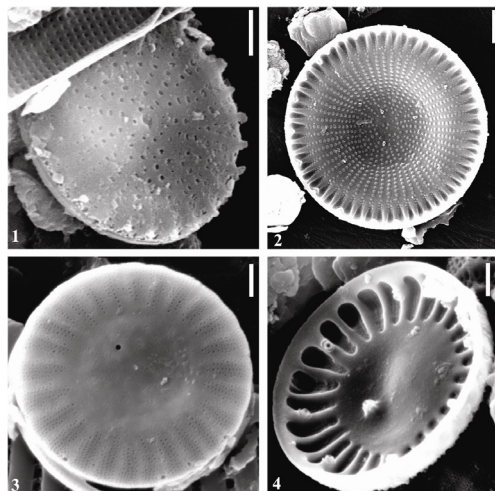
Космополит, галофил.

*C. atomus* var. *gracilis* Genkal et Kiss (рис. 3, 4). Створки 5.7 – 6.4 мкм в диаметре, штрихов 16 в 10 мкм.

Встречается вместе с типовой разновидностью.



**Рис. 2.** Электронные микрофотографии створок: 1 – *Thalassiosira weisflogii*, 2 – *Stephanodiscus hantzschii*, 3 – *S. invisitatus*, 4 – *S. makarovae*; 1 – 3 – створки с внутренней поверхности, 4 – створка с наружной поверхности. Масштаб, мкм: 1, 3 – 2; 2 – 3; 4 – 1

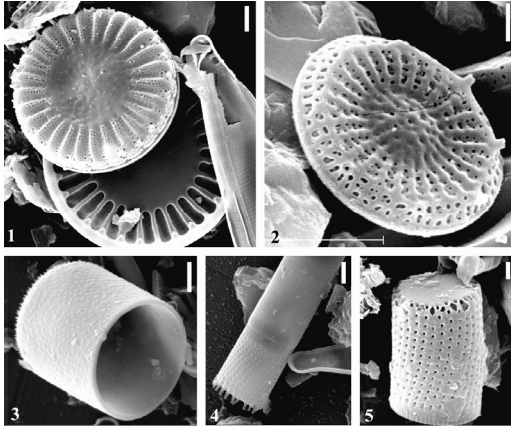


**Рис. 3.** Электронные микрофотографии створок: 1 – *Stephanodiscus minutulus*, 2 – *Cyclostephanos dubius*, 3 – *Cyclotella atomus* var. *atomus*, 4 – *C. atomus* var. *gracilis*; 1, 3 – створки с наружной поверхности, 2, 4 – створки с внутренней поверхности. Масштаб, мкм: 1, 3, 4 – 1; 2 – 3

*C. meneghiniana* Kütz. (рис. 4, 1). Створки 11.1 – 20 мкм в диаметре, штрихов 6 – 10 в 10 мкм.

Широко распространенный вид в водоемах всех типов, галофил.

*C. pseudostelligera* Cl. et Grun. (рис. 4, 2). Створки 8.3 – 9.5 мкм в диаметре, штрихов 16 – 18 в 10 мкм.



Пресноводный широко распространенный, преимущественно литоральный вид.

Порядок Melosirales  
Семейство Melosiraceae Kütz.

Род *Melosira* Ag.

*Melosira varians* Ag. (рис. 4, 3).  
Створки 22.8 – 28.6 мкм в диаметре, высотой 3.2 – 9 мкм.

Пресноводный, в эвтрофных озерах вид, галофил, алкалофил, мезосапроб, космополит.

**Рис. 4.** Электронные микрофотографии створок: 1 – *Cyclotella meneghiniana*, 2 – *C. pseudostelligera*, 3 – *Melosira varians*, 4 – *Aulacoseira alpigena*, 5 – *A. ambigua*. Створки с наружной поверхности.

Масштаб, мкм: 1, 4 – 2; 2, 5 – 1; 3 – 3

Семейство *Aulacoseiraceae* Moiss.

Род *Aulacoseira* Thw.

*Aulacoseira alpigena* (Grun.)  
Krammer (рис. 4, 4). Створка 4.7 мкм  
в диаметре, 5.6 мкм высотой, рядов

ареол 24 в 10 мкм, ареол в ряду 26 в 10 мкм.

Редкий пресноводный вид. В олиготрофных северо-альпийских водоемах.

*A. ambigua* (Grun.) Sim. (рис. 4, 5). Створки 5.3 – 6.3 мкм в диаметре, 3.8 – 7 мкм высотой, рядов ареол 20 – 24 в 10 мкм, ареол 22 – 32 в ряду в 10 мкм.

Широко распространенный вид, преимущественно в мезотрофных и слабо эвтрофных водоемах.

## ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В изученных водотоках бассейна р. Селенга (Монголия) выявлено 13 видовых и внутривидовых таксонов центрических диатомовых, относящихся к двум порядкам, 4 семействам, 6 родам. Порядок *Thalassiosirales* представлен семействами *Thalassiosiraceae*, родом *Thalassiosira* с одним видом и *Stephanodiscaceae* с тремя родами – *Cyclostephanos*, *Stephanodiscus*, *Cyclotella*. Именно в последних двух родах выявлено наибольшее количество видов центрических диатомей – по 4. Порядок *Melosirales* включает семейство *Melosiraceae*, род *Melosira* с одним видом и семейство *Aulacoseiraceae*, род *Aulacoseira* с двумя видами.

В целом нами выявлено около четверти уже известных для флоры центрических диатомей Монголии видов (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002; Генкал и др., 2005; Edlund et al., 2001). Впервые в этом регионе нами отмечены *Stephanodiscus makarovaе* и *Cyclotella atomus* var. *gracilis*. Для *Thalassiosira weissflogii* и *Stephano-*

*discus invisitatus* это второе местонахождение в Монголии (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002; Генкал и др., 2005). Значительно более распространены *Aulacoseira ambigua*, *Cyclotephanos dubius*, *Cyclotella meneghiniana*, *Melosira varians*, *Stephanodiscus minutulus* (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002).

В монгольских водотоках выявлено относительно высокое разнообразие центральных диатомовых водорослей, сопоставимое с данными других авторов по рекам Азии. Так, для р. Серебрянка и ее 32 притоков (Дальний Восток) Л.А. Медведева (1994) приводит 13 таксонов центральных диатомовых. В более чем 50 техногенных водотоках Колымского нагорья выявлено 16 таксонов водорослей (Харитонов, 2001). В Средней Оби зафиксировано 14 видов (Науменко, 1985), ее притоках реках Тым – 4 и Чая – 7 (Науменко, 1994); р. Тобол (приток Иртыша) – 12 (Науменко, 1988); в российской части р. Тес-Хем, протекающей также и в Монголии, обнаружено 3 вида центральных диатомей (Науменко, 1999).

В то же время в сравнительном анализе по различным группам экосистем количество центральных диатомей в изученных водотоках сопоставимо с таковым в озерах Монголии с близким к рекам видовым составом (Дулмаа, 1967; Дулмаа и др., 1969, 1979; Цогт, 1970; Дулмаа, Нансалмаа, 1974, 1983; Тугарина, Дулмаа, 1974; Дорофеюк, 1978, 1984, 1985, 1988, 1992; Бульон и др., 1983; Туяа, 1985; Дорофеюк, Тарасов, 1998; Науменко, 1998; Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002; Edlund et al., 2001; Sonikhisig, Edlund, 2001), за исключением оз. Хубсугул. Древний, олиготрофный водоем Хубсугул с уникальной планктонной флорой диатомовых отличается от других менее глубоких с повышенной минерализацией озер составом видов и родов центральных (Edlund et al., 2003, 2006). В этом водоеме разнообразный состав видов из родов *Aulacoseira*, *Cyclotella*, *Ellerbeckia*, отмечены в нем и байкальские эндемики (Кожова и др., 1977; Воробьева, 2004; Генкал и др., 2005; Fedotov et al., 2003; Edlund et al., 2006).

Другим типом экосистем являются сфагновые болота. Однако олиготрофные болота практически не представлены для аридной территории региона (Ecosystems of Mongolia..., 2005; Minayeva et al., 2005). К настоящему времени нами изучена флора центральных диатомовых лишь одного сфагнового болота «Нур». В этой экосистеме отмечен разнообразный и многочисленный состав центральных диатомовых (24 таксона) со значительным количеством редких видов, характерных для олиготрофных водоемов. Ранее на примере сравнительного анализа разнотипных экосистем Приволжской возвышенности (Русская равнина) было показано, что особые условия среды позволяют существовать в болотах большому количеству форм водорослей, не отмеченных в водоемах и водотоках (Куликовский, 2007).

Исследованные нами водотоки Монголии различаются количеством выявленных таксонов центральных диатомей (таблица). Наибольшее количество видов обнаружено в реках Туул и Селенга – 10 и 8 соответственно, значительно меньше – в р. Ероо – 5, р. Орхон – 3, стоках г. Эрдэнэт – 2, р. Хуитни – 1. Различия в количестве отмеченных видов отражают недостаточную изученность флоры исследованных водотоков, но также характеризуют разнообразие самих этих экосистем. Больше количество центральных диатомовых зафиксировано в сравнительно крупных реках Туул и Селенга, тогда как в небольших реках и сильно загрязнен-

ном антропогенном водотоке, таком как стоки г. Эрдэнэт, количество центрических диатомей уменьшается. Интересной находкой является *Aulacoseira alpigena*, зафиксированная только в р. Туул. Известно, что этот сравнительно редкий вид развивается в массе в олиготрофных, северных водоемах (Houk, 2003), а его вегетирование в одном из монгольских водотоков наряду с широко распространенными эвтрофными видами свидетельствует о большом разнообразии условий именно в этой экосистеме.

Видовой состав и эколого-географическая приуроченность центрических диатомовых водотоков бассейна р. Селенга (Монголия)

Виды	Экологические группы			Географическая характеристика	Водотоки					
	По сапробиости	По галобности	По ацидофильности		Ероо	Орхон	Туул	Хуигни	Селенга	Стоки г. Эрдэнэт
<i>Aulacoseira alpigena</i>	o	i	i	k			+			
<i>A. ambigua</i>	a-β	i	al	k	+		+			
<i>Cyclostephanos dubius</i>	o-β	i	al	b			+		+	
<i>Cyclotella atomus</i> var. <i>atomus</i>	a	hl	al	k					+	
<i>C. atomus</i> var. <i>gracilis</i>	a	hl	al	b			+			
<i>C. meneghiniana</i>	a-β	hl	al	k		+	+		+	+
<i>C. pseudostelligera</i>	β-o	i	i	k		+	+		+	+
<i>Melosira varians</i>	β	hl	al	k	+		+	+		
<i>Stephanodiscus hantzschii</i>	a	i	al	k	+	+	+		+	
<i>S. invisitatus</i>	—	i	al	k	+		+		+	
<i>S. makarovae</i>	—	i	al	b	+					
<i>S. minutulus</i>	a	i	al	b					+	
<i>Thalassiosira weissflogii</i>	a	hl	al	b			+		+	

*Примечание.* Экологические группы по сапробиости: o – олигосапробионт, o-β – олиго-бетамезосапробионт, β-o – бета-олигосапробионт, β – бетамезосапробионт, a-β – альфа-бетамезосапробионт, a – альфамезосапробионт, «—» – нет данных; по галобности: i – индифферент, hl – галлофил; по ацидофильности: al – алкалофил, i – индифферент. Географическая характеристика: b – бореальный, k – космополит.

Такие виды, как *Stephanodiscus hantzschii*, *Cyclotella meneghiniana*, *Cyclotella pseudostelligera* выявлены в наибольшем количестве рек – 4. В трех реках обнаружены *Stephanodiscus invisitatus* и *Melosira varians*, в двух – *Aulacoseira ambigua*, *Thalassiosira weissflogii*, *Cyclostephanos dubius*, в одной – *Stephanodiscus makarovae*, *S. minutulus*, *Cyclotella atomus* var. *atomus* et var. *gracilis*, *Aulacoseira alpigena* (см. таблицу).

Существенной характеристикой пространственного и временного распределения видов является их встречаемость, позволяющая судить о степени участия различных групп водорослей в формировании биологического разнообразия альгоценозов (Девяткин, Митропольская, 2002). Выявленные нами виды центрических диатомовых различаются по частоте встречаемости в пробах из изученных водотоков (рис. 5). Наибольшие значения этого показателя характерны для видов

## ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (BACILLARIOPHYTA)

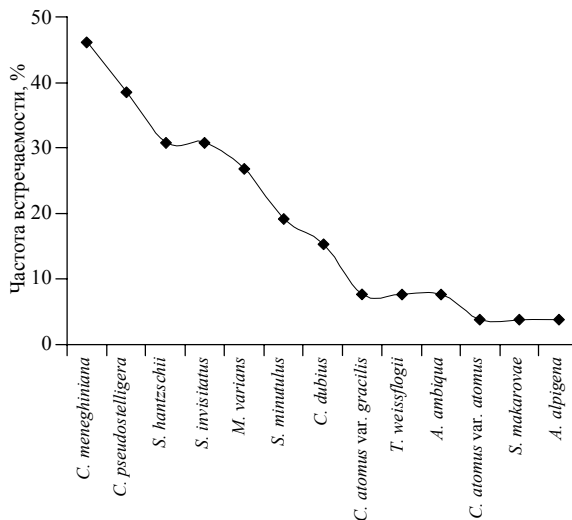
*Cyclotella* (*C. meneghiniana* и *C. pseudostelligera* 46 и 38% соответственно). Группу с частотой встречаемости > 30% составляют *Stephanodiscus hantzschii* и *S. invisitatus*; в группе с частотой от 10 до 30% отмечены 3 вида – *Melosira varians*, *Stephanodiscus minutulus* и *Cycllostephanos dubius*. Для оставшихся 6 таксонов частота встречаемости оказалась < 10% (см. рис. 5).

Рассматривая экологическую приуроченность выявленных видов центрических диатомовых, следует отметить, что по отношению к сапробности все они относятся к лимносაპробной категории вод (см. таблицу). Олигосапробы (включая олиго-бетамезосапробы) представлены двумя видами (15% от общего числа таксонов). Бетамезосапробы (включая бета-олигосапробы) также представлены двумя видами. Наибольшую группу составляют альфамезосапробы (включая альфа-бетамезосапробы) – 6 видов (46%) (см. таблицу).

Преобладание видов, являющихся показателями высокой сапробности в водотоках, свидетельствует об органическом загрязнении этих экосистем. Это связано с особенностями водотоков в аридной зоне, а также интенсивной хозяйственной деятельностью в этом регионе (Бульон, 1985; Экосистемы..., 2005; Soninkhishig et al., 1999). По данным авторов, проводивших исследования р. Селенга и ее притоков, монгольские реки характеризуются малой прозрачностью, а по результатам измерения первичной продукции фитопланктона в соответствии с существующей классификацией (Бульон, 1994) находились в границах мезотрофного и эвтрофного класса вод (Копылов и др., 2006). А.И. Копылов и Э. Амгаабазар (2004) установили также, что в исследованные реки поступает значительное количество аллохтонного органического вещества. Полученные нами данные подтверждают эти наблюдения: на основе сапробиологической оценки условия в исследованных водотоках соответствуют III и IV классу чистоты воды (Баринаова, Медведева, 1996).

По отношению к галобности выявленные диатомовые относятся к индифферентам (62%) и галофилам (38%) (см. таблицу), свидетельствуя о слегка повышенной минерализации в изученных реках (Прошкина-Лавренко, 1953).

По отношению к pH в реках доминируют алкалофилы (85%), показывая щелочные условия воды, индифференты немногочисленны (15%) (см. таблицу).



**Рис. 5.** Распределение видов по частоте встречаемости в пробах из изученных водотоков бассейна р. Селенга

По географической характеристике космополиты представлены 62%, бореальные 38% (см. таблицу). Все выявленные виды широко распространены в водоемах и водотоках Евразии (Макарова, 1988; Диатомовые..., 1992; Генкал, 1997, 2007; Krammer, Lange-Bertalot, 1991; Denys, 1991; Genkal, Kiss, 1993). В целом флора центрических, как и пеннатных, диатомовых водоемов и водотоков Монголии (за исключением оз. Хубсугул) характеризуется невысокой степенью эндемизма (Дорофеюк, Цэцэгмаа, 2002; Edlund et al., 2001), что отличает территорию этого региона от флор диатомовых островных экосистем, территорий Арктики, Антарктики и тропических широт (Metzeltin, Lange-Bertalot, 1998, 2002, 2007; Lange-Bertalot, Genkal, 1999; Van de Vijver et al., 2002; Lange-Bertalot et al., 2003).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Из 13 таксонов центрических диатомовых водорослей, обнаруженных в водотоках бассейна Селенги, приведены 4 редких для Монголии вида, два из которых – новые для флоры этой страны. Количество видов центрических диатомей, вегетирующих в изученных экосистемах Монголии, сопоставимо по числу и видовой представленности таксонов, обитающих в других реках Азии. Состав центрических водорослей в реках региона сопоставим с таковым для типичных озер этой страны, но отличается от уникального древнего оз. Хубсугул и горного сфагнового болота Нур.

Наибольшее количество видов зафиксировано в р. Селенга и её притоке р. Орхон-Туул. Наиболее высокие показатели встречаемости отмечены для *Cyclotella meneghiniana* и *C. pseudostelligera*.

Флора центрических диатомей водотоков Монголии слагается мезосапробными таксонами, индифферентными по отношению к галобности, с высоким процентом галофилов, алкалифильными видами. Все выявленные виды широко распространены в Евразии, космополиты или с бореальным ареалом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Баринаова С.С., Медведева Л.А. Атлас водорослей-индикаторов сапробности. Владивосток: Дальнаука, 1996. 364 с.
- Баринаова С.С., Медведева Л.А., Анисимова О.В. Биоразнообразие водорослей-индикаторов окружающей среды. Тель-Авив: Pilies Studio, 2006. 498 с.
- Бульон В.В. Лимнологические очерки Монголии. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1985. 1991 с.
- Бульон В.В. Закономерности первичной продукции в лимнических экосистемах. СПб.: Наука, 1994. 222 с.
- Бульон В.В., Никулина В.Н., Степанова Л.А., Цалолыхин С.Я., Цэревосамбуу С. Экосистемы водоемов Центрально-Азиатского бассейна // Рыбы Монгольской Народной Республики: Условия обитания, систематика, морфология, зоогеография. М.: Наука, 1983. С. 69 – 101.
- Воробьева С.С. Диатомовые комплексы в осадках озера Хубсугул // Живые клетки диатомей: Тез. Междунар. симп. / Ин-т географии РАН. Иркутск, 2004. С. 106 – 107.
- Генкал С.И. Сравнительный морфологический и экологический анализы двух видов рода *Stephanodiscus* (Bacillariophyta) // Ботан. журн. 1997. Т. 82, № 5. С. 28 – 33.
- Генкал С.И. Морфология, таксономия, экология и распространение мелкокоразмерных видов *Stephanodiscus* (Bacillariophyta). 2. *S. makarovae* // Ботан. журн. 2007. Т. 92, № 2. С. 241 – 248.



## ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (BACILLARIOPHYTA)

*Генкал С.И., Поповская Г.И., Белых О.И., Фирсова А.Д.* Новые и интересные диатомовые водоросли в планктоне озера Хубсугул: Centrophyceae // Биология внутренних вод. 2005. № 4. С. 3 – 8.

*Глезер З.И., Караева Н.И., Макарова И.В., Моисеева А.И., Николаев В.А.* Классификация диатомовых водорослей // Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. Т. II, вып. 1. С. 31 – 35.

*Десяткин В.Г.* Использование мембранных фильтров для отмывания препаратов микроводорослей // Альгология. 1993. Т. 3, № 3. С. 83 – 85.

*Десяткин В.Г., Митропольская И.В.* Встречаемость видов водорослей как показатель биологического разнообразия альгоценозов // Динамика разнообразия гидробионтов во внутренних водоемах России. Ярославль: Изд-во Ярослав. гос. техн. ун-та, 2002. С. 5 – 22.

Диатомовые водоросли СССР (ископаемые и современные). СПб.: Наука, 1992. Т. II, вып. 2. 125 с.

*Дорогостайский В.Ч.* Материалы по альгологии оз. Байкал и его бассейна // Изв. Вост.-Сиб. отд-ния Рус. географ. о-ва. 1904. Т. 35, вып. 3. С. 1 – 44.

*Дорофеюк Н.И.* Диатомовые водоросли отложений озера Буйр-Нур (МНР) // География и динамика растительного и животного мира МНР. М.: Наука, 1978. С. 142 – 148.

*Дорофеюк Н.И.* Диатомовые водоросли донных отложений озера Тэрхийн-Цаган-Нур (МНР) // Ботан. журн. 1984. Т. 69, № 9. С. 1243 – 1249.

*Дорофеюк Н.И.* Диатомовые водоросли донных осадков озера Ачит (МНР) // Новости систематики низших растений. 1985. Т. 22. С. 37 – 46.

*Дорофеюк Н.И.* Палеогеография голоцена Монгольской Народной Республики по данным диатомового анализа донных отложений озер // Природные условия, растительный покров и животный мир Монголии. Пушино: Науч. центр биол. исслед., 1988. С. 61 – 82.

*Дорофеюк Н.И.* Вековые изменения танатоценозов озер и реконструкция условий их формирования // Экология и природопользование в Монголии / Пушинский науч. центр РАН. Пушино, 1992. С. 151 – 167.

*Дорофеюк Н.И., Тарасов П.Е.* Растительность и уровни озер севера Монголии за последние 12 500 лет по данным палинологического и диатомового анализов // Стратиграфия. Геол. корреляция. 1998. Т. 6, № 1. С. 93 – 107.

*Дорофеюк Н.И., Цэцэгмаа Д.* Конспект флоры водорослей Монголии. М.: Наука, 2002. 285 с.

*Дулмаа А.* Сезонная динамика планктона оз. Буйр // Вестн. АН МНР. 1967. № 4. С. 13 – 30.

*Дулмаа А., Нансалмаа Б.* К гидробиологии некоторых алтайских озер // Тр. Ин-та биологии АН МНР. 1974. № 8. С. 112 – 129.

*Дулмаа А., Нансалмаа Б.* Оз. Угий // Рыбы Монгольской Народной Республики. Условия обитания, систематика, морфология, зоогеография. М.: Наука, 1983. С. 60 – 65.

*Дулмаа А., Нансалмаа Б., Цогт У.* Сезонная динамика планктона озера Угий // Тр. Ин-та биологии АН МНР. 1969. № 3. С. 58 – 83.

*Дулмаа А., Улзийхутаг Н., Туяа Ц.* Результаты исследований планктонных водорослей Монголии // Тр. Ин-та ботаники АН МНР. 1979. № 5. С. 146 – 158.

*Загоренко Г.Ф.* Река Селенга // Рыбы Монгольской Народной Республики: Условия обитания, систематика, морфология, зоогеография. М.: Наука, 1983. С. 45 – 60.

*Копылов А.И., Амгаабазар Э.* Гетеротрофная активность бактериопланктона в реке Селенга и ее притоках на территории Монголии // Биология внутренних вод. 2004. № 4. С. 39 – 42.

*Копылов А.И., Мыльникова А.П., Амгаабазар Э.* Гетеротрофные флагеллаты в реках и озерах Монголии: видовой состав, численность, биомасса и продукция // Биология внутренних вод. 2006. № 1. С. 57 – 66.

*Кожова О.М., Загоренко Г.Ф., Ладейщикова Е.Н.* Особенности фитопланктона оз. Хубсугул в межгодовом и сезонном аспектах // Гидробиол. журн. 1977. Т. 13, № 5. С. 77 – 82.

- Куликовский М.С. Диатомовые водоросли некоторых сфагновых болот Европейской части России: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 2007. 24 с.
- Макарова И.В. Диатомовые водоросли морей СССР: род *Thalassiosira* Cl. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1988. 117 с.
- Медведева Л.А. Диатомовые водоросли бассейна реки Серебрянки (Сихотэ-Алинский заповедник) // Ботан. журн. 1994. Т. 79, № 3. С. 46 – 56.
- Науменко Ю.В. Структура фитопланктона Средней Оби // Ботан. журн. 1985. Т. 70, № 10. С. 1381 – 1385.
- Науменко Ю.В. Видовой состав фитопланктона нижнего течения реки Тобол // Ботан. журн. 1988. Т. 73, № 8. С. 1103 – 1105.
- Науменко Ю.В. Водоросли рек Тым и Чая (бассейн реки Оби) // Ботан. журн. 1994. Т. 79, № 11. С. 24 – 29.
- Науменко Ю.В. Альгофлора озера Убсу-Нур (Тува, Россия) // Проблемы ботаники на рубеже XX – XXI вв.: Тез. докл. II (X) съезда Рус. ботан. о-ва / Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова РАН. СПб., 1998. Т. 2. С. 110 – 111.
- Науменко Ю.В. Водоросли реки Тес-Хем (Тува, Россия) // Ботан. журн. 1999. Т. 84, № 2. С. 54 – 59.
- Прошкина-Лавренко А.И. Диатомовые водоросли – показатели солености воды // Диатомовый сборник. Л.: Изд-во ЛГУ, 1953. С. 186 – 205.
- Тугарина П.Я., Дулмаа А. Материалы к экологии и систематике алтайских османов (*Oreoleuciscus* Warp.) из некоторых водоемов Западной Монголии // Шинжлэх ухааны академийн мэдээ. 1974. № 1. С. 97 – 114.
- Туяа Ц. Их нууруудын хотгорын зарим томоохон нуурын планктон замаг // Тр. Ин-та общ. и эксперим. биологии АН МНР. 1985. № 16. С. 54 – 64.
- Улзийхутаг Н., Цэцэгмаа Д. Краткий конспект водорослей Монголии // Тр. Ин-та ботаники АН МНР. 1980. № 6. С. 145 – 192.
- Харитонов В.Г. Диатомовые (Bacillariophyta) техногенных водотоков Колымского нагорья // Ботан. журн. 2001. Т. 86, № 10. С. 34 – 41.
- Цогт У. Фитопланктон озер Монголии // Вестн. АН МНР. 1970. Вып. 2. С. 40 – 53.
- Экосистемы бассейна Селенги. М.: Наука, 2005. 359 с.
- Denys L. A check-list of the diatoms in the Holocene deposits of the western Belgian coastal plain with a survey of their apparent ecological requirements. II. *Centrales*. Belgium, 1991. 92 p.
- Ecosystems of Mongolia. Atlas / Eds. P.D. Gunin, E.A. Vostokova. Moscow, 2005. 48 p.
- Edlund M.B., Soninkhishig N., Williams R.M., Stoermer E.F. Biodiversity of Mongolia: Checklist of diatoms, including new distributional reports of 31 taxa // Nova Hedwigia. 2001. Vol. 72, № 1/2. P. 59 – 90.
- Edlund M.B., Williams R.M., Soninkhishig N. The planktonic diatom diversity of ancient Lake Hovsgol, Mongolia // Phycologia. 2003. Vol. 42, № 3. P. 232 – 260.
- Edlund M.B., Soninkhishig N., Stoermer F. The Diatom (*Bacillariophyceae*) flora of Lake Hövsgöl National Park, Mongolia // The Geology, Biodiversity and Ecology of Lake Hövsgöl (Mongolia). Leiden, 2006. P. 145 – 177.
- Fedotov A.P., Semenov M.Yu., Osipov E.Yu., Vorobyouva S.S., Golobokova L.P. Evidence of Lake Khubsugul Volume decrease due to climate aridization in upper Pleistocene // Berliner Paläobiol. Abhandlungen. 2003. Vol. 4. P. 89 – 95.
- Genkal S.I., Kiss K.T. Morphological variability of the diatom *Cyclotella atomus* Hustedt var. *atomus* and *C. atomus* var. *gracilis* var. nov. // Hydrobiologia. 1993. № 269/270. P. 39 – 47.
- Houk V. Atlas of freshwater centric diatoms with brief key and descriptions. Part I. Melosiraceae, Orthosiraecae, Paraliaecae and Aulacoseiraceae. Praha, 2003. 27 p.

## ЦЕНТРИЧЕСКИЕ ДИАТОМОВЫЕ (BACILLARIOPHYTA)

*Krammer K., Lange-Bertalot H.* Bacillariophyceae 3. Teil: Centrales, Fragilariaceae, Eunotiaceae // Süßwasserflora von Mitteleuropa. Stuttgart-Jena, 1991. Bd 2/3. 576 s.

*Lange-Bertalot H., Genkal S.I.* Diatoms from Siberia. I. Islands in the Arctic Ocean (Yugorsky-Shar Strait) // Iconographia Diatomologica. 1999. Vol. 6. 304 p.

*Lange-Bertalot H., Cavacini P., Tagliaventi N., Alfinito S.* Diatoms of Sardinia. Rare and 76 new species in rock pools and other ephemeral waters // Iconographia Diatomologica. 2003. Vol. 12. 438 p.

*Metzeltin D., Lange-Bertalot H.* Tropical Diatoms of South America. I. About 700 predominantly rarely known or new taxa representative of the neotropical flora // Iconographia Diatomologica. 1998. Vol. 5. 695 p.

*Metzeltin D., Lange-Bertalot H.* Diatoms from the "Island Continent" Madagascar // Iconographia Diatomologica. 2002. Vol. 11. 286 p.

*Metzeltin D., Lange-Bertalot H.* Tropical Diatoms of South America. II. Special remarks on biogeographic disjunction // Iconographia Diatomologica. 2007. Vol. 18. 877 p.

*Minayeva T., Sirin A., Dorofeyuk N., Smagin V.* Mongolian mires: from taiga to desert // Stafia 85, zugleich Kataloge der OÖ. Landesmuseen Neue Serie 35, 2005. P. 335 – 352.

*Oestrup E.* Beiträge zur Kenntniss der Diatomeenflora des Kossogolbeckens in der nordwestlichen Mongolei // Hedwigia. 1908. Bd. 48. S. 74 – 102.

*Ostenfeld C.H.* Beiträge zur Kenntnis der Algenflora des Kossogol-Beckens in der nordwestlichen Mongolei, mit spezieller Berücksichtigung des Phytoplanktons // Hedwigia. 1907. Bd. 46. S. 365 – 420.

*Vijver B. van de, Frenot Y., Beyens L.* Freshwater diatoms from Ile de la Possession (Crozet Archipelago, Subantarctica) // Bibliotheca Diatomologica. 2002. Bd. 46. 208 p.

*Soninkhishig N., Edlund M.B.* Diatom flora of Buir Nuur and use them as a water quality indicators // Дорнод монголын экосистем. Улаанбаатар, 2001. С. 103 – 122.

*Soninkhishig N., Jamsran Ts., Edlund M.B.* Diatoms (Bacillariophyceae) of the Tuul River and their use as water quality indicators // МУИС. Эрдэм шинжилгээний бичиг. Биологи. Улаанбаатар, 1999. № 9 (146). С. 296 – 313.

*Stoermer E.F., Smol J.P.* Applications and used of diatoms: prologue // The Diatoms: Applications for the environmental and earth sciences. Cambridge, 1999. P. 3 – 11.

УДК [597.851:576.895.1](571.56)

**ГЕЛЬМИНТОФАУНА СИБИРСКОЙ ЛЯГУШКИ  
(*RANA AMURENSIS* BOULENGER, 1886) ЯКУТИИ,  
ЕЁ ПОЛОВОЗРАСТНАЯ И СЕЗОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ**

**В.А. Однокурцев, В.Т. Седалищев**

*Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН  
Россия, 677980, Якутск, просп. Ленина, 41  
E-mail: anufry@ibpc.ysn.ru*

Поступила в редакцию 18.02.08 г.

**Гельминтофауна сибирской лягушки (*Rana amurensis* Boulenger, 1886) Якутии, её половозрастная и сезонная изменчивость.** – Однокурцев В.А., Седалищев В.Т. – Приводятся материалы по гельминтофауне сибирской лягушки (*Rana amurensis*). Материалом для исследований послужили сборы эндопаразитов от 621 сибирских лягушек, добытых в трёх регионах Якутии в 1999 – 2006 гг. Заражено 564 (Э.И. – 90.8%), трематодами 515 (Э.И. – 82.9%), нематодами 471 (Э.И. – 75.8%). Общая заражённость по годам варьирует от 81.6 в 2003 г. до 100% в 2006 г. У сибирской лягушки, обитающей в Якутии, обнаружено 9 видов паразитических червей – пять видов трематод (*Diplodiscus subclavatus*, *Haplometra cylindracea*, *Opisthioglyphe ranae*, *Pneumonoeces variegatus*, *Pleurogenoides medians*) и четыре вида нематод (*Rhabdias bufonis*, *Oswaldocruzia filiformis*, *Cosmocerca ornate*, *Cosmocercoides pulcher*). Нематода *C. pulcher* была обнаружена у сибирских лягушек только в южной части региона.

*Ключевые слова:* сибирская лягушка, *Rana amurensis*, заражённость, трематоды, нематоды, экстенсивность и интенсивность, индекс обилия.

**Helminthic fauna of Siberian wood frog (*Rana amurensis* Boulenger, 1886) from Yacutia, its sex-age and seasonal variability.** – Odnokurtsev V.A., Sedalishchev V.T. – Data on the helminthic fauna of Siberian wood frog (*Rana amurensis*) are presented. Samples of endoparasites from 621 Siberian frogs harvested in three regions of Yakutia in 1999 – 2006 were investigated. Of all the frogs, 564 ones were infected, namely, 515 with trematodes (the invasion rate is 82.9%), 471 with nematodes (75.8%). The total annual invasion varies from 81.6% in 2003 to 100% in 2006. 9 parasite species have been found in the Siberian wood frog inhabiting Yakutia, namely, 5 trematode species (*Diplodiscus subclavatus*, *Haplometra cylindracea*, *Opisthioglyphe ranae*, *Pneumonoeces variegatus*, and *Pleurogenoides medians*) and 4 nematode species (*Rhabdias bufonis*, *Oswaldocruzia filiformis*, *Cosmocerca ornate*, and *Cosmocercoides pulcher*). One of the *C. pulcher* nematodes was found in Siberian wood frogs only from the southern part of the region.

*Key words:* Siberian Wood Frog, *Rana amurensis*, invasion, trematodes, nematodes, extensively and intensively, index of abundance.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Сибирская лягушка как представитель земноводных широко распространена по всей Якутии в пределах 56 – 68°с.ш. Севернее она была встречена в долине рек Лена, Яна и Индигирка. Обитает вдоль рек, а также в аласных озёрах в бассейне рек Лена и Вилюй и в Лено-Амгинском междуречье. Лягушки за пределы аласов не уходят, удаляясь от озера по лугу на расстояние в 5 – 50, иногда больше метров и образуя, таким образом, изолированную аласную популяцию. В тайгу этот вид глу-

боко не проникает, встречается в увлажненных заболоченных участках (Кривошеев, 1966; Белимов, Седалищев, 1977; Боркин и др., 1981; Седалищев, Аверинский, 2002).

Уход на зимовку начинается в конце августа – начале сентября. Зимовка длится 200 – 220 дней. Период активности – около пяти месяцев. Пробуждение и выход на сушу – конец апреля или начало мая. Места размножения – заливные луговые низины и неглубокие озёра. Период эмбрионального развития длится 10 – 15 дней (с 5 – 8 по 20 – 25 мая). Первые головастики появляются на аласах 19 – 12 мая, в долине средней Лены – 15 – 25 мая (Ларионов, 1974; Белимов, Седалищев, 1977; Седалищев, 2006).

Основу питания сибирской лягушки в биотопах увлажненных лугов, как и в долине рек, составляют моллюски, паукообразные и насекомые (более 300 видов – около 10% известных в центральной Якутии беспозвоночных). Интенсивность питания лягушек зависит от температурных условий (максимальная при температуре 10 – 15°C). Например, моллюски, паукообразные, равнокрылые, клопы, некоторые жуки и двукрылые встречаются в рационе лягушек с мая по сентябрь. Однако в июле эти объекты питания лягушек доминируют в вечерние и ночные часы, что совпадает со временем суточной активности земноводных и их «жертв». Встречаемость двукрылых в вечерние и ночные часы – 44 – 92%, жуков – 50 – 70%; равнокрылых – 50 – 70% и моллюсков – 39 – 50% (Седалищев, Аверинский, 2002; Аверинский, Седалищев, 2004).

В Центральной Якутии лягушка наиболее многочисленна в пойменной части долины средней Лены, где её плотность достигает 400 – 480 экз. / га (Белимов, Седалищев, 1977; Седалищев, Аверинский, 2002). Особенно высокая численность вида была отмечена в 2003 г. на территории Олёкминского заповедника. Так, на мелких и неглубоких водоёмах и болотцах, расположенных в 50 – 70 метрах от речек Малая и Большая Джекимда, численность вида в июле составляла 500 – 600 особей / 1 га (Седалищев, 2006).

Данные по гельминтофауне сибирской лягушки в Якутии ограничены небольшими сборами 290-й Всесоюзной гельминтологической экспедиции (1953 – 1955 гг.) в среднем течении рек Лена, Алдана, в среднем и нижнем течении р. Вилюй (Милоградова, Спасский 1957). Было исследовано 109 экз. сибирской лягушки и найдено 12 видов гельминтов: *Gorgodera* sp., *Opisthiogliphe ranae*, *Haematoloechus variegatus*, *Haplometra cylindracea*, *Pleurogenoides medians*, *Diplodiscus subclavatus*, *Plagiorchis* sp., *Rhabdias bufonis*, *Oswaldocruzia goezei*, *Cosmocerca ornate*, *Cosmocercoides pulcher*, *Oxisomatium* sp.

Биология сибирской лягушки изучена достаточно подробно, но до настоящего времени была недостаточно исследована её заражённость паразитическими червями. В период с 1999 по 2006 гг. нами был собран, обработан и обобщен паразитологический материал от сибирской лягушки, обитающей в трёх различных регионах Якутии.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для исследований послужили сборы эндопаразитов от 621 сибирской лягушки, среди которых было 339 самцов и 282 самки, а при определении

возраста – три возрастные группы: I группа (сеголетки) – 281, II группа (молодые) – 159, III группа (взрослые) – 181. Лягушки отловлены в Юго-Западной (Ленский и Олёкминский районы), Южной (Усть-Майский район) и Центральной Якутии (Намский, Хангаласский районы), а также в окрестностях г. Якутска.

Сбор земноводных проводили по методикам, описанным Г.А. Новиковым (1953). Лягушек отлавливали в различные часы суток и при разной погоде. При отлове использовали сачок с частыми ячейками. Отловленных лягушек умерщвляли эфиром. Вскрытие и исследование тушек на заражённость эндопаразитами проводили по методике К.И. Скрябина (1928). Видовой состав обнаруженных гельминтов определяли по К.М. Рыжикову с соавторами (1980). При выделении возрастных групп использовалась кривая длины тела, предложенная В.Г. Кривошеевым (1966), по которой сеголетки (I возрастная группа – до 1 года) имеют среднюю длину тела 32.8 мм, молодые неполовозрелые (II группа – 1 – 3 года) – 51.1 и взрослые (III группа – от 4 лет и старше) – 68.5 мм.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из 621 исследованных лягушек зараженными оказались – 564 экз. Общая экстенсивность инвазии (Э.И.) составила  $90.8 \pm 1.2\%$ , интенсивность инвазии (И.И.) варьировала в пределах от 1 до 232 экз., а индекс обилия (И.О.) составил 18.3 экз. Самая низкая заражённость ( $81.6 \pm 4.4\%$ ) отмечена у лягушек, добытых в Юго-Западной Якутии в 2003 г., а самая высокая (100%) – у добытых в окрестностях г. Якутска (табл. 1).

Таблица 1

Заражённость сибирской лягушки в разных регионах Якутии

Год	Регион	Общая заражённость гельминтами				Заражённость по отдельным классам гельминтов							
						трематоды				нематоды			
		Экз.	%	И.И.	И.О.	Экз.	%	И.И.	И.О.	Экз.	%	И.И.	И.О.
1999	Юго-Западная Якутия, n = 76	64	84.2±4.2	1-32	14.1	60	78.9±4.7	1-32	10.8	44	57.9±5.7	1-9	3.3
1999	Центральная Якутия, n = 86	80	93.0±2.7	1-52	15.8	70	81.4±4.2	1-52	8.1	78	90.7±3.1	1-19	7.7
2002	Южная Якутия, n = 52	46	88.5±4.4	1-47	17.9	40	76.9±5.8	2-47	12.5	36	69.2±6.4	1-10	3.3
2003	Юго-Западная Якутия, n = 76	62	81.6±4.4	2-40	16.5	65	85.5±4.0	2-40	12.5	46	60.5±5.6	2-37	4.4
2004	Центральная Якутия, n = 114	98	85.9±3.3	1-232	22.7	81	71.0±4.2	1-232	19.4	60	52.6±4.7	1-21	3.3
2005	Южная Якутия, n = 24	21	87.5±6.7	2-48	17.9	19	79.1±8.3	2-48	12.5	17	70.8±9.3	2-39	3.3
2006	Окрестности Якутска, n = 193	193	100.0±0	1-35	18.2	180	92.3±1.9	1-20	9.7	190	98.4±0.9	1-35	4.3
	Всего	564	90.8±1.2	1-232	18.3	515	82.9±1.5	1-232	13.4	471	75.8±1.7	1-39	4.9

Примечание. И.И. – интенсивность инвазии, И.О. – индекс обилия.

Видовой состав эндопаразитов и степень заражения ими сибирской лягушки приведены в табл. 2. У сибирской лягушки обнаружено 9 видов паразитических червей, относящихся к двум классам – пять видов трематод (*D. subclavatus*, *H. cyl-*

ГЕЛЬМИНТОФАУНА СИБИРСКОЙ ЛЯГУШКИ

*indracea*, *O. ranae*, *P. variegatus*, *P. medians*) и четыре вида нематод (*R. bufonis*, *O. filiformis*, *C. ornate*, *C. pulcher*). Высокий процент заражённости эндопаразитами отмечен у лягушек, добытых в окрестностях г. Якутска (см. табл. 1).

Таблица 2

Видовой состав гельминтов и степень заражения ими сибирской лягушки ( $n = 621$ )

Вид паразита	Локализация	Заражено	Экстенсивность инвазии, %	Интенсивность инвазии	Индекс обилия
Класс – Trematoda (Rudolphi, 1808)					
Diplodiscidae Skrjabin, 1949 <i>Diplodiscus subclavatus</i> Pall., 1760	Толстый отдел кишечника	90	14.5±1.4	1–20	1.0
Plagiorchiidae Luhe, 1901 <i>Haplometra cylindracea</i> (Zeder, 1800)	Лёгкие	240	38.6±1.9	3–20	3.3
<i>Opisthioglyphe ranae</i> (Froelich, 1791)	Кишечник	129	20.8±1.6	1–47	0.7
<i>Pneumonoeces variegatus</i> (Rud., 1819)	Лёгкие	84	13.5±1.4	2–8	0.6
Pleurogenidae Zooss, 1899 <i>Pleurogenoides medians</i> Olsson, 1876	Кишечник	184	29.6±1.8	1–232	7.9
Класс Нематода – Nematoda Rudolphi, 1808					
Rhabdiasidae Railliet, 1915 <i>Rhabdias bufonis</i> (Schank, 1788)	Лёгкие	170	27.4±1.8	2–37	1.6
Trihostrongylidae Leiper, 1912 <i>Oswaldocruzia filiformis</i> (Goeze, 1782)	Кишечник	172	27.7±1.8	1–21	1.1
Cosmocercidae Travassos, 1925 <i>Cosmocerca ornata</i> (Dujardin, 1845)	Толстый отдел кишечника	164	26.4±1.8	1–19	1.9
<i>Cosmocercoides pulcher</i> Wilkie, 1930	То же	45	7.2±1.0	1–6	0.2

Для выявления различий заражённости в зависимости от пола хозяина исследовано 339 самцов и 282 самки. Общая заражённость самцов составила (85.0±1.9%), трематодами (75.5±2.3%), нематодами (66.1±2.6%), заражённость самок – (97.9±0.8%), трематодами (91.8±1.6%), нематодами (87.6±1.9%). Общая заражённость самок выше заражённости самцов, тем не менее, заражённость (Э.И.; И.И.) по некоторым видам (табл. 3) может отличаться от общей тенденции. Так, экстенсивность инвазии трематодой *D. subclavatus* была в 1.7 раза выше у самцов, по сравнению с самками (18.0 против 10.3). Данный показатель заражённости по трематодам – *P. variegatus* и *H. cylindracea* у самок был выше, чем у самцов.

Таблица 3

Заражённость гельминтами самцов и самок сибирской лягушки

Вид гельминта	Заражённость гельминтами					
	Самцы, $n = 339$			Самки, $n = 282$		
	Э.И., %	И.И., экз.	И.О.	Э.И., %	И.И., экз.	И.О.
1	2	3	4	5	6	7
Трематоды						
<i>Diplodiscus subclavatus</i>	18.0±2.1	1–20	1.3	10.3±1.8	1–85	0.5
<i>Haplometra cylindracea</i>	35.1±2.6	2–18	2.7	42.9±2.9	2–20	3.8
<i>Opisthioglyphe ranae</i>	21.2±2.2	1–47	1.0	20.3±2.4	1–7	0.5
<i>Pneumonoeces variegatus</i>	11.2±1.7	2–7	0.4	16.3±2.2	2–6	0.8
<i>Pleurogenoides medians</i>	30.1±2.5	1–232	8.4	29.0±2.7	1–85	5.5

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
Нематоды						
<i>Rhabdias bufonis</i>	28.3±2.4	1–18	1.5	26.1±2.6	1–37	1.9
<i>Oswaldocruzia filiformis</i>	19.5±2.1	1–8	0.7	37.7±2.9	1–21	1.7
<i>Cosmocerca ornata</i>	23.3±2.3	1–18	1.5	30.1±2.7	1–19	2.1
<i>Cosmocercoides pulcher</i>	8.1±1.5	1–6	0.2	6.3±1.4	1–4	0.2

Примечание. Э.И. – экстенсивность инвазии, И.И. – интенсивность инвазии, И.О. – индекс обилия.

Половые различия по экстенсивности инвазии лягушек нематодами хорошо проявляются только при заражении их *O. filiformis*. У самок этот показатель в 1.9 раза выше, чем у самцов (37.7 против 19.5) и эти различия статистически достоверны. По интенсивности инвазии самцы в большей степени по сравнению с самками заражены трематодами *O. ranae*, *P. medians*. Отмечаются также различия в интенсивности заражения лягушек разного пола нематодами *R. bufonis* и *O. filiformis*; самки инвазированы сильнее.

В нашем материале присутствуют три возрастные группы: I группа (сеголетки) – исследовано 281, общая заражённость составила (90.0±1.8%), трематодами (78.3±2.4%), нематодами (72.6±2.6%); II группа (молодые) – исследовано 159 экз., общая экстенсивность инвазии (96.9±1.4%), трематодами (93.7±1.9%), нематодами (84.2±2.9%); III группа (взрослые) – исследовано 181, общая экстенсивность инвазии (86.7±2.5%), трематодами (80.6±2.9%), нематодами (73.5±3.3%). Из приведённых данных следует, что лягушки начинают интенсивно заражаться на первом году жизни, заражённость достигает максимума в период 1 – 3 лет. На четвёртом году и выше наблюдается некоторое снижение экстенсивности инвазии.

Заражённость сибирской лягушки отдельными видами (Э.И.; И.И.) в зависимости от возраста выглядит несколько иначе (табл. 4). Наиболее сильно заражены трематодами *Diplodiscus subclavatus*, *Haplometra cylindracea*, *Opisthioglyphe ranae* и *Pneumonoeces variegatus* лягушки II возрастной группы. Заражённость трематодой *Pleurogenoides medians* была высокой у сеголеток. Возрастные различия по зараженности лягушек нематодами незначительны. Аналогичные данные были получены В.Н. Курановой (1988) при изучении гельминтофауны остромордой лягушки (*Rana arvalis*), обитающей в пойме Средней Оби.

Таблица 4

Заражённость гельминтами различных возрастных групп сибирской лягушки

Вид гельминта	Возрастные группы								
	I группа, n = 281			II группа, n = 159			III группа, n = 181		
	Э.И., %	И.И., экз.	И.О.	Э.И., %	И.И., экз.	И.О.	Э.И., %	И.И., экз.	И.О.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Трематоды									
<i>Diplodiscus subclavatus</i>	11.9±1.9	1–9	0.7	20.7±3.2	2–9	1.3	13.1±2.5	2–20	1.3
<i>Haplometra cylindracea</i>	34.8±2.8	2–16	2.8	48.3±3.9	3–19	3.9	36.1±3.6	2–20	3.4
<i>Opisthioglyphe ranae</i>	16.3±2.2	1–6	0.3	27.6±3.5	1–3	0.5	21.3±3.0	1–47	1.5
<i>Pneumonoeces variegatus</i>	9.8±1.8	2–8	0.4	17.2±3.0	2–4	0.5	16.4±2.7	2–8	0.8
<i>Pleurogenoides medians</i>	32.0±2.8	1–52	4.5	26.4±3.5	18–85	10.1	28.7±3.4	2–232	9.8



ГЕЛЬМИНТОФАУНА СИБИРСКОЙ ЛЯГУШКИ

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Нематоды									
<i>Rhabdias bufonis</i>	27.2±2.6	1-10	2.1	25.2±3.4	3-6	1.2	29.8±3.4	1-37	2.1
<i>Oswaldocruzia filiformis</i>	20.6±2.4	1-8	0.8	31.4±3.7	1-13	1.2	35.4±3.5	1-21	1.5
<i>Cosmocerca ornata</i>	28.3±2.7	1-19	1.8	27.6±3.5	5-16	2.3	22.9±3.1	1-18	1.8
<i>Cosmocercoides pulcher</i>	2.1±0.9	1-4	0.03	9.4±2.3	1-6	0.2	13.2±2.5	1-6	0.3

Примечание. Э.И. – экстенсивность инвазии, И.И. – интенсивность инвазии, И.О. – индекс обилия.

В большинстве случаев интенсивность инвазии трематодами была выше у лягушек старших возрастов. По нашим данным, экстенсивность заражения лягушек нематодой *O. filiformis* увеличивается с возрастом, а интенсивность инвазии находится на одном уровне. Экстенсивность заражения и интенсивность инвазии нематоды *R. bufonis* была выше у лягушек III возрастной группы.

Сезонные изменения зараженности сибирской лягушки были прослежены в 2006 г. с июня по сентябрь в окрестностях г. Якутска. В течение этого периода общая экстенсивность заражения сибирской лягушки гельминтами не менялась и составила 100%. Максимум общей интенсивности инвазии отмечен в июле и августе (табл. 5).

Таблица 5

Зараженность сибирской лягушки гельминтами по месяцам (окрестности г. Якутска, 2006 г.)

Степень зараженности общая и по видам	Июнь (n = 28)	Июль (n = 52)	Август (n = 65)	Сентябрь (n = 48)	За год (n = 193)
Экстенсивность инвазии, %	100	100	100	100	100
Интенсивность инвазии, экз.	1-35	1-24	1-30	1-18	1-35
Индекс обилия, экз.	18.4	22.8	23.5	5.9	18.2
<i>Diplodiscus subclavatus</i>					
Экстенсивность инвазии, %	10.7±5.8	15.4±5.0	23.1±5.2	14.2±5.0	14.5±2.5
Интенсивность инвазии, экз.	3-4	1-9	3-15	1-7	1-15
Индекс обилия, экз.	0.3	0.7	0.9	0.4	0.7
<i>Haplometra cylindracea</i>					
Экстенсивность инвазии, %	56.3±9.4	63.9±6.6	73.8±5.4	45.8±7.2	63.7±3.5
Интенсивность инвазии, экз.	2-19	3-20	3-16	1-17	1-20
Индекс обилия, экз.	4.2	6.8	7.2	1.7	5.3
<i>Opisthoglyphe ranae</i>					
Экстенсивность инвазии, %	6.9±4.8	10.1±4.2	12.3±4.1	6.2±3.5	9.3±2.1
Интенсивность инвазии, экз.	2-4	1-6	1-9	1-3	1-6
Индекс обилия, экз.	0.2	0.4	0.4	0.1	0.3
<i>Rhabdias bufonis</i>					
Экстенсивность инвазии, %	71.4±8.5	78.3±5.7	78.6±5.1	35.4±6.9	66.8±3.4
Интенсивность инвазии, экз.	1-35	1-24	1-30	1-18	1-35
Индекс обилия, экз.	7.4	7.7	8.1	1.5	6.2
<i>Oswaldocruzia filiformis</i>					
Экстенсивность инвазии, %	78.5±7.8	76.1±5.9	76.9±5.2	39.6±7.1	67.3±3.4
Интенсивность инвазии, экз.	1-15	1-8	1-20	1-6	1-20
Индекс обилия, экз.	6.2	7.2	6.8	2.1	5.6

Наибольшая экстенсивность и интенсивность инвазии у трематод приходится на август месяц, в сентябре эти показатели уменьшаются. Например, у трематоды *H. cylindracea* эти показатели в сентябре по сравнению с августом сократились в 1.6 (73.8 против 45.8%) и 2.5 (9.7 против 3.8 экз.) раза и эти различия статистически достоверны. Экстенсивность заражения лягушек нематодами была высокой в июне – августе, в сентябре этот показатель резко сократился. Интенсивность инвазии нематодами достигала максимума в июле и августе (см. табл. 5).

Причина изменения экстенсивности и интенсивности заражения сибирской лягушки, видимо, зависит от условий питания. По А.И. Аверинскому и В.Т. Седалищеву (2004) интенсивность питания лягушек в Центральной Якутии связана с температурными условиями местообитания вида. Моллюски входят в рацион лягушек с мая по сентябрь, максимальная встречаемость отмечена в июле, когда моллюски составляют 39 – 50% содержимого желудков.

Известно, что первыми промежуточными хозяевами эндопаразитов земноводных являются моллюски (Рыжиков и др., 1980). В Якутии обитают более 10 видов моллюсков (Старобогатов, Стрелецкая, 1967), из которых моллюск (*Lemnaea ovata*) является промежуточным хозяином трематоды *H. cylindracea* (Рыжиков и др., 1980). Видимо, заражение лягушек этим видом гельминта происходит в летний период, так как, по нашим данным, высокая экстенсивность инвазии *H. cylindracea* приходится как раз на июль – август.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

За период с 1999 по 2006 г. в Юго-Западной (Ленский и Олёкминский районы), Южной (Усть-Майский район), Центральной Якутии (Намский, Хангаласский районы) и окрестностях г. Якутска исследовано на заражённость гельминтами 621 сибирская лягушка, заражено 564 (Э.И. –  $90.8 \pm 1.2\%$ ), трематодами 515 (Э.И. –  $82.9 \pm 1.5\%$ ), нематодами 471 (Э.И. –  $75.8 \pm 1.7\%$ ). Общая заражённость по годам варьирует от  $81.6 \pm 4.4\%$  в 2003 г. до 100% в 2006 г.

В лёгких и желудочно-кишечном тракте обнаружено 9 видов гельминтов: пять видов трематод (*D. subclavatus*, *H. cylindracea*, *O. ranae*, *P. variegatus*, *P. medians*) и четыре вида нематод (*R. bufonis*, *O. filiformis*, *C. ornate*, *C. pulcher*). Нематода *C. pulcher* была обнаружена у сибирских лягушек только в Южной Якутии. Чаще всего сибирская лягушка бывает заражена двумя – тремя видами гельминтов, редко – четырьмя.

При анализе заражённости лягушек в зависимости от пола установлено, что заражённость самок ( $97.9 \pm 0.8\%$ ) выше заражённости самцов ( $85.0 \pm 1.9\%$ ), хотя некоторыми видами, такими как *D. subclavatus* и *R. bufonis*, самцы заражены сильнее самок, а *O. ranae* и *P. medians* практически одинаково.

Анализируя заражённость лягушек в зависимости от возраста, мы пришли к выводу, что лягушки начинают активно заражаться на первом году жизни (Э.И. –  $90.0 \pm 1.8\%$ ), в молодом возрасте заражённость достигает максимума (Э.И. –  $96.9 \pm 1.4\%$ ) и несколько снижается у взрослых (Э.И. –  $86.7 \pm 2.5\%$ ). Заражённость отдельными видами в зависимости от возраста несколько отличается от общей

## ГЕЛЬМИНТОФАУНА СИБИРСКОЙ ЛЯГУШКИ

картины. Так, заражённость трематодой *P. medians* (Э.И. – 32.0±2.8%) наиболее высокая у лягушек I возрастной группы, а заражённость нематодой *O. filiformis* с возрастом увеличивается (с 20.6±2.4% у сеголеток до 35.4±3.5% у взрослых).

При изучении сезонной заражённости в 2003 г. установлено что интенсивность инвазии в течении сезона меняется. Лягушки после зимовки начинают активно питаться и при этом заражаются. К августу интенсивность инвазии возрастает до максимума, превышая средние значения на 25%.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Аверинский А.И., Седалищев В.Т. Беспозвоночные в питании сибирской лягушки (*Rana amurensis*) в Центральной Якутии // Зоол. журн. 2004. Т. 83, № 1. С. 122 – 125.

Белимов Г.Т., Седалищев В.Т. К экологии амфибий Центральной Якутии // Экология. 1977. № 6. С. 85 – 88.

Боркин Л.Я., Белимов Г.Т., Седалищев В.Т. О распространении лягушек рода *Rana* в Якутии // Герпетологические исследования в Сибири и на Дальнем Востоке / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1981. С. 18 – 24.

Кривошеев В.Г. О биологии сибирской лягушки (*Rana chensinensis* Davia) в Якутии // Зоол. журн. 1966. Т. 45, вып. 2. С. 308 – 310.

Куранова В.Н. Гельминтофауна бесхвостых амфибий поймы Средней Оби, её половозрастная и сезонная динамика // Вопросы экологии беспозвоночных. Томск: Изд-во Томск. ун-та, 1988. С. 134 – 154.

Ларионов П.Д. Размножение сибирской лягушки (*Rana cruenta*) в окрестностях Якутска // Зоол. журн. 1974. Т. 53, № 5. С. 804 – 806.

Милоградова Г.П., Спаский А.А. Гельминтофауна бесхвостых амфибий Восточной Сибири // Тез. докл. науч. конф. Всесоюз. о-ва гельминтологов АН СССР. М.: Изд-во МСХ СССР ВАСХНИЛ, 1957. Ч. 1. С. 200.

Новиков Г.А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных. М: Сов. наука, 1953. 502 с.

Рыжиков К.М., Шарпило В.П., Шевченко Н.Н. Гельминты амфибий фауны СССР. М.: Наука, 1980. 279 с.

Седалищев В.Т. К экологии земноводных и рептилий Якутии // Геология, география и биологическое разнообразие Северо-Востока России: Материалы Дальневосточной регион. конф. / Сев.-Вост. науч. центр ДВО РАН. Магадан, 2006. С. 402 – 407.

Седалищев В.Т., Аверинский А.И. Экология сибирской лягушки (*Rana amurensis*) в Центральной Якутии // Наземные позвоночные Якутии: экология, распространение, численность. Якутск: Якут. фил. Изд-ва СО РАН, 2002. С. 110 – 118.

Скрябин К.И. Метод полных гельминтологических вскрытий позвоночных, включая человека. М.: Изд-во МГУ, 1928. 45 с.

Старобогатов Я.И., Стрелецкая Э.А. Состав и зоогеографическая характеристика пресноводной малокофауны Восточной Сибири и севера Дальнего Востока // Моллюски и их роль в биоценозах и формировании фауны. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1967. С. 221 – 268.

УДК 597.556.333.1:591.13

**ПИТАНИЕ РОТАНА – *PERCCOTTUS GLENII* DYBOWSKI, 1877  
(ODONTOBUTIDAE, PISCES) В ВОДОЕМАХ ЕСТЕСТВЕННОГО  
И ИНВАЗИЙНОГО АРЕАЛОВ**

**О.В. Плюснина**

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский пр., 33  
E-mail: ribke@yandex.ru*

Поступила в редакцию 16.04.08 г.

**Питание ротана – *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) в водоемах естественного и инвазийного ареалов.** – Плюснина О.В. – Изучено питание ротана в водоемах естественного (Приморский и Хабаровский край) и приобретенного ареала (Тверская и Московская области). В целом спектры питания схожи и отличаются большим разнообразием потребляемых кормовых организмов. Главное различие состоит в отсутствии в питании ротана из естественного ареала головастиков.

*Ключевые слова:* ротан, *Perccottus glenii*, питание, инвазии.

**Nutrition of Amur sleeper – *Perccottus glenii* Dybowski, 1877 (Odontobutidae, Pisces) in reservoirs of its native and invasion habitats.** – Plyusnina O.V. – Nutrition of Amur sleeper in several reservoirs of its native (Primorsky and Khabarovsk regions) and invasion (Tver and Moscow regions) habitats was studied. As a whole, the nutrition spectra are similar and show a large variety of food organisms consumed. The main distinction consists in the absence of tadpoles in the diet of Amur sleeper in its native habitat.

*Key words:* Amur sleeper, *Perccottus glenii*, feeding, invasion.

## **ВВЕДЕНИЕ**

Естественный ареал ротана (*Perccottus glenii* Dybowski, 1877) охватывает Дальний Восток России (Амурская область, юг Хабаровского края, Приморский край), а также северо-восточный Китай и север Северной Кореи. Большая часть естественного ареала приходится на бассейн Амура, где ротан населяет пойменные водоемы этой реки и ее притоков, к которым относится и Уссури.

В последние 50 лет ареал ротана в результате интродукции человеком и саморасселения существенно расширился, и этот вид успешно натурализовался во многих водоемах Евразии (Miller, Vasil'eva, 2003; Reshetnikov, 2004).

В последние годы появилось довольно много публикаций результатов исследований образа жизни ротана из водоемов разных регионов России, однако данные по питанию этого вида в водоемах естественного ареала практически отсутствуют. Небольшие описания на качественном уровне характера питания ротана из водоемов бассейна Амура опубликованы в середине 20 века (Кирпичников, 1945; Никольский, 1956; Синельников, 1976).

Основной целью данной работы было проведение сравнительного исследования питания ротана в водоемах его естественного и приобретенного ареала, что поможет понять возможные адаптации этого вида к новым условиям и оценить его воздействие на аборигенные экосистемы.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Материалом для работы послужили пробы ротана из следующих водоемов:

1. Хабаровский край, Хабаровский район, о-в Большой Уссурийский, Амурская протока р. Усури, пойменные водоемы (50 экз., май – июнь 2006);
2. Хабаровский край, Хабаровский район, о-в Большой Уссурийский, Амурская протока р. Усури, пойменные водоемы (60 экз., май – июнь 2007);
3. Приморский край, Спасский район, д. Некрасовка, деревенский пруд (14 экз., май 2005);
4. Приморский край, бассейн р. Артемовки, осушительный канал около оз. Орловского (40 экз., сентябрь 2006);
5. Тверская область, Конаковский район, пос. Озерки, торфяные карьеры (51 экз., июнь 2005).

Кроме того, для сравнения использовались литературные данные по материалам 2002 – 2003 гг. из прудов и оз. Глубокое Рузского района Московской области (Дгебуадзе, Скоморохов, 2005).

Пойменные водоемы о-ва Большой Уссурийский Хабаровского края представляют собой сеть из нескольких небольших, до 200 м длиной, прудов, с максимальной глубиной до 2 м. Средняя температура воды во время сбора материала (около 2-х недель) составляла +18°C. В составе ихтиофауны водоемов, кроме ротана, встречались также амурский горчак (*Rhodeus sericeus*), озерный голянь (*Phoxinus phoxinus*), вьюн (*Misgurnus sp.*).

Торфяные карьеры в Тверской области – это большие, до 300 м длиной и до 3 м глубиной, пруды (затопленные площадки, на которых производилась добыча торфа), соединенные между собой неглубокими каналами. Ихтиофауна карьеров представлена ротаном и плотвой (*Rutilus rutilus*).

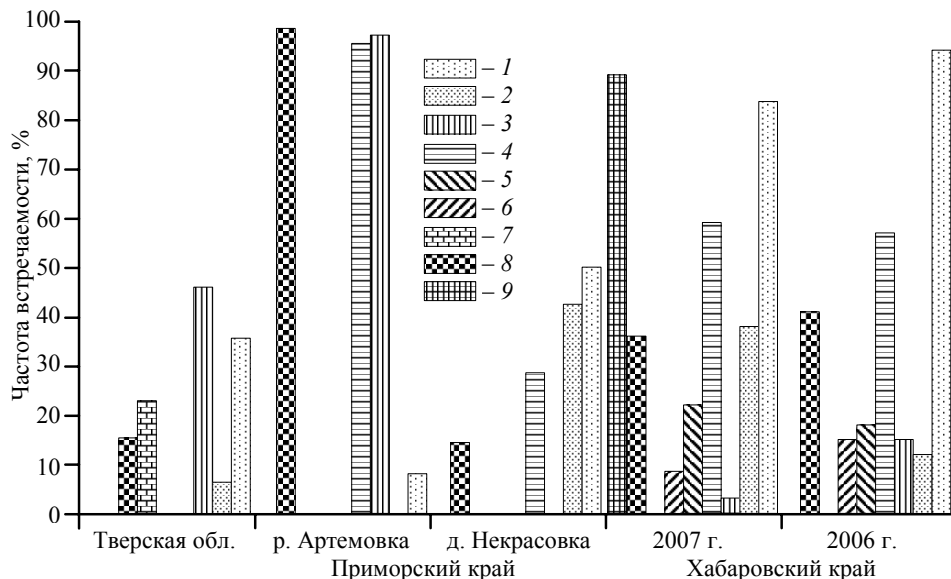
Для отлова ротана использовались ставные сети (проверка сетей проводилась каждые 1.5 – 2 часа), мальковая волокуша и бредень. В связи с тем, что по литературным данным (Литвинов, 1993; Решетников, 2003; Дгебуадзе, Скоморохов, 2005) наиболее интенсивный откорм ротана приходится на утреннее и вечернее время, лов рыбы проводился в вечерние (с 18 до 21) и утренние (с 6 до 9) часы. Для остановки процесса переваривания материал фиксировался сразу после поимки.

Обработка материала проводилась согласно общепринятым методикам (Методическое пособие..., 1974). Все отловленные экземпляры измерялись с точностью до 0.1 см и взвешивались с точностью до 0.01 г. Устанавливалась общая фактическая масса содержимого всего желудочно-кишечного тракта и отдельных компонентов пищи, высчитывался индекс накормленности (‰). Значения отдельных видов и групп кормовых организмов в питании ротана оценивались в процентах по массе и по частоте встречаемости.

Сбор материала на питание ротана и в естественном ареале (Хабаровский край), и в приобретенном (Тверская и Московская области – литературные данные) проводился в период интенсивного размножения и раннего развития земноводных, которые, по нашим наблюдениям, были представлены в достаточном количестве во всех местах сбора материала.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Питание ротана во всех исследованных водоемах характеризовалось довольно широким спектром кормовых организмов (рис. 1). По частоте встречаемости в пищевом комке у ротана из Хабаровского края (и в 2006, и в 2007 гг.) преобладали личинки хирономид. У половины особей в желудочно-кишечных трактах встречались личинки насекомых. У ротана, отловленного в прудах о-ва Большой Уссурийский (Хабаровский край) в 2006 г. в пищевом комке у большинства особей встречался планктон.



**Рис. 1.** Питание ротана в водоемах естественного и приобретенного ареала, % по частоте встречаемости: 1 – личинки хирономид, 2 – моллюски, 3 – рыба, 4 – личинки прочих насекомых, 5 – комары (Culicidae), 6 – жуки, 7 – амфибии (головастики), 8 – растительность, 9 – планктон

У ротана из осушительного канала Приморского края по частоте встречаемости в составе пищи преобладали личинки насекомых и молодь рыб. Кроме того, у большинства особей в пищевом комке были обнаружены фрагменты высшей водной растительности.

В питании ротана из деревенского пруда Спасского района Приморского края по частоте встречаемости преобладали личинки хирономид (Tanypodinae) и брюхоногие моллюски. В меньшей степени встречались личинки поденок.

Сравнение питания ротана из естественного и приобретенного ареалов показало, что спектры питания по основным группам компонентов весьма схожи, основные отличия заключаются в видовом составе этих групп.

На рис. 2 можно видеть, что в питании ротана из естественного ареала (Хабаровский край, пруд о-ва Большой Уссурийский) и в 2006 г., и в 2007 г. по массе

преобладали личинки хирономид подсемейств Chironominae, Tanypodinae. Большое значение имели брюхоногие моллюски и личинки комаров Culicidae. Кроме того, в пище встречались личинки других насекомых, жуки, рыба, зоопланктонные организмы и высшая водная растительность.

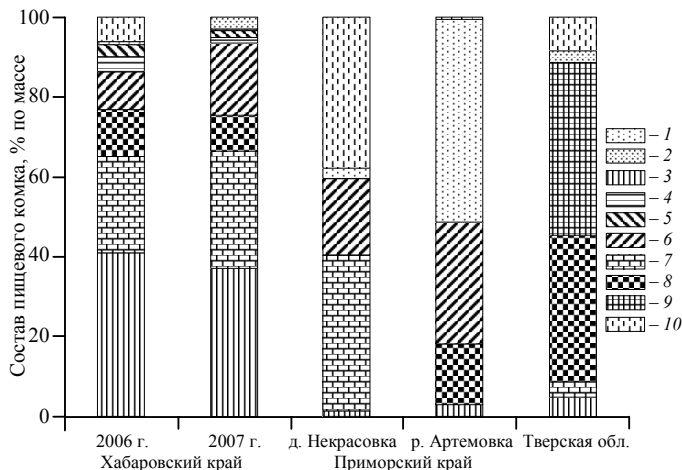
В питании ротана из деревенского пруда Спасского района Приморского края, отловленного в мае 2005 г., по массе преобладали моллюски, личинки насекомых (поленок, стрекоз и др.). Большой процент пищевого комка составлял грунт. Личинки хирономид не играли существенной роли в питании ротана из данного водоема. Следует отметить, что майскую пробу из деревенского пруда Спасского района Приморского края вряд ли следует считать типичной, так как в это время проходил сильнейший паводок.

Состав пищи ротана из Приморского края (осушительный канал у оз. Орловского) был достаточно беден. Большой процент составляла высшая водная растительность (см. рис. 2). В значительных количествах встречались сильно переваренные личинки насекомых (в основном – поленок), в единичных экземплярах – личинки хирономид подсемейства Chironominae. У всех особей в желудочно-кишечном тракте встречались кости рыб, у одного экземпляра ротана в желудочно-кишечном тракте был обнаружен экземпляр амурского чебачка (*Pseudorasbora parva*).

В питании ротана из Тверской области (приобретенный ареал) по массе преобладали метаморфизирующие головастики (*Rana* sp.) и рыба (собственная молодь). Тогда как по частоте встречаемости (см. рис. 1) преобладали личинки хирономид (в основном *Glyptotendipes* sp. и *Chironomus* sp.) и других насекомых.

Главные отличия в питании ротана из водоемов естественного и приобретенного ареалов заключались в разном видовом составе основных групп пищевых организмов – моллюсков, личинок хирономид и других насекомых, а также в отсутствии в питании ротана из естественного ареала головастиков. Головастики не были отмечены в питании ротана из нативного ареала и в ранее проведенных исследованиях биологии этого вида (Кирпичников, 1945; Синельников, 1976).

Как было указано выше, в водоемах Хабаровского края во время сбора материала головастики сибирской лягушки (*Rana amurensis*) были представлены в



**Рис. 2.** Питание ротана в водоемах естественного и приобретенного ареала, % по массе: 1 – растительность, 2 – планктон, 3 – личинки хирономид, 4 – комары (Culicidae), 5 – жуки, 6 – личинки прочих насекомых, 7 – моллюски, 8 – рыба, 9 – амфибии (головастики), 10 – прочие пищевые объекты

большом количестве, однако в пищевом комке ротана из этого водоема личинки амфибий обнаружены не были. В то же время в водоемах приобретенного ареала – в Тверской (наши данные) и Московской (Дгебуадзе, Скоморохов, 2005) областях, головастики лягушек входили в состав пищи ротана и часто доля их по массе была весьма значительна (см. рис. 2). При этом некоторые авторы (Кузьмин, Маслова, 2005) отмечают, что на Дальнем Востоке личики и икра сибирской лягушки входят в рацион многих рыб. К тому же размеры особей из естественного ареала (таблица) позволяют питаться головастиками, так как длины дальневосточных ротанов сопоставимы с теми, которые имеют рыбы, способные потреблять эти кормовые объекты и обитающие в водоемах вновь приобретенного ареала (Дгебуадзе, Скоморохов, 2005).

Биологические показатели ротана в исследованных пробах

Место сбора	Длина, см	Масса, г	Накормленность, ‰
Пойменные водоемы (Хабаровский край, Хабаровский район, о-в Большой Уссурийский), 2006 г. (n = 50)	9.2±1.9	17.1±1.7	81.3±2.9
	7.1–13.0	9.0–54.5	21.2–184.4
Пойменные водоемы (Хабаровский край, Хабаровский район, о-в Большой Уссурийский), 2007 г. (n = 60)	8.7±2.4	15.4±1.2	61.2±4.1
	6.8–12.9	11.0–48.7	10.4–158.1
Осушительный канал (Приморский край, бассейн р. Артемовки) (n = 40)	7.9±2.3	14.8±2.0	45.8±3.6
	5.7–13.5	5.0–38.2	1.17–134.4
Пруд (Приморский край, Спасский район, д. Некрасовка) (n = 14)	7.4±0.9	15.5±1.0	–
	2.8–10.4	0.35–32.2	–
Торфяные карьеры (Тверская обл., Конаковский р-н, пос. Озерки) (n = 51)	11.5±2.5	49.2±4.8	103.3±5.1
	9.1–19.5	25.8–220.2	15.2–197.1

*Примечание.* В числителе –  $M \pm m$ , в знаменателе –  $Min - max$ .

Вполне возможно, что в приобретенном ареале ротан достигает более крупных размеров ввиду отсутствия естественных хищников и конкурентов, и в связи с этим в его пище появляются более крупные объекты – головастики, что не свойственно для ротана из естественного ареала.

Наличие в питании ротана головастиков влияет и на величину накормленности. В таблице видно, что ротан из Тверской области, одним из компонентов пищи которого были головастики, имеет коэффициент накормленности выше по сравнению с рыбами из других водоемов. Достаточно сильно на коэффициент накормленности влияет и наличие в пище рыбы (Хабаровский край, 2006). Самый низкий коэффициент накормленности отмечен у ротана из осушительного канала Приморского края, что вполне объяснимо бедным составом пищи.

Очевидно, что для установления причин предпочтения ротаном из водоемов средней полосы России именно головастиков необходимы дальнейшие исследования питания этих рыб, как в естественном, так и в приобретенном ареале.

Широкий спектр питания и приспособляемость к новым видам кормов безусловно являются одной из основных причин успешного распространения ротана по водоемам России и других стран.

## ВЫВОДЫ

1. Спектр питания ротана во всех изученных водоемах и приобретенного, и естественного ареала достаточно широк. Он в основном представлен следующими



группами организмов: планктон, моллюски, личинки насекомых (хируномид, стрекоз, поденок, комаров), рыба.

2. Отличием в питании ротана из естественного ареала от питания ротана из приобретенного является отсутствие в пище головастиков. Кроме того, различен видовой состав других групп пищевых организмов.

Автор выражает благодарность сотруднику Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН (ИПЭЭ РАН) М.О. Скоморохову, сотруднику Института биологии внутренних вод им. И.Д. Папанина РАН Д.П. Карабанову, а также сотрудникам ТИНРО-Центр и Хабаровского филиала ТИНРО за помощь в сборе материала, сотруднику Мордовского государственного университета А.Б. Ручину за помощь в определении личинок земноводных. Отдельно хочу поблагодарить сотрудников ИПЭЭ РАН Ю.Ю. Дгебуадзе и М.О. Скоморохова за ценные замечания при подготовке рукописи статьи.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 08-04-00679а) и программы Президиума Российской академии наук «Биоразнообразие и динамика генофондов».*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Дгебуадзе Ю.Ю., Скоморохов М.О. Некоторые данные по образу жизни ротана *Perccottus glenii* Dyb. (Odontobutidae, Pisces) озерной и прудовой популяций // Тр. гидробиологической станции на Глубоком озере. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. Т. 9. С. 212 – 231.

Кирпичников В.С. Биология *Perccottus glehni* Dyb. (Eleotridae) и перспективы его использования в борьбе против японского энцефалита и малярии // Бюл. МОИП. Отд. биол. 1945. Т. 50, вып. 5 – 6. С. 14 – 26.

Кузьмин С.Л., Маслова И.В. Земноводные российского Дальнего Востока. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 434 с.

Литвинов А.Г. Экология ротана-головешки (*Perccottus glehni* Dyb.) в бассейне оз. Байкал и его влияние на промысловых рыб: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. СПб., 1993. 24 с.

Методическое пособие по изучению питания и пищевых отношений рыб в естественных условиях. М.: Наука, 1974. 254 с.

Никольский Г.В. Рыбы бассейна Амура. М.: Изд-во АН СССР, 1956. 552 с.

Решетников А.Н. Влияние ротана *Perccottus glenii* на амфибий в малых водоемах: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2003. 24 с.

Синельников А.М. Питание ротана в пойменных водоемах бассейна р. Раздольная (Приморский край) // Биология рыб Дальнего Востока. Владивосток: Изд-во Дальневост. гос. ун-та, 1976. С. 96 – 99.

Miller P.J., Vasil'eva E.D. *Perccottus glenii* Dybowski 1877 // The Freshwater Fishes of Europe. Vol. 8/1: Mugilidae, Atherinidae, Atherinopsidae, Blenniidae, Odontobutidae, Gobiidae 1. Wiebelsheim: AULA-Verlag, 2003. P. 134 – 156.

Reshetnikov A.N. The fish *Perccottus glenii*: history of introduction to western regions of Eurasia // Hydrobiologia. 2004. Vol. 522. P. 349 – 350.

УДК 594.311(470.40/.43)

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ НАЗЕМНЫХ РАКОВИННЫХ МОЛЛЮСКОВ ЗАСУРСКОГО ЛЕСА (СРЕДНЕЕ ПОВОЛЖЬЕ, ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)

Т.Г. Стойко, О.В. Булавкина, Ю.А. Мазей

*Пензенский государственный педагогический университет им. В.Г. Белинского  
Россия, 440026, Пенза, Лермонтова, 37*

*E-mail: stojko@penza.net*

Поступила в редакцию 29.01.08 г.

**Особенности пространственного распределения наземных раковинных моллюсков Засурского леса (Среднее Поволжье, Пензенская область).** – Стойко Т.Г., Булавкина О.В., Мазей Ю.А. – Исследовано биотопическое распределение наземных раковинных моллюсков в участках леса, находящихся на разных стадиях восстановительной сукцессии после рубок. Обнаружено 29 видов улиток. Наиболее сложные комплексы формируются в участках смешанного древостоя с значительной долей липы, клена и осины, а также в субклимаксовой ясеневой дубраве. Более простые ценозы развиваются в антропогенно нарушенных березняках и сосняках. Восстановившиеся после рубок участки леса рассматриваются как резерваты наземных моллюсков в экосистеме, испытывающей пресс антропогенной нагрузки.

*Ключевые слова:* наземные моллюски, структура сообщества, пространственная гетерогенность, Пензенская область, Россия.

**Spatial distribution of terrestrial shell-bearing mollusks in Zasursky forest (Middle Volga region, Penza region).** – Stoyko T.G., Bulavkina O.V., Mazei Yu.A. – The spatial distribution of terrestrial mollusks was investigated in several forest units different by their successional stage after felling. 29 snail species were identified. The most complex community variants are formed in the biotops of mixed forests with predomination of lillet, Norway maple, and asp as well as subclimax oak wood phytocenosis with a large part of European ash. Snail communities are poorer in birch woods and pine forests, which are anthropogenically disturbed. Forests restored after felling are considered as reserves of terrestrial mollusks in the whole ecosystem.

*Key words:* terrestrial mollusks, community structure, spatial heterogeneity, Penza region, Russia.

### ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в пределах лесостепной зоны относительно хорошо изучена малакофауна лесов Среднего Приднепровья (Корнюшин, 1988), основных биотопов Среднерусской возвышенности (Николаев, 1973, 1974) и Среднего Поволжья (Сачкова и др., 2001; Шахматова, Подолецкая, 2002; Сачкова, 2005 а, б, 2006 а, б; Булавкина, Стойко, 2007 а, б). В то же время, на наш взгляд, недостаточно внимания уделяется изучению пространственной неоднородности малакоценозов.

Цель настоящей работы – изучить фауну и пространственную структуру сообщества раковинных наземных улиток Засурского леса в межбиотопическом и внутрибиотопическом масштабах.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

**Краткая характеристика места исследования.** Засурский лес расположен на склонах Засурского плато восточнее г. Пензы на правом берегу Пензенского водохранилища. Он относится к Верхнесурскому остепненно-лесному геоботаническому району. Его центральная часть – выровненное плато с перепадами относительных высот от 3 до 6 м. Максимальная высота 356 м над уровнем моря. Здесь преобладают светло-серые лесные супесчаные и оподзоленные почвы, на которых значительную площадь занимают широколиственно-сосновые и сосновые леса. В связи с близостью к областному центру Засурский лес был основным местом лесозаготовок. Большая часть его была вырублена, что явилось причиной практически повсеместной смены коренного типа сообществ (Антонов, Саволей, 1990; Иванов, Антонов, 1998). В первые 10 – 20 лет лесные вырубки зарастали лещиной и березой, а по сыроватым местообитаниям – осиной. Позже с ними содоминировали липа сердцевидная и клен остролистный, которые стали вытеснять мелколиственные деревья, формируя длительно живущие и способные к самоподдержанию клено-липняки. Имеющиеся разнообразие лесных сообществ Засурья (березняки, осинники, березо-, осино- или клено-липняки и т. п.), по сути, представляет разные этапы демулационных процессов лесных сообществ, возобновляющихся после рубок. Большая часть рассматриваемого участка приходится на вторичные листовые и смешанные леса в возрасте 50 – 60 лет (Иванов, 2003).

В период с 2003 по 2007 г. раковины улиток собирали на нижних листьях кустарников, стволах живых и поваленных деревьев, на траве, в подстилке и почве. С целью выявления структурных показателей сообщества наземных моллюсков в 2006 – 2007 гг. были проведены количественные сборы.

Для исследования были выбраны малакоценозы из разных типов растительного покрова, находящихся на отличающихся стадиях сукцессионного развития: 1) березняки, 2) участки смешанного леса, 3) субклимаксовые – дубрава.

**Березняки.** **Б<sub>1</sub>** – березняк с примесью сосны обыкновенной (4%). В подросте крушина, дуб черешчатый. Среди кустарников крушина ломкая, лещина обыкновенная. В составе травянистой растительности преобладает орляк обыкновенный. **Б<sub>2</sub>** – заболоченный березняк с примесью сосны обыкновенной (13%). В подросте молодые деревья сосны, дуба и осины. Среди кустарников ива пепельная, крушина ломкая. В составе травянистой растительности преобладают вейник седеющий, осока, черника. **Б<sub>3</sub>** – березняк с примесью клена платановидного (25%) и липы сердцевидной (21%). В подросте липа сердцевидная. Среди кустарников лещина обыкновенная. В составе травянистой растительности преобладает осока волосистая.

**Участки смешанного леса.** **С<sub>1</sub>** – сосняк с примесью березы бородавчатой (15%), дуба черешчатого (6%), осины (3%) и липы сердцевидной (3%). В кустарниковом ярусе лещина обыкновенная. В составе травянистой растительности преобладают осока волосистая и сныть обыкновенная. **С<sub>2</sub>** – сосняк с примесью липы сердцевидной (15%), клена платановидного (6%) и березы бородавчатой (4%). **С<sub>3</sub>** – березо-липняк. Доминируют липа сердцевидная (31%) и береза бородавчатая (25%) с примесью клена платановидного (16%), сосны обыкновенной (16%), осины (9%) и дуба черешчатого (3%). В подросте клен платановидный, липа сердце-

видная и осина. Среди кустарников лещина обыкновенная и бересклет бородавчатый. В составе травянистой растительности преобладает осока волосистая. С<sub>4</sub> – осинник с примесью березы бородавчатой (22%), липы сердцевидной (19%), сосны обыкновенной (1%). В подросте липа сердцевидная, клен платановидный. Среди кустарников лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый. В составе травянистой растительности преобладают осока волосистая и сныть обыкновенная.

*Субклимаксовый биотоп – ясеневая дубрава (Д)* – произрастает на плодородных, хорошо увлажненных почвах центральной части водораздела и представляет собой липово-дубовые насаждения со значительным участием ясени порослевого и семенного происхождения в возрасте 80 – 100 лет. В состав сообщества входят дуб черешчатый, клен остролистный, ясень обыкновенный, липа сердцевидная, вяз голый, береза повислая, осина, клен татарский. В подлеске встречаются кустарники – лещина обыкновенная, бересклет бородавчатый и низкорослые деревья рябины обыкновенной, яблони лесной, черемухи обыкновенной. В травяном покрове преобладают осока волосистая и сныть обыкновенная (Чистякова, Леонова, 2003).

**Методы сбора и обработки материала.** При количественном учете на пробных площадках всех биотопов брали по три почвенные пробы (на расстоянии 5 – 10 м) размером 25×25 см. Структурные показатели сообщества наземных моллюсков в них оценивали по средним значениям. В биотопах С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub> и Д проводили анализ отдельных проб (С<sub>2</sub>-1, С<sub>2</sub>-2, С<sub>2</sub>-3, С<sub>3</sub>-1, С<sub>3</sub>-2, С<sub>3</sub>-3, Д-1, Д-2, Д-3). Все сборы обрабатывали в камеральных условиях. Раковины моллюсков идентифицировали с помощью определителей (Лихарев, Раммельмейер, 1952; Шилейко, 1982, 1984; Кантор, Сысоев, 2005; Сверлова, Гураль, 2005).

Для характеристики сообществ использовали следующие показатели: число видов, обилие организмов (экз. / м<sup>2</sup>), состав и структура комплекса доминирующих видов, доля которых более 8%, индекс разнообразия Шеннона, индекс выравненности Пиелу. Для классификации малакокомплексов использовали кластерный анализ методом среднего присоединения на основе матриц индексов сходства Раупа-Крика или Мориситы. Гетерогенность пространственной структуры в пределах биотопа оценивали средним для всех пар проб индексом сходства Чекановского.

При характеристике видового разнообразия использовали иерархические представления (MacArthur, 1965; Whittaker, 1972). Для оценки относительной роли альфа- и бета- компоненты в формировании общего разнообразия использовали аддитивную (гамма = альфа + бета) формулу (Loreau, 2000; Gering, Crist, 2002).

Все расчеты производили при помощи пакетов программ MS Excel 2002 и Past 1.18 (Hammer et al., 2001).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

На территории Засурского леса отмечено 29 видов наземных раковинных моллюсков (табл. 1). Часто встречаются четыре вида: *Cochlicopa lubrica* (Müller, 1774), *Euconulus fulva* (Müller, 1774), *Fruticicola fruticum* (Müller, 1774), *Punctum rugmaeum* (Draparnaud, 1801).

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Таблица 1

Видовой состав и распределение наземных раковинных моллюсков Засурского леса

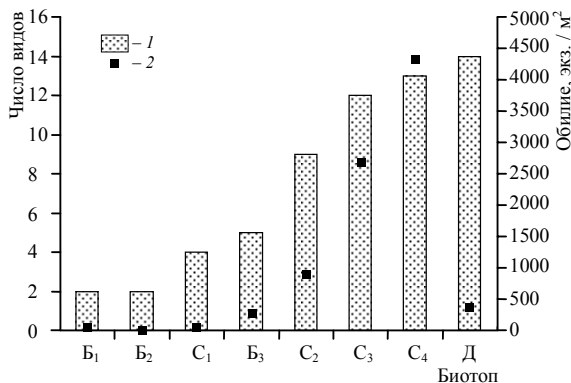
№	Вид	Б <sub>1</sub>	Б <sub>2</sub>	С <sub>1</sub>	Б <sub>3</sub>	С <sub>2</sub>	С <sub>3</sub>	С <sub>4</sub>	Д	*
1	<i>Carychium minimum</i> Müller, 1774	–	–	–	–	–	–	+	–	–
2	<i>C. tridentatum</i> (Risso, 1826)	–	–	–	–	–	–	+	+	–
3	<i>Succinea putris</i> (Linnaeus, 1758)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
4	<i>Succinella oblonga</i> (Draparnaud, 1801)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
5	<i>Oxyloma elegans</i> (Risso, 1826)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
6	<i>Cochlicopa lubrica</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	+	+	+	+	–
7	<i>C. nitens</i> (Gallenstein, 1852)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
8	<i>Acanthinula aculeata</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	–	+	+	+	–
9	<i>Vallonia costata</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	+	+	+	+	–
10	<i>V. pulchella</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
11	<i>Vertigo antivertigo</i> (Draparnaud, 1801)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
12	<i>V. pusilla</i> Müller, 1774	–	–	–	–	+	+	+	+	–
13	<i>V. pygmaea</i> (Draparnaud, 1801)	–	–	–	–	+	–	–	–	–
14	<i>V. substriata</i> (Jeffreys, 1830)	–	–	–	–	–	–	+	+	–
15	<i>Vertilla angustior</i> (Jeffreys, 1830)	–	–	–	–	–	–	+	–	–
16	<i>Columella edentula</i> (Draparnaud, 1805)	–	–	–	+	–	+	+	+	–
17	<i>Cochlodina laminata</i> (Montagu, 1803)	–	–	–	–	–	+	–	+	–
18	<i>Bulgarica cana</i> (Held, 1836)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
19	<i>Punctum pygmaeum</i> (Draparnaud, 1801)	+	–	–	–	+	+	+	+	–
20	<i>Discus ruderatus</i> (Ferussac, 1821)	–	–	–	–	–	–	–	+	–
21	<i>Aegopinella minor</i> (Stabile, 1864)	–	–	–	–	–	+	–	–	–
22	<i>Perpolita petronella</i> (L. Pfeiffer, 1853)	–	–	–	+	–	+	+	+	–
23	<i>P. hammonis</i> (Strom, 1765)	+	+	+	–	+	–	–	+	–
24	<i>Vitrina pellucida pellucida</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	+	+	–	–	–
25	<i>Zonitoides nitidus</i> (Müller, 1774)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
26	<i>Euconulus fulva</i> (Müller, 1774)	–	+	+	+	+	+	+	+	–
27	<i>Fruticicola fruticum</i> (Müller, 1774)	–	–	+	+	+	+	+	+	–
28	<i>Pseudotrichia rubiginosa</i> (A. Schmidt, 1853)	–	–	–	–	–	–	–	–	+
29	<i>Euomphalia strigella</i> (Draparnaud, 1801)	–	–	–	–	–	–	–	–	+

Примечания. Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Б<sub>3</sub> – березняки, С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub> – участки смешанного леса, Д – дубрава; \* – качественные данные.

В березняках (Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>, Б<sub>3</sub>) и сосняке (С<sub>1</sub>) видовое богатство и обилие улиток низкое (рис. 1). В разнотипных биотопах смешанного леса (С<sub>2</sub>, С<sub>3</sub>, С<sub>4</sub>), а также в дубраве (Д), зарегистрировано большее число видов и обилие. При этом в дубраве (Д) при высоком видовом богатстве (14) численность улиток невелика.

Комплекс доминантов в исследуемых биотопах пестрый и представлен 12 видами (рис. 2). Например, во всех участках смешанного леса и в одном из березняков (Б<sub>1</sub>) доминирует *P. pygmaeum*, а в березняках (Б<sub>1</sub>, Б<sub>2</sub>) и сосняках (С<sub>1</sub>, С<sub>2</sub>) – *Perpolita hammonis* (Strom, 1765), предпочитающий более сухие биотопы. Другие доминанты, как *C. lubrica* и *Eu. fulva*, отмечены в отдельных березняках и участках смешанного леса. В некоторых биотопах в состав доминантов включаются редко встречающиеся виды: С<sub>3</sub> – *Vertigo pusilla* Müller, 1774, С<sub>4</sub> – *Vertigo substriata* (Jeffreys, 1830), Б<sub>3</sub> – *Columella edentula* (Draparnaud, 1805). На разных участках смешанного леса отмечено от 5 до 9 видов, доля которых не достигает 8%. Больше всего таких видов в осиннике (С<sub>4</sub>).

Неоднородность сообщества улиток в этих биотопах подтверждается и значениями индекса Шеннона, который изменяется от 0.60 до 2.28. В бедных по ви-



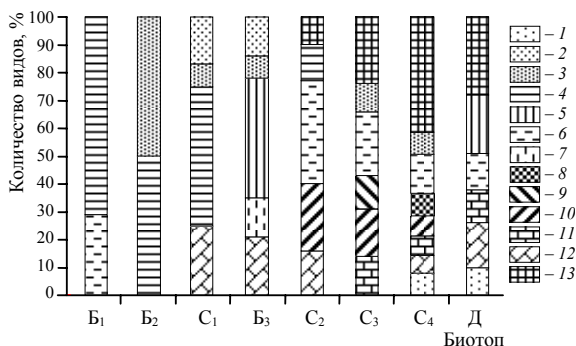
**Рис. 1.** Число видов (1) и обилие (2) наземных рако-винных моллюсков в разнотипных биотопах Засурского леса (березняки B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, B<sub>3</sub>, участки смешанного леса C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, дубрава Д)

довому составу березняках и сосняке величина индексов составляет 0.60 – 1.44, в осиннике – 2.43, в дубраве – 2.28 и в березо-липняке – 2.16. Выравненность видовой структуры малакоценозов самая высокая в осиннике (0.95), а низкая – в одном из сосняков (0.74), в остальных биотопах находится в пределах от 0.86 до 0.90. В целом общее количество видов (гамма-разнообразие) сообществ наземных моллюсков в Засурском лесу на 40% определяется альфа-компонентой (т.е. количеством видов в отдельном биотопе) и на 60% – бета-

компонентой (т. е. различиями между видовым составом в отдельных биотопах).

По видовому составу и структуре выделено 2 варианта сообществ, формирующихся в: а) березняках и сосняках; б) дубраве и участках смешанного леса с высокой представленностью клена, липы и осины (рис. 3). По структурным характеристикам варианты исследуемых сообществ наземных моллюсков из разнотипных биотопов различаются больше, чем по видовому составу.

Таким образом, установлена связь сообщества наземных моллюсков с некоторыми структурными показателями растительного покрова Засурского леса. Можно

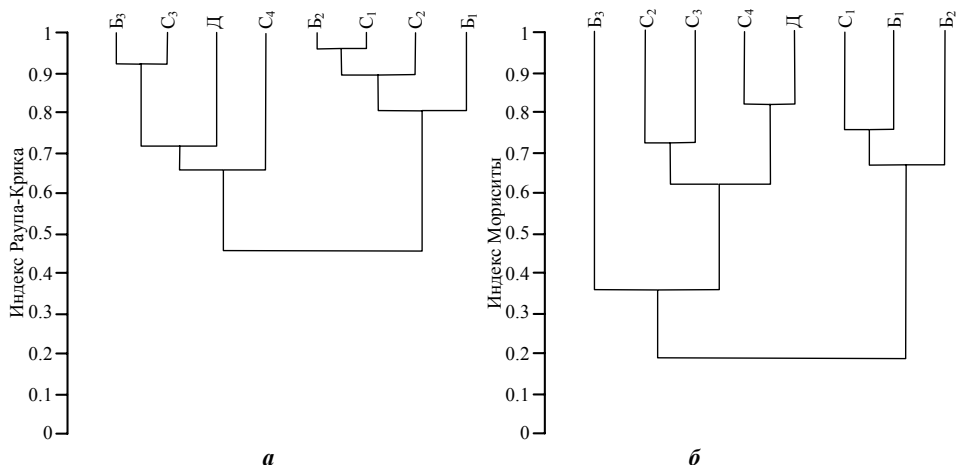


**Рис. 2.** Доля доминирующих видов в сообществе улиток из разных биотопов Засурского леса: 1 – *C. tridentatum*, 2 – *F. fruticum*. 3 – *E. fulva*, 4 – *P. hammonis*, 5 – *P. petronella*, 6 – *P. pygmaeum*, 7 – *C. edentula*, 8 – *V. substriata*, 9 – *V. pusilla*, 10 – *V. costata*, 11 – *A. aculeata*, 12 – *C. lubrica*, 13 – прочие. Условные обозначения см. на рис. 1

выделить две значительно отличающиеся группы, характерные для сильно нарушенных фитоценозов, а потому находящиеся на ранних стадиях сукцессии (B<sub>1</sub>, B<sub>2</sub>, C<sub>1</sub>) и для разных стадий восстановления фитоценозов (B<sub>3</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, C<sub>4</sub>, Д). Они различаются видовым составом и структурой. Состав населения наземных моллюсков в подстилке зависит от состава лесного древостоя и развития травяного покрова (Байдашников, 1985). Для питания сапрофагов листовенный опад пригоден только на следующий год, когда из него вымываются ду-

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

бильные вещества, сахара, органические кислоты и пр. (Стриганова, 1980). Хвоя сосны разлагается медленно, а опад березы как пища, по мнению лесоводов, малоценен. Во вторичных березняках сокращается видовой состав моллюсков, характерный для коренных лесов, и их обилие ниже из-за антропогенного пресса (Байдашников, 1992). В смешанных лесах, дубраве, березняке с кленом и липой видовой состав моллюсков сходен в большей мере, чем структурные показатели их комплексов.



**Рис. 3.** Диаграммы сходства отдельных групп наземных моллюсков из разных биотопов Засурского леса по видовому составу (а) и видовой структуре (б). Условные обозначения см. на рис. 1

Для выявления структурных особенностей малакоценозов в богатых видами улиток участках леса детально проанализированы их группировки в пространственно близко расположенных трёх точках.

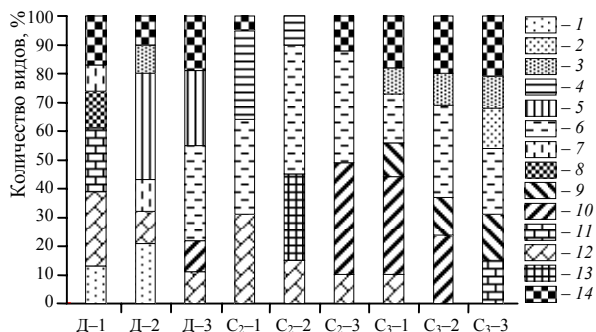
Число видов и обилие улиток в различных биотопах смешанного леса отличается (табл. 2). В березо-липняке (С<sub>3</sub>) однородность малакоценоза значительно выше по сравнению с двумя другими (Д и С<sub>2</sub>), что отражается в крайне низкой величине бета-разнообразия этих сообществ.

**Таблица 2**

Особенности видовых и структурных параметров малакоценозов  
микростаций дубравы (Д) и участков смешанного леса (С)

Показатели	Д-1	Д-2	Д-3	С <sub>2</sub> -1	С <sub>2</sub> -2	С <sub>2</sub> -3	С <sub>3</sub> -1	С <sub>3</sub> -2	С <sub>3</sub> -3
Обилие, особ. / м <sup>2</sup>	367	304	432	672	320	1680	2480	3536	3136
Число видов	9	7	7	4	4	7	12	11	11
Доминирующие виды	5	5	4	3	4	3	5	4	5
Доля бета-компоненты в общем (гамма) разнообразии, %	45			44			6		
Средний индекс Чекановского между всеми парами проб	0.369			0.547			0.690		

По структурным показателям (индекс Чекановского) сходство комплексов улиток внутри микростаций березо-липняка также выше. В то же время наиболее гетерогенно сообщество наземных моллюсков в дубраве. Среди доминантов улиток березо-липняка из 4 – 5 видов три общие: *Eu. fulva*, *V. pusilla* и *P. pygmaeum* (рис. 4). Наземные улитки этого биотопа – обычные голарктические обитатели европейских широколиственных лесов.



**Рис. 4.** Соотношение доминирующих видов мягкотелых в трех микростациях разных участков Засурского леса: 1 – *C. tridentatum*, 2 – *A. minor*, 3 – *E. fulva*, 4 – *P. hammonis*, 5 – *P. petronella*, 6 – *P. pygmaeum*, 7 – *C. edentula*, 8 – *V. substriata*, 9 – *V. pusilla*, 10 – *V. costata*, 11 – *A. aculeata*, 12 – *C. lubrica*, 13 – *V. pygmaea*, 14 – прочие виды.

Условные обозначения см. на рис. 1

графическая приуроченность составляющих их видов: помимо европейских и голарктических здесь в составе доминантов два палеарктических – *Carychium tridentatum* (Risso, 1826) и *Perpolita petronella* (L. Pfeiffer, 1853).

На третьем участке – в сосняке ( $C_2$ ) – отмечен наиболее бедный видовой состав наземных моллюсков, низкое число доминантов и наибольшее различие обилия отдельных видов (см. табл. 2). Два широко распространенных голарктических вида *C. lubrica*, *P. pygmaeum* доминируют во всех микробиотопах. Доминантный комплекс наземных моллюсков в одной из проб отличается от двух других и более сравним с таковым березо-липняка.

Для подтверждения обнаруженных особенностей и выявления степени сходства в этих участках леса проведена классификация локальных сообществ (рис. 5).

По видовому составу и структуре малакоценозы четко разделились на три группы, в состав которых вошли представители населения разных типов леса. Видовой состав лишь одной пробы в дубраве оказался ближе к составу улиток березо-липняка, а по структуре показано сходство проб дубравы и смешанного леса с преобладанием сосны.

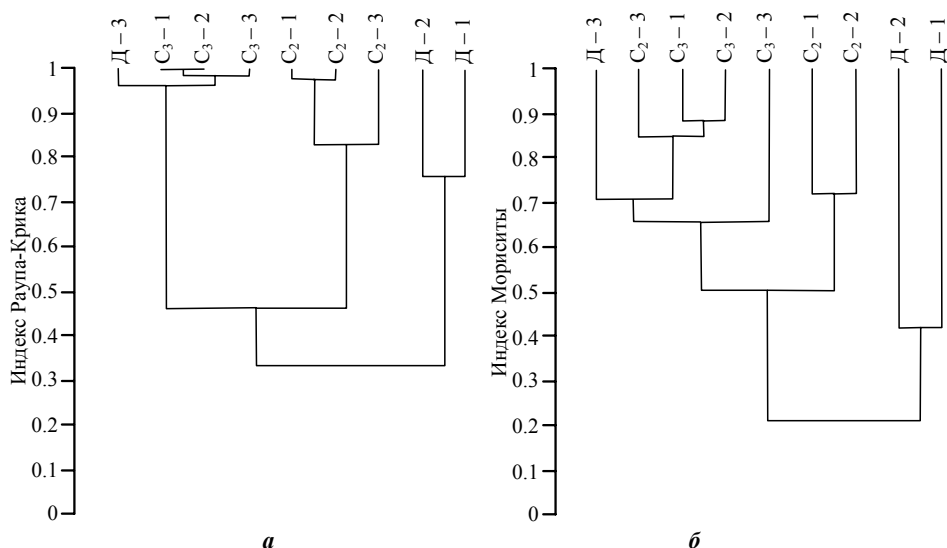
Следовательно, в микробиотопах некоторых типов леса, несмотря на отличающиеся микроусловия, улитки агрегированы и обладают схожим видовым составом и структурными показателями. В Засурском лесу таким участком является березо-липняк с доминированием липы ( $C_3$ ). В этом биотопе ценотические показате-

Доминирующих видов в микробиотопах дубравы больше (7 – 9), но общий только один – широко распространенный вид *C. lubrica*. В литературе высокое видовое богатство отмечено для пологих зарастающих оврагов с большим разнообразием экологических ниш на сравнительно небольшой площади (Шиков, 1985; Сверлова и др., 2006). Тот же результат получен нами на ровной площадке в мозаичном растительном сообществе дубравы. Большую гетерогенность этого малакоценоза подтверждает и гео-



## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

тели мало изменились и в течение двух следующих друг за другом лет. Возможно, равномерное распределение видов связано с высоким содержанием и листового опада на этом участке леса (Sulikowska-Drosd, Horsak, 2007). Согласно Валдену (Walden, 1981) виды со сходными экологическими требованиями имеют тенденцию сосуществовать в богатых ресурсами местообитаниях.



**Рис. 5.** Дендрограммы сходства группировок наземных моллюсков внутри разных биотопов по видовому составу (а) и видовой структуре (б). Условные обозначения см. на рис. 1

Сходство малакоценозов отдельных микробиотопов разных типов леса свидетельствует о пространственной гетерогенности условий в этих участках. Такое распределение можно объяснить более жесткими условиями для жизнедеятельности улиток, в связи с чем из состава сообщества выпадет ряд видов.

Таким образом, на территории Засурского леса сообщество наземных моллюсков, включающее 29 видов, отличается гетерогенностью структуры локальных комплексов в отдельных участках леса. В восстановленных после рубок участках леса с достаточно высокой влажностью и запасом органических остатков в почве, подходящих для питания моллюсков, разнообразие и плотность выше. В таких биотопах улитки распределены равномерно, т. е. пространственная структура сообщества более однородна. Именно эти биотопы и являются резерватами наземных моллюсков того или иного фитоценоза.

Авторы выражают благодарность А.И. Иванову за помощь в организации работ в Засурском лесу.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 07-04-00187).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Антонов И.С., Саволей Ю.П.* Рассказы о Пензенских лесах. Пенза: Изд-во Пенз. гос. с.-х. ин-та, 1990. 170 с.
- Байдашников А.А.* Наземные моллюски Закарпатской области и их распространение по основным ландшафтам и растительным сообществам // Новые данные по систематике и экологии моллюсков / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985. С. 44 – 66.
- Байдашников А.А.* Наземная малакофауна Украинского Полесья. Сообщение I. Видовой состав и связь моллюсков с растительным покровом // Вестн. зоологии. 1992. № 4. С. 1 – 88.
- Булавкина О.В., Стойко Т.Г.* Наземные моллюски зоны защитных мероприятий объекта по уничтожению химического оружия в Пензенской области // Мониторинг природных экосистем в зонах защитных мероприятий объектов по уничтожению химического оружия: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. / Пенз. гос. с.-х. акад. Пенза, 2007 а. Ч. I. С. 19 – 25.
- Булавкина О.В., Стойко Т.Г.* Дополнения к фауне наземных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) Среднего Поволжья (Пензенская область) // Поволж. экол. журн. 2007 б. С. 245 – 249.
- Иванов А.И.* Система экологического мониторинга и мониторинга природных ресурсов долины р. Суры в пределах Пензенской области. Отчет о научно-исследовательской работе по теме №6.03. / Пенз. гос. с.-х. акад. Пенза, 2003. 168 с.
- Иванов А.И., Антонов И.С.* Памятники природы Ахунского лесхоза Пензенской области // Проблемы охраны и рационального использования природных экосистем и биологических ресурсов: Материалы Всерос. науч.-практ. конф. Пенза: Нисса – Поволжье, 1998. С. 103 – 105.
- Кантор Ю.И., Сысов А.В.* Каталог моллюсков России и сопредельных стран. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 625 с.
- Корнюшин А.В.* Наземная малакофауна грабово-дубовых лесов Среднего Приднепровья // Тр. Зоол. ин-та АН СССР. 1988. Т. 176. С. 109 – 120.
- Лихарев И.М., Раммельмейер Е.С.* Наземные моллюски фауны СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1952. 511 с.
- Николаев В.А.* Фауна наземных моллюсков Среднерусской возвышенности: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 1973. 19 с.
- Николаев В.А.* Наземные моллюски центра Среднерусской возвышенности // Вопросы биологии животных. Курск: Изд-во Курск. гос. пед. ин-та, 1974. С. 143 – 152.
- Сачкова Ю.В.* Разнообразие и структура населения наземных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) Самарской Луки // Биоресурсы и биоразнообразие экосистем Поволжья: прошлое, настоящее, будущее: Материалы Междунар. совещ. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2005 а. С. 124 – 126.
- Сачкова Ю.В.* Новый для Среднего Поволжья вид наземного моллюска (Gastropoda, Pulmonata) из Жигулей // Бюл. «Самарская Лука». 2005 б. № 16. С. 191 – 195.
- Сачкова Ю.В.* Фауна и экология наземных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) лесостепного Поволжья (на примере Самарской области): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. Тольятти, 2006 а. 20 с.
- Сачкова Ю.В.* Экологические предпочтения наземных моллюсков в лесостепи Среднего Поволжья (на примере Самарской области) // Эколого-функціональні та фауністичні аспекти дослідження моллюсків, їх роль у біоіндикації стану навколишнього середовища. Житомир: Вид-во Житомир. держ. ун-ту, 2006 б. Вип. 2. С. 248 – 251.
- Сачкова Ю.В., Валкин И.Ю., Валкин Ю.М.* Материалы по фауне наземных брюхоногих моллюсков (Mollusca, Gastropoda) Ульяновской области // Природа Симбирского Поволжья. Ульяновск: Изд-во Ульян. гос. техн. ун-та, 2001. Вып. 2. С. 134 – 140.
- Сверлова Н.В., Гураль Р.І.* Визначник наземних моллюсків заходу України / Державний природознавчий музей НАН України. Львів, 2005. 216 с.

## ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ

Сверлова Н.В., Хлус Л.М., Крамаренко С.С., Сон М.О., Леонов С.В., Король Э.Н., Вычалковская Н.В., Земоглядук К.В., Кирпан С.П., Кузьмович М.Л., Стенько Р.П., Ференц О.Г., Шклярчук А.Н., Гураль Р.И. Фауна, экология и внутривидовая изменчивость наземных моллюсков в урбанизированной среде / Государственный природоведческий музей НАН Украины. Львов, 2006. 226 с.

Стриганова Б.Р. Питание почвенных сапрофагов. М.: Наука, 1980. 244 с.

Чистякова А.А., Леонова Н.А. Состояние охраняемых лесных сообществ европейской лесостепи России и возможности их реконструкции (на примере особо охраняемых территорий Пензенской области) // Экология. 2003. № 5. С. 323 – 329.

Шахматова Р.А., Подолецкая С.В. К изучению фауны наземных моллюсков Нижегородской области // Зоологические исследования в регионах России и сопредельных территорий: Материалы Междунар. конф. Н. Новгород: Изд-во Нижегород. гос. пед. ун-та, 2002. С. 55 – 63.

Шиков Е.В. Влияние рельефа и озёрно-речной сети на современное распространение моллюсков в центре Русской равнины // Новые данные по систематике и экологии моллюсков / Зоол. ин-т АН СССР. Л., 1985. С. 44 – 66.

Шилейко А.А. Наземные моллюски (Mollusca, Gastropoda) Московской области // Почвенные беспозвоночные Московской области. М.: Наука, 1982. С. 144 – 169.

Шилейко А.А. Наземные моллюски подотряда Pupillina фауны СССР (Gastropoda, Pulmonata, Geophila). Фауна СССР. № 130. Моллюски. Л.: Наука. Ленингр. отд-ние, 1984. Т. 3, вып. 3. 400 с.

Gering J.C., Crist T.O. The alpha-beta-regional relationship: providing new insights into local-regional patterns of species richness and scale dependence of diversity components // Ecology Letters. 2002. Vol. 5. P. 433 – 444.

Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Palaeontological Statistics software package for education and data analysis // Palaeontologica electronica. 2001. Vol. 4, is. 1. Art. 4. 9 p.

Loreau M. Are communities saturated? On the relationship between  $\alpha$ ,  $\beta$  and  $\gamma$  diversity // Ecology Letters. 2000. Vol. 3. P. 73 – 76.

MacArthur R.H. Patterns of species diversity // Biol. Rev. 1965. Vol. 40. P. 510 – 533.

Sulikowska-Drosd A., Horsak M. Woodland mollusks communities along environmental gradients in the East Carpathians // Biologia (Bratislava). 2007. Vol. 62, №2. P. 201 – 208.

Walden H.W. Communities and diversity of land mollusks in Scandinavian woodlands. I. High diversity communities in taluses and boulder slopes in SW Sweden // J. Conchology. 1981. Vol. 30. P. 351 – 372.

Whittaker R.H. Evolution and measurement of species diversity // Taxon. 1972. Vol. 21. P. 213 – 251.

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 591.16:599.6(599.73.5)

### ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКЦИИ САЙГАКА (*SAIGA TATARICA TATARICA* L.) В РЕСПУБЛИКЕ КАЛМЫКИЯ В УСЛОВИЯХ НИЗКОЙ ЧИСЛЕННОСТИ

Н.Ю. Арылова

*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 119071, Москва, Ленинский просп., 33  
E-mail: arylova@gmail.com*

Поступила в редакцию 21.03.08 г.

**Особенности репродукции сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L.) в Республике Калмыкия в условиях низкой численности.** – Арылова Н.Ю. – По литературным данным и собственным наблюдениям проведено изучение репродуктивных показателей европейской популяции сайгака в условиях ее низкой численности (менее 20 тыс. особей). При этом показано, что, несмотря на ухудшение условий обитания, нарушение демографической структуры и критическое падение численности, масса новорожденных сайгачат, от которой во многом зависит их дальнейшее развитие и жизнедеятельность, практически не отличается от показателей конца 50-х гг. прошлого века, когда данная популяция достигала максимума своей численности (более 800 тыс. особей).

*Ключевые слова:* европейская популяция сайгака, сокращение численности, половозрастная структура, гон, отел, вес новорожденных.

**Reproduction features of the Saiga antelope (*Saiga tatarica tatarica* L.) in Republic of Kalmykia in the low numbers' conditions** – Arylova N.Yu. – Some reproductive indices of the European population of saiga with a very low abundance (less than 20 thousand individuals) have been analyzed using the literature data and original author's observations. Despite of the habitats' deterioration, infringement of the demographic structure, and critical reduction of the numbers the weight of newborn saigas governing their further development and life activities has been shown not to differ essentially from its value observed in the 1950ies when this population was at the maximum of its abundance (above 800 thousand individuals).

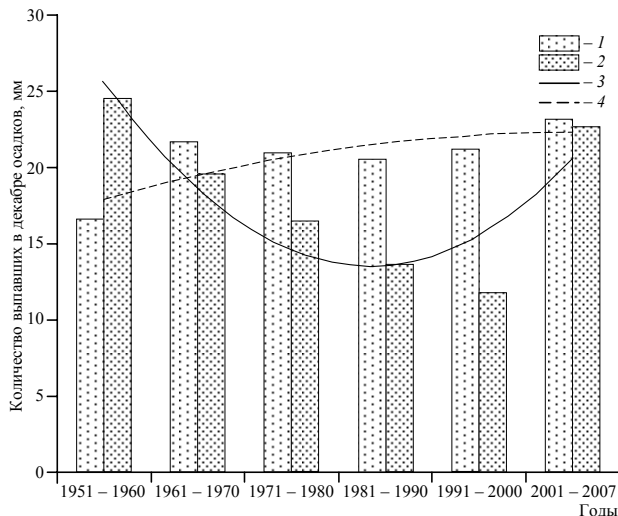
*Key words:* European population of Saiga antelope, abundance reduction, sex-age structure, rut, lambing, newborn's weight.

Численность сайгака (*Saiga tatarica tatarica* Linnaeus, 1766), ранее наиболее массового вида копытных в степях и полупустынях Северо-Западного Прикаспия (более 800 тыс. особей в конце 50-х гг. прошлого века), значительно сократилась и в течение последних лет продолжает оставаться на крайне низком уровне. В настоящее время численность сайгака по экспертным оценкам составляет 14 – 16 тыс. особей (Сидоров, Букреева, 2007). При этом следует отметить, что полноценные учеты численности не проводятся на территории Северо-Западного Прикаспия с 2004 г., а экспертные оценки нельзя признать удовлетворительными, так как они носят в основном субъективный характер и неизбежно приводят к тем или

иным погрешностям полученных результатов, которые к тому же экстраполируются на значительную территорию. Тем не менее, такое многократное падение численности одни авторы (Букреева, 2002) связывают с многолетними циклическими колебаниями и нахождением данной популяции в стадии депрессии. Другие авторы объясняют это бесконтрольным, хищническим характером ее использования и отсутствием надлежащей охраны (Данилкин, 2005) или изменениями растительного покрова в местах обитания сайгаков (Абатуров, 2007). В прошлом также наблюдались значительные падения численности этого вида, но популяции и в Северо-Западном Прикаспии, и в Средней Азии относительно быстро восстанавливались благодаря высокой плодовитости сайгаков (Бекенов, Грачев, 1998; Жирнов, Максимук, 1998). Вероятно, задержка с восстановлением численности сайгака в современных условиях (даже при запрете на промысел и решении МСОП от 2002 г. о статусе сайгака как «угрожаемого вида») связана с воздействием сразу нескольких факторов (абиотических, биотических, социальных) (Банников и др., 1961; Жирнов, 1982, 1998; Бибииков и др., 1998; Жирнов и др., 1998). Для оценки реального «вклада» каждого из них, что важно при обосновании стратегии сохранения и устойчивого использования ресурсов этого ценного охотничьего вида, необходимо проведение соответствующих научных исследований по разным направлениям. Результаты одного из них – по изучению процессов размножения у сайгаков на территории Республики Калмыкия – представлены в настоящем сообщении.

Нами на основе литературных данных и собственных наблюдений проведен анализ некоторых репродуктивных показателей, характеризующих разные периоды и уровни численности европейской популяции сайгака. Полевые исследования проводились в 2003 – 2008 гг. в период гона и массового отела сайгаков в биосферном резервате «Черные земли» (Республика Калмыкия) и на прилегающих территориях. На стандартных (50 м шириной и 10 км длиной) пеших трансектах проводился учет новорожденных сайгачат с определением их веса и половозрастной структуры. На автомобильных маршрутах визуальное с помощью оптических и навигационных приборов определялись распределение, численность и половозрастная структура встречаемых стад и отдельных животных. Проведено сравнение расположения мест гона и отела в годы высокой численности сайгака (по литературным данным) и в последние годы. Установлено, что за последние полвека места гона и отела сместились с севера на юг региона Черных земель. В 1957 – 1959 гг. гон у сайгаков отмечался во многих местах, почти на всей территории Черных земель, в то время как места массового отела были сосредоточены на севере Республики Калмыкия – в Сарпинской низменности (Банников и др., 1961). В 70-х гг. прошлого века места гона и отела уже отмечались только на юге и юго-востоке Черных земель, а занимаемая ими площадь существенно уменьшилась (Близнюк, 1982; Жирнов, 1982; Букреева, 2002). По-видимому, это связано с возрастающим фактором беспокойства и изъятием части пригодных для сайгака местообитаний под сельскохозяйственные угодья (Жирнов, 1985; Близнюк, 1995; Букреева, 2002). С конца 1960-х гг. в зоне обитания сайгака в Республике Калмыкия отмечается строительство новых населенных пунктов и появление новых животноводческих хозяйств. В эти же годы на территории Сарпинской низменности (Юстинский рай-

он, Республика Калмыкия) в местах, предпочитаемых сайгаком в весенне-летний период, было построено 3 крупных оросительных канала. Они стали практически непреодолимыми препятствиями на пути миграций сайгаков, и неоднократно здесь отмечалась гибель взрослых животных и молодняка (Близнюк, 1995). Наряду с сайгаками, пастбища Черных земель круглогодично используются домашним скотом, поголовье которого в 1970-х гг. по всей Калмыкии возросло, и в результате



**Рис. 1.** Среднее количество выпавших в декабре осадков по десятилетиям: 1 – метеостанция Юста, 2 – метеостанция Комсомольский; полиномиальные тренды: 3 – метеостанция Юста, 4 – метеостанция Комсомольский

перевыпаса значительные площади пастбищ подверглись процессам деградации и опустынивания (Зонн, 1995). Сравнение среднемесячных показателей по наблюдениям метеорологических станций Юста и Комсомольский (рис. 1), расположенных в зоне обитания сайгака на территории Республики Калмыкия, показало, что количество осадков, которые выпали в Черноземельском районе в декабре в 1990-х гг. (в среднем –  $11.8 \pm 7.2$  мм), снизилось и достоверно отличается от таковых в 1950-х гг. (в среднем –  $24.6 \pm 9.5$ , Mann-Whitney  $U = 14.0$ ,  $p = 0.01$ ). За этот же период в Юстинском районе количество осадков возросло (в среднем –  $16.6 \pm 11.1$  мм в 1950-е гг.,  $21.2 \pm 12.9$  мм в 1990-е гг.), хотя в последнем случае отмеченные различия статистически недостоверны (Mann-Whitney  $U = 36.5$ ,  $p = 0.31$ ). Выявленные изменения в распределении осадков, по нашему мнению, могли привести к смещению мест гона сайгака с севера (Юстинский район) в более южные районы Черных земель, где доля осадков в виде снега относительно невелика. В течение 2001 – 2007 гг. количество выпавших осадков в декабре в Юстинском ( $23.2 \pm 16.7$  мм) и Черноземельском ( $22.7 \pm 6.9$  мм) районах оказалось примерно одинаковым. Несмотря на это, места гона и отела сайгаков по-прежнему сосредоточены в южных районах Черных земель (биосферный резерват «Черные земли» и заказник «Степной» Астраханской области), что связано, скорее всего, уже с другими факторами – отсутствием беспокойства и обеспеченностью кормами.

Число молодых сайгачат (в возрасте до 4 мес.), приходящихся на одну взрослую самку в популяции, за последние 10 лет снизилось почти вдвое по сравнению с 1950-ми гг. (0.7 и 1.2 соответственно). Вероятно, это связано как со снижением общей доли беременных самок в популяции (Кокшунова, Букреева, 2007), так и со

## ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКЦИИ САЙГАКА

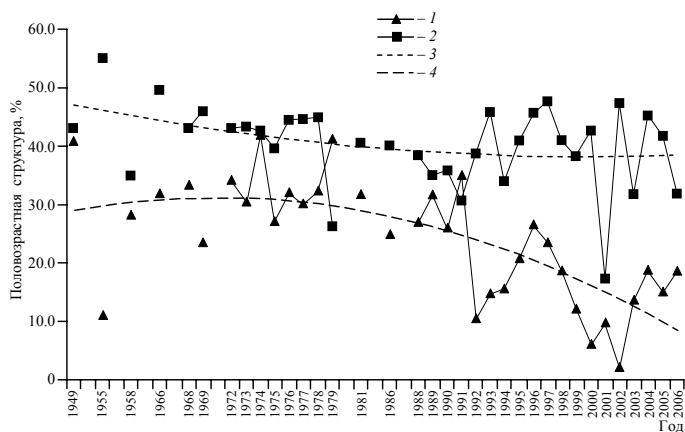
смертностью молодняка. К сожалению, в последние годы исследований выживаемости сайгачат в течение первого года жизни не проводилось. По нашим наблюдениям, отход молодняка в первые 2 – 3 суток после рождения в 2003 – 2008 гг. не превышал 8 – 12%, что соизмеримо с показателями 1950-х гг., когда отел проходил в Сарпинской низменности (Банников и др., 1961). В условиях низкой численности популяции (с 2004 г.) плодовитость самок не определялась, но еще в 1997 г. она достигала максимальных показателей, известных для данной популяции (Близнюк, Букреева, 2000; Букреева, 2002): доля беременных самок в возрасте 10 – 11 месяцев составляла 84.0% ( $n = 30$ ); в возрасте 2 года и более – 100% ( $n = 66$ ), а число эмбрионов на 1 взрослую самку – 1.83.

Мы провели исследование изменений среднего веса новорожденных сайгачат в годы высокой и низкой численности популяции по данным, приведенным в литературе, и результатам собственных наблюдений. Средний вес новорожденных в последние годы практически не отличается от показателей для конца 1950-х гг. (самки – 3.1 кг; самцы – 3.3 кг) (Банников и др., 1961), а в некоторые годы – 1996, 2000 (Близнюк, Букреева, 2000; Букреева, 2002) и 2003, 2004, 2008 (собственные наблюдения) – даже превышает их. Минимальный средний вес новорожденных самцов и самок (3.02 кг и 2.90 кг соответственно) (Близнюк, Букреева, 2000; Букреева, 2002) наблюдался в 1994 г., максимальный – в 2008 г. ( $3.9 \pm 0.4$  кг,  $n = 89$  и  $3.7 \pm 0.4$  кг,  $n = 67$  соответственно). Так как ход эмбрионального развития будущего приплода определяется условиями питания беременных самок сайгака (Давлетова и др., 1997; Петрищев, 1997; Близнюк, Букреева, 2000), то результаты проведенного исследования косвенно свидетельствуют о том, что в зоне обитания сайгаков их обеспеченность кормами не претерпела существенных изменений с середины прошлого века. Кроме того, анализ опубликованных данных по плодовитости показал, что доля самок с двойными эмбрионами (без учета яловых) в конце 1950-х гг. и в 1993 – 2003 гг. была примерно одинаковой –  $39.1 \pm 9.3\%$ . Таким образом, стабильность массы новорожденных сайгачат, скорее всего, не связана с увеличением процента одиночек, которые заведомо имеют больший вес, чем детеныши из двойни.

Известно, что скорость воспроизводства и динамика численности зависят от половозрастной структуры популяции (Шилов, 2001). Анализ имеющихся данных показал, что после 1970-х гг. и до настоящего времени в структуре популяции сайгака нарастал серьезный дисбаланс в соотношении полов взрослых животных. На рис. 2 показана динамика доли половозрелых самцов среди взрослых сайгаков и сеголеток обоих полов во всей популяции (по оценкам в августе). Следует отметить, что согласно анализу литературных данных доля взрослых самцов во взрослой популяции до 90-х гг. прошлого века оставалась достаточно стабильной (около 30%). Вторая половина 1990-х гг. характеризуется значительным снижением этого показателя, который в период гона в 2000 г. достиг своего критического уровня – 0.9% (Букреева, 2002). Как показывают наши наблюдения, и в последние годы в популяции преобладают самки и сеголетки, но доля самцов во взрослой популяции начала постепенно увеличиваться.

Таким образом, несмотря на изменение среды обитания европейской популяции сайгака, нарушение ее демографической структуры и критическое падение

численности, масса новорожденных сайгачат практически не отличается от таковой в конце 50-х гг. прошлого века, когда данная популяция достигала максимума своей численности. Это дает основание считать, что экофизиологические параметры репродукции популяции сайгака в Республике Калмыкия продолжают оста-



**Рис. 2.** Динамика половозрастной структуры популяции сайгака в Республике Калмыкия (по оценкам в августе) (по литературным и собственным данным): 1 – доля самцов во взрослой популяции, 2 – доля сеголеток обоих полов во всей популяции; полиномиальные тренды: 3 – доля самцов во взрослой популяции, 4 – доля сеголеток обоих полов

ваться в норме. При этом мы полагаем, что для окончательного обоснования вывода об условиях воспроизводства данной популяции необходимо проведение полного цикла наблюдений за ходом размножения в течение ряда лет и продолжение изучения влияния на него самых разных факторов

(см. выше). Тем не менее, проведенный анализ накопленных многолетних данных о биологии сайгака позволяет согласиться с мнением Л.В. Жирнова (1998), согласно которому основным фактором, определяющим современное критическое состояние европейской популяции сайгака, является антропогенный. Для ее спасения необходимо резко усилить меры борьбы с браконьерством и в то же время обеспечить активное участие сельского населения в сохранении уникального живого наследия наших степей.

Автор выражает благодарность фондам Wildlife Conservation Network, Darwin Initiative, INTAS за поддержку исследований, проведенных на территории Республики Калмыкия, сотрудникам заказника «Степной» (Астраханская область), биосферного резервата «Черные земли» (Республика Калмыкия), Центра диких животных Республики Калмыкия за помощь в сборе материала, а сотрудникам Лаборатории сохранения биоразнообразия и использования биоресурсов Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН за ценные замечания и консультации при подготовке данного сообщения.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

Абатуров Б.Д. Популяция сайгака в России и проблемы ее сохранения // Вестн. РАН. 2007. Т. 77, № 9. С. 785 – 793.  
 Банников А.Г., Жирнов Л.В., Лебедева Л.С., Фандеев А.А. Биология сайгака. М.: Изд-во с.-х. литературы, журналов и плакатов, 1961. 336 с.



## ОСОБЕННОСТИ РЕПРОДУКЦИИ САЙГАКА

*Бекенов А.Б., Грачев Ю.А.* Численность сайгаков в XX веке в Казахстане // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 1998. С. 225 – 227.

*Бибиков Д.И., Журнов Л.В., Фильмонов А.В., Бекенов А.Б.* Гибель от хищников // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 1998. С. 241 – 247.

*Близнюк А.И.* Экология и рациональное использование популяции сайгаков в Северо-Западного Прикаспия: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1982. 129 с.

*Близнюк А.И.* Роль хозяйственного освоения территории в изменении численности калмыцкой популяции сайгака // Биота и природная среда Калмыкии. М.; Элиста: Коркис, 1995. С. 222 – 244.

*Близнюк А.И., Букреева О.М.* Плодовитость и отел сайгака *Saiga tatarica* калмыцкой популяции на современном этапе // Зоол. журн. 2000. Т. 79, № 9. С. 1124 – 1132.

*Букреева О.М.* Европейская популяция сайгака (*Saiga tatarica* L.) и факторы, определяющие ее состояние: Дис. ... канд. биол. наук. М., 2002. 224 с.

*Давлетова Л.В., Петрищев Б.И., Абатуров Б.Д., Максимук А.В., Капралова Л.Т., Сидоров С.В., Термелева А.Г., Эрдниева Р.М.* Европейский сайгак (развитие, морфология, экология). М.: Наука, 1997. 192 с.

*Данилкин А.А.* Млекопитающие России и сопредельных территорий. Полорогие. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2005. 550 с.

*Журнов Л.В.* Возвращенные к жизни (экология, охрана и использование сайгаков). М.: Лесная пром-сть, 1982. 224 с.

*Журнов Л.В.* Копытные аридных зон Евразии (популяционно-видовые особенности, биологические основы охраны и рационального использования): Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. М., 1985. 44 с.

*Журнов Л.В.* Антропогенные факторы и их роль в регуляции численности популяции // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 1998. С. 252 – 264.

*Журнов Л.В., Максимук А.В.* Численность сайгаков в XX веке в Северо-Западном Прикаспии // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 1998. С. 219 – 225.

*Журнов Л.В., Бекенов А.Б., Грачев Ю.А.* Абиотические, или погодно-климатические факторы // Сайгак: филогения, систематика, экология, охрана и использование / Ин-т проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН. М., 1998. С. 233 – 241.

*Зонн Н.С.* Республика Калмыкия – Хальмг Тангч – европейский регион экологической напряженности // Биота и природная среда Калмыкии. М.; Элиста: Коркис, 1995. С. 19 – 53.

*Кокинунова Л.Е., Букреева О.М.* К вопросу об эмбриональной плодовитости европейского сайгака (*Saiga tatarica* L.) // Проблемы сохранения биоразнообразия Северо-Западного Прикаспия: Материалы Междунар. науч.-практич. конф. Элиста: Джангар, 2007. С. 67 – 74.

*Петрищев Б.И.* Характеристика эмбриогенеза сайгака (*Saiga tatarica*) и оценка состояния приплода // Зоол. журн. 1997. Т. 76, № 2. С. 234 – 242.

*Сидоров С.В., Букреева О.М.* Состояние популяции сайгака Северо-Западного Прикаспия, ее развитие и использование // Териофауна России и сопредельных территорий (VIII съезд Териол. о-ва): Материалы Междунар. совещ. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2007. С. 452.

*Шилов И.А.* Экология. М.: Высш. шк., 2001. 512 с.

УДК 595.423:591.13

## ПИТАНИЕ ОРИБАТИДНЫХ КЛЕЩЕЙ НАДСЕМЕЙСТВА CROTONIOIDEA В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

С.Г. Ермилов, **М.П. Чистяков**

*Референтный центр федеральной службы  
по ветеринарному и фитосанитарному надзору  
Россия, 603107, Нижний Новгород, просп. Гагарина, 97  
E-mail: ermilovacari@yandex.ru*

Поступила в редакцию 06.10.07 г.

**Питание орибатидных клещей надсемейства Crotonioidea в лабораторных условиях.** – Ермилов С.Г., Чистяков М.П. – В лабораторных условиях изучали питание у 16 видов орибатидных клещей надсемейства Crotonioidea. Из предложенных пищевых субстратов все виды предпочитали хлорококковые водоросли (*Pleurococcus* sp.). Другие корма (*Sphagnum* sp., части березовых листьев, *Cladonia silvatica*, древесина, сырой картофель) использовались клещами только в качестве дополнительных. По нашим наблюдениям наиболее широким пищевым спектром обладал *Heminothrus peltifer*.

*Ключевые слова:* орибатидные клещи, Crotonioidea, питание.

**Nutrition of oribatid mites of Crotonioidea superfamily in laboratory conditions.** – Ermilov S.G., Chistyakov M.P. – Nutrition of 16 oribatid mite species of the Crotonioidea superfamily was studied in laboratory conditions. Of the offered food substrata all the species preferred food algae (*Pleurococcus* sp.). Other forages (*Sphagnum* sp., parts of birch leaves, *Cladonia silvatica*, wood, a crude potato) were eaten by these mites only as additional ones. By our observations, *Heminothrus peltifer* possessed the widest food spectrum.

*Key words:* oribatid mites, Crotonioidea, food.

Почвенные клещи-орибатиды (Acari, Oribatida) по типу питания являются сапрофагами в широком смысле слова. Они употребляют в пищу разлагающиеся остатки растительного и животного происхождения. Питание орибатидных клещей зависит от условий обитания, но предпочтение отдается растительным тканям и мицелиям грибов.

Питательный аспект орибатид изучался акарологами как визуальным методом в лабораторных условиях, так и методом изучения содержимого кишечника, однако эксперименты проводились выборочно, как правило, в отношении отдельных видов из разных (над)семейств (Чистяков, 1971; Wallwork, 1958 и др.).

Цель нашей работы состояла в изучении пищевых предпочтений орибатидных клещей надсемейства Crotonioidea. Литературные сведения о питании этих клещей немногочисленны и касаются лишь нескольких видов (Шалдыбина, 1984; Ермилов, 2007; Hartenstein, 1962; Kuriki, 1996; Smrž, Norton, 2004 и др.). Полученные нами результаты не только дополняют данные по экологии (питательный аспект) кротиониоидей, но и могут использоваться в дальнейшем при культивировании с целью изучения их онтогенеза, что является одним из актуальных направлений в современной орибатологии.

## ПИТАНИЕ ОРИБАТИДНЫХ КЛЕЩЕЙ НАДСЕМЕЙСТВА CROTONIOIDEA

К настоящему времени на территории России зарегистрировано более 60 видов *Crotonioidea*, в Нижегородской области, где собирался материал, – 29 видов. Сборы кротониоидей проводились нами на протяжении 5 лет (2003 – 2007 гг.), как правило, в типичных местах их обитания (на болотах, около водоемов, в сильно увлажненной почве). Для проведения экспериментов по выявлению предпочтительности пищевых субстратов было отобрано 16 видов. Наблюдения проводили под бинокляром.

Клещей содержали в лабораторных условиях по методике, которая обсуждалась нами ранее (Ермилов и др., 2004; Ермилов, 2006). Взрослых особей содержали группами (по 5 – 30 экз.) в пластмассовых бюксах (диаметром – 3.0 – 4.5 см, высотой 1.0 – 2.5 см) с притертыми стеклянными крышками. На боковых стенках бюксов имелось по 2 мелких вентиляционных отверстия, закрываемых тканью (газом). Появляющихся личинок отсаживали в камеры Майкла (диаметром и высотой соответственно 1.0 и 1.5 см), представляющие собой стеклянное кольцо, «вырезанное» из пробирки, основание которого прикреплялось к предметному стеклу, а сверху оно накрывалось покровным стеклом.

Предварительно на дно бюксов и камер помещали фильтровальную бумагу, которая смачивалась по мере необходимости. На бумаге по круговой системе раскладывали кормовые субстраты растительного происхождения: хлорококковые водоросли (*Pleurococcus* sp.), нитчатые водоросли (*Spirogyra* sp.), лишайники (*Cladonia silvatica*, *Cetraria islandica*, *Hypohymnia physodes*), древесный мох, болотные мхи (*Polytrichum commune* и *Sphagnum* sp.), опавшие и полусгнившие листья березы повислой (*Betula pendula*), хвою сосны (*Pinus sylvestris*), кору березы и сосны, трухлявую древесину, сырой картофель.

Бюксы и камеры Майкла во время проведения опытов помещались в эксикаторы с притертыми крышками. Опыты ставились при влажности  $\approx 100\%$  и температуре 17 – 25°C. Эксикаторы сверху накрывали светонепроницаемыми чехлами. Через 3 дня после начала экспериментов проводили регулярные наблюдения (1 раз в 2 – 3 дня) за питанием клещей, вели подсчет экземпляров на различных пищевых субстратах, а также очищали бюксы и камеры от плесени.

Клещей каждого вида содержали в бюксах и камерах отдельно от других видов. Количество экземпляров в экспериментальных группах всегда оставалось постоянным; если одна из особей умирала, то вместо нее в группу нами подсаживалась другая особь соответствующего вида. Однако количество клещей в группах разных видов отличалось. Например, питание *Camisia biverrucata* (Koch, 1839) изучалось на 5 экз., а у *Heminothrus peltifer* (Koch, 1839) – на 30 экз. в трехкратной повторности. Это связано с разной численностью и встречаемостью видов в природе; так, если вид *C. biverrucata* нами зарегистрирован только в одном биотопе Нижегородской области, то *H. peltifer* широко распространен в различных биотопах, причем нередко попадает в массу. Неравномерная продолжительность экспериментов связана преимущественно с естественной гибелью перезимовавших имаго; если им не находилось замены живыми особями, то эксперименты на этом завершались.

Результаты наблюдений за питанием 16 видов Crotonioidea представлены в таблице. Приведенные данные касаются только взрослых особей. Это связано с тем, что питание преимагинальных стадий практически ничем не отличалось от питания имаго.

## Пищевые предпочтения орбитидных клещей надсемейства Crotonioidea

Вид клеща	КЭ*	ПЭ	Пищевые объекты								
			<i>Pleurococ.</i> sp.	<i>Sphag-</i> <i>num</i> sp.	Лист березы	<i>Cladonia</i> <i>silvatica</i>	<i>Hypohym.</i> <i>physodes</i>	Сырой картофель	Трухлявая древесина	Хвоя сосны	
Trhypochthoniidae											
<i>Trhypochthonius tectorum</i> (Berlese, 1896)	30	6	870 / 92.2	73 / 7.7	–	–	–	–	–	–	–
<i>Trhypochthoniellus longisetus</i> (Berlese, 1904)	20	3	180 / 88.2	21 / 10.2	–	–	–	–	2 / 0.9	1 / 0.4	–
<i>Mainothrus badius</i> (Berlese, 1905)	10	3	137 / 72.4	52 / 27.5	–	–	–	–	–	–	–
	20	3	361 / 90.0	40 / 9.9	–	–	–	–	–	–	–
Malaconothridae											
<i>Malaconothrus gracilis</i> Hammen, 1952	30	6	592 / 83.1	81 / 11.3	–	37 / 5.1	2 / 0.2	–	–	–	–
<i>Trimalaconothrus novus</i> (Sellnick, 1922)	25	6	184 / 59.5	112 / 36.2	1 / 0.3	12 / 3.8	–	–	–	–	–
Nothridae											
<i>Nothrus anauniensis</i> Canestrini, Fanzago, 1876	25	7	796 / 95.4	3 / 0.3	1 / 0.1	–	–	34 / 4.0	–	–	–
<i>N. borussicus</i> Sellnick, 1928	15	3	172 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>N. palustris</i> Koch, 1839	20	3	202 / 97.5	–	7 / 3.3	–	–	–	–	–	–
<i>N. silvestris</i> Nicolet, 1855	30	7	911 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
Camisiidae											
<i>Camisia biverrucata</i> (Koch, 1839)	5	4	103 / 83.7	–	–	20 / 16.2	–	–	–	–	–
<i>C. biurus</i> (Koch, 1839)	10	5	347 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
	15	3	150 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C. segnis</i> (Hermann, 1804)	10	4	81 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
	10	6	136 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>C. spinifer</i> (Koch, 1835)	10	4	162 / 100	–	–	–	–	–	–	–	–
<i>Heminothrus longisetus</i> (Willmann, 1925)	8	7	88 / 95.6	4 / 4.3	–	–	–	–	–	–	–
<i>H. peltifer</i> (Koch, 1839)	30	7	1112 / 59.6	–	115 / 6.1	86 / 4.6	–	307 / 16.4	240 / 12.8	5 / 0.2	–
	30	7	998 / 65.1	–	67 / 4.3	35 / 2.2	–	112 / 7.3	319 / 20.8	–	–
	30	3	407 / 57.7	–	88 / 12.4	5 / 0.7	–	96 / 13.6	109 / 15.4	–	–
<i>H. thori</i> (Berlese, 1904)	25	3	582 / 99.4	3 / 0.5	–	–	–	–	–	–	–
Всего	408	–	8571 / 80.3	389 / 3.6	279 / 2.6	195 / 1.8	2 / 0.01	549 / 5.1	670 / 6.2	6 / 0.05	–

*Примечание.* В числителе – общая сумма клещей, зарегистрированных на пищевом субстрате; в знаменателе – доля особей от общей суммы клещей, зарегистрированных на пищевых субстратах, %. КЭ – количество клещей в эксперименте, экз.; ПЭ – продолжительность эксперимента, месяцы.

Выявлено, что из предложенных кормов все виды предпочитали использовать в пищу хлорококковые водоросли (*Pleurococcus* sp.), на которых было выявлено 80.3% питавшихся особей от суммы всех учтенных. Подтверждением того, что плевроккок – это «подходящая» пища для кротониоидей, являлось то, что виды в лабораторных условиях активно питались им, размножались, а вылупившиеся из яиц личинки развивались и в дальнейшем превращались в нимфы и имаго. Пита-

ние другими предложенными субстратами происходило значительно реже. При этом в пищу использовались как субстраты типичные, собранные в местах обитания культивируемых клещей (кладония, сфагнум, древесина, листва), так и нетипичные (картофель). На веточках древесных мхов, кукушкином льне, спирогире, цетрарии и коре клещи вообще не были зарегистрированы, а находки отдельных экземпляров на гипогимнии и хвое мы считаем случайными.

Доказательством питания клещей, помимо нахождения их на определенном корме, служили следующие факты. Во-первых, около субстрата, используемого в пищу, появлялись экскременты. Во-вторых, в связи с тем, что кротониоидеи имеют полупрозрачные покровы, можно было визуально наблюдать наполненность кишечника особей едой. В-третьих, по прошествии нескольких недель на кладонии и березовом листе появлялись прогрызенные клещами сквозные отверстия, а в плеврококке и сыром картофеле были заметны углубления, в которых происходило питание, а иногда и линьки.

Анализ пищевых предпочтений Crotonioidea показал, что представители Tthyrochthoniidae в качестве вторичного корма использовали *Sphagnum* sp. Для видов Malaconothridae наблюдалась похожая картина. Отличия состояли в том, что *Malacothrus gracilis* Hammen, 1952 и *Trimalacothrus novus* (Sellnick, 1922) употребляли дополнительно иногда кладонию, а части сфагнума использовали не только как еду, но и как подходящие условия для откладки яиц.

Клещи Nothridae и Camisiidae питались практически только на плеврококке. Исключение составили 4 вида. *Nothrus anauniensis* Canestrini, Fanzago, 1876 в качестве вторичного корма использовал сырой картофель, *N. palustris* Koch, 1839 – полусгнившие листья березы, *Camisia biverrucata* (Koch, 1839) – кладонию, а *Heminothrus peltifer* (Koch, 1839) выделялся среди других кротониоидей тем, что питался несколькими субстратами, что подтверждает имеющиеся сведения о его широком пищевом спектре (Luxton, 1972).

Лишь два вида – *Heminothrus longisetosus* (Willmann, 1925) и *Camisia segnis* (Hermann, 1804), несмотря на питание плеврококком, менее охотно употребляли его в пищу, что выражалось в редком его посещении по сравнению с другими кротониоидеями. Возможно, что для этих видов больше подходит питание другими субстратами, например, гифами и спорами грибов, на что указывалось ранее для некоторых видов *Heminothrus* и *Camisia* (Littlewood, 1969).

На основании многолетних наблюдений можно сделать следующий вывод: если в ходе культивирования в бюксах и камерах отсутствовали характерные для видов основной и дополнительные пищевые субстраты, то клещи через несколько дней погибали.

Таким образом, нами проведена серия экспериментов по выявлению пищевых предпочтений у 16 видов Crotonioidea. Из предложенных 14 кормов клещи обнаружены на 8 из них. Все кротониоидеи использовали в пищу преимущественно плеврококк, некоторые виды нередко питались на веточках сфагнума, частях полусгнивших листьев березы, кладонии, трухлявой древесине и сыром картофеле.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

- Ермилов С.Г. Жизненный цикл оribатидного клеща *Hydrozetes lemnae* (Oribatei, Hydrozetidae) // Зоол. журн. 2006. Т. 85, №7. С. 853 – 858.
- Ермилов С.Г. Постэмбриональное развитие *Camisia biurus* (Oribatei, Camisiidae) // Зоол. журн. 2007. Т. 86, №3. С. 286 – 294.
- Ермилов С.Г., Чистяков М.П., Ренжина А.А. Влияние температуры на продолжительность развития *Trhypochthonius tectorum* (Berlese, 1896) (Acariformes, Oribatei) // Поволж. экол. журн. 2004. №1. С. 87 – 90.
- Чистяков М.П. Формирование фауны почвообразующих клещей-орibatид на выработанных торфяниках Горьковской области: Дис. ... канд. биол. наук. М., 1971. 174 с.
- Шалдыбина Е.С. Жизненный цикл *Nothrus palustris* (Oribatei, Nothroidea) // Зоол. журн. 1984. Т. 63, №5. С. 671 – 676.
- Hartenstein R. Soil Oribatei. V. Investigation on *Platynothrus peltifer* (Acarina; Camisiidae) // Ann. Entomol. Soc. Amer. 1962. Vol. 55. P. 709 – 713.
- Kuriki G. On the faecal pellet deposition of *Trhypochthoniellus setosus* Willmann (Acari: Trhypochthoniidae) // J. of the Acarol. Soc. of Japan. 1996. Vol. 5, № 1. P. 27 – 34.
- Littlewood C.F. A surface sterilization technique used in feeding algae to Oribatei // Acarology II: Proc. of the Second Intern. Congr. of Acarology / Ed. G.O. Evans. Budapest: Akadémiai Kiadó, 1969. P. 53 – 56.
- Luxton M. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. 1. Nutritional biology // Pedobiologia. 1972. Vol. 12. P. 434 – 463.
- Smrž J., Norton R.A. Food selection and internal processing in *Archeogozetes longisetosus* (Acari: Oribatida) // Pedobiologia. 2004. Vol. 48. P. 111 – 120.
- Wallwork J.A. Notes on the feeding behaviour of some forest soil Acarina // Oikos. 1958. Vol. 9, № 2. P. 260.

УДК [598.115.33:575.22](570.4)

**АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕГРЕГАЦИИ  
И ТЕХНОЛОГИЯ ВИДОВОЙ ИДЕНТИФИКАЦИИ  
ГАДЮКОВЫХ ЗМЕЙ (REPTILIA: VIPERIDAE, VIPERA)  
В ПОВОЛЖЬЕ НА ОСНОВЕ ГЕНОТИПИРОВАНИЯ**

**Р.В. Ефимов<sup>1</sup>, Е.В. Завьялов<sup>1</sup>, В.Г. Табачишин<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Саратовский государственный университет им. Н.Г. Чернышевского  
Россия, 410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: zavialov@info.sgu.ru*

<sup>2</sup> *Саратовский филиал Института проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН  
Россия, 410028, Саратов, Рабочая, 24  
E-mail: hrustovav@forpost.ru*

Поступила в редакцию 24.02.08 г.

**Аспекты экологической сегрегации и технология видовой идентификации гадюковых змей (Reptilia: Viperidae, *Vipera*) в Поволжье на основе генотипирования.** – Ефимов Р.В., Завьялов Е.В., Табачишин В.Г. – Рассматриваются экологические факторы, определяющие распространение и участвующие в формировании эпигенетического ландшафта географических популяций гадюк (*Vipera nikolskii* и *Vipera berus*). Показано, что область распространения *V. nikolskii* в Поволжье простирается в волжской долине на север до нижней зоны Саратовского водохранилища (южнее г. Хвалынска Саратовской области); в западном направлении граница ареала проходит по территории южных административных районов Пензенской области; волжская долина является восточным пределом распространения вида.

*Ключевые слова:* *Vipera nikolskii*, *Vipera berus*, генетическая структура, распространение, граница ареала.

**Aspects of ecological segregation and technology of specific identification of viper snakes (Reptilia: Viperidae, *Vipera*) in Volga region by genotyping.** – Yefimov R.V., Zavialov E.V., Tabachishin V.G. – Ecological factors determining the distribution and participation in the formation of epigenetic landscape of geographical populations of *Vipera nikolskii* and *V. berus* are considered. The habitat of *V. nikolskii* in the Volga region is shown to reach north in the Volga valley to the lower zone of the Saratov reservoir (southward of Khvalynsk City, Saratov region); in western direction the habitat border passes through the territory of several southern districts of the Penza region, the Volga valley being the eastern limit of the habitat.

*Key words:* *Vipera nikolskii*, *Vipera berus*, genetic structure, distribution, habitat border.

Гадюка Никольского (*Vipera nikolskii* Vedmederja, Grubant et Rudaeva, 1986), обитающая в лесостепной и северной части степной зон Восточной Европы, относится к видам, чей таксономический статус на протяжении длительного времени носит дискуссионный характер. Так, некоторые авторы выделяют гадюку Никольского в качестве самостоятельного вида, а другие рассматривают на уровне подвида обыкновенной гадюки или включают ее в состав комплекса «*Vipera berus*» в качестве черной морфы (Ананьева и др., 1998, 2004; Бакиев и др., 2004; Великов и др., 2006; Кузьмин, Семенов, 2006; Joger et al., 2003; Bakiev et al., 2005; Milto, Zinenko, 2005).

Использование только морфологических, экологических и кариологических методов не позволяет дать однозначные ответы на поставленные вопросы (Табачишин и др., 2002; Бакиев и др., 2004; Завьялов и др., 2006). В связи с этим на современном этапе большое значение приобретают эколого-таксономические приемы и подходы, основанные на анализе молекул ДНК, позволяющие уточнить таксономический статус некоторых видов гадюковых змей, а также значительно приблизиться к пониманию процессов и явлений их морфологической изменчивости под воздействием комплекса абиотических факторов среды. Это является особенно актуальным для Поволжья, поскольку *V. nikolskii* внесена в Красную книгу РФ (Божанский, 2001), а также региональные Красные книги субъектов Федерации (Шляхтин и др., 2006).

В настоящее время сведения о состоянии популяции *V. nikolskii* в Поволжье ограничены: не известен таксономический статус окраинных поселений вида, поэтому с приемлемой точностью не выявлены границы распространения змей. Кроме того, отсутствуют достоверные данные о возможности гибридизации *V. nikolskii* с *V. berus* в природе и их экологической сегрегации в зонах симпатрического обитания, а также не разработаны методы оперативной диагностики видовой принадлежности гадюк в природе и лабораторных условиях.

Изучение биотопической приуроченности гадюк основано на данных полевых исследований, проведенных в весенне-летний период 2003 – 2007 гг. в пределах Саратовской области и на сопредельных территориях. Кроме того, исследовались коллекционные материалы зоологического музея Саратовского государственного университета (ЗМ СГУ) и Зоологического института РАН (ЗИН РАН) (таблица). В качестве материала использовали заспиртованные образцы печени гадюк. Тотальную ДНК из них выделяли по методике (Sambrook et al., 1989), традиционно применяемой в отношении рептилий. Тотальную ДНК из крови извлекали с использованием набора «Diatom Prep 100» (ГенЛаб) в соответствии с методикой фирмы изготовителя.

Географическая и количественная характеристика сборов гадюк, использованных в анализе

№	Код	Место сбора	Вид	Кол-во	Источник
1	Sar	Саратовская область	<i>V. nikolskii</i>	23	ЗМ СГУ, ЗИН РАН
2	Sam	Самарская область	<i>V. nikolskii?</i>	15	То же
3	Chuv	Республика Чувашия	<i>V. berus</i>	5	«
4	Pen	Пензенская область	То же	3	ЗМ СГУ
5	Mor	Республика Мордовия	«	7	То же
6	Per	Пермский край	«	7	ЗИН РАН
7	Udm	Республика Удмуртия	«	6	То же
8	Tul	Тульская область	«	9	«
9	Nov	Новгородская область	«	5	«
10	Vol	Волгоградская область	<i>V. renardi</i>	2	ЗМ СГУ

Для проведения полимеразной цепной реакции использовали олигонуклеотидные праймеры, подобранные по нуклеотидным последовательностям, имеющимся в базе данных Genbank (Франция). Секвенирование очищенных двухцепочечных ПЦР продуктов митохондриальных генов проводили по методу Сенгера



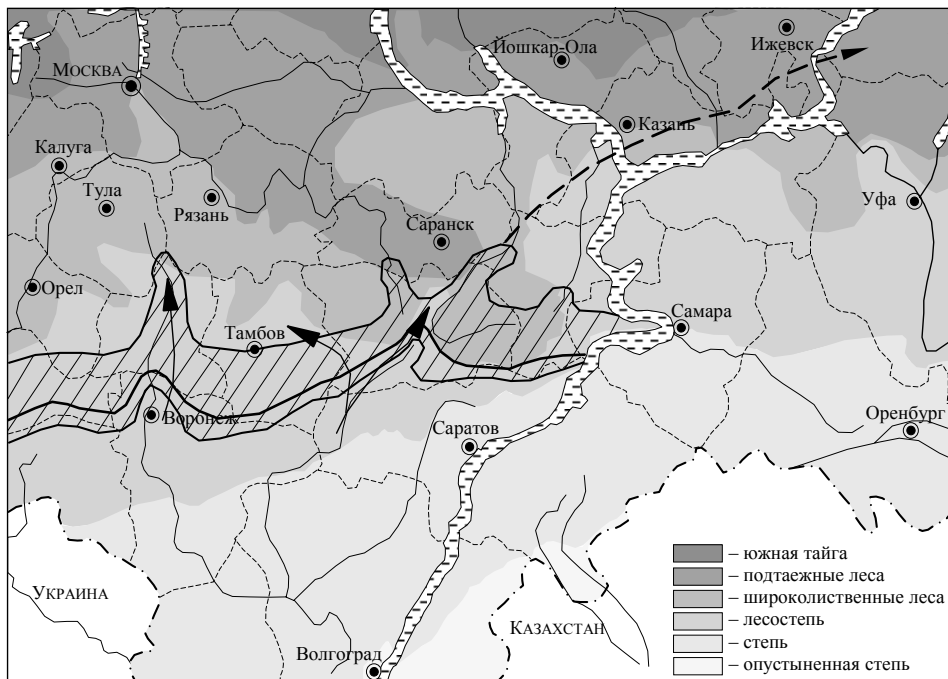
(Sanger et al., 1977). Электрофоретическое разделение продуктов секвенирующей реакции осуществляли с помощью автоматического 8-капиллярного ДНК-секвенатора SEQ 2000XL (Bekman Coulter). Для выравнивания секвенированных нуклеотидных последовательностей митохондриальных генов применяли программы Clustal W и BioEdit Sequence Alignment Editor. Для диагностики видов и определения генетической структуры популяций использовали микросателлитный локус 7–87. Для построения дендрограмм применяли пакет прикладных программ MEGA 4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (Tamura et al., 2007).

Выявлено, что большинство «саратовских» образцов имели в своем составе аллель размером 152 п.н. Он является высокоспецифичным для *V. nikolskii*. В то же время практически все экземпляры *V. berus* содержали аллели размером от 176 до 192 п.н. Нельзя не отметить и тот факт, что некоторые экземпляры из Тульской области и Республики Мордовия содержали аллель 152 п.н., характерный для *V. nikolskii* из Саратовской области. Вероятно, данное явление возникает в результате симпатрического обитания и гибридизации между гадюкой Никольского и обыкновенной гадюкой. Это свидетельствует о высоких адаптивных возможностях *V. nikolskii*, которая в условиях внутривековой динамики климата проявляет тенденцию к расселению на север (рис. 1). В отношении изучаемых гадюк из Пермского края, республик Чувашии, Мордовии и Удмуртии выявлено разнообразие аллелей по микросателлитному локусу 7–87. При этом отмечена тенденция увеличения длины аллелей в направлении от Республики Мордовия до Пермского края.

Вероятно, данное явление определяется градиентом экологических условий при смене природных зон: от широколиственных лесов (республики Мордовия и Чувашия) к подтаежным лесам (Республика Удмуртия) и тайге (Пермский край). Кроме того, гадюки с указанных территорий проявляют высокий уровень генетического полиморфизма по сравнению с гадюками из Самарской, Пензенской и Новгородской областей. Это может быть обусловлено значительной амплитудой абиотических факторов, когда при продвижении в пределах ареала гадюковых змей в восточном направлении от Республики Мордовия до Пермского края существенно снижается среднегодовая температура воздуха (от +3.0 до +1.9°C) и повышается среднегодовое количество осадков (от 450 до 600 мм).

Если принять во внимание результаты, полученные при анализе нуклеотидных последовательностей и микросателлитного локуса, то появляется возможность создать гипотетическую модель расселения и формирования современного ареала изучаемых гадюк (см. рис. 1). В четвертичный период, который оказал максимальное влияние на формирование видовой структуры рептилий (Калябина-Хауф и др., 2004), основные колебания климата были приурочены к среднему плейстоцену (700 тыс. лет назад), когда происходило продвижение ледников на юг с цикличностью приблизительно 100 тыс. лет. Принимая во внимание гипотезу о стабильной скорости эволюции митохондриальной ДНК (2.5% на 1 млн лет) (Калябина-Хауф и др., 2004; Wilson et al., 1985; Kocher et al., 1989), можно предположить, что дивергенция гадюк Никольского и обыкновенной происходила во временном интервале около 700 – 750 тыс. лет назад (1.8%). В данной связи можно предположить, что в ходе генезиса герпетофауны гадюка Никольского заняла территорию лесостепной зоны южнее 52 – 54° с.ш., а обыкновенная – зону широколи-

ственных лесов, а затем проникала далее на север и восток. Так как последний из указанных видов находился в условиях циклически глобально изменяющегося климата (смена ледниковых и межледниковых периодов), у него происходило постепенное увеличение длины аллелей микросателлитного локуса, что в последующем привело к проявлению клинальной изменчивости по данному признаку. Напротив, гадюка Никольского в пределах продолжительного промежутка времени эволюционировала в относительно стабильных экологических условиях, что подтверждается наличием у нее коротких аллелей микросателлитного локуса.



**Рис. 1.** Гипотетическая схема распространения, динамики границ ареала и направления генетической изменчивости гадюковых змей: — – предполагаемая (на основе генетических исследований) северная граница распространения гадюки Никольского; ↗ – направление расселения гадюки Никольского; ▨ – зона вероятной гибридизации (*V. berus* × *V. nikolskii*); ↘ – межпопуляционная клинальная изменчивость в пределах ареала обыкновенной гадюки (направление увеличения длины аллелей)

Дивергенция и экологическая сегрегация *V. nikolskii* и *V. berus* продолжалась и в голоценовый период, о чем свидетельствует анализ митохондриальной ДНК (Ефимов и др., 2007). В основе механизмов адаптации и дифференциации указанных видов в зонах симпатрического обитания предположительно лежит биотопическая приуроченность. Гадюка Никольского в своем распространении в изучаемом регионе связана с пойменными ландшафтами долин малых рек Волжского и Донского бассейнов; она избегает остепненные целинные участки и агроценозы,

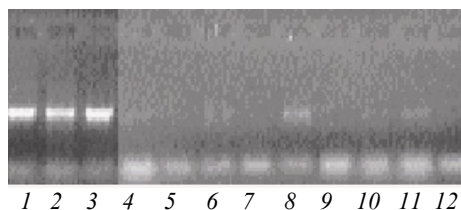
крайне редко встречается на водораздельных пространствах (Табачишин и др., 2003). Обыкновенная гадюка предпочитает смешанные леса с полянами, болота на водоразделах и в долинах рек. Однако, несмотря на наличие экологической сегрегации, в зонах симпатрического обитания отмечаются особи, характеризующиеся признаками гибридогенного характера (по результатам анализа микросателлитного локуса). Данное обстоятельство свидетельствует о возможности гибридизации между *V. nikolskii* и *V. berus* в ситуациях, когда экологические ниши видов хоть и незначительно перекрываются в пространственном отношении, а также в ходе расселения рептилий.

Идентификацию гадюк, таксономическое положение которых затруднено на основе морфологических и биохимических характеристик, осуществляли методом генотипирования. При конструировании олигонуклеотидных праймеров для аллель-специфичной ПЦР нуклеотидная замена вводилась во второе положение на 3'-конце. При этом для оптимизации условий аллель-специфичной ПЦР были взяты две подряд располагающиеся нуклеотидные замены. В результате были подобраны следующие олигонуклеотидные праймеры для проведения аллель-специфичной ПЦР: 1.1 5'-GGGTTACACCTCGACCTGAC-3', 1.2 5'-GGGTTACACCTCGACCTGTC-3', 2.1 5'-TATGTAGCTCACTTTGTACCGT-3', 2.2 5'-TATGTAGCTCACTTTGTACCAC-3'. В качестве положительного контроля использовались праймеры для амплификации полного фрагмента гена 12S рРНК: 5'-СТСААААСAGTGAGACAGCC-3', 5'-GGTGTGTACGCTCTTCATTGC-3'.

Олигонуклеотидные праймеры 1.1 и 1.2 не позволили идентифицировать гадюк, так как амплификация для обоих праймеров происходила и у *V. nikolskii* и у *V. berus*. Данные результаты, вероятно, связаны с низкой специфичностью праймеров, имеющих в своем составе всего одну нуклеотидную замену. Олигонуклеотидный праймер 2.1 дал положительные результаты проверки, в результате чего были получены продукты амплификации для *V. nikolskii* и отсутствовали продукты амплификации для *V. berus* (рис. 2).

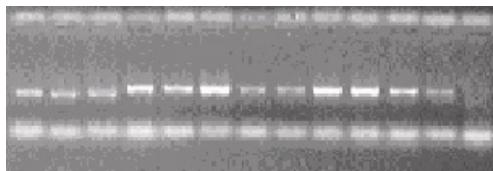
Из рис. 2 видно, что амплификация не происходит у *V. berus*, в нуклеотидной последовательности которых имеются две нуклеотидные замены, приводящие к неполному отжигу аллель-специфичных праймеров. Однако при данной постановке аллель-специфичной ПЦР не использовался положительный контроль, позволяющий выявить те варианты, когда отсутствуют продукты амплификации в результате низкого качества ДНК в образце. В связи с этим использовали в качестве положительного контроля дополнительный праймер, позволяющий амплифицировать весь фрагмент гена 12S рРНК размером 724 п.н. В этом случае отсутствие продуктов амплификации свидетельствовало о низком качестве ДНК в образце.

В результате амплификации были получены два вида ПЦР-продуктов (рис. 3). Один соответствовал фрагменту размером 510 п.н. Данный продукт образовывался



**Рис. 2.** Продукты аллель-специфичной ПЦР: 1 – 3 – экземпляры гадюки Никольского из Саратовской области, 4 – 12 – экземпляры обыкновенной гадюки из Самарской области

у *V. nikolskii* в результате отжига праймера 2.1, комплементарного ее последовательности. Второй соответствовал фрагменту гена 12S рРНК размером 724 п.н. Данный продукт образовывался у *V. berus* в результате амплификации фрагмента гена 12S рРНК и отсутствия сайта отжига праймера 2.1, специфичного для *V. nikolskii*.



1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13

**Рис. 3.** Продукты аллель-специфичной ПЦР: 1 – 3 – экземпляры гадюки Никольского из Саратовской области, 4 – 12 – экземпляры обыкновенной гадюки из Самарской области, 13 – отрицательный контроль

Проведенные экспериментальные исследования показали работоспособность технологии идентификации гадюк. Данная технология позволяет за более короткое время и с меньшими материальными затратами проводить идентификацию гадюк. Вместе с тем при наличии соответствующей приборной базы данные исследования

возможно проводить непосредственно в полевых условиях. Это позволит забирать биологический материал и выпускать животных обратно в среду их обитания, что будет способствовать сохранению гадюковых змей и биологического разнообразия региона в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Ананьева Н.Б., Боркин Л.Я., Даревский И.С., Орлов Н.Л. Земноводные и пресмыкающиеся: Энциклопедия природы России. М.: АБФ, 1998. 374 с.
- Ананьева Н.Б., Орлов Н.Л., Халиков Р.Г., Даревский И.С., Рябов С.А., Барабанов А.В. Атлас пресмыкающихся Северной Евразии (таксономическое разнообразие, географическое распространение и природоохранный статус) / Зоол. ин-т РАН. СПб., 2004. 232 с.
- Бакиев А.Г., Гаранин В.И., Литвинов Н.А., Павлов А.В., Ратников В.Ю. Змеи Волжско-Камского края. Самара: Изд-во Самар. науч. центра РАН, 2004. 192 с.
- Божанский А.Т. Гадюка Никольского *Vipera nikolskii* Vedmederja, Grubant et Rudaeva, 1986 // Красная книга Российской Федерации (Животные). М.: Изд-во АСТ, 2001. С. 348 – 349.
- Великов В.А., Ефимов Р.В., Завьялов Е.В., Кузнецов П.Е., Табачишин В.Г., Шляхтин Г.В., Кайбелева Э.И. Генетическая дивергенция некоторых видов гадюк (Reptilia: Viperidae, *Vipera*) по результатам секвенирования генов НАДН-дегидрогеназы и 12S рибосомной РНК // Современная герпетология. 2006. Т. 5/6. С. 41 – 49.
- Ефимов Р.В., Завьялов Е.В., Великов В.А., Табачишин В.Г. Предварительные данные о генетической дифференциации нижеволжских популяций гадюки Никольского (*Vipera nikolskii*, Viperidae) по результатам секвенирования генов 12S рибосомной РНК и цитохромоксидазы III // Современная герпетология. 2007. Т. 7, вып. 1/2. С. 69 – 75.
- Завьялов Е.В., Кайбелева Э.И., Табачишин В.Г. Сравнительная кариологическая характеристика гадюки Никольского (*Vipera (Pelias) nikolskii*) из пойм малых рек Волжского и Донского бассейнов // Современная герпетология. 2006. Т. 5/6. С. 100 – 103.
- Калябина-Хауф С.А., Ананьева Н.Б. Филогеография и внутривидовая структура широкоареального вида ящериц *Lacerta agilis* L. 1758 (Lacertidae, Sauria, Reptilia) (опыт использования митохондриального гена цитохрома b). СПб., 2004. 108 с.
- Кузьмин С.Л., Семенов Д.В. Конспект фауны земноводных и пресмыкающихся России. М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. 139 с.

## АСПЕКТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СЕГРЕГАЦИИ

*Табачишин В.Г., Табачишина И.Е., Завьялов Е.В.* Современное распространение и некоторые аспекты экологии гадюки Никольского на севере Нижнего Поволжья // Поволж. экол. журн. 2003. №1. С. 82 – 86.

*Табачишин В.Г., Табачишина И.Е., Завьялов Е.В.* Сравнительный межпопуляционный анализ гадюки Никольского (*Vipera nikolskii*) по комплексу морфологических признаков // Фундаментальные и прикладные проблемы популяционной биологии: Тез. докл. VI Всерос. популяционного семинара. Нижний Тагил: Изд-во Нижнетагильск. гос. пед. ин-та, 2002. С. 169 – 171.

*Шляхтин Г.В., Табачишин В.Г., Завьялов Е.В., Табачишина И.Е.* Редкие и исчезающие виды амфибий и рептилий, рекомендуемые к внесению во второе издание Красной книги Саратовской области // Поволж. экол. журн. 2006. Вып. спец. С. 78 – 83.

*Bakiev A., Bohme W., Joger U.* *Vipera (Pelias) [berus] nikolskii* – Waldsteppenotter // Handbuch der Reptilien und Amphibien Europas. Wiebelsheim: AULA-Verlag, 2005. S. 293 – 309.

*Joger U., Kalyabina-Hauf S.A., Schweiger S., Mayer W., Orlov N.L., Wink M.* Phylogeny of Eurasian *Vipera* (subgenus *Pelias*) // Programme and Abstracts of 12 Ordinary General Meeting of the Soc. Europ. Herpetologica (SEH). Saint-Petersburg, 2003. P. 77.

*Kocher T.D., Thomas W.K., Meyer A., Edwards S.V., Pääbo S., Villablanca F.X., Wilson A.C.* Dynamics of mitochondrial DNA evolution in animals: amplification and sequencing with conserved primers // Proc. of the National Academy of Sciences USA. 1989. Vol. 86. P. 6196 – 6200.

*Milto K.D., Zinenko O.I.* Distribution and morphological variability of *Vipera berus* in Eastern Europe // Herpetologia Petropolitana: Proc. of 12th Ordinary General Meeting of the Soc. Europ. Herpetologica (SEH) / Eds. N. Ananjeva, O. Tsinenko. Saint-Petersburg, 2005. P. 64 – 73.

*Sambrook J., Fritsch E.F., Maniatis T.* Molecular cloning: a laboratory manual. New York, 1989. 381 p.

*Sanger F., Nicklen S., Coulson A.R.* DNA Sequencing with Chain-Termination Inhibitors // Proc. of the National Academy of Sciences USA. 1977. Vol. 74. P. 5436–5467.

*Tamura K., Dudley J., Nei M., Kumar S.* MEGA4: Molecular Evolutionary Genetics Analysis (MEGA) Software Version 4.0 // Molecular Biology and Evolution. 2007. Vol. 24, №8. P. 1596 – 1599.

*Wilson A.C., Cann R.L., Carr S.M.* Mitochondrial DNA and two perspectives on evolutionary genetics // Biol. J. Linn. Soc. 1985. Vol. 26. P. 375 – 400.

УДК [502.175:001.891.54](55-25)

## ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА ТОКСИКАНТОВ В ТЕГЕРАНЕ

Ф. Омми <sup>1</sup>, К. Некофар <sup>2</sup>

<sup>1</sup> Университет «Тарбиет Моддарес»  
Иран, Тегеран, а/я 14115-111

<sup>2</sup> Иранское космическое агентство  
Иран, Тегеран, а/я 1967734-114  
E-mail: fommi@modares.ac.ir

Поступила в редакцию 07.11.07 г.

**Приближенная модель атмосферного переноса токсикантов в Тегеране. – Омми Ф., Некофар К.** – Рассматривается влияние выпуклых элементов рельефа на атмосферный перенос загрязнения. В условиях пологого рельефа, каковым является поверхность Тегерана, оно проявляется в сжатии изолиний в направлении господствующих ветров. Предложена модель атмосферного рассеивания токсикантов, учитывающая сложный характер рельефа подстилающей поверхности.

*Ключевые слова:* загрязнение, атмосферный перенос, рельеф, Иран.

**An approximate model of atmospheric transfer of toxicants in Teheran. – Ommi F., Nekofar K.** – The influence of convex relief elements on the atmospheric transfer of pollutions is considered. For the flat relief of the surface of Teheran it manifests itself as compression of the isolines along the prevailing winds. A model of atmospheric dispersion of toxicants is offered with due account of the complex character of the spreading surface relief.

*Key words:* pollution, atmospheric transfer, relief, Iran.

Искусственное загрязнение атмосферы происходит в результате все возрастающей по своим масштабам техногенной деятельности человека. Большая часть загрязнений содержится в промышленных выбросах, полученных в результате процессов сгорания топлив и реакций различных химических процессов, обычных во всех областях современной индустрии. Такие промышленные скопления свойственны мегаполисам, где значительная доля загрязнений атмосферы приходится еще и на автомобильный транспорт (Саэт и др., 1990). Не является исключением г. Тегеран, характеризующийся в настоящее время высокими показателями загрязнения атмосферы поллютантами (Лебедева, Анкудимова, 2002). Именно поэтому в решении экологических проблем данного города необходимо создание модели атмосферного переноса токсикантов для включения в программу долговременных мониторинговых исследований.

Рельеф местности, на которой находится Тегеран, может быть охарактеризован схематически (рисунок). Следовательно, уклон поверхности имеет направление с севера на юг и с востока на запад. Площадь города около 650 км<sup>2</sup>. Население города составляет около 6.5 млн. человек.

## ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА

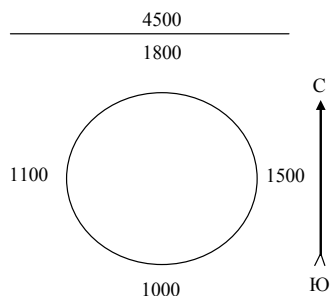
Площадь города под строениями с площадью улиц и дорог составляет около 400 км<sup>2</sup>. Проективная площадь зеленых насаждений в городе не превышает 260 км<sup>2</sup>. Площадь открытых водных поверхностей крайне незначительна (около 2 км<sup>2</sup>). Это главным образом каналы, отводящие воду, текущую с гор. Таких каналов пять с длиной около 30 км и средней шириной около 10 метров.

Климат в городе сухой, среднее количество осадков около 250 мм (на склонах Эльбурса выпадает до 2000 мм в год). Средняя годовая температура +2°C, средняя температура июля +29°C. Диапазон изменения годовой температур от -10 до +40°C.

Преобладающие направления ветра в городе запад – восток, юг – север, юго-запад – северо-восток. Источниками загрязнения атмосферы в городе являются промышленные предприятия и транспорт. В западной части города располагаются около двух тысяч промышленных предприятий и крупный международный аэропорт, которые являются постоянно действующим, распределенным по сравнительно небольшой площади источником загрязнения атмосферы в городе. При этом следует иметь в виду, что основное направление переноса токсикантов устремлено к центру города. Кроме того, в городе имеется разветвленная сеть магистралей, дорог и улиц, по которым перемещаются около 800 тысяч автомобилей. Этот источник можно считать равномерно распределенным по городу.

Общее количество основных выбросов в атмосферу в Тегеране составляет, т/сут.:  $HC + NO_x - 1774$ ,  $SO_2 - 600$ , взвешенные частицы – 225,  $CO - 6.23$ ,  $Pb - 2.5$ , что дает суммарное ежегодное загрязнение 1276 т/км<sup>2</sup> (Состояние атмосферы..., 1996) и 146 кг/чел. Заметим, что этот удельный показатель в Москве и Санкт-Петербурге не превышает 14 – 15 кг/чел.

Используем модель, основанную на решении двумерного уравнения турбулентного переноса. Параметры переноса определяются в результате решения вспомогательной задачи плоско-параллельного переноса в вертикальных сечениях трехмерного пространства, а также климатическими условиями и условиями ландшафта. Токсиканты, выброшенные источниками, распространяются в направлении ветра и рассеиваются турбулентными потоками. Часть их поглощается облачностью (для Тегерана этот фактор малозначителен), часть попадает в верхнюю атмосферу, преодолевая слой приподнятой инверсии (для Тегерана, по-видимому, и этим фактором можно пренебречь), а остальной рассеивается в воздухе и оседает на земную поверхность. Загрязняющие вещества, находящиеся в атмосфере, могут вымываться осадками, но для Тегерана, с его засушливым климатом, и этим фактором можно пренебречь. Перепады высот в городе, как это видно из рисунка, составляют 400 – 800 м (соответственно в направлениях запад → восток и юг → север), т.е. господствующие ветры дуют под гору, испытывая сопротивление препятствий.



Схематический рельеф Тегерана (цифры обозначают высоту над уровнем моря, м)

Перенос токсикантов будет обусловлен циркуляцией локальных ветров, возникающих при обтекании воздушным потоком элементов рельефа. Проекция исходной трехмерной задачи на плоскость дает двумерное уравнение

$$U_x \frac{\partial C}{\partial X} + U_y \frac{\partial C}{\partial Y} + \frac{\partial}{\partial X} (K_x \frac{\partial C}{\partial X}) + \frac{\partial}{\partial Y} (K_y \frac{\partial C}{\partial Y}) = LC, \quad (1)$$

$$C|_{x_s} = \frac{Q}{H} (Y - Y_s); C|_{x,y \rightarrow \infty}^{\rightarrow 0},$$

где  $U_x, U_y$  – горизонтальные компоненты скорости ветра;  $K_x, K_y$  – коэффициенты турбулентной диффузии;  $C(X, Y)$  – загрязнение воздуха на единицу поверхности;  $Q$  – мощность источника выбросов;  $X_s > Y_s, H$  – координаты источника;  $L$  – коэффициент осаждения (управляющий параметр):

$$L = \frac{\psi [q(x, y, h) - q(x, y, a)] - V_a q(x, y, a) + V_b q(x, y, h)}{C(x, y)} + \delta, \quad (2)$$

где  $\psi$  – скорость стокового оседания примеси;  $V_a$  – скорость просачивания примеси в верхнюю атмосферу;  $V_b$  – скорость оседания примеси на подстилающую поверхность;  $q(x, y)$  – концентрация примеси в атмосфере;  $h(x, y)$  – рельеф подстилающей поверхности;  $\delta$  – высота уровня приподнятой инверсии;

$$C(x, y) = \int_h^a q(x, y, z) dz,$$

где  $a$  – скорость химической реакции распада примеси  $X$ ;  $h$  – скорость вымывания примеси осадками.

В выражении (2) используются двумерные поля концентрации примесей, которые могут быть рассчитаны по переносу в вертикальных сечениях  $y(x) = \text{const}$  в результате решения следующей краевой задачи:

$$U_x \frac{\partial C}{\partial X} + (V_a - \psi) \frac{\partial q}{\partial z} = \frac{\partial}{\partial y} (K_y \frac{\partial q}{\partial y}) + \frac{\partial}{\partial z} (K_z \frac{\partial q}{\partial z}), \quad (3)$$

$$q|_{x_s} = \frac{Q}{H} (Z - H), q|_{X \rightarrow \infty}^{\rightarrow 0},$$

$$\psi q + K \frac{\partial q}{\partial z} = V_b | Z = h(x),$$

$$\psi q + K \frac{\partial q}{\partial z} = -V_a | z = a, q|_{z \rightarrow 0}^{\rightarrow 0}.$$

При решении подобных задач обычно рассматривают два крайних предельных случая рельефа  $h(x, y)$  – пологие и крутые барьеры. Как следует из рисунка, рельеф Тегерана внутри города можно рассматривать как пологий барьер.

В этом случае задача (3) решается в приближении потенциального течения. Методика решения подобных задач описана, например, М.Е. Берляндом (1975). При потенциальном течении при обтекании полуокружности коэффициент турбулентности имеет вид:



## ПРИБЛИЖЕННАЯ МОДЕЛЬ АТМОСФЕРНОГО ПЕРЕНОСА

$$K = \frac{2l^2V}{r\sqrt{a}} + K_0,$$

где  $V$  – скорость набегающего потока;  $r$  – радиус кривизны линии потока;  $l$  – масштаб турбулентности (радиус турбулентных вихрей);  $K_0$  – коэффициент турбулентности невозмущенной атмосферы ( $K_0 \leq 10 \text{ м}^2/\text{с}$ );  $a$  – безразмерный параметр.

Приняв  $V = 5 \text{ м/с}$ ;  $l = 1 \text{ м}$ ;  $a = 0.012$ ;  $r = 500 \text{ м}$ , имеем ДК = 0.05, т.е. коэффициент турбулентности при таком течении и при принятых предположениях меняется незначительно.

В работе (Hunt, Mulhearn, 1973) получено относительное изменение максимального значения приземной концентрации при переносе примесей в условиях потенциального обтекания полу цилиндров:

$$C = \frac{1}{1 - \frac{h^2}{x^2 + H^2}}. \quad (4)$$

Здесь  $h$  – высота барьера;  $H$  – высота источника;  $x$  – расстояние от источника до барьера.

При  $x \gg H$  и приняв  $H$  за нулевую отметку, имеем  $\Delta h = h - H$ . Тогда

$$\text{ДС} = \frac{C-1}{C} \approx \left(\frac{\Delta h}{x}\right)^2. \quad (5)$$

Приняв  $h = 1500 \text{ м}$  и  $H = 1000 \text{ м}$ , что соответствует случаю Тегерана, когда концентрированные источники выбросов находятся на западе города (подфакельная концентрация), а преимущественные ветры направлены с запада на восток и подъем местности на восток составляет приблизительно 500 м, имеем:

при  $x = 3500$  ДС = 0.019;

при  $x = 7000$  ДС = 0.005 (центр города);

при  $x = 1400$  ДС = 0.0012 (восточный край города).

Расчет накопления загрязнения на подстилающей поверхности осуществляется после определения коэффициентов осаждения и суммирования с загрязнением от транспорта, которое мы предположили равномерно распределенным по городу.

Определив распределение примеси в вертикальных сечениях (2), можно рассчитать коэффициенты осаждения  $L(x,y)$ . Полученные результаты используются при решении задачи (1).

Для вычисления годовых накоплений загрязняющих веществ на подстилающей поверхности используется соотношение

$$C(x, y) = T \int_0^{4\pi} L_\varphi(x, y) C_\varphi(x, y) P_\varphi d\varphi, \quad (6)$$

где  $T = 3.156 \cdot 10^7 \text{ с}$  (1 год);  $L_\varphi$ ,  $C_\varphi$  – коэффициенты осаждения и площадная концентрация примеси, распределенные по углу места;  $P_\varphi$  – плотность вероятности углового распределения ветра по розе ветров.

Для розы ветров с конечным числом румбов из (6) имеем:

Ф. Омми, К. Некофар

$$C(x, y) \cong \sum_{i=1}^N L_{\varphi_i}(x, y) C_{\varphi_i} P_{\varphi_i}, \quad (7)$$

где  $N$  – число румбов розы ветров.

Обычно метеорологическая информация публикуется в 16-румбовой розе ветров.

Влияние выпуклых элементов рельефа на атмосферный перенос загрязнения сказывается через коэффициенты осаднения и выражается в деформации изолиний горизонтального поля осаднений. Для пологого рельефа, каковым является поверхность Тегерана, это приводит к сжатию изолиний в направлении господствующих ветров. Данная модель легко учитывает и вклад трансграничного переноса.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

*Берлянд М.Е.* Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. Л.: Гидрометеиздат, 1975. 448 с.

*Лебедева М.И., Анкудинова И.А.* Экология. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. 80 с.

*Саев Ю.Е., Ревич Б.А., Янин Е.П., Смирнова Р.С., Башаркевич И.Л., Онищенко Т.Л., Павлова Л.Н., Трефилова Н.Я., Ачкасов А.И., Саркисян С.Ш.* Геохимия окружающей среды. М.: Недра, 1990. 335 с.

Состояние атмосферы в Тегеране. Тегеран, 1996. № 42. 170 с.

*Hunt J.C.R., Mulhearn P.J.* Turbulent dispersion from sources near two-dimensional obstacles // J. of Fluid Mechanics Digital Archive. 1973. Vol. 61. P. 245 – 274.

## ХРОНИКА

### **Кафедре охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности – 15 лет**

В июне 1993 г. по инициативе ректора Саратовского государственного университета им. Н.Г. Чернышевского (СГУ) профессора А.М. Богомолова и заведующего лабораторией химической физики НИИ механики и физики СГУ доктора химических наук М.Д. Гольдфейна была создана общеуниверситетская кафедра охраны окружающей среды. В 2004 г. она была включена в состав биологического факультета университета.

Основной целью учебно-методической работы кафедры является формирование у студентов всех специальностей природоохранного мировоззрения и современных представлений о естественнонаучной картине окружающей человека природной среды.

При создании кафедры ее ядро составляли сформировавшиеся научные работники лаборатории химической физики – все бывшие выпускники кафедры химической физики физического факультета СГУ, ученики крупного и известного в нашей стране и за рубежом ученого в области химической физики профессора А.Д. Степуховича (1911 – 1982). В настоящее время на кафедре в качестве преподавателей работают высококвалифицированные специалисты в области химической физики, физики и химии высокомолекулярных соединений, прикладной экологии и безопасности жизнедеятельности (доктора химических наук, профессора М.Д. Гольдфейн и Н.В. Кожевников), физической и органической химии (кандидат химических наук, доцент Н.И. Кожевникова), геоэкологии (кандидат географических наук, доцент Н.А. Фетисова, кандидат геолого-минералогических наук, доцент Л.В. Гребенюк, старший преподаватель Л.А. Тархова), биологии (кандидат биологических наук, доцент М.В. Степанов), радиофизики и электроники (кандидат физико-математических наук, доцент Е.Ю. Альтшулер), космической науки и техники (кандидат физико-математических наук, доцент Ю.И. Бричков). Большой вклад в первые годы развития кафедры внесли кандидаты химических наук, доценты А.В. Трубников, С.Я. Шулов, С.Е. Молина.

На протяжении 15-ти лет сотрудники кафедры проводят занятия практически на всех факультетах со студентами очной, очно-заочной (вечерней) и заочной форм обучения. По дисциплинам «Основы экологии», «Экология», «Промышленная экология», «Научные основы охраны окружающей среды», «Безопасность жизнедеятельности» и «Концепции современного естествознания» реализуются разработанные на кафедре учебные (рабочие) программы. Курс «Экология» включает биоэкологический блок и аспекты прикладной математики, физики, химии и геоэкологии, что обусловлено необходимостью выяснения природы различных типов загрязнений, их источников, циркуляции в биосфере, локальных и глобальных последствий воздействия на ее компоненты, а также разработки методов экологического нормирования и мониторинга окружающей среды. Курсы «Научные

основы охраны окружающей среды» и «Безопасность жизнедеятельности» наряду с традиционной тематикой включают и такие вопросы, как исторические этапы развития учения об окружающей среде, основные направления международного сотрудничества в природоохранной области, динамика демографических характеристик Земли, экономические механизмы управления состоянием окружающей среды и природопользованием, а также проблемы взаимосвязи экономики и политики, культуры и нравственности, философии, социологии и психологии с охраной окружающей среды и безопасностью жизнедеятельности.

Наиболее полно развитие межпредметных связей представлено в курсе «Концепции современного естествознания», который читается студентам всех гуманитарных специальностей и основной целью которого является получение студентами представлений о современных концепциях, развиваемых в естественных областях знаний, а также о взаимосвязи гуманитарного и естественнонаучного компонентов общечеловеческой культуры. Обсуждаются универсальные законы сохранения в природе, концепция непрерывно-дискретных свойств материи, основы специальной и общей теории относительности, законы равновесной и неравновесной термодинамики, проблемы связи реакционной способности веществ с их строением, структурой и свойствами, вопросы лазерной и эволюционной химии, концепции молекулярной и генетической биологии, концепции происхождения и эволюции Вселенной и жизни на Земле, представления о процессах самоорганизации в неживой и живой природе.

За сравнительно небольшой период своего существования кафедра довольно плодотворно поработала в учебно-методическом отношении, что выразилось в издании десяти учебных пособий общим объемом около 100 печ. л. Учебное пособие «Проблемы жизни в окружающей среде» можно считать введением в науку об окружающей среде. Учебные пособия «Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды», «Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и эколого-правового регулирования природопользования» и «Безопасность жизнедеятельности и эколого-экономические проблемы природопользования», по существу, представляют собой полноценные учебники, имеющие гриф УМО Минобразования РФ.

По направлению, связанному с защитой населения и территорий в условиях чрезвычайных ситуаций, были изданы учебные пособия «Средства индивидуальной защиты», «Коллективные средства защиты», «Аварийно-спасательные и другие неотложные работы в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени», «Действия работающего населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени».

Научные исследования кафедры проводятся по направлениям, связанным с изучением кинетики и механизма процессов радикально-цепной полимеризации, с решением важнейших геоэкологических проблем и мониторингом состояния окружающей среды.

При исследовании радикальной полимеризации виниловых мономеров показана необходимость учета влияния среды на кинетику и механизм отдельных стадий реакции и процесса в целом. Обнаружено влияние изученных органических и

неорганических растворителей на все стадии полимеризационного процесса. Установлены механизмы и найдены кинетические характеристики ингибирования полимеризации соединениями радикальной и нерадикальной природы; показано, что ингибирование термоокислительной полимеризации характеризуется наличием критических явлений, обусловленных вырожденным разветвлением цепи. Установлено, что кинетические закономерности эмульсионной гомо- и сополимеризации (мет)акрилатов определяются различными механизмами нуклеации, возникновением гель-эффекта, бимолекулярным обрывом цепи в водной фазе, образованием поверхностно-активных олигомеров, флокуляцией полимерно-мономерных частиц на всех стадиях полимеризации, особенностями топохимии реакции. Разработаны научные основы синтеза высокомолекулярного флокулянта путем одновременного проведения реакций полимеризации и гидролиза акрилонитрила серной кислотой.

По результатам выполненных исследований защищена одна кандидатская (аспирант Н.В. Терехина, 1998 г.) и одна докторская (доцент Н.В. Кожевников, 2004 г.) диссертации по специальности «физическая химия». Причем наряду с фундаментальными исследованиями значительное внимание в работе кафедры было уделено практическому использованию полученных результатов, в том числе и решению некоторых экологических проблем полимерной химии, таких как стабилизация мономеров для предотвращения образования балластных полимеров вследствие спонтанной полимеризации, протекающей в условиях синтеза, очистки и хранения мономеров; создание экологически чистых безэмульгаторных латексов; получение эффективных полимерных флокулянтов для очистки природных и сточных вод от дисперсных частиц. Практическое значение полученных результатов связано также с оптимизацией режимов синтеза полимерных латексов и прядильных растворов для производства ПАН-волокна, с разработкой эффективных способов инициирования полимеризации, методов создания прочных покрытий на тканях в результате обработки их водными полимерными дисперсиями, полученными путем сополимеризации акрилатов с несопряженными диенами.

С исследованиями процессов образования высокомолекулярных соединений связаны и работы, направленные на снижение озоноразрушающего эффекта при производстве жесткого пенополиуретана (ППУ), используемого в качестве теплоизоляционного материала в холодильных камерах, а также в некоторых строительных конструкциях. Были найдены оптимальные составы (рецептуры) композиций, содержащие в качестве вспенивателя озонобезопасную азеотропную смесь дихлордифторэтана (фреон-123) и дихлорфторэтана (фреон-141б). Применение данной разработки на серийном производстве холодильных камер не требует изменения известных технологических приемов и использования новых химических соединений.

В области геоэкологии исследования проводятся в нескольких направлениях. Одно из них связано с анализом возможности предотвращения загрязнения наружного слоя литосферы (почвы и водоемов) и пресных подземных вод жидкими промышленными, сельскохозяйственными и коммунально-бытовыми отходами путем их захоронения в подземных хранилищах природного газа. Другие геоэкологические исследования касаются изучения петромагнитных свойств осадочных

пород неогенового и плейстоценового возраста с целью установления взаимосвязи магнитных отложений по разрезу с палеогеохимическими и ландшафтно-климатическими особенностями Северного Прикаспия и Нижнего Поволжья. В работах, имеющих непосредственно региональный характер и направленных на улучшение экологической ситуации в г. Саратове, были разработаны новые методики оценки состояния воздушной среды крупного промышленного центра. Они включают определение метеорологического потенциала самоочищения атмосферы, эколого-географическое районирование и картирование территорий города, расчеты таких параметров, как многолетняя изменчивость, годовой и суточный ход концентраций загрязняющих веществ. Результаты этих работ позволили предложить практические рекомендации по составлению экологического паспорта территорий, более эффективному планированию инфраструктуры города и определению приоритетов при реализации природоохранных мероприятий (диссертация аспиранта Н.А. Фетисовой, 2001 г.)

В научно-исследовательских работах обзорного плана был проведен анализ перспективных методов медико-биологического мониторинга окружающей среды. Установлено, в частности, что разработка и внедрение в лабораторную практику иммунохимических и биосенсорных методов анализа весьма малых количеств ксенобиотиков в воздухе, воде, пищевых продуктах и биологических жидкостях являются наиболее перспективными и надежными в эколого-экономическом отношении при изучении состояния окружающей среды и здоровья человека.

Сотрудники кафедры приняли участие в десятках научных конференций, в основном международного уровня, представляя на них результаты своих разработок в указанных выше областях знаний. За прошедшие 15 лет ими было опубликовано более 150 учебно-методических и научных трудов. Монография «Органические парамагнетики» является единственным в мировой научной литературе изданием, в котором объединены все известные перспективные классы стабильных свободных радикалов и ион-радикальных солей, дано детальное описание доступных методик их синтеза, приведены сведения об их использовании в разных областях науки и техники.

Продолжая традиции кафедры и лаборатории химической физики СГУ, кафедры охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности поддерживает тесные связи и развивает сотрудничество с такими крупными научными центрами, как Институт химической физики им. акад. Н.Н. Семенова РАН, Институт биохимической физики им. акад. Н.М. Эммануэля РАН, Институт органической химии СО РАН, Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана, Физико-химический институт им. Л.Я. Карпова, Московский государственный университет прикладной биотехнологии, Российский государственный торгово-экономический университет и др.

В заключение выражаем уверенность в том, что учебно-методическая и научная деятельность кафедры охраны окружающей среды и безопасности жизнедеятельности и в дальнейшем будет вносить определенный положительный вклад в развитие родного университета.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК ОСНОВНЫХ ТРУДОВ  
СОТРУДНИКОВ КАФЕДРЫ

- Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В., Трубников А.В., Шулов С.Я.* Проблемы жизни в окружающей среде. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та. 1995. 144 с.
- Гольдфейн М.Д., Сомов Ф.Ю., Усанов Д.А., Шляхтин Г.В.* Учебно-методические и научные проблемы экологического образования в высших учебных заведениях г. Саратова // Проблемы региональной экологии. 1997. № 3. С. 104–111.
- Гольдфейн М.Д., Карнаухова Л.И.* Основы физики синтетических и природных макромолекул. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 1998. 112 с.
- Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В., Кожевникова Н.И., Молина С.Е., Тимуш Л.Г.* Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и охраны окружающей среды / Под ред. проф. М.Д. Гольдфейна. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. 218 с.
- Гольдфейн М.Д.* Исследования в области химической физики полимеров и охраны окружающей среды в СГУ // Изв. Саратов. ун-та. Нов. серия. 2003. Т. 3. Сер. Химия. Биология. Экология. Вып. 1. С. 23 – 31.
- Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В.* Разработка экологически безопасных технологий в Саратовском государственном университете // Проблемы региональной экологии. 2005. №4. С. 92 – 95.
- Гольдфейн М.Д., Кожевников Н.В., Иванов А.В., Кожевникова Н.И., Маликов А.Н., Тимуш Л.Г.* Основы экологии, безопасности жизнедеятельности и экономико-правового регулирования природопользования / Под ред. проф. М.Д. Гольдфейна. М.: Изд-во РГТЭУ, 2006. 408 с.
- Гольдфейн М.Д., Иванов А.В., Кожевников Н.В., Маликов А.Н., Алтухова Н.В., Тимуш Л.Г.* Безопасность жизнедеятельности и эколого-экономические проблемы природопользования / Под ред. проф. М.Д. Гольдфейна. М.: Изд-во РГТЭУ. 2008. 404 с.
- Емельяненко В.Л., Мордвинов С.П.* Действия работающего населения в чрезвычайных ситуациях мирного и военного времени. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2004. 112 с.
- Зырянов В.В., Гольдфейн М.Д.* Иммунохимические и биосенсорные технологии анализа экотоксикантов окружающей среды // Экологическая химия. 2002. Т. 11, вып. 1. С. 45 – 53.
- Кожевников Н.В., Зюбин Б.А., Симонцев Д.В.* Эмульсионная сополимеризация многокомпонентных систем акриловых мономеров // Высокомолекулярная химия. 1995. Т. 37, № 5. С. 758 – 763.
- Кожевников Н.В., Гольдфейн М.Д., Терехина Н.В.* Кинетика эмульсионной сополимеризации бутилакрилата с водорастворимыми мономерами в отсутствие эмульгатора // Химическая физика. 1997. Т. 16, № 12. С. 97 – 102.
- Кожевников Н.В., Кожевникова Н.И., Гольдфейн М.Д.* Спектры мутности полимерно-мономерных частиц, образующихся при эмульсионной полимеризации акрилатов // Журн. прикладной спектроскопии. 2005. Т. 72, № 3. С. 313 – 316.
- Кожевникова Н.И., Кожевников Н.В., Гольдфейн М.Д.* Экологическое мировоззрение как составная часть культуры человеческого общества // Изв. Саратов. ун-та. Нов. серия. 2007. Т. 7. Сер. Химия. Биология. Экология. Вып. 1. С. 74 – 82.
- Розанцев Э.Г., Гольдфейн М.Д., Пулин В.Ф.* Органические парамагнетики. Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2000. 340 с.
- Фетисова Н.А., Пужлякова Г.А., Фетисова Л.М., Гольдфейн М.Д.* Оценка экологического состояния атмосферы крупного промышленного центра и особенности его мониторинга (на примере г. Саратова) // Экологические системы и приборы. 2003. № 9. С. 3 – 10.
- Goldfein M.D., Kozhevnikov N.V., Trubnikov A.V.* Kinetics and Mechanism of Formation of Polymer Emulsions based on (Methyl) Acrylates // Polymer Yearbook. 1995. № 12. P. 89 – 104.

*Goldfein M.D., Gladyshev G.P., Trubnikov A.V.* Kinetics and Mechanism of the Inhibited Polymerization of Vinyl Monomers // Polymer Yearbook. 1996. № 13. P. 163 – 190.

*Goldfein M.D., Kozhevnikov N.V., Kozhevnikova N.I., Fetisova N.A.* Evaluating Monitoring of Distribution of Motor Transport Emissions in Large Industrial City // European J. of Natural History. 2006. № 3. P. 75 – 76.

*Kozhevnikov N.V., Goldfein M.D., Trubnikov A.V.* Emulsion Copolymerization of Butyl Acrylate with Watersoluble Monomers in the Absence of Emulsifier // Intern. J. Polymer Mater. 2000. Vol. 46. P. 95 – 105.

*Kozhevnikov N.V., Goldfein M.D., Trubnikov A.V., Kozhevnikova N.I.* Emulsion Polymerization of (Meth) Acrylates: Characteristics of Kinetics and Mechanism // Preparation and Properties of Monomers, Polymers and Composite Materials / Eds. Antonio Ballada, Gennady E. Zaikov. New York: Nova Science Publishers, Inc., 2007. P. 155 – 163.

*Kozhevnikov N.V., Goldfein M.D., Kozhevnikova N.I.* One-stage Synthesis of Polymer Flocculant on Acrylonitrile Basis // J. of the Balkan Tribological Association. 2007. Vol. 13, № 4. P. 536 – 542.

*М.Д. Гольдфейн, Н.В. Кожевников*  
Саратовский государственный университет  
им. Н.Г.Чернышевского  
410012, Саратов, Астраханская, 83  
E-mail: Goldfein@info.sgu.ru