

ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 3 (31)

2020

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

- Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С., Курбанова М. Г.**
Изменения содержания алифатических спиртов в проростках ячменя
под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты..... 3

БОТАНИКА

- Годин В. Н., Куранова Н. Г., Ахметгариева Л. Р.** Особенности цветения
гинодиэичного вида *Ajuga reptans* (Lamiaceae) в Московской области 14
- Новикова Л. А., Коряжкина К. В., Полумордвинов О. А.** Биологическое
разнообразие «Карноварского солонца» (Неверкинский район,
Пензенская область)..... 27
- Кищенко И. Т.** Оценка перспективности интродукции видов *Abies* Mill.
в таежной зоне (Карелия) 42

ЗООЛОГИЯ

- Кидов А. А., Хайрутдинов И. З., Иванов А. А., Кидова Е. А.** Возрастная
структура и рост круглоголовки-вертихвостки, *Phrynocephalus guttatus*
(Reptilia, Sauria, Agamidae) в Терском песчаном массиве
(Восточное Предкавказье) 56
- Асанов А. Ю., Иванов А. И.** Ихтиофауна пойменных озер долины реки Суры
в пределах Пензенской области на примере озера Печарка..... 68

ЭКОЛОГИЯ

- Африн К. А., Степанкова И. В., Кидов А. А.** Влияние фотопериода
на личинок кавказской жабы, *Bufo verrucosissimus*
в лабораторных условиях 79
- Ильина Г. В., Ильин Д. Ю., Воробьева А. А.** Адаптация штаммов гриба
Aspergillus terreus Thom к солевому стрессу в присутствии
фенольных соединений в модельных условиях..... 90
- Шаталин О. А., Добролюбов А. Н., Леонова Н. А.** Влияние
жизнедеятельности степного сурка на видовой состав растительности
заповедного участка «Островцовская лесостепь» 103

UNIVERSITY PROCEEDINGS
VOLGA REGION

NATURAL SCIENCES

№ 3 (31)

2020

CONTENTS

PHYSIOLOGY AND BIOCHEMISTRY OF PLANTS

- Soboleva O. M., Kondratenko E. P., Sukhikh A. S., Kurbanova M. G.*
The changes in the content of aliphatic alcohols in barley seedlings
under the influence of an ultrahigh frequency electromagnetic field..... 3

BOTANY

- Godin V. N., Kuranova N. G., Akhmetgariyeva L. R.* The features
of gynodioecious flowering *Ajuga reptans* (Lamiaceae) in Moscow region 14
- Novikova L. A., Koryazhkina K. V., Polumordvinov O. A.* Biological diversity
of the “Karnovarsky solonetz” (Neverkino district, Penza region)..... 27
- Kishchenko I. T.* The introduction perspectivity of *Abies* Mill. species
in the taiga zone (Karelia)..... 42

ZOOLOGY

- Kidov A. A., Khayrutdinov I. Z., Ivanov A. A., Kidova E. A.* Age structure
and growth of the spotted toadhead agama, *Phrynocephalus guttatus*
(Reptilia, Sauria, Agamidae) in Terek Sand Massif (Eastern Ciscaucasia) 56
- Asanov A. Yu., Ivanov A. I.* The ichthyofauna of the lakes of the Sura river
valley in Penza region by the example of lake Pecharka 68

ECOLOGY

- Afrin K. A., Stepankova I. V., Kidov A. A.* The photoperiod's effect on larvae
of the Caucasian toad, *Bufo verrucosissimus* in laboratory conditions 79
- Il'ina G. V., Il'in D. Yu., Vorob'eva A. A.* Adaptation of *Aspergillus terreus* Thom
strains to saline stress in the presence of phenol compounds in simulated
conditions..... 90
- Shatalin O. A., Dobrolyubov A. N., Leonova N. A.* Influence of the steppe
marmot's life activity on the vegetation species composition
of the Ostrovtsovskaya forest-steppe protected area..... 103

ФИЗИОЛОГИЯ И БИОХИМИЯ РАСТЕНИЙ

УДК 633.16:621.317

DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-1

О. М. Соболева, Е. П. Кондратенко, А. С. Сухих, М. Г. Курбанова

ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ АЛИФАТИЧЕСКИХ СПИРТОВ В ПРОРОСТКАХ ЯЧМЕНЯ ПОД ВОЗДЕЙСТВИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЫ

Аннотация.

Актуальность и цели. Высшие жирные спирты являются ценным сырьем для фармакологии и могут служить адаптогеном в растениеводстве, снижая постстрессовые последствия при выращивании культур. Поликозанола – это линейные насыщенные алифатические спирты с числом атомов углерода от 20–24 до 32–34. Зародыши злаков содержат некоторые из поликозанола и могут служить потенциальным источником для выделения, очистки и дальнейшего использования данного класса химических соединений. Цель исследования – изучить особенности содержания высших жирных спиртов в различных анатомических органах проростков ячменя под действием электромагнитного поля сверхвысокой частоты.

Материалы и методы. Методом хроматомасс-спектрометрии определено содержание некоторых высших жирных спиртов в проростках ячменя после обработки зерна электромагнитными полями сверхвысокой частоты.

Результаты. Показан характер распределения в анатомических органах проростка ячменя четырех жирных спиртов – тетракозанола (лигноцеринового спирта), докозанола (бегенилового), додеканола (лауринового) и гексадеканола (цетилового спирта). В ростках, корнях, оболочках и эндосперме высшие жирные спирты распределены неравномерно. Преобладающим алифатическим спиртом является тетракозанола, встречающимся во всех изученных анатомических частях проростка – додеканол. Обработка семян ячменя перед проращиванием в электромагнитном поле сверхвысокой частоты позволила повысить содержание почти всех изученных спиртов.

Выводы. После СВЧ-обработки количество выявляемых алифатических спиртов выросло в 1,67 раза относительно контроля. Высшие жирные спирты неравномерно распределены по органам проростка ячменя – максимум отмечен в ростках, минимум – в эндосперме. Ростки ячменя могут рассматриваться в качестве потенциального источника лигноцеринового и бегенилового спиртов, где их содержание высоко и составляет 26,20 и 5,67 % соответственно. Содержание тетракозанола возможно увеличить более чем в два раза путем предварительной СВЧ-обработки зерен ячменя.

© Соболева О. М., Кондратенко Е. П., Сухих А. С., Курбанова М. Г., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Ключевые слова: проростки, ячмень, электромагнитное поле, СВЧ, высшие жирные спирты, докозанол, бегениловый спирт, тетракозанол, лигноцериновый спирт, додеканол, лауриновый спирт, гексадеканол, цетиловый спирт.

O. M. Soboleva, E. P. Kondratenko, A. S. Sukhikh, M. G. Kurbanova

THE CHANGES IN THE CONTENT OF ALIPHATIC ALCOHOLS IN BARLEY SEEDLINGS UNDER THE INFLUENCE OF AN ULTRAHIGH FREQUENCY ELECTROMAGNETIC FIELD

Abstract.

Background. Higher fatty alcohols are a valuable raw material for pharmacology and can serve as an adaptogen in crop production, reducing post-stress effects in the cultivation of crops. Policosanols are linear saturated aliphatic alcohols with carbon atoms ranging from 20–24 to 32–34. Cereal germ contains some of the policosanols and can serve as a potential source for the isolation, purification, and further use of this class of chemical compounds. The purpose of the research is to study the features of the higher fatty alcohols content in various anatomical organs of barley seedlings under the influence of an ultra-high frequency electromagnetic field.

Materials and methods. The content of some higher fatty alcohols in barley seedlings after grain processing by ultrahigh frequency electromagnetic fields was determined by the method of chromatography-mass spectrometry.

Results. The character of distribution of 4 fatty alcohols – tetraconanol (lignocerine alcohol), docosanol (begenyl alcohol), dodecanol (lauric alcohol) and hexadecanol (cetyl alcohol) – in the anatomical organs of barley seedlings is shown. In sprouts, roots, shells and endosperm higher fatty alcohols are distributed unevenly. The predominant aliphatic alcohol is tetracosanol, found in all the studied anatomical parts of the seedling is dodecanol. Treatment of barley seeds before germination in the electromagnetic field of ultrahigh frequency allowed to increase the content of almost all studied alcohols.

Conclusions. After microwave treatment, the number of detectable aliphatic alcohols increased by 1,67 times relative to the control. The higher fatty alcohols are unevenly distributed over the organs of the barley seedling – the maximum is noted in the sprouts, the minimum – in the endosperm. Barley sprouts can be considered as a potential source of lignocerine and begenyl alcohols, where their content is high and is 26,20 and 5,67 %, respectively. The content of tetracosanol can be increased more than twice by pre-microwave treatment of barley grain.

Keywords: sprouts, barley, electromagnetic field, microwave, higher fatty alcohols, docosanol, begenyl alcohol, tetracosanol, lignocerine alcohol, dodecanol, laurine alcohol, hexadecanol, cetyl alcohol.

Введение

Современные исследования высших жирных спиртов растительного происхождения сосредоточены лишь на небольшой части представителей этого класса химических соединений. В научно-технической литературе больше всего данных содержится о поликозанолах, выделенных из сахарного тростника, который наряду с рисовыми отрубями [1] является их основным источником [2]. Из всего многообразия жирных спиртов большинство актуальных исследований касается лишь поликозанолов, а из них, в свою очередь, изучаются те, что выделены из тростника или риса: мало сведений как о других спиртах, так и о других источниках их получения.

Поликозанолы – это линейные насыщенные алифатические спирты, производные восков растений, с числом атомов углерода от 20 до 34 [3, 4] или от 24 до 32 [5]. Также поликозанолазы обнаружены в зародышах пшеницы, например, в масле зародышей пшеницы их количество колеблется от 1,5 до 8,0 мг/100 г [6, 7]. Преимущественное содержание того или иного жирного спирта определяется видом растения, из которого выделяется их смесь. Так, в тростнике поликозанолазы представлены в основном октакозанолом, в экстракте ячменя – гексакозанолом, содержание которого колеблется от 60 до 80 % [3, 4]. Кроме указанных преобладающих поликозанолов другие жирные спирты, такие как бегениловый спирт, лигноцеринный спирт, цериловый спирт и другие, содержатся в экстракте в значительно более низкой концентрации [8]. Поликозанолазы выделены также из соломы пшеницы [9], рисовых отрубей [1], листьев зеленого чая [10] и других источников растительного происхождения.

Практическое применение поликозанолов основано на том, что они способны регулировать обмен холестерина и глюкозы в организме человека и животных [2, 11], обладают антибактериальными свойствами [12], антипролиферативной активностью [13], антимуtagenным эффектом в совокупности с низким уровнем цитотоксичности [14], противоревматической активностью [15] и некоторыми другими биологическими эффектами. Поэтому очевиден растущий интерес к выявлению новых природных источников поликозанолов для использования в производстве функциональных пищевых продуктов, для нутрицевтических и фармакологических целей использования [10].

Недавно было показано, что структурно сходные молекулы обладают и сходной биологической активностью [16], поэтому можно предположить, что и в отношении растительных организмов данная группа соединений может проявлять направленное биологически активное действие. Кроме фармацевтических целей, в научной литературе описаны способы применения поликозанолов в растениеводстве и экологических исследованиях с целью повышения адаптационного потенциала растений. Так, в работе С. К. Майденас с соавторами [17] была предпринята успешная попытка проведения предпосевной обработки так называемым миксалоном – смесью из шести алифатических спиртов (тетракозанола, гексакозанола, октакозанола, триаконтанола, дотриаконтанола и тетратриаконтанола). С. К. Тинд [18] применил при выращивании растений пшеницы в лабораторных условиях смесь длинноцепочечных алифатических спиртов, содержащую в своем составе тетракозанола (10 %), гексакозанола (16 %), октакозанола (15 %), триаконтанола (30 %), дотриаконтанола (15 %) и тетратриаконтанола (14 %), что помогло частично смягчить последствия водного дефицита и способствовало как увеличению всхожести, так и стимуляции развития проростков. Указанная смесь также стимулировала активность таких ферментов, как α - и β -амилазы и инвертазы, тем самым увеличивая накопление свободных сахаров. Автором предполагается немаловажная роль длинноцепочечных алифатических спиртов в регуляции углеводного обмена у растений.

В работе Е. Катурии с соавторами 10-дневные проростки кукурузы, выращиваемые при солевом стрессе, были обработаны экзогенной смесью алифатических спиртов [19]. По сравнению с контролем удалось стимулировать

интенсивность фотосинтеза и увеличить содержание фотосинтетических пигментов, что объясняется снижением активности хлорофиллазы. Таким образом, авторы доказали, что высшие спирты не стимулируют биосинтез хлорофилла, но подавляют активность хлорофиллазы и, следовательно, повышают интенсивность фотосинтеза за счет продления продолжительности функционирования хлорофилла в листе.

В ряде научных работ показано, что абиотические факторы могут по-разному влиять на количество синтезируемых в растении алифатических спиртов. Так, при сравнении условий культивирования – гидропонике и традиционного выращивания в почве – листья салата во втором случае содержали значительно более высокие уровни гексакозанола и тетракозанола [20]. Другими исследователями [21] показано, что содержание целого ряда таких высших спиртов, как, например, гексадеканол, докозанол и тетракозанол, не меняется в составе пыльцы сосны, подвергшейся обработке озоном.

Молодые листья, развивающиеся при прорастании семени ячменя, содержат высокие концентрации различных физиологически активных веществ для защиты от внешних воздействий и успешного прорастания [22]. Поэтому проростки ячменя привлекают больше внимания исследователей, чем, например, семена ячменя и его стебель [23]. Поликозанола являются биологически активным компонентом в проростках ячменя, и их содержание резко возрастает в промежутке между 5-м и 10-м днем прорастания семени и подвержены сортовой изменчивости [4].

Изучение высших жирных спиртов в различных растительных объектах в последнее время стало актуальным в связи с обнаруженными фармакологическими свойствами отдельных их видов, а также смесей [24]. Однако описанных в литературе исследований по изучению характера изменений в качественном и количественном соотношении высших жирных спиртов под действием электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) нет. В связи с вышесказанным поставлена цель исследования – изучить особенности содержания высших жирных спиртов в различных анатомических органах проростков ячменя под действием ЭМП СВЧ.

Материалы и методы

Объектом исследований являлись семена яровой разновидности ячменя посевного (*Hordeum sativum* L.) сорта Никита. Схема эксперимента включала в себя два варианта: контроль – без обработки и электромагнитное облучение сверхвысокими частотами с мощностью 0,42 кВт и частотой 2,45 ГГц с экспозицией 11 с.

После обработки воздушно сухих семян и их проращивания в течение 7 сут из всех анатомических частей проростков (ростков, корней, эндосперма, оболочек) готовили навески, экстрагировали смесью хлороформ: *n*-гексан в режиме пробоподготовки, опубликованной в работе [25]. Аликвоту образца отдували аргоном почти досуха. К остатку добавляли 500 мкл 3 %-го раствора H₂SO₄ в метаноле и 100 мкл толуола. К полученному раствору добавляли внутренний стандарт (5 мкг метилундеcanoата). Затем образец нагревали при 90 °С в течение часа. Далее проводили экстракцию 700 мкл *n*-гексана (тремя порциями). Объем отобранной гексановой фракции концентрировали отдувкой растворителя до объема около 50 мкл. Полученную пробу, содержащую

жирные кислоты в виде метиловых эфиров, использовали для анализа. Анализ проводили на хроматомасс-спектрометре Agilent 7000В (США). Объем пробы 2 мкл, ввод без деления потока. Колонка: ZB-WAX, 30 м × 0,25 мм × 0,25 мкм. Условия хроматографирования: OvenProgram при 100 °С от 0 мин, с нагревом 7 °С/мин до 260 °С – 10 мин, скорость потока – 1,2 мл/мин.

Относительное содержание жирных спиртов определяли в весовых процентах от общего содержания жирных кислот и спиртов в исследуемом образце. Исследования проведены в трехкратной биологической и трехкратной аналитической повторностях. Для статистической обработки использовались непараметрические критерии оценки статистической значимости – *U*-критерий Манна – Уитни. В работе приводятся средние значения и стандартное отклонение. Критический уровень значимости (*p*) при проверке статистических гипотез принимался ≤0,05.

Результаты и обсуждение

Половину обнаруженных в проростках высших жирных спиртов можно отнести к поликозанолам. К этим веществам относятся выявленные в проростках ячменя докозанол (бегениловый спирт, С22) и тетракозанол (лигноцериновый спирт, С24). Не относятся к данной группе жирных спиртов додеканол (лауриновый спирт), имеющий 12 атомов углерода, и гексадеканол (цетиловый спирт) с 16 атомами углерода.

В результате проведенного анализа гексакозанол в проростках ячменя не был обнаружен, что не согласуется с полученными ранее данными [3, 4].

Для четырех обнаруженных жирных спиртов наиболее высокое содержание выявлено для тетракозанола (табл. 1). Причем данный алифатический спирт был обнаружен только в надземной части ювенильных растений – ростках; в корнях, эндосперме и оболочках он не содержится. Эти наши данные согласуются с результатами исследований содержания тетракозанола в зародышах близкородственного для ячменя вида – пшеницы [7].

Полученные нами данные свидетельствуют о том, что на содержание лигноцеринового спирта, выделенного из фракции жирных кислот фотосинтезирующих анатомических частей проростков ячменя, проведенная СВЧ-обработка оказала значительное влияние. Содержание тетракозанола в ростках, полученных из необработанного зерна, составило 26,2 % экстракта. СВЧ-обработка семян ячменя привела к увеличению его количества в 2,03 раза – 53,14 % экстракта.

Вторым по содержанию среди обнаруженных жирных спиртов является докозанол (бегениловый спирт) – в ростках ячменя, не подвергнутого воздействию ЭМП СВЧ, его доля составляет 5,67 %. Ростки ячменя, развившиеся из семян после электромагнитной обработки, не содержат бегенилового спирта, как и все остальные изученные органы проростков. Таким образом, можно предположить, что лигноцериновый и бегениловый спирты являются вновь синтезированными и имеют большое значение для роста и развития фотосинтезирующих тканей растения ячменя. Предполагаем, что эти спирты образовались именно в надземной части проростка, а не поступили туда в готовом виде из эндосперма, так как даже следовых количеств лигноцеринового и бегенилового спиртов в клетках эндосперма не зафиксировано.

Таблица 1

Содержание высших жирных спиртов в анатомических органах проростков ячменя
после СВЧ-обработки, % экстракта

Жирный спирт	Ростки		Корни		Эндосперм		Оболочки	
	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт	контроль	опыт
Лигноцериновый	26,20 ± 1,51	53,14 ± 1,89*	-	-	-	-	-	-
Бегениловый	5,67 ± 0,67	-	-	-	-	-	-	-
Лауриновый	0,06 ± 0,01	0,10 ± 0,02	-	0,12 ± 0,01	-	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,09 ± 0,02*
Цетиловый	-	-	-	-	-	-	-	0,04 ± 0,01
Сумма	31,93 ± 2,17	53,24 ± 1,89	-	0,12 ± 0,01	-	0,04 ± 0,01	0,02 ± 0,01	0,13 ± 0,02

Примечание: «-» – не обнаружен; * – различия достоверны – $p \leq 0,05$.

Додеканол (лауриновый спирт) по сравнению со всеми изученными высшими спиртами был обнаружен во всех анатомических частях проростка СВЧ-обработанного ячменя, однако его количество невелико и колеблется от 0,04 % (в эндосперме) до 0,12 % (в корнях). Корни и эндосперм необработанного электромагнитным полем зерна ячменя не содержат лауриновый спирт. Таким образом, можно предположить, что в данных органах проростка додеканол синтезируется лишь в ответ на стимуляцию семян электромагнитным полем.

В тех органах проростка, где додеканол отмечен как в контрольном, так и в опытном образцах, была выявлена устойчивая тенденция к увеличению его содержания после СВЧ-обработки – для ростков отмечается превышение относительно необработанных семян на 66,7 %, а для оболочек – в 4,5 раза.

Содержание гексадеканола (цетилового спирта) незначительно и составляет лишь 0,04 %. Кроме того, данное вещество обнаружено в единственном случае – в оболочках семян ячменя, подвергшихся СВЧ-обработке.

В целом суммарная доля всех выявленных алифатических спиртов во всех органах проростка в контрольном образце составила 31,95 %, а в опытном – 53,53 %, т.е. отмечается увеличение их количества после электромагнитной обработки сверхвысокой частоты в 1,67 раза.

Заметная разница в содержании определенных алифатических спиртов в разных органах проростка подтверждает наше предположение о значении этой группы соединений как биологически активных веществ, появляющихся при определенных воздействиях на организм. Косвенно это подтверждается также и в исследованиях, выявляющих зависимость существенных колебаний количества поликозанолов в семенах расторопши по мере их созревания [15].

Заключение

Таким образом, в проростках ячменя содержатся такие высшие жирные спирты, как лигноцериновый, бегениловый, лауриновый; а после СВЧ-обработки появляется и цетиловый спирт. Их суммарная доля в необработанных органах проростков составила 31,95 %. После СВЧ-обработки количество изученных алифатических спиртов выросло в 1,67 раза относительно контроля.

Обнаруженные высшие жирные спирты неравномерно распределены по органам проростка ячменя – максимум отмечен в ростках, минимум – в эндосперме.

Ростки ячменя могут рассматриваться в качестве потенциального источника лигноцеринового и бегенилового спиртов, где их содержание относительно высоко и составляет 26,20 и 5,67 % соответственно. Содержание тетракозанола при этом возможно увеличить более чем в два раза путем предварительной СВЧ-обработки зерен ячменя.

Библиографический список

1. Policosanol contents, volatile profile and toxicity test of granulated cane sugar enriched with rice bran materials / M. Weerawatanakorn, H. Tamaki, Y. Asikin, K. Wada, M. Takahashi, C. T. Ho, M. H. Pan // International Food Research Journal. – 2017. – Т. 24, № 3. – Р. 1019–1028.

2. Barley sprout extract containing policosanols and polyphenols regulate AMPK, SREBP2 and ACAT2 activity and cholesterol and glucose metabolism in vitro and in vivo / J. H. Lee, S. Y. Lee, B. Kim [et al.] // Food Research International. – 2015. – Т. 72. – P. 174–183.
3. **Irmak, S.** Policosanols contents of beeswax, sugar cane and wheat extracts / S. Irmak, N. T. Dunford, J. Milligan // Food Chemistry. – 2006. – Т. 95. – P. 312–318.
4. Effect of the growth stage and cultivar on policosanols profiles of barley sprouts and their adenosine 5'-monophosphate-activated protein kinase activation / W. D. Seo, H. J. Yuk, M. J. Curtis-Long [et al.] // Journal of agricultural and food chemistry. – 2013. – Т. 61, № 5. – P. 1117–1123.
5. **Singh, D. K.** Policosanols inhibit cholesterol synthesis in hepatoma cells by activation of AMP-kinase / D. K. Singh, L. Li, T. D. Porter // Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics. – 2006. – Т. 318 (3). – P. 1020–1026.
6. **Arruzazabala, M.** Effect of policosanols successive dose increase in platelet aggregation healthy volunteers / M. Arruzazabala, S. Valdes, R. Mas // Pharmacol. Res. – 2013. – Vol. 34. – P. 181–185.
7. **Алексеева, Т. В.** Биотехнологический потенциал фракций глубокой переработки низкомаасличного сырья: балансирование ПНЖК-состава, прогнозирование качества, новые технологии : автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Алексеева Т. В. – Воронеж, 2014. – 40 с.
8. **Leung, K. Y.** Policosanols has no antioxidant activity in human low-density lipoprotein but increases excretion of bile acids in hamsters / K. Y. Leung, C. H. Ng, Y. Huang, Z. Y. Chen // J. Agric. Food Chem. – 2005. – Т. 53 (16). – P. 6289–6293.
9. **Pasha, I.** Nutraceutical and functional scenario of wheat straw / I. Pasha, F. Saeed, K. Waqas, F. M. Anjum // Critical reviews in food science and nutrition. – 2013. – Т. 53, № 3. – P. 287–295.
10. Contents and compositions of policosanols in green tea (*Camellia sinensis*) leaves / S. J. Choi, S. Y. Park, J. S. Park, S. K. Park, M. Y. Jung // Food Chem. – 2016. – Т. 204. – P. 94–101.
11. Octacosanol restores stress-affected sleep in mice by alleviating stress / M. K. Kaushik, K. Aritake, A. Takeuchi, M. Yanagisawa, Y. Urade // Scientific reports. – 2017. – Т. 7, № 1. – P. 8892.
12. Antibacterial activity of long-chain primary alcohols from *Solenanamplicaulis* leaves / S. Chatterjee, A. Karmakar, S. A. Azmi [et al.] // Proceedings of the Zoological Society. – 2017. – Vol. 69. – P. 1–7.
13. **Pope, L. E.** Anti-herpes simplex virus activity of n-docosanol correlates with intracellular metabolic conversion of the drug / L. E. Pope, J. F. Marcelletti, L. R. Katz, D. H. Katz // J Lipid Res. – 1996. – Т. 37. – P. 2167–2178.
14. Isolation and characterization of the compounds responsible for the antimutagenic activity of *Combretum microphyllum* (*Combretaceae*) leaf extracts / T. J. Makhafola, E. E. Elgorashi, L. J. McGaw, M. D. Awouafack, L. Verschaeve, J. N. Eloff // BMC complementary and alternative medicine. – 2017. – Т. 17, № 1. – P. 446.
15. **Harrabi, S.** Policosanols composition, antioxidant and anti-arthritis activities of milk thistle (*Silybum marianum* L.) oil at different seed maturity stages / S. Harrabi, A. Ferchichi, A. Bachel, H. Fellah // Lipids in health and disease. – 2018. – Т. 17, № 1. – P. 82.
16. **Martin, Y. C.** Do structurally similar molecules have similar biological activity? / Y. C. Martin, J. L. Kofron, L. M. Traphagen // J. Med. Chem. – 2002. – Vol. 45. – P. 4350–4358.
17. **Maideen, S. K.** Presowing chemical treatment to hasten germination of *Casuarina equisetifolia* / S. K. Maideen, J. A. Selvaraj, R. S. V. Rai // International Tree Crops Journal. – 1990. – Т. 6, № 2–3. – P. 173–181.

18. **Thind, S. K.** Effects of a long chain aliphatic alcohol mixture on growth and solute accumulation in water stressed wheat seedlings under laboratory conditions / S. K. Thind // *Plant growth regulation*. – 1991. – Т. 10, № 3. – P. 223–234.
19. Photosynthesis is improved by exogenous TRIA in salt-stressed maize seedlings / E. Kathuria [et al.] // *The Journal of Plant Science Research*. – 2012. – Т. 28, № 2. – P. 239.
20. Metabolomic evaluation of the quality of leaf lettuce grown in practical plant factory to capture metabolite signature / Y. Tamura, T. Mori, R. Nakabayashi, M. Kobayashi, K. Saito, Okazaki [et al.] // *Frontiers in plant science*. – 2018. – Vol. 9. – URL: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00665>
21. Chemical modification of coating of *Pinushalepensis* pollen by ozone exposure / O. Naas [et al.] // *Environmental Pollution*. – 2016. – Т. 214. – P. 816–821.
22. Effects of a dietary supplement with barley sprout extract on blood cholesterol metabolism / A. R. Byun [et al.] // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2015. – Т. 2015.
23. **Sattar, A.** Biosynthesis of ascorbic acid in germinating rapeseed cultivars / A. Sattar, A. Badshah, Aurangzeb // *Plant Foods for Human Nutrition*. – 1995. – Vol. 47, № 1. – P. 63–70.
24. **Shaji, K. P.** Synthesis of 1-octacosanol from 1, 12 dodecanediol and cetyl alcohol / K. P. Shaji, S. Umesh, P. S. Bharathi // *Int. J. Chem. Pharm. Sci.* – 2014. – Т. 5. – P. 101–105.
25. **Захарова, Ю. В.** Влияние фосфолипаз грибов *Candidaalbicans* на клеточную стенку и биологические свойства бифидобактерий / Ю. В. Захарова // *Успехи медицинской микологии*. – 2018. – Т. 18. – С. 77–81.

References

1. Weerawatanakorn M., Tamaki H., Asikin Y., Wada K., Takahashi M., Ho C. T., Pan M. H. *International Food Research Journal*. 2017, vol. 24, no. 3, pp. 1019–1028.
2. Lee J. H., Lee S. Y., Kim B. et al. *Food Research International*. 2015, vol. 72, pp. 174–183.
3. Irmak S., Dunford N. T., Milligan J. *Food Chemistry*. 2006, vol. 95, pp. 312–318.
4. Seo W. D., Yuk H. J., Curtis-Long M. J. et al. *Journal of agricultural and food chemistry*. 2013, vol. 61, no. 5, pp. 1117–1123.
5. Singh D. K., Li L., Porter T. D. *Journal of Pharmacology and Experimental Therapeutics*. 2006, vol. 318 (3), pp. 1020–1026.
6. Arruzazabala M., Valdes S., Mas R. *Pharmacol. Res.* 2013, vol. 34, pp. 181–185.
7. Alekseeva T. V. *Biotehnologicheskiy potentsial fraktsiy glubokoy pererabotki nizkomaslichnogo syr'ya: balansirovanie PNZhK-sostava, prognozirovanie kachestva, novye tekhnologii: avtoref. dis. d-ra tekhn. nauk* [Biological potential of deep processing fractions of low-oil raw materials: balancing PUFA-composition, quality prediction, new technologies: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of engineering sciences]. Voronezh, 2014, 40 p. [In Russian]
8. Leung K. Y., Ng C. H., Huang Y., Chen Z. Y. *J. Agric. Food Chem.* 2005, vol. 53 (16), pp. 6289–6293.
9. Pasha I., Saeed F., Waqas K., Anjum F. M. *Critical reviews in food science and nutrition*. 2013, vol. 53, no. 3, pp. 287–295.
10. Choi S. J., Park S. Y., Park J. S., Park S. K., Jung M. Y. *Food Chem.* 2016, vol. 204, pp. 94–101.
11. Kaushik M. K., Aritake K., Takeuch A., Yanagisawa M., Urade Y. *Scientific reports*. 2017, vol. 7, no. 1, p. 8892.
12. Chatterjee S., Karmakar A., Azmi S. A. et al. *Proceedings of the Zoological Society*. 2017, vol. 69, pp. 1–7.

13. Pope L. E., Marcelletti J. F., Katz L. R., Katz D. H. *J Lipid Res.* 1996, vol. 37, pp. 2167–2178.
14. Makhafola T. J., Elgorashi E. E., McGaw L. J., Awouafack M. D., Verschaeve L., Eloff J. N. *BMC complementary and alternative medicine.* 2017, vol. 17, no. 1, pp. 446.
15. Harrabi S., Ferchichi A., Bachel A., Fellah H. *Lipids in health and disease.* 2018, vol. 17, no. 1, p. 82.
16. Martin Y. C., Kofron J. L., Traphagen L. M. *J. Med. Chem.* 2002, vol. 45, pp. 4350–4358.
17. Maideen S. K., Selvaraj J. A., Rai R. S. V. *International Tree Crops Journal.* 1990, vol. 6, no. 2–3, pp. 173–181.
18. Thind S. K. *Plant growth regulation.* 1991, vol. 10, no. 3, pp. 223–234.
19. Kathuria E. et al. *The Journal of Plant Science Research.* 2012, vol. 28, no. 2, p. 239.
20. Tamura Y., Mori T., Nakabayashi R., Kobayashi M., Saito K., Okazaki et al. *Frontiers in plant science.* 2018, vol. 9. Available at: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00665>
21. Naas O. et al. *Environmental Pollution.* 2016, vol. 214, pp. 816–821.
22. Byun A. R. et al. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine.* 2015, vol. 2015.
23. Sattar A., Badshah A., Aurangzeb. *Plant Foods for Human Nutrition.* 1995, vol. 47, no. 1, pp. 63–70.
24. Shaji K. P., Umesha S., Bharathi P. S. *Int. J. Chem. Pharm. Sci.* 2014, vol. 5, pp. 101–105.
25. Zakharova Yu. V. *Uspekhi meditsinskoy mikologii* [Advances in medical mycology]. 2018, vol. 18, pp. 77–81. [In Russian]

Соболева Ольга Михайловна

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра микробиологии, иммунологии
и вирусологии, Кемеровский
государственный медицинский
университет (Россия, г. Кемерово,
ул. Ворошилова, 22 А)

E-mail: meer@yandex.ru

Soboleva Ol'ga Mikhaylovna

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of microbiology,
immunology and virology, Kemerovo
State Medical University (22 A Voroshilova
street, Kemerovo, Russia)

Кондратенко Екатерина Петровна

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор, кафедра агрономии, селекции
и семеноводства, Кузбасская
государственная сельскохозяйственная
академия (Россия, г. Кемерово,
ул. Марковцева, 5)

E-mail: meer@yandex.ru

Kondratenko Ekaterina Petrovna

Doctor of agricultural sciences, professor,
sub-department of agronomy, breeding
and seed production, Kuzbass State
Agricultural Academy (5 Markovtseva
street, Kemerovo, Russia)

Сухих Андрей Сергеевич

кандидат фармацевтических наук,
доцент, старший научный сотрудник,
Центральная научно-исследовательская
лаборатория, Кемеровский
государственный медицинский
университет (Россия, г. Кемерово,
ул. Ворошилова, 22 А)

E-mail: Suhih_as@list.ru

Sukhikh Andrey Sergeevich

Candidate of pharmaceutical sciences,
associate professor, senior researcher,
Central Research Laboratory, Kemerovo
State Medical University (22 A Voroshilova
street, Kemerovo, Russia)

Курбанова Марина Геннадьевна

доктор технических наук, профессор,
кафедра агробиотехнологий, Кузбасская
государственная сельскохозяйственная
академия (Россия, г. Кемерово,
ул. Марковцева, 5)

E-mail: kurbanova-mg@mail.ru

Kurbanova Marina Gennad'evna

Doctor of engineering science, professor,
sub-department of agrobiotechnology,
Kuzbass State Agricultural Academy
(5 Markovtseva street, Kemerovo, Russia)

Образец цитирования:

Соболева, О. М. Изменения содержания алифатических спиртов в проростках ячменя под воздействием электромагнитного поля сверхвысокой частоты / О. М. Соболева, Е. П. Кондратенко, А. С. Сухих, М. Г. Курбанова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 3–13. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-1.

УДК 581.461: 582.929: 57.017.55

DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-2

В. Н. Годин, Н. Г. Куранова, Л. Р. Ахметгариева

ОСОБЕННОСТИ ЦВЕТЕНИЯ ГИНОДИЭЦИЧНОГО ВИДА *AJUGA REPTANS* (LAMIACEAE) В МОСКОВСКОЙ ОБЛАСТИ

Аннотация.

Актуальность и цели. У гинодиэцичных видов в популяциях встречаются два типа особей – обоеполые и женские, которые отличаются по целому ряду морфологических и биологических особенностей. *A. reptans* относится к гинодиэцичным видам, однако сведения по биологии цветения как вида в целом, так и его половых форм крайне фрагментарны и отрывочны. Цель работы – изучение особенностей цветения обоеполых и женских особей *A. reptans* в Московской области.

Материалы и методы. Антэкологические наблюдения проводили в естественных условиях Московской области с 2015 по 2019 г. по общепринятым методикам.

Результаты. Флоральная единица *A. reptans* – верхушечный открытый брактеозный тирс, составные элементы которого 3- или 5-цветковые цимоиды. В боковых дихазиях последовательность раскрытия цветков акропетальная, в пределах тирса цветки на осях одного порядка зацветают практически одновременно. Обоеполые цветки *A. reptans* характеризуются слабо выраженной протандрией. Обоеполые и пестичные цветки обладают большой продолжительностью жизни, достигающей 12–13 сут в случае отсутствия опыления. Для *A. reptans* характерен дневной ритм цветения с двумя максимумами, приходящимися на 9 и 12 ч дня. Обоеполые и пестичные цветки раскрываются синхронно.

Выводы. Ряд антэкологических особенностей *A. reptans* несет на себе отпечаток цветения вида весной: отсутствие четкой акропетальной последовательности в порядке зацветания цветков в тирсе, большая продолжительность жизни как обоеполых, так и пестичных цветков, раскрытие цветков в течение почти всего светового дня, довольно короткий период цветения особей *A. reptans* в целом, что обусловлено необходимостью развития в строго определенный период вегетации.

Ключевые слова: *Ajuga reptans*, гинодиэция, цветение.

© Годин В. Н., Куранова Н. Г., Ахметгариева Л. Р., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

V. N. Godin, N. G. Kuranova, L. R. Akhmetgarieva

THE FEATURES OF GYNODIOECIOUS FLOWERING *AJUGA REPTANS* (LAMIACEAE) IN MOSCOW REGION

Abstract.

Background. In gynodioecious species, populations of two types of individuals are found – bisexual and female. The morphological and biological characteristics of these two morphs are different. *A. reptans* is an example of a gynodioecious species. However, information about the flowering biology of both its sexual forms is extremely fragmented. The aim of our research is to study the flowering of *A. reptans*' bisexual and female morphs in the Moscow region.

Materials and methods. Anthecological observations were made in natural conditions in the Moscow region from 2015 to 2019 according to generally accepted methods.

Results. The floral unit of *A. reptans* is the apical open bracteose thyrus, which has constituent elements of 3 or 5 flower cymoids. In lateral dichasium, the flower opens acropetally; in the thyrus, flowers on the axis bloom almost simultaneously. Bisexual flowers of *A. reptans* are characterized by a weak protandry. Bisexual and pistillate flowers have a long lifespan, surviving for 12–13 days without pollination. *A. reptans* is characterized by a daily flowering rhythm, with two maximums at 9 a.m and 12 a.m. Bisexual and pistillate flowers open simultaneously.

Conclusions. A number of anthecological characters of *A. reptans* demonstrate that it flowers in spring: the lack of a clear acropetal sequence in the order of flowers blooming in a thyrus, the long lifespan of both bisexual and pistillate flowers, the opening of flowers during almost all daylight hours, and a fairly short flowering period, due to the need for development in a strictly defined period of vegetation.

Keywords: *Ajuga reptans*, gynodioecy, flowering.

Введение

Гинодиэция – форма половой дифференциации, при которой популяции состоят из двух половых форм – обоеполых и женских [1–3]. Обе половые формы особей отличаются друг от друга размерами цветков (обоеполые цветки крупнее пестичных), суточным и сезонным ритмом цветения, продолжительностью цветения, длительностью функционирования генеративных органов, семенной продуктивностью и т.д. [4–7]. Многочисленные исследования показали, что цветки обоеполых и женских особей гинодиэцичных растений могут раскрываться синхронно или асинхронно, что в каждом случае имеет адаптивное значение, а продолжительность цветения женских особей как правило меньше, чем обоеполых, что необходимо для успешного завязывания семян пестичными цветками [6–12].

В качестве объекта нашего исследования выбрана *Ajuga reptans* L. – многолетнее надземностолонное травянистое растение смешанных и широколиственных лесов европейской части России, неморальный мезофит, гемикриптофит [13]. Согласно нашим исследованиям [14], данный вид относится к гинодиэцичным растениям. Между тем сведения об особенностях цветения *A. reptans* как вида в целом, так и его половых форм крайне отрывочны и фрагментарны. Так, по данным Р. Knuth [15], цветки данного вида гомогамны, иногда протандричны или протогиничны. Поэтому целью нашей работы было выявление закономерностей процесса цветения *A. reptans* в Московской области.

Материалы и методика

Исследования биологии цветения *A. reptans* проводили с 2015 по 2019 г. в естественных условиях Московской области по методике антропоэкологических исследований [16]. Для выявления морфогенеза цветка, начиная от плотного бутона до увядания околоцветника и генеративных структур, анализировали такие особенности, как форма и окраска околоцветника и изменение этих признаков в течение жизни цветка, особенности взаимного расположения андроеца и гинецея, движение тычинок и рылец в процессе развития и функционирования цветка, время созревания рылец и пыльников. Длительность тычиночной фазы определяли визуально на 20 этикетированных цветках, ежегодно, в течение пяти лет, на пяти разных обоеполых растениях. Началом тычиночной фазы считали момент растрескивания пыльников. Окончание фиксировали по времени полного опустошения из пыльников. Степень зрелости рыльцевой поверхности определяли как визуально по морфологическим признакам, так и с помощью химического метода: воспринимающая поверхность зрелых рылец при нанесении на нее слабого раствора перманганата калия окрашивается в коричневый или бурый цвет, а незрелые рыльца не окрашиваются [17].

Изучение суточной ритмики цветения проводили на пяти особях каждой половой формы в течение трех лет наблюдений в естественных условиях в фазу массового цветения вида (май). Через 1 ч подсчитывали число вновь раскрывшихся цветков. Во избежание ошибки при подсчете нижнюю губу вновь раскрывшихся цветков помечали точкой. Число раскрывшихся цветков по часам выражали в процентах от общего числа цветков, раскрывшихся за сутки. Параллельно производили измерение температуры (°C) и относительной влажности воздуха (%) в тени с помощью психрометра Ассмана и освещенности на уровне соцветий с помощью люксметра.

Результаты и обсуждение

A. reptans относится к поздневесенним растениям, цветение которых происходит в фазу «зеленой дымки», что должно было отразиться на многих антропоэкологических особенностях этого вида.

Структура синфлоресценций *A. reptans*. Флоральная единица у *A. reptans* составная, представлена открытым брактеозным тирсом (рис. 1). Структурные элементы тирса – цимоиды, которые представляют собой цветоносную систему, состоящую из терминального цветка и 1 или 2 симподиально нарастающих боковых ветвей. Цимоид у *A. reptans* – это вариант многоярусного дихазия, у которого одна из боковых осей третьего и следующих порядков не развивается, т.е. он представлен дихазием из монохазиев. Как и у других представителей семейства Lamiaceae [18], у *A. reptans* отмечаются редуциционные тенденции, которые затронули разные аспекты сложной и иерархической структуры соцветий. Для брактеозного тирса *A. reptans* характерны укороченные оси боковых цимоидов, что приводит к агрегации элементов соцветия. С антропоэкологической точки зрения, такое преобразование носит адаптивный характер, в результате чего возрастает привлекательность соцветий для опылителей. Укороченные оси цимоидов и удлиненные междоузлия главной оси тирса определяют формирование так называемого колосовидно-

го тирса – флоральной единицы, наиболее часто встречающейся в пределах данного семейства.

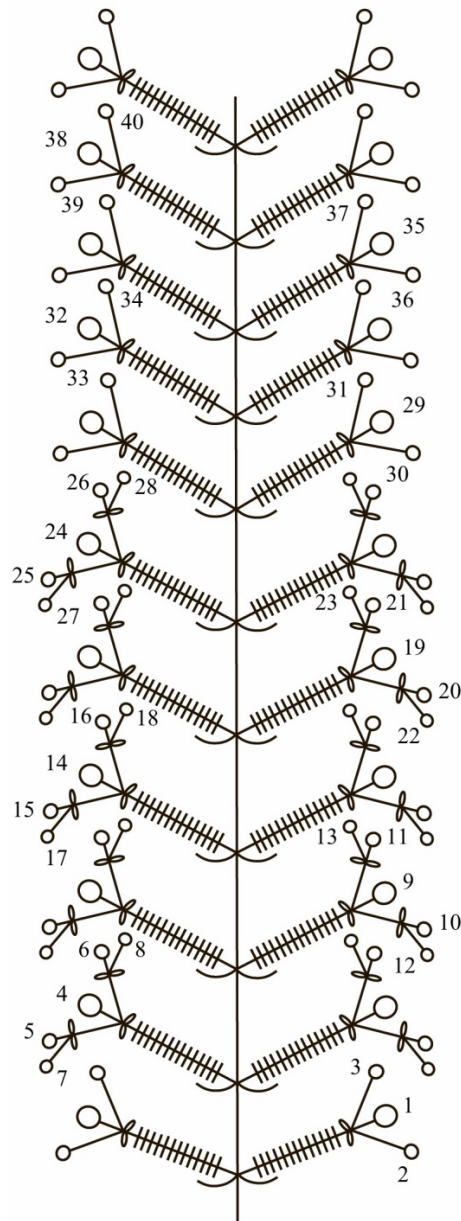


Рис. 1. Схема синфлоресценции *Ajuga reptans*.

Условные обозначения: 1–40 – порядковые номера цветков в цимоидах

Наиболее обычный вариант боковых цим у *A. reptans* – 3- или 5-цветковые цимойды. Число цимойдов с разным числом цветков закономерно изменяется в акропетальном направлении. Как правило, несколько самых нижних цимойдов – 3-цветковые, выше расположенные цимы образуют по пять цветков. Верхняя часть тирса представлена в основном 3-цветковыми цимойдами. Однако иногда самые верхние цимойды тирса представлены редуци-

рованными, 1- или 2-цветковыми цимами. Последние образуются в результате недоразвития боковых цветоносных зачатков: часто в таких цимоидах отмечаются недоразвившиеся цветки на боковых осях.

Кроющие листья (брактей) тирса *A. reptans* в той или иной степени видоизменены и отличаются от срединных. Отличия брактей у *A. reptans* от срединных листьев проявляются как в размерах (они меньше), так и в их окраске. Интенсивность изменения окраски кроющих листьев происходит в акропетальной последовательности: самые нижние брактей довольно часто обычной зеленой окраски, иногда основание листовой пластинки приобретает антоциановую окраску, а начиная с 2–3 узла брактей целиком антоциановой окраски. В этом же направлении уменьшаются общие размеры брактей.

Цветение обоеполых и пестичных цветков *A. reptans*. При изучении последовательности раскрытия обоеполого цветка и характера количественных и качественных изменений его составных частей мы выделили пять стадий в его развитии: плотный бутон, рыхлый бутон, тычиночная, адихогамная, рыльцевая.

В стадии плотного бутона венчик едва виден из-за прикрывающих его долей чашечки, которая уже имеет фиолетовую окраску. Чашечка и венчик покрыты хорошо развитыми волосками, которые почти скрывают синюю окраску венчика, в результате он снаружи кажется бело-серебристым. Внутри цветка тычиночные нити короткие, пыльники обоеполых и пестичных цветков уже содержат сформированную пыльцу. Столбик также короткий, лопасти рыльца плотно прижаты друг к другу.

В рыхлом бутоне обоеполых цветков уже хорошо различим венчик, который далеко выдается за пределы долей чашечки. Венчик покрыт обильными волосками, через которые уже хорошо выделяется его фиолетовое окрашивание. В венчике четко выделяются трубка и отгиб, который состоит из плотно свернутых долей нижней губы. Снаружи генеративные органы не видны, поскольку прикрыты свернутой нижней губой. Внутри цветка тычинки и столбик удлиняются, лопасти рыльца также остаются попарно сомкнутыми.

При раскрытии цветка первыми разворачиваются боковые лопасти нижней губы венчика, но пока не развернется средняя лопасть, вся нижняя губа остается слегка свернутой внутрь цветка. В это время происходит интенсивный рост тычинок и столбиков, в результате которого рыльце располагается выше, чем пыльники. До полного развертывания нижней губы столбик и тычинки в обоеполых цветках уже свободны, но довольно плотно примыкают к главной оси тирса. При полном развертывании нижней губы венчика генеративные органы цветка слегка отклоняются вниз, отдаляясь от главной оси тирса. Столбик всегда расположен над тычинками и обычно длиннее их. Необходимо отметить, что длина столбика в цветках зависит от их положения в цимоеде: у цветков нижней части тирса, развивающихся на боковых осях III порядка рыльца не выдаются из цветка, они чуть короче тычиночных нитей. То же самое наблюдается и у цветков на боковых осях, начиная с шестой мутовки цимоедов и выше до верхушки тирса. При этом у цветков, развивающихся на главной оси дихазиев, столбики всегда длиннее тычиночных нитей. С момента полного раскрытия цветка и экспонирования тычинок в обоеполых цветках начинается тычиночная или мужская фаза развития.

Обильная пыльца желтого цвета начинает высыпаться из пыльников на нижнюю губу венчика и остается там, она хорошо заметна даже невооруженным глазом из-за контрастной окраски венчика. В начале тычиночной фазы доли рыльца вильчато расходятся, однако как показали наши исследования, рыльце еще не созрело и не готово к восприятию пыльцы. В это время нектарный диск внутри цветка обильно выделяет нектар, который, как и пыльца, привлекает различных насекомых. Продолжительность тычиночной фазы обоеполых цветков обычно составляет 1–3 дня и зависит от погодных условий. При солнечной, теплой и сухой погоде тычиночная фаза может составлять одни сутки из-за активного посещения насекомыми и в результате этого быстрого опорожнения пыльников. В случае прохладной, пасмурной или дождливой погоды тычиночная фаза может удлиняться до 3 сут. К концу тычиночной стадии пыльники подсыхают и чернеют, однако оставшаяся обильная пыльца придает им часто желто-черную окраску, что позволяет легко отличить обоеполые цветки от пестичных. Аналогичный характер изменений происходит и в пестичных цветках в тычиночную фазу их развития, с той лишь разницей, что пыльники в пестичных цветках никогда не вскрываются, сохраняют светло-зеленую окраску и хорошо заметны. Из-за отсутствия вскрывания пыльников в пестичных цветках они сохраняются значительно дольше, чем в обоеполых – обычно 4–5 дней. После этого они просто подсыхают и чернеют. Исследования показали, что в обоеполых цветках *A. reptans* в конце тычиночной фазы развития рыльца созревают и становятся восприимчивыми к пыльце. Следовательно, в течение довольно небольшого промежутка времени (как правило меньше суток) в обоеполых цветках этого вида наблюдается совмещение тычиночной и рыльцевой фаз цветения. В пестичных цветках такое временное перекрытие происходит значительно дольше (3–4 дня), но из-за невскрывания пыльников перенос пыльцы на собственное рыльце невозможен.

Подсыхание пыльников – один из визуальных признаков наступления рыльцевой фазы цветения. К этому времени лопасти рыльца расходятся друг от друга под острым углом и их поверхность покрывается многочисленными сосочками. Такие рыльца начинают окрашиваться раствором перманганата калия, что указывает на способность рылец воспринимать пыльцу. Каких-либо других заметных изменений в течение рыльцевой стадии не наблюдается. Данная стадия самая продолжительная, она может длиться от 9 до 12 дней у обоеполых цветков и от 7 до 10 дней – у пестичных цветков. Длительность рыльцевой стадии определяется успешностью опыления и погодными условиями. В случае активного посещения цветков насекомыми, чему благоприятствует сухая и солнечная погода, и, соответственно, попадания пыльцы на рыльце длительность рыльцевой фазы может сильно уменьшаться и составлять 5–7 дней. При неблагоприятных погодных условиях (пасмурная или дождливая погода) и слабой активности насекомых-опылителей рыльцевая фаза удлиняется и охватывает максимально возможный период. К концу рыльцевой стадии развития рыльце и венчик подсыхают, но остаются при созревающих плодах.

Анализ особенностей цветения обоеполых и пестичных цветков *A. reptans* показал, что обоеполые цветки в условиях Московской области слабо протандричны – первыми в них созревают и вскрываются пыльники, затем

в течение короткого времени наблюдается одновременное функционирование мужских и женских генеративных структур, позднее наступает рыльцевая фаза. Следовательно, в обоеполых цветках *A. reptans* в течение короткого времени возможна автогамия путем переноса собственной пыльцы на рыльце и, соответственно, оплодотворение. Согласно данным литературы [19], *A. reptans*, как и другие представители данного рода, характеризуются наличием системы самосовместимости. Обоеполые и пестичные цветки могут функционировать довольно длительное время – до 12–13 дней в случае крайне незначительного количества пыльцы, подающей на рыльце и, соответственно, отсутствию оплодотворения. Аналогичные данные о большой продолжительности жизни цветков ранневесенних растений приводит Л. А. Антонова [20]: период цветения отдельного цветка колеблется от 5–7 дней у *Scilla siberica* Haw., до 8–10 дней у *Anemone altaica* Fisch. ex C. A. Mey. и *A. ranunculoides* L.

Суточная ритмика цветения обоеполых и пестичных цветков *A. reptans*. Анализ суточной ритмики зацветания обоеполых и пестичных цветков у данного вида показало следующее (рис. 2). Оба половых типа цветков начинают раскрываться рано утром с восхода солнца при довольно низкой температуре воздуха (8–10 °С). Постепенно число вновь зацветших цветков увеличивается и достигает первого максимума в 9 ч утра. После чего наблюдается небольшое замедление этого процесса, но к 12 ч дня цветки *A. reptans* продолжают активно раскрываться. К вечеру число вновь функционирующих цветков постепенно снижается, и раскрытие цветков практически заканчивается к 18 ч вечера. Следовательно, у *A. reptans* наблюдается в целом дневной характер ритмики цветения, при этом как обоеполые, так и пестичные цветки продолжают раскрываться почти все светлое время суток. Отмечается параллельный характер изменения кривых суточной ритмики цветения цветков и освещенности. Скорее всего, у *A. reptans* суточная динамика цветения в большей степени определяется именно степенью освещения, чем другими экологическими факторами окружающей среды. Условия местообитания, а также погодные условия, в частности дождь, вносят известные коррективы в суточную ритмику цветения данного вида, но не изменяют ее коренным образом.

Особенности цветения синфлоресценции *A. reptans*. Анализ рис. 3 показывает, что в целом для открытого брактеозного тирса *A. reptans* не характерна акропетальная последовательность раскрытия цветков, расположенных на главных осях боковых цимоидов. Даже при наличии 10 и более цимоидов в тирсе временная разница между моментом начала цветения цветков в самых нижних и самых верхних частях тирса составляет не более одних суток. Следовательно, цветки, входящие в состав 7- или 8-й мутовок и выше, зацветают лишь на один день позже, чем цветки ниже расположенных мутовок. Тем не менее акропетальность имеет место в суточной динамике раскрытия цветков: в течение суток цветки на главных осях боковых дихазиев последовательно зацветают снизу вверх в тирсе. Следовательно, практически в первый день цветения у *A. reptans* раскрывается довольно много цветков в тирсе, что делает его заметным и привлекательным для насекомых, посещающих цветки. Такие же особенности быстрого раскрытия цветков в соцветиях других растений, цветущих весной, отмечены и другими авторами [21–23]. Как и у многих цветущих ранней весной растений такое дружное

раскрывание цветков обусловлено тем, что генеративные структуры у них обычно сформированы еще с осени. Например, как показала Т. А. Комарова [24], к осени у *A. reptans* побег будущего года сформирован полностью, включая соцветие.

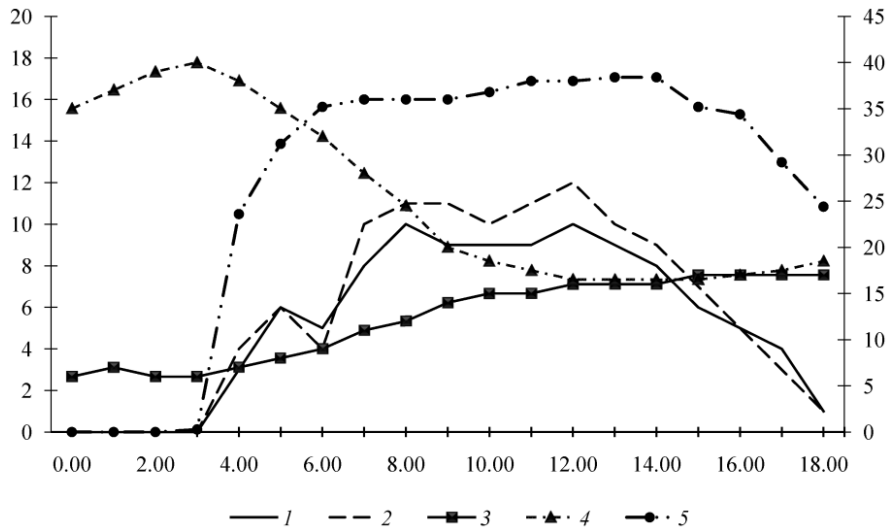


Рис. 2. Суточная динамика раскрытия обоеполюх и пестичных цветков *Ajuga reptans*.

Условные обозначения: 1 – число раскрывшихся обоеполюх цветков; 2 – число раскрывшихся пестичных цветков; 3 – температура воздуха; 4 – относительная влажность воздуха; 5 – освещенность. По оси абсцисс – время наблюдений, ч; по осям ординат: слева – число раскрывшихся цветков, шт., справа – температура воздуха, °С (5 °С соответствует 10 % влажности и 2500 люкс)

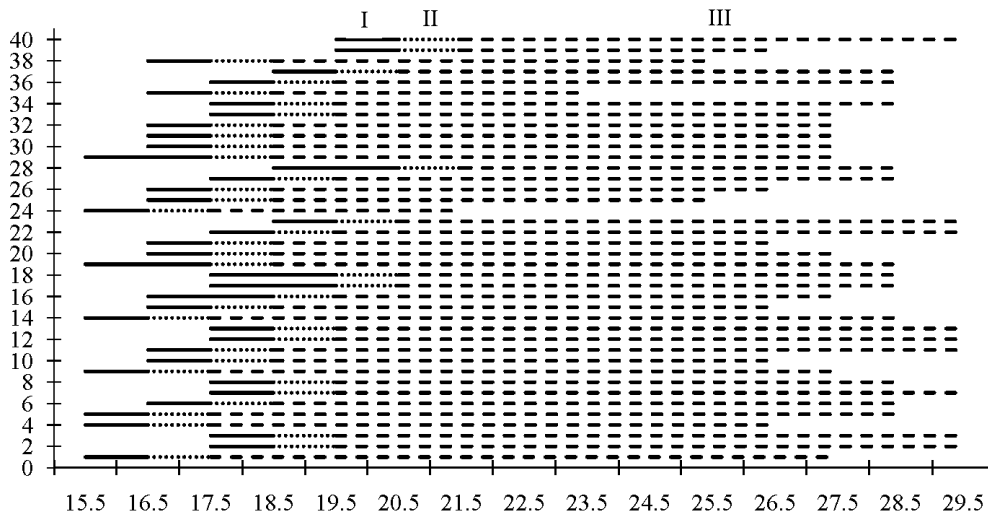


Рис. 3. Последовательность и продолжительность цветения обоеполюх цветков в дихазиях флоральных единиц *Ajuga reptans*.

Условные обозначения: I – тычиночная; II – адихогамная; III – рыльцевая стадии развития цветков. По оси абсцисс – даты наблюдений, по оси ординат – номера цветков в дихазиях, как на рис. 1

Последовательность цветения цветков в цимоиде носит всегда строго закономерный характер. Первым зацветает цветок, расположенный на главной оси цимоида. Как правило, на следующий день раскрываются цветки, сформированные на боковых осях II порядка данного цимоида. Чаще всего эти два цветка начинают функционировать синхронно в один и тот же день, но иногда один из цветков зацветает на один день позже. Зависит это от пространственного расположения цветков по отношению к свету. Цветки, расположенные на освещаемой стороне тирса, зацветают раньше, чем цветки на менее освещенной стороне главной оси. В случае 5-цветкового цимоида, два цветка, заканчивающие боковые оси III порядка, зацветают через сутки после начала раскрывания цветков на боковых осях предыдущего порядка. Следовательно, наиболее распространенный вариант цветения цимоидов следующий: 3-цветковые дихазии зацветают в течение 2 (редко 3) дней, а 5-цветковые – в течение 3 (редко 4) дней. Подобная закономерность характерна для любых цимоидов вне зависимости от их расположения в тирсе и половой формы особей. В связи с неравномерностью зацветания цветков в пределах отдельного цимоида цветки в нем находятся в разных фазах своего цветения: в начале цветения дихазия цветков на главной оси проходит фазу адихогамии, тогда как цветки на боковых осях находятся в тычиночной фазе. Однако позднее, начиная с четвертого дня как развернутся первые цветки в цимоиде, все его цветки проходят рыльцевую стадию развития. Таким образом, насекомые, которые посещают цветки этого вида, могут осуществлять гейтоногамное опыление не только в пределах отдельного цимоида, но и в пределах всего брактеозного тирса.

Продолжительность цветения всего тирса *A. reptans* составляет около 15 дней и зависит как от погодных условий, так и от числа боковых дихазиев. При благоприятной для лета насекомых погоде срок цветения как отдельных цветков, так и всего соцветия может сокращаться до 10–12 дней. В случае неуспешного опыления при прохладной, пасмурной или дождливой погоде период цветения увеличивается. Увеличение числа боковых цимоидов обуславливает и более длительное цветение всего тирса у *A. reptans*. Тем не менее для *A. reptans* характерен довольно короткий период цветения, как и у других весенних растений. Еще И. Г. Серебряков [25] отмечал, что при переходе от весны к лету происходит увеличение как абсолютного, так и относительного числа длительно цветущих видов. Последующие исследования подтвердили данное наблюдение. Например, цветение таких весенних растений, как *Anemone altaica*, *A. ranunculoides* и *Gagea lutea* (L.) Ker.-Gawl., продолжается от 13 до 17 дней, а летнецветущие виды характеризуются значительно большим периодом цветения: 47 дней у *Stachys sylvatica* L. и 63 дня у *Srcophularia nodosa* L. [21, 22].

Заключение

Ряд изученных антэкологических особенностей *A. reptans* явно несет на себе отпечаток достаточно раннего цветения весной. К ним можно отнести следующие:

1. Отсутствие четкой акропетальной последовательности в порядке зацветания цветков в тирсе, в результате чего многоцветковые соцветия *A. rep-*

tans с одновременно раскрытыми цветками хорошо выделяются в травяном покрове леса и привлекают различных насекомых.

2. Большая продолжительность жизни как обоеполюх, так и пестичных цветков (до 12–13 дней) и особенно их рыльцевой стадии, что связано с необходимостью перекрестного энтомофильного опыления, которое зачастую затруднено весной из-за малой численности насекомых и изменчивых погодных условий.

3. Суточная ритмика цветения, при которой цветки раскрываются в течение почти всего светового дня с двумя максимумами, приходящимися на 9 и 12 ч дня. Наличие широкого выбора цветков, находящихся в разных фазах своего развития, необходимо для привлечения немногочисленных насекомых, посещающих цветки данного вида ради нектара и (или) пыльцы.

4. Большая продолжительность жизни цветков и отсутствие акропетальности приводят в итоге к довольно короткому цветению особей *A. reptans* в целом, что обусловлено необходимостью развития в строго определенный период вегетации весной.

Библиографический список

1. Демьянова, Е. И. Распространение гинодиэзии у цветковых растений / Е. И. Демьянова // Ботанический журнал. – 1985. – Т. 70, № 10. – С. 1289–1301.
2. Годин, В. Н. Распространение гинодиэзии в системе APG IV / В. Н. Годин // Ботанический журнал. – 2019. – Т. 104, № 5. – С. 669–683.
3. Годин, В. Н. Распространение гинодиэзии у цветковых растений / В. Н. Годин // Ботанический журнал. – 2020. – Т. 105, № 3. – С. 236–252.
4. Delph, L. F. Pollinator visitation, floral display, and nectar production of the sexual morphs of a gynodioecious shrub / L. F. Delph, C. M. Lively // Oikos. – 1992. – Vol. 63, № 2. – P. 161–170.
5. Eckhart, V. M. The consequences of floral display for pollinator visitation vary among populations of *Phacelia linearis* (Hydrophyllaceae) / V. M. Eckhart // Evolutionary Ecology. – 1991. – Vol. 5. – P. 370–384.
6. Годин, В. Н. Особенности цветения *Origanum vulgare* L. (Lamiaceae) в Московской области / В. Н. Годин, Н. Г. Куранова // Вестник Пермского университета. Сер.: Биология. – 2018. – Вып. 4. – С. 343–350.
7. Годин, В. Н. Особенности цветения *Prunella vulgaris* (Lamiaceae) в связи с гинодиэзией / В. Н. Годин, Н. Г. Куранова, Е. О. Сергеева // Растительный мир Азиатской России. – 2020. – № 1 (37). – С. 32–39.
8. Гогина, Е. Е. О некоторых особенностях цветения тимьянов / Е. Е. Гогина // Бюллетень Главного ботанического сада. – 1970. – Вып. 77. – С. 64–71.
9. Демьянова, Е. И. К изучению гинодиэзии у тимьянов (*Thymus* L., Lamiaceae) / Е. И. Демьянова // Вестник Пермского университета. Сер.: Биология. – 2016. – № 3. – С. 193–204.
10. Демьянова, Е. И. Антэкология и семенная продуктивность шалфея дубравного (*Salvia nemorosa* L.) при интродукции на Урале / Е. И. Демьянова // Вестник Пермского университета. Сер.: Биология. – 2017. – № 2. – С. 135–144.
11. Elzinga, J. A. Prolonged stigma and flower lifespan in females of the gynodioecious plant *Geranium sylvaticum* / J. A. Elzinga, S. Varga // Flora. – 2017. – Vol. 226. – P. 72–81.
12. Гордеева, Н. И. Гинодиэзия *Geranium bifolium* (Geraniaceae) / Н. И. Гордеева // Ботанический журнал. – 2020. – Т. 105, № 3. – С. 293–299.
13. Тетерюк, Л. В. Морфофизиологические и популяционные адаптации *Ajuga reptans* L. на северной границе ареала / Л. В. Тетерюк, О. В. Дымова, Т. К. Головки // Экология. – 2001. – № 3. – С. 209–215.

14. **Годин, В. Н.** Гинодиэзия *Ajuga reptans* (Lamiaceae) в Московской области / В. Н. Годин, Л. Р. Ахметгариева // Ботанический журнал. – 2019. – Т. 104, № 8. – С. 1211–1227.
15. **Knuth, P.** Handbuch der Blütenbiologie / P. Knuth. – Leipzig, 1898. – Bd. II, t. I. – 697 s.
16. **Пономарев, А. Н.** Изучение цветения и опыления растений / А. Н. Пономарев // Полевая геоботаника. – Москва ; Ленинград, 1960. – Т. 2. – С. 9–19.
17. **Robinson, I.** Die Färbungsreaktion der Narbe, Stigmatochromie, als morpho-biologische Blütenuntersuchungsmethode / I. Robinson // Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse. – 1924. – Bd. 133. – S. 181–211.
18. **Troll, W.** Die Infloreszenzen / W. Troll. – Jena, 1964. – Bd. 1. – 614 s.
19. **Owens, S. J.** Breeding systems in Labiatae / S. J. Owens, J. L. Ubert-Jimenez // Advances in Labiatae Science. – London : Kew, 1992. – P. 257–280.
20. **Антонова, Л. А.** Антэкология растений широколиственного леса / Л. А. Антонова // Экология опыления. – Пермь : Изд-во Пермского ун-та, 1976. – Вып. 2. – С. 30–63.
21. **Антонова, Л. А.** Суточная и сезонная ритмика цветения растений широколиственного леса / Л. А. Антонова // Экология. – 1972. – № 4. – С. 74–79.
22. **Антонова, Л. А.** Антэкология ранневесенних эфемероидов широколиственного леса / Л. А. Антонова // Вестник Ленинградского государственного университета. – 1973. – № 3. – С. 28–35.
23. **Горышина, Т. К.** Сравнительно-географический очерк сезонных ритмов развития и фотосинтеза у травянистых растений листопадных лесов / Т. К. Горышина // Ботанический журнал. – 1972. – Т. 57, № 5. – С. 446–456.
24. **Комарова, Т. А.** Соотношение внутривидовых и видовых фаз в развитии побега *Ajuga reptans* L. (Lamiaceae) / Т. А. Комарова // Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. – 1986. – Т. 91, вып. 4. – С. 46–53.
25. **Серебряков, И. Г.** О ритме сезонного развития растений подмосковных лесов / И. Г. Серебряков // Вестник Московского университета. – 1946. – Вып. 6. – С. 75–108.

References

1. Dem'yanova E. I. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 1985, vol. 70, no. 10, pp. 1289–1301. [In Russian]
2. Godin V. N. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 2019, vol. 104, no. 5, pp. 669–683. [In Russian]
3. Godin V. N. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 2020, vol. 105, no. 3, pp. 236–252. [In Russian]
4. Delph L. F., Lively C. M. *Oikos*. 1992, vol. 63, no. 2, pp. 161–170.
5. Eckhart V. M. *Evolutionary Ecology*. 1991, vol. 5, pp. 370–384.
6. Godin V. N., Kuranova N. G. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser.: Biologiya* [Bulletin of Perm University. Series: Biology]. 2018, iss. 4, pp. 343–350. [In Russian]
7. Godin V. N., Kuranova N. G., Sergeeva E. O. *Rastitel'nyy mir Aziatskoy Rossii* [The flora of Asian Russia]. 2020, no. 1 (37), pp. 32–39. [In Russian]
8. Gogina E. E. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden]. 1970, iss. 77, pp. 64–71. [In Russian]
9. Dem'yanova E. I. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser.: Biologiya* [Bulletin of Perm University. Series: Biology]. 2016, no. 3, pp. 193–204. [In Russian]
10. Dem'yanova E. I. *Vestnik Permskogo universiteta. Ser.: Biologiya* [Bulletin of Perm University. Series: Biology]. 2017, no. 2, pp. 135–144. [In Russian]
11. Elzinga J. A., Varga S. *Flora*. 2017, vol. 226, pp. 72–81.

12. Gordeeva N. I. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 2020, vol. 105, no. 3, pp. 293–299. [In Russian]
13. Teteryuk L. V., Dymova O. V., Golovko T. K. *Ekologiya* [Ecology]. 2001, no. 3, pp. 209–215. [In Russian]
14. Godin V. N., Akhmetgarieva L. R. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 2019, vol. 104, no. 8, pp. 1211–1227. [In Russian]
15. Knuth P. *Handbuch der Blütenbiologie* [Handbook of flower biology]. Leipzig, 1898, vol. II, t. I, 697 p.
16. Ponomarev A. N. *Polevaya geobotanika* [Field geobotany]. Moscow; Leningrad, 1960, vol. 2, pp. 9–19. [In Russian]
17. Robinsohn I. *Sitzungsberichte der Akademie der Wissenschaften mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse* [Session reports of the Academy of Sciences, mathematical and scientific class]. 1924, vol. 133, pp. 181–211.
18. Troll W. *Die Infloreszenzen* [The inflorescences]. Jena, 1964, vol. 1, 614 p.
19. Owens S. J., Uebera-Jimenez J. L. *Advances in Labiatae Science*. London: Kew, 1992, pp. 257–280.
20. Antonova L. A. *Ekologiya opyleniya* [Pollination ecology]. Perm: Izd-vo Permskogo un-ta, 1976, iss. 2, pp. 30–63. [In Russian]
21. Antonova L. A. *Ekologiya* [Ecology]. 1972, no. 4, pp. 74–79. [In Russian]
22. Antonova L. A. *Vestnik Leningradskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Leningrad State University]. 1973, no. 3, pp. 28–35. [In Russian]
23. Goryshina T. K. *Botanicheskiy zhurnal* [Botanical journal]. 1972, vol. 57, no. 5, pp. 446–456. [In Russian]
24. Komarova T. A. *Byulleten' Moskovskogo obshchestva ispytateley prirody. Otdel biologicheskoy* [Bulletin of the Moscow Society of Naturalists. Biological department]. 1986, vol. 91, iss. 4, pp. 46–53. [In Russian]
25. Serebryakov I. G. *Vestnik Moskovskogo universiteta* [Bulletin of Moscow University]. 1946, iss. 6, pp. 75–108. [In Russian]

Годин Владимир Николаевич

доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры ботаники,
Московский педагогический
государственный университет (Россия,
г. Москва, ул. Малая Пироговская, 1,
корп. 1)

E-mail: godinvn@yandex.ru

Godin Vladimir Nikolaevich

Doctor of biological sciences, associate
professor, professor of the sub-department
of botany, Moscow Pedagogical State
University (1 building, 1 Malaya
Pirogovskaya street, Moscow, Russia)

Куранова Наталья Геннадиевна

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра ботаники, Московский
педагогический государственный
университет (Россия, г. Москва,
ул. Малая Пироговская, 1, корп. 1)

E-mail: nkuranova@inbox.ru

Kuranova Nataliya Gennadievna

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of botany,
Moscow Pedagogical State University
(1 building, 1 Malaya Pirogovskaya street,
Moscow, Russia)

Ахметгариева Лилия Радиковна

студентка, Московский педагогический
государственный университет (Россия,
г. Москва, ул. Малая Пироговская, 1,
корп. 1)

E-mail: akhmetgarievaliliya@mail.ru

Akhmetgarieva Liliya Radikovna

Student, Moscow Pedagogical State
University (1 building, 1 Malaya
Pirogovskaya street, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Годин, В. Н. Особенности цветения гинодиэцичного вида *Ajuga reptans* (Lamiaceae) в Московской области / В. Н. Годин, Н. Г. Куранова, Л. Р. Ахметгариева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 14–26. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-2.

УДК 581. 526. 426

DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-3

Л. А. Новикова, К. В. Коряжкина, О. А. Полумордвинов

**БИОЛОГИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ
«КАРНОВАРСКОГО СОЛОНЦА»
(НЕВЕРКИНСКИЙ РАЙОН, ПЕНЗЕНСКАЯ ОБЛАСТЬ)**

Аннотация.

Актуальность и цели. Рассматривается биологическое разнообразие «Карноварского солонца», находящегося на юго-западе Пензенской области (Неверкинский район). Галофитная растительность лесостепной зоны Восточной Европы изучена недостаточно и эти исследования практически не затрагивают территорию Пензенской области [1, 2].

Материалы и методы. Изучение растительности проводили в течение 2018–2019 гг. методом геоботанического профилирования, в результате которого были заложены 122 пробных площади. Разработана классификация растительности на доминантной основе. Животный мир на данной территории изучали с 2014 по 2019 г.

Результаты. В результате было установлено, что на «Карноварском солонце» преобладает галофитная растительность (73,7 %), причем преимущественно развиваются галофитные степи (54,0 %), в меньшей степени – галофитные луга (18,1 %) и галофитные болота (1,6 %). Негалофитная растительность на солонце имеет меньшее распространение (26,3 % площади) и включает степную (19,0 %), луговую (5,6 %) и кустарниковую растительность (1,6 %). Выявлены основные этапы демутиации галофитной степной, луговой и болотной растительности, которые протекают так же, как и на других юго-восточных солонцах Пензенской области (Неверкинский район). Флора включает 124 вида сосудистых растений, из которых один вид внесен в Красную книгу Российской Федерации (2008) [3] и 16 – в Красную книгу Пензенской области (2013) [4]. Изучение фауны животных носит предварительный характер: обнаружено 70 видов животных: позвоночные – 14 видов и беспозвоночные – 56 видов, из которых 5 видов включены в Красную книгу Пензенской области [5].

Выводы. Учитывая специфическое биологическое разнообразие изученного участка, рекомендуем создание нового памятника природы в 2 км от с. Мансуровка под названием «Карноварский солонец» (Неверкинский район).

Ключевые слова: лесостепная зона, галофитная растительность, демутиации растительного покрова, «Карноварский солонец», Пензенская область.

L. A. Novikova, K. V. Koryazhkina, O. A. Polumordvinov

**BIOLOGICAL DIVERSITY
OF THE “KARNOVARSKY SOLONETZ”
(NEVERKINO DISTRICT, PENZA REGION)**

Abstract.

Background. The biological diversity of the “Karnovarsky solonetz”, located in the south-west of the Penza region (Neverkino district), is analyzed. The halophytic

© Новикова Л. А., Коряжкина К. В., Полумордвинов О. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

vegetation of the forest-steppe zone of Eastern Europe has been little studied and these studies practically did not concern the Penza region [1, 2].

Materials and methods. The study of vegetation was conducted 2018–2019 using the method of geobotanical profiling, collected 122 trial sites. An ecological-phytocenotic classification of vegetation on a dominant basis has been developed. Animals in the area were studied from 2014 to 2019.

Results. “Karnovarsky solonetz” contains halophytic vegetation (73,7 %), halophytic meadows (18,1 %) and halophytic bogs (1,6 %). Non-halophytic vegetation on the solonetz (26,3 % of the area) includes steppe (19,0 %), meadow (5,6 %) and shrub vegetation (1,6 %). The main stages of the demo-halophytic steppe, meadow, and bog vegetation, which proceed as well as in other southeastern solonetz (Neverkino district), are distinguished. Flora includes 124 species of vascular plants, of which 1 species is listed in the Red book of the Russian Federation (2008) [3] and 16 in the Red book of the Penza region (2013) [4]. The study of animal fauna is at the initial stage of study: 70 species of animals have been discovered: vertebrates – 14 species and invertebrates – 56 species, of which 5 species are listed in the Red book of the Penza region [5].

Conclusions. We recommend the creation of a new natural monument in the Neverkino district, 2 km from the village of Mansurovka under the name “Karnovarsky solonetz”.

Keywords: forest-steppe zone, halophytic vegetation, demutation of vegetation cover, “Karnovarsky solonetz”, Penza region.

Введение

Галофитная растительность лесостепной зоны находится на северной границе своего распространения и нуждается в изучении [1, 2, 6]. В последнее десятилетие эти исследования стали проводиться и в Пензенской области [7–12], но они недостаточны для южных районов области.

В настоящее время в Пензенской области известно 15 засоленных участков, из которых только два охраняются в качестве памятников природы: «Солонцовая степь» в Лунинском районе (Постановление Законодательного собрания Пензенской области № 676-30/23С от 26.12.2000) и «Даниловская солонцовая поляна» в Малосердобинском районе (Постановление Законодательного собрания Пензенской области № 587-25/23С от 14.07.2000).

В последние годы (2014–2018) в Неверкинском районе Пензенской области авторами статьи при участии местного краеведа М. Г. Щербакова были найдены три засоленных участка: «Келлеровский» [13], «Мансуровский» [14], «Карноварский» солонцы. Последний пока не был изучен.

Эти засоленные участки имеют разное положение в рельефе: «Мансуровский» занимает водораздельную поверхность и склоны преимущественно западной экспозиции, «Келлеровский» – только склоны балки юго-западной экспозиции, «Карноварский» располагается исключительно на водораздельной поверхности. Поэтому изучение последнего имеет большое значение для понимания общих закономерностей формирования солонцов на юго-востоке Пензенской области (Неверкинский район).

Объект и методы исследования

«Карноварский солонец» располагается в 2 км к югу от с. Мансуровка в междуречье двух рек Сормино и Карноварский овраг – левых притоков р. Елань-Кадада (Волжский бассейн) на высоте около 250–260 м над уровнем

моря (площадь около 50 га). Занимает исключительно водораздельную поверхность с выраженной мозаичностью почвенного покрова, связанной с различной степенью его засоления и увлажнения. Изредка встречаются более или менее глубокие ложбины и западины. Участок находится под интенсивным антропогенным влиянием (в виде выпаса скота, сенокошения и даже периодической распашки), поэтому его растительность сильно трансформирована. Это позволяет проследить основные этапы демутации галофитной растительности «Карноварского солонца».

С целью изучения растительности были заложены два взаимно-перпендикулярных профиля разной протяженности (один длинный (1 км) располагался с запада на восток, а другой короткий (0,5 км) – с севера на юг, на которых проводили описания пробных площадей размером 4 м² (2 × 2 м) в типичных условиях. Всего было выполнено 122 геоботанических описания по традиционной методике [15], на основе которых разработана классификация растительности на доминантной основе. При выделении синтаксонов разного ранга учитывалось соотношение фитоценологических, экологических и хозяйственно-биологических групп видов (по проективному покрытию) [16–18].

Латинские названия видов растений приводятся в основном по сводке С. К. Черепанова (1995) [19] с дополнениями по “*Plants of the World online*” (<http://plantsoftheworldonline.org>) [20].

Изучение животных проводилось традиционным маршрутным методом. Русские и латинские названия видов беспозвоночных животных приводятся по определителям: пауков [21], «Насекомых европейской части СССР» [22] с учетом современных изменений систематики групп; позвоночных – справочнику «Земноводные и пресмыкающиеся» [23], методичке «Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты» [24], «Конспекту орнитологической фауны России и сопредельных территорий» [25] и справочнику «Млекопитающие России» [26].

Результаты и обсуждение

Исследования флоры и растительности. Флора участка весьма своеобразна и представлена 124 видами растений, относящимися к 79 родам и 24 семействам отдела *Magloliophyta*, из которых один вид (*Stipa pennata* L.) занесен в Красную книгу Российской Федерации (2008) [3] и 16 – в Красную книгу Пензенской области (2013) [4].

На солонце преобладает галофитная растительность (73,7 %), которая состоит преимущественно из галофитных степей и в меньшей степени – галофитных лугов и болот (табл. 1). Остальную площадь (26,3) занимает негалофитная растительность, которая включает степную (19,0 %), луговую (5,6 %) и кустарниковую (1,6 %). В данной статье она не описывается. **Галофитные степи** занимают наибольшую площадь (54,0 %) и наиболее разнообразны, включают 22 ассоциации. Они характеризуются преобладанием степных видов растений (21,0–81,0 %), а среди них – галоксерофитов (20,0–80,5 %). Общее проективное покрытие (ОПП) сильно колеблется от 21,5 до 85,5 %, а число видов – от 3 до 17.

Полукустарничковые галофитные степи преобладают по площади (45 %) участка и включают 14 ассоциаций с доминированием *Bassia prostrata*

(6 ассоциаций) и *Artemisia nitrosa* (8 ассоциаций). Развиваются в условиях наиболее засоленных и сухих почв на возвышенных элементах рельефа. ОПП меняется от 35,0 до 85,5 %, а число видов колеблется от 3 до 17. В составе сообществ ассоциаций участие степных видов составляет от 30,0 до 81,0 % за счет, главным образом, галоксерофитов от 25,0 до 80,5 %; преобладают полукустарнички (25,0–80,5 %), участие злаков не превышает 17,9 %, а разнотравья – 11,2 %; бобовые отсутствуют полностью. Полукустарничковые галофитные степи отражают конечные этапы восстановления степной галофитной растительности.

Многолетне-разнотавные галофитные степи имеют значительно меньшее распространение (6,5 % площади) и включают 7 ассоциаций с доминированием *Limonium gmelinii* (3 ассоциации) и *Galatella linostris* (4 ассоциации). Занимают засоленные, но более выровненные элементы рельефа (менее сухие). Характеризуются более высокими значениями ОПП от 58,0 до 83,0 %. Преобладают степные виды (37,5–83,0 %) и в основном галоксерофиты (45,0–83,0 %). Среди хозяйственно-биологических групп превалирует разнотравье (33,–83,0 %). Число видов колеблется от 3 до 11. Многолетне-разнотавные галофитные степи отражают промежуточные этапы демутиации галофитных степей.

Однолетне-разнотравные галофитные степи занимают незначительную площадь на солонце (2,5 %) и представлены всего одной **очитковиднобассиевой** [*Sedobassia sedoides*] ассоциацией. Травостой сильно разрежен (ОПП – 21,7 %), характерно преобладание степных видов (21,0 %) и преимущественно – галоксерофитов (20,0 %), а также разнотравья (19,7 %). Число видов – 6. Однолетне-разнотравные галофитные степи отражают самые начальные этапы формирования галофитных степей и лугов.

Галофитные луга занимают на солонце меньшую площадь (18,1 %) и приурочены к засоленным и влажным местообитаниям, часто к депрессиям естественного происхождения (ложбины и др.). Травяной покров плотного сложения: ОПП составляет от 66,0 до 100,0 %. Преобладают луговые виды (35,0–100,0 %) и в основном галомезофиты (от 40,0 до 80,0 %). Число видов – от 4 до 15.

Дерновинно-злаковые галофитные луга занимают незначительную площадь (2,5 %) и представлены всего одной **селитряннопопынно-расставленно-бескильницевой** [*Puccinellia distans-Artemisia nitrosa*] ассоциацией. Формируется часто под влиянием интенсивного антропогенного фактора (перевыпаса).

Многолетне-разнотравные галофитные луга имеют большее распространение на солонце (15,6 %). Включают 10 ассоциаций с доминированием *Silaum silaus* (6 ассоциаций) и *Galatella biflora* (4 ассоциации).

Галофитные болота имеют весьма ограниченное распространение (1,6 % площади) и занимают небольшие по площади, но более глубокие депрессии рельефа, которые отличаются избыточной влажностью почв. Включают всего две ассоциации с доминированием *Juncus gerardii* и содоминированием *Phragmites australis* (0,8 % площади). ОПП растительного покрова может меняться от 75,0 до 95,0 %, а число видов – от 3 до 7. Характеризуются преобладанием болотных видов (60,0–70,0 %) за счет галогигрофитов, которые представлены исключительно ситниками.

Таблица 1

Соотношение фитоценологических, экологических и хозяйственно-биологических групп в галофитной растительности «Карноварского солонца» (2018–2019)

Название ассоциации	Пл., число/ %	ОПП, %	ФГ			ЭГ								ХБГ				Число видов на ППП	
			С	Л	Бл	К	ГалК	МК	М	КМ	ГалМ	ГМ	Г	ГалГ	К	З, О, С	Б		Р
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1. Тилчаково-простертопрутняковая	1/0,8	81,0	81,0	0,0	0,0	31,0	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	50,0	30,0	0,0	1,0	3
2. Расставленобескильницево-простертопрутняковая	3/2,5	38,3	30,0	8,3	0,0	0,0	30,0	0,0	0,0	0,7	7,7	0,0	0,0	0,0	29,3	8,3	0,0	0,7	4
3. Курчавомятликowo-простертопрутняковая	5/4,1	55,0	54,8	0,2	0,0	7,8	47,0	0,0	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0	47,0	6,8	0,0	2,2	6
4. Узколистномятликowo-простертопрутняковая	1/0,8	35,0	25,0	10,0	0,0	0,0	25,0	0,0	0,0	10,0	0,0	0,0	0,0	0,0	25,0	10,0	0,0	0,0	3
5. Селитрянополюнно-простертопрутняковая	4/3,3	62,3	53,3	9,0	0,0	3,0	50,3	0,0	1,5	3,3	4,3	0,0	0,0	0,0	47,5	10,0	0,0	4,8	11
6. Очитковиднобассиевая-простертопрутняковая	2/1,7	32,5	32,5	0,0	0,0	0,0	32,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,0	0,0	0,0	6,5	3
7. Тилчаково-селитрянополюнная	12/9,8	70,6	66,6	4,0	0,0	16,4	50,2	0,0	0,4	2,1	1,5	0,0	0,0	0,0	41,0	17,9	0,0	11,2	17
8. Дубянскоготонконогo-селитрянополюнная	1/0,8	76,0	68,0	8,0	0,0	8,0	60,0	0,0	1,0	7,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	10,0	0,0	6,0	5
9. Расставленобескильницево-селитрянополюнная	10/8,1	63,4	46,8	16,6	0	5,7	41,1	0,0	0,4	1,8	14,5	0,0	0,0	0,0	40,5	21,0	0,0	2,0	14
10. Курчавомятликowo-селитрянополюнная	11/9,0	69,0	67,4	1,5	0,0	15,0	52,4	0,0	0,9	0,6	0,0	0,0	0,0	0,0	51,8	14,2	0,0	3,0	9

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
11. Курчавамятгликово-мохнатосолонечниково-селитрянополынная	2/1,7	75,0	72,0	3,0	0,0	19,5	53,0	0,0	0,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	52,5	15,0	0,0	8,0	6
12. Курчавамятгликово-мохнатосолонечниково-просертпрутняково-селитрянополынная	1/0,8	60,0	60,0	0,0	0,0	15,0	45,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	45,0	5,0	0,0	10,0	4
13. Узколистномятгликово-морковниково-селитрянополынная	1/0,8	61,0	52,0	9,0	0,0	0,0	52,0	0,0	0,0	1,0	8,0	0,0	0,0	0,0	52,0	1,0	0,0	8,0	4
14. Сплюснутомятгликово-селитрянополынная	1/0,8	85,5	80,5	5,0	0,0	0,0	80,5	0,0	0,0	5,0	0,0	0,0	0,0	0,0	80,5	5,0	0,0	0,0	3
15. Расставленобескильницево-гмлинокермековая	1/0,8	80,0	50,0	30,0	0,0	0,0	50,0	0,0	5,0	0,0	25,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	50,0	3
16. Узколистномятгликово-селитрянополынно-гмлинокермековая	1/0,8	70,0	62,0	8,0	0,0	2,0	60,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	10,0	0,0	40,0	4
17. Безостоквыльно-льновидносолонечниково-гмлинокермековая	1/0,8	60,0	38,	18,0	4,0	0,0	38,0	0,0	1,0	15,0	2,0	0,0	4,0	0,0	0,0	20,0	0,0	40,0	6
18. Типчаково-селитрянополынно-льновидносолонечниковая	2/1,7	58,0	53,0	5,5	0,0	17,5	35,5	0,25	2,0	3,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5,0	20,0	0,0	33,0	11
19. Дубяскотонкононого-льновидносолонечниковая	1/0,8	61,0	53,0	8,0	0,0	2,0	51,0	0,0	0,0	8,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,0	10,0	0,0	50,0	4

Продолжение табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
20. Раннеосоково- льновидносолопечниковая	1/0,8	71,0	37,5	33,5	0,4	0,0	37,0	0,5	0,0	5,5	28,0	0,0	0,0	0,0	0,0	30,5	0,0	40,5	5
21. Гмелиножермеково- льновидносолопечниковая	1/0,8	83,0	83,0	0,0	0,0	3,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	83,0	3
22. Очитковиднобассиевая	3/2,5	21,7	21,0	0,7	0,0	0,0	20,0	1,0	0,3	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	2,0	0,3	0,0	19,7	6
23. Селитрянопопынно- расставленобескильничевая	3/2,5	62,0	21,8	40,2	0,0	1,8	20,0	0,0	0,0	3,5	36,7	0,0	0,0	0,0	16,7	40,3	0,0	5,0	10
24. Тырсово-морковниковая	1/0,8	60,0	19,0	41,0	0,0	19,0	0,0	0,0	0,0	1,0	40,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	40,0	4
25. Безостокострецово- морковниковая	2/1,7	88,5	5,5	83,0	0,0	3,5	0,0	2,0	1,0	29,5	52,5	0,0	0,0	0,0	0,0	30,0	0,0	63,0	8
26. Раннеосоково- морковниковая	2/1,7	80,3	3,3	77,0	0,0	5,0	0,0	0,8	4,0	27,8	45,3	0,0	0,0	0,0	0,0	30,3	0,0	50,0	9
27. Ползучепьрейно- морковниковая	1/0,8	79,5	0,0	79,5	0,0	0,0	0,0	0,0	17,0	7,5	55,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,0	0,0	59,5	7
28. Типчаково- селитрянопопынно- морковниковая	1/0,8	66,0	31,0	35,0	0,0	20,0	10,0	1,0	0,0	5,0	30,0	0,0	0,0	0,0	10,0	25,0	0,0	31,0	5
29. Раннеосоково- двуцветковосолопечниково- морковниковая	1/0,8	100,0	0,0	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	16,0	80,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	5
30. Морковниково- двуцветковосолопечниковая	4/3,3	67,5	5,3	62,3	0,0	2,5	1,4	1,4	2,5	7,8	52,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15
31. Раннеосоково- льновидносолопечниково- двуцветковосолопечниковая	1/0,8	61,0	10,5	50,5	0,0	0,5	10,0	0,0	0,0	20,5	30,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
32. Раннеосоково-морковниково-двуцветковосолонечниковая	5/4,1	79,8	0,2	79,6	0,0	0,2	0,0	0,0	0,0	19,6	59,6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
33. Раннеосоково-двуцветковосолонечниковая	1/0,8	98,5	0,0	98,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,5	20,0	78,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	6
34. Съедобнободяково-тростниковидно-жерардоситниковая	1/0,8	75,0	0,0	15,0	60,0	0,0	0,0	0,0	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3
35. Расставленобескильницево-тростниково-жерардоситниковая	1/0,8	95,0	1,0	24,0	70,0	0,0	1,0	0,0	8,0	0,1	11,0	5,0	0,0	70,0	0,0	0,0	0,0	0,0	7

Примечание: ПП – пробная площадь; Пл. – число описаний/площадь; ОПП – общее проективное покрытие; фитоценологические группы (ФГ): С – степные, Л – луговые, Бл – болотные; экологические группы (ЭГ): К – ксерофиты, ГалК – галохсерофиты, МК – мезоксерофиты, КМ – ксеромезофиты, М – мезофиты, ГалМ – галомезофиты, ГМ – гигромезофиты, Г – гигрофиты, ГалГ – галогигрофиты; хозяйственно-биологические группы (ХБГ): К – кустарники, полукустарники, полукустарнички, 3, О, С – злаки, осоки, ситники, Б – бобовые, Р – разнотравье. Ассоциации: *галофитные степи*: 1–14 – полукустарничковые, 13–21 – многолетнеэлазовые, 22 – однолетнеэлазовые; *галофитные луга*: 23 – дерновинноэлазовые, 24–33 – многолетнеэлазовые; *галофитные болота*: 34–35 – ситниковые.

Итак, на наиболее засоленных и возвышенных элементах рельефа наблюдается формирование **галофитной степной растительности**.

1. Однолетне-разнотравные засоленные степи (*Sedobassia sedoides*).
2. Многолетне-разнотравные засоленные степи (*Galatella linosyris* и *Limonium gmelinii*).
3. Полукустарничковые засоленные степи (*Artemisia nitrosa* и *Bassia prostrata*).

На засоленных и более влажных элементах рельефа (ложбины, потяжины, западины) – **галофитная луговая и болотная растительность**:

1. Однолетне-разнотравные засоленные степи (*Sedobassia sedoides*).
2. Многолетне-разнотравные засоленные луга (*Silaum silaus* и *Galatella biflora*).
3. Дерновинно-злаковые засоленные луга (*Puccinellia distans*).
4. Ситниковые засоленные низинные болота (*Juncus gerardii*).

Восстановление растительности в местах с разной степенью увлажнения протекает по-разному.

Первым этапом демутиации как степей, так и лугов и болот являются однолетне-разнотравные засоленные степи с доминированием *Sedobassia sedoides*. Следует отметить, что установленные этапы демутиации «Карноварского солонца» соответствуют аналогичным процессам, протекающим на других засоленных участках Неверкинского района: «Келлеровском солонце» и «Мансуровском солонце» [27].

Исследования фауны животных данной территории носят предварительный характер. Было выявлено 15 видов позвоночных: Reptilia – 1, Aves – 8, Mammalia – 6 и 56 видов беспозвоночных животных: Arachnida – 3 [28], Mantodea – 1 [29], Orthoptera – 2 [30], Lepidoptera: Rhopalocera – 48 [31] и Formicidae – 2 [32]. Из них 5 видов (*) являются редкими, включенными в Красную книгу Пензенской области. Т. 2. Животные [5].

Позвоночные животные (Vertebrata).

Пресмыкающиеся (Reptilia): ящерица прыткая (*Lacerta agilis*).

Птицы (Aves): полевой жаворонок (*Alauda arvensis*), полевой воробей (*Passer montanus*), обыкновенный щегол (*Carduelis carduelis*), луговой чекан (*Saxicola rubetra*), луговой лунь (*Circus pygargus*), *филин обыкновенный (*Bubo bubo*), серая куропатка (*Perdix perdix*), золотистая щурка (*Merops apiaster*).

Млекопитающие (Mammalia): обыкновенная полевка (*Microtus arvalis*), полевая мышь (*Apodemus agrarius*), *большой тушканчик (*Allactaga major*), *сурок степной (*Marmota bobak*), заяц-русак (*Lepus europaeus*) и лисица обыкновенная (*Vulpes vulpes*),

Беспозвоночные животные (Invertebrata).

Паукообразные (Arachnida): аргиопа (*Argiope bruennichi*), *лобата долбочатая (*Argiope lobata*), желтосумный колющий паук (*Cheiracanthium punctatum*).

Богомолы (Mantodea): богомол обыкновенный (*Mantis religiosa*).

Прямокрылые (Orthoptera): кузнечик серый (*Decticus verrucivorus*), прус итальянский (*Calliptamus italicus*).

Булавоусые чешуекрылые (Lepidoptera: Rhopalocera): Сем. Толстоголовки (Hesperiidae): *Erynnis tages*, *Carcharodus alceae*, *Pyrgus malvae*, *Thymelicus*

cus lineola, *Thymelicus sylvestris*, *Ochlodes sylvanus*. Сем. Белянки (Pieridae): *Leptidea sinapis*, *Pieris rapae*, *Pieris napi*, *Pontia edusa*, *Pontia daplidice*, *Colias erate*, *Colias hyale*, *Colias alfacariensis*, *Colias crocea*. Сем. Нимфалиды (Nymphalidae): *Inachis io*, *Aglais urticae*, *Vanessa atalanta*, *Vanessa cardui*, *Melitaea athalia*, *Melitaea phoebe*, *Clossiana dia*, *Brenthis ino*, *Issoria lathonia*. Сем. Сатиры (Satyridae): *Melanargia russiae*, *Melanargia galathea*, *Coenonympha arcania*, *Coenonympha pamphilus*, *Aphantopus hyperantus*, *Hyponphele lycaon*, *Maniola jurtina*, *Arethusana arethusa*. Сем. Голубянки (Lycaenidae): *Callophrys rubi*, *Lycaena phlaeas*, *Lycaena virgaureae*, *Lycaena tityrus*, *Lycaena dispar*, *Thersamonia thersamon*, *Everes argiades*, *Celastrina argiolus*, *Glaucopsyche alexis*, *Plebeius argus*, *Plebeius argyrognomon*, *Polyommatus semiargus*, *Polyommatus coridon*, *Polyommatus daphnis*, *Polyommatus thersites* и *Polyommatus icarus*.

Муравьи (Formicidae): дерновый муравей (*Tetramorium caespitum*), *степной бегунок (*Cataglyphis aenescens*) [30].

Заключение

1. Флора участка включает 124 вида сосудистых растений отдела Magloliophyta, из которых один вид (*Stipa pennata* L.) занесен в Красную книгу Российской Федерации (2008) [3] и 16 – в Красную книгу Пензенской области (2013) [4].

2. На «Карноварском солонце» преобладает галофитная растительность (73,7 %): преимущественно галофитные степи (54,0 %), а также галофитные луга (18,1 %) и галофитные болота (1,6 %). Негалофитная растительность распространена на солонце в меньшей степени (26,3 % площади) и включает степную (19,0 %), луговую (5,6 %) и кустарниковую растительность (1,6 %).

3. Выявлены основные этапы демутиации степной, луговой и болотной галофитной растительности.

4. По результатам предварительных исследований фауна исследованного участка насчитывает 70 видов животных: позвоночных (Vertebrata) – 15 видов и беспозвоночных (Invertebrata) – 56 видов. Из них 5 видов включены в Красную книгу Пензенской области. Т. 2. Животные [5].

5. Особенностью биологического разнообразия участка является наличие многих редких видов растений и животных в 2 км от с. Мансуровка (Неверкинский район), что позволяет нам рекомендовать его для создания нового памятника природы под названием «Карноварский солонец».

Библиографический список

1. **Лысенко, Т. М.** Растительность засоленных почв Поволжья в пределах лесостепной и степной зон / Т. М. Лысенко. – Москва : Товарищество научных изданий «КМК», 2016. – 329 с.
2. **Юрицына, Н. А.** Растительность засоленных почв Юго-Востока Европы и сопредельных территорий / Н. А. Юрицына ; под ред. С. В. Саксонова. – Тольятти : Кассандра, 2014. – 164 с.
3. Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) / гл. редколл.: Ю. П. Труннев [и др.] ; сост.: Р. В. Камелин [и др.]. – Москва : Товарищество научных изданий «КМК», 2008. – 855 с.
4. Красная книга Пензенской области. Ч. I. Грибы, лишайники, мхи, сосудистые растения / А. И. Иванов [и др.] ; под ред. А. И. Иванова. – 2-е изд. – Пенза : ИПК «Пензенская правда», 2013. – 300 с.

5. Красная книга Пензенской области. Т. 2. Животные / под ред. В. Ю. Ильина. – 2-е изд. – Воронеж : Воронежская областная типография – Изд-во имени Е. А. Болоховитинова, 2019. – 264 с.
6. **Келлер, Б. А.** Растительность засоленных почв СССР / Б. А. Келлер // Избранные сочинения / Б. А. Келлер. – Москва : Изд-во АН СССР, 1951. – С. 177–211.
7. **Новикова, Л. А.** Галофильный компонент флоры Пензенской области в региональной Красной книге / Л. А. Новикова, Т. М. Разживина // Раритеты флоры Волжского бассейна : тез. Рос. науч. конф. (г. Тольятти, 12–15 октября 2009 г.). – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2009. – С. 153–162.
8. **Чистякова, А. А.** Структура почвенно-растительного покрова засоленных степных блюдеч лесостепи / А. А. Чистякова, Г. Р. Дюкова // Известия Пензенского государственного педагогического университета имени В. Г. Белинского. – 2010. – № 17 (21). – С. 32–38.
9. **Новикова, Л. А.** Охрана разнообразия степей на западных склонах Приволжской возвышенности / Л. А. Новикова // Раритеты флоры Волжского бассейна : сб. докл. участников II Рос. науч. конф. (г. Тольятти, 11–13 сентября 2012 г.). – Тольятти : Кассандра, 2012. – С. 175–179.
10. **Новикова, Л. А.** Охрана галофитной растительности Пензенской области / Л. А. Новикова // Ботаника в современном мире : тр. XIV Съезда Русского ботанического общества и конф. Т. 2. Геоботаника. Ботаническое ресурсосведение. Интродукция растений. Культурные растения (г. Махачкала, 18–23 июня 2018 г.) / отв. ред. А. Л. Буданцев. – Махачкала : АЛЕФ, 2018. – С. 112–114.
11. **Новикова, Л. А.** Изученность галофитной растительности в Пензенской области / Л. А. Новикова, В. М. Васюков, Т. В. Горбушина // Самарский научный вестник. – 2019. – Т. 8, № 1 (26). – С. 75–82.
12. **Вяль, Ю. А.** Особенности генезиса гипноносных луговых почв в условиях Пензенской области / Ю. А. Вяль, Л. А. Новикова, Г. А. Карпова, Н. Г. Лойко // Нива Поволжья. – 2013. – № 2 (27). – С. 21–26.
13. **Новикова, Л. А.** Характеристика флоры и растительности «Келлеровского солонца» (Пензенская область) / Л. А. Новикова, А. А. Миронова, В. М. Васюков // Нива Поволжья. – 2017. – № 4 (45). – С. 109–114.
14. **Новикова, Л. А.** Ценный ботанический объект в Пензенской области («Мансуровский солонец») / Л. А. Новикова, Е. Ю. Кулагина, А. А. Миронова, Д. В. Панькина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 2 (14). – С. 19–29.
15. **Ипатов, В. С.** Описание фитоценоза. Методические рекомендации : учеб.-метод. пособие / В. С. Ипатов, Д. М. Мирин ; под ред. В. С. Ипатова. – Санкт-Петербург : Изд-во СПбГУ, 2000. – 55 с.
16. **Нешатаев, Ю. Н.** Мониторинг растительности Среднерусской лесостепи / Ю. Н. Нешатаев, В. Н. Ухачева // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3, Биология. – 2001. – № 2. – С. 55–66.
17. **Нешатаев, Ю. Н.** Мониторинг растительности Среднерусской лесостепи / Ю. Н. Нешатаев, В. Н. Ухачева // Картографические исследования в Центрально-Черноземном заповеднике : тр. Центрально-Черноземного заповедника имени проф. В. В. Алексина. – Курск : ИПП «Гриф и К», 2006. – Вып. 19. – С. 42–51.
18. **Новикова, Л. А.** Геоботаническая характеристика «Ольшанского солонца» в Пензенской области / Л. А. Новикова, Ю. А. Вяль, Н. А. Леонова, Д. В. Панькина // Нива Поволжья. – 2014. – № 1 (30). – С. 49–56.
19. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург : Мир и семья, 1995. – 992 с.
20. Plants of the World online. – URL: <http://plantsoftheworldonline.org>
21. **Тыщенко, В. П.** Определитель пауков европейской части СССР / В. П. Тыщенко. – Ленинград : Наука, 1971. – Вып. 105. – 281 с.

22. Определитель насекомых Европейской части СССР : в 5 т. / под общ. ред. чл.-корр. АН СССР Г. Я. Бей-Биенко. – Москва ; Ленинград : Наука, 1964–1987.
23. **Ананьева, Н. Б.** Земноводные и пресмыкающиеся / Н. Б. Ананьева, Л. Я. Боркин, И. С. Даревский, Н. Л. Орлов // Энциклопедия природы России. – Москва : АБФ, 1998. – 576 с.
24. **Романов, В. В.** Методы исследований экологии наземных позвоночных животных: количественные учеты : учеб. пособие / В. В. Романов, И. В. Мальцев. – Владимир : Изд-во Владимирского гос. ун-та, 2005. – 79 с.
25. **Степанян, Л. С.** Конспект орнитологической фауны России и сопредельных территорий (в границах СССР как исторической области) / Л. С. Степанян. – Москва : Академкнига, 2003. – 808 с.
26. **Павлинов, И. Я.** Млекопитающие России : систематико-географический справочник / И. Я. Павлинов, А. А. Лисовский. – Москва : Товарищество научных изданий «КМК», 2012. – 604 с.
27. **Новикова, Л. А.** Восстановление галофитной растительности на юго-востоке Пензенской области / Л. А. Новикова, В. М. Васюков, А. А. Миронов // Нива Поволжья. – 2019. – № 1 (50). – С. 51–56.
28. **Полумордвинов, О. А.** Желтосумный колющий паук (*Cheiracanthium punctoriium*) и случаи укусов им людей в Пензенской области / О. А. Полумордвинов // Природа Симбирского Поволжья : сб. науч. тр. – Ульяновск : Корпорация технологий продвижений, 2012. – Вып. 13. – С. 168–176.
29. **Полумордвинов, О. А.** К степной энтомофауне Пензенской области / О. А. Полумордвинов, С. В. Шибяев // Степи Северной Евразии : материалы VII Междунар. симп. – Оренбург : ИС УрО РАН : Димур, 2015. – С. 669–672.
30. **Полумордвинов, О. А.** Новые и редкие виды прямокрылых (Insecta, Orthoptera) Пензенской области / О. А. Полумордвинов // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – Саратов : Изд-во СГУ, 2014. – Вып. 11. – С. 78–91.
31. **Полумордвинов, О. А.** К степной фауне чешуекрылых (Insecta, Lepidoptera) Пензенской области / О. А. Полумордвинов // Степи Северной Евразии : материалы VIII Междунар. симп. / под науч. ред. акад. РАН А. А. Чибилёва. – Оренбург : ИС УрО РАН, 2018. – С. 779–782.
32. **Полумордвинов, О. А.** *Cataglyphis aenescens* (Nylander, 1849) новый вид фауны муравьев (Hymenoptera, Formicidae) Пензенской области / О. А. Полумордвинов, В. А. Чернышов // Энтомологические и паразитологические исследования в Поволжье. – Саратов : Изд-во СГУ, 2015. – Вып. 12. – С. 81–87.

References

1. Lysenko T. M. *Rastitel'nost' zasolennykh pochv Povolzh'ya v predelakh lesostepnoy i stepnoy zon* [Vegetation of saline soils of the Volga region within the forest-steppe and steppe zones]. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy «КМК», 2016, 329 p. [In Russian]
2. Yuritsyna N. A. *Rastitel'nost' zasolennykh pochv Yugo-Vostoka Evropy i sopredel'nykh territoriy* [Vegetation of saline soils in South-East Europe and adjacent territories]. Tolyatti: Kassandra, 2014, 164 p. [In Russian]
3. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (rasteniya i griby)* [The Red Book of the Russian Federation (plants and mushrooms)]. Ed.: Yu. P. Trutnev et al.; comp.: R. V. Kamelin et al. Moscow: Tovarishchestvo nauchnykh izdaniy «КМК», 2008, 855 p. [In Russian]
4. *Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. Ch. I. Griby, lishayniki, mkhi, sosudistye rasteniya* [The Red Book of Penza region. Part 1. Mushrooms, lichens, mosses, vascular plants]. Ed. by A. I. Ivanov. 2nd ed. Penza: IPK «Penzenskaya pravda», 2013, 300 p. [In Russian]

5. *Krasnaya kniga Penzenskoy oblasti. T. 2. Zhivotnye* [The Red Book of Penza region. Volume 1. Animals]. Ed. by V. Yu. Il'in. 2nd ed. Voronezh: Voronezhskaya oblastnaya tipografiya – Izd-vo imeni E. A. Bolkhovitinova, 2019, 264 p. [In Russian]
6. Keller B. A. *Izbrannye sochineniya* [Collected works]. Moscow: Izd-vo AN SSSR, 1951, pp. 177–211. [In Russian]
7. Novikova L. A., Razzhivina T. M. *Raritety flory Volzhskogo basseyna: tez. Ros. nauch. konf. (g. Tol'yatti, 12–15 oktyabrya 2009 g.)* [Rarities of the flora of the Volga basin: proceedings of the Russian scientific conference (Togliatti, 12–15th of October, 2009)]. Tolyatti: IEVB RAN, 2009, pp. 153–162. [In Russian]
8. Chistyakova A. A., Dyukova G. R. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V. G. Belinskogo* [Bulletin of Penza State Pedagogical University named after V. G. Belinsky]. 2010, vol. 17 (21), pp. 32–38. [In Russian]
9. Novikova L. A. *Raritety flory Volzhskogo basseyna: sb. dokl. uchastnikov II Ros. nauch. konf. (g. Tol'yatti, 11–13 sentyabrya 2012 g.)* [Rarities of the flora of the Volga basin: proceedings of the 2nd Russian scientific conference (Togliatti, 11–13th of September, 2012)]. Tolyatti: Cassandra, 2012, pp. 175–179. [In Russian]
10. Novikova L. A. *Botanika v sovremennom mire: tr. XIV S"ezda Russkogo botanicheskogo obshchestva i konf. T. 2. Geobotanika. Botanicheskoe resursovedenie. Introduktsiya rasteniy. Kul'turnye rasteniya (g. Makhachkala, 18–23 iyunya 2018 g.)* [Botany in the modern world: proceedings of the Congress of the 14th Russian Botanical Society and conference. Volume 2. Geobotany. Botanical resource science. Plant introduction. Cultivated plants (Makhachkala, 18–23rd of June, 2018)]. Makhachkala: ALEF, 2018, pp. 112–114. [In Russian]
11. Novikova L. A., Vasyukov V. M., Gorbushina T. V. *Samarskiy nauchnyy vestnik* [Samara scientific bulletin]. 2019, vol. 8, no. 1 (26), pp. 75–82. [In Russian]
12. Vyal' Yu. A., Novikova L. A., Karpova G. A., Loyko N. G. *Niva Povolzh'ya* [Niva of Volga region]. 2013, no. 2 (27), pp. 21–26. [In Russian]
13. Novikova L. A., Mironova A. A., Vasyukov V. M. *Niva Povolzh'ya* [Niva of Volga region]. 2017, no. 4 (45), pp. 109–114. [In Russian]
14. Novikova L. A., Kulagina E. Yu., Mironova A. A., Pan'kina D. V. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2016, no. 2 (14), pp. 19–29. [In Russian]
15. Ipatov V. S., Mirin D. M. *Opisanie fitotsenoza. Metodicheskie rekomendatsii: ucheb.-metod. posobie* [Description of the phytocenosis. Methodical recommendations: teaching aid]. Saint-Petersburg: Izd-vo SPbGU, 2000, 55 p. [In Russian]
16. Neshataev Yu. N., Ukhacheva V. N. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 3, Biologiya* [Bulletin of Saint Petersburg. Series 3, Biology]. 2001, no. 2, pp. 55–66. [In Russian]
17. Neshataev Yu. N., Ukhacheva V. N. *Kartograficheskie issledovaniya v Tsentral'no-Chernozemnom zapovednike: tr. Tsentral'no-Chernozemnogo zapovednika imeni prof. V. V. Alekhina* [Cartographic research in the Central Chernozem Reserve: proceedings of Central Chernozem Reserve named after professor V. V. Alekhin]. Kursk: IPP «Grif i K», 2006, iss. 19, pp. 42–51. [In Russian]
18. Novikova L. A., Vyal' Yu. A., Leonova N. A., Pan'kina D. V. *Niva Povolzh'ya* [Niva of Volga region]. 2014, no. 1 (30), pp. 49–56. [In Russian]
19. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv* [Vascular Plants of Russia and Neighboring States]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p. [In Russian]
20. *Plants of the World online*. Available at: <http://plantsoftheworldonline.org>
21. Tyshchenko V. P. *Opredelitel' paukov evropeyskoy chasti SSSR* [The book of spiders of the European part of the USSR]. Leningrad: Nauka, 1971, iss. 105, 281 p. [In Russian]
22. *Opredelitel' nasekomykh Evropeyskoy chasti SSSR: v 5 t.* [The book of insects of the European part of the USSR: in 5 volumes]. Ed. by chl.-korr. AN SSSR G. Ya. Bey-Bienko. Moscow; Leningrad: Nauka, 1964–1987. [In Russian]

23. Anan'eva N. B., Borkin L. Ya., Darevskiy I. S., Orlov N. L. *Entsiklopediya prirody Rossii* [Encyclopedia of Nature of Russia]. Moscow: ABF, 1998, 576 p. [In Russian]
24. Romanov V. V., Mal'tsev I. V. *Metody issledovaniy ekologii nazemnykh pozvonochnykh zhivotnykh: kolichestvennye uchety: ucheb. posobie* [Methods for researching the ecology of terrestrial vertebrates: quantitative counts: teaching aid]. Vladimir: Izd-vo Vladimirskego gos. un-ta, 2005, 79 p. [In Russian]
25. Stepanyan L. S. *Konspekt ornitologicheskoy fauny Rossii i sopredel'nykh territoriy (v granitsakh SSSR kak istoricheskoy oblasti)* [Abstract of the ornithological fauna of Russia and adjacent territories (within the borders of the USSR as a historical region)]. Moscow: Akademkniga, 2003, 808 p. [In Russian]
26. Pavlinov I. Ya., Lisovskiy A. A. *Mlekopitayushchie Rossii: sistematiko-geograficheskiy spravochnik* [Mammals of Russia: a taxonomy-geographical reference book]. Moscow: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy «KMK», 2012, 604 s. [In Russian]
27. Novikova L. A., Vasyukov V. M., Mironov A. A. *Niva Povolzh'ya* [Niva of Volga region]. 2019, no. 1 (50), pp. 51–56. [In Russian]
28. Polumordvinov O. A. *Priroda Simbirskogo Povolzh'ya: sb. nauch. tr.* [The nature of the Simbirsk Volga region: collected articles]. Ulyanovsk: Korporatsiya tekhnologii proizvodstveniy, 2012, iss. 13, pp. 168–176. [In Russian]
29. Polumordvinov O. A., Shibaev S. V. *Stepi Severnoy Evrazii: materialy VII Mezhdunar. simp.* [Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the 7th International symposium]. Orenburg: IS UrO RAN: Dimur, 2015, pp. 669–672. [In Russian]
30. Polumordvinov O. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitological research in the Volga region]. Saratov: Izd-vo SGU, 2014, iss. 11, pp. 78–91.
31. Polumordvinov O. A. *Stepi Severnoy Evrazii: materialy VIII Mezhdunar. simp.* [Steppes of Northern Eurasia: proceedings of the 8th International symposium]. Orenburg: IS UrO RAN, 2018, pp. 779–782. [In Russian]
32. Polumordvinov O. A., Chernyshov V. A. *Entomologicheskie i parazitologicheskie issledovaniya v Povolzh'e* [Entomological and parasitological research in the Volga region]. Saratov: Izd-vo SGU, 2015, iss. 12, pp. 81–87. [In Russian]

Новикова Любовь Александровна

доктор биологических наук, доцент,
профессор кафедры общей биологии
и биохимии, главный научный сотрудник,
Научно-исследовательский институт
фундаментальных и прикладных
исследований, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40);

E-mail: la_novikova@mail.ru

Novikova Lyubov' Aleksandrovna

Doctor of biological sciences, associate
professor, professor of the sub-department
of general biology and biochemistry,
principal researcher, Basic and Applied
Research Institute, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Коряжкина Карина Викторовна

студентка, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

E-mail: ashnvckcbnq@gmail.com

Koryazhkina Karina Viktorovna

Student, Penza State University
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

Полумордвинов Олег Александрович
аспирант, Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)

Polumordvinov Oleg Aleksandrovich
Postgraduate student, Penza State
University (40 Krasnaya street, Penza,
Russia)

E-mail: entomol-penza@yandex.ru

Образец цитирования:

Новикова, Л. А. Биологическое разнообразие «Карноварского солонца» (Неверкинский район, Пензенская область) / Л. А. Новикова, К. В. Коряжкина, О. А. Полумордвинов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 27–41. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-3.

ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВНОСТИ ИНТРОДУКЦИИ ВИДОВ *ABIES* MILL. В ТАЕЖНОЙ ЗОНЕ (КАРЕЛИЯ)

Аннотация.

Актуальность и цели. Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов возможно только через интродукцию древесных растений, которая должна быть оценена на перспективность. Целью данной работы является выяснение характера влияния климатических факторов на динамику развития видов *Abies* Mill., интродуцированных в таежной зоне, а также оценка их перспективности.

Материалы и методы. Изучение интродуцированных видов хвойных растений проводили в Ботаническом саду ПетрГУ. Фенологические наблюдения проводили в течение 18 лет с мая по сентябрь через каждые 2–3 сут. Оценка перспективности интродукции древесных растений проводили по данным визуальных наблюдений. Климатические данные регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория). По результатам наблюдений за развитием растений, а также за климатическими факторами сформировали банк данных, обработанный с помощью методов элементарной статистики и факторного дисперсионного анализа.

Результаты. Сроки начала набухания и разворачивания вегетативных почек, а также линейного роста побегов у видов рода *Abies* зависят от текущего температурного режима воздуха. Установлена степень влияния изучаемых экологических факторов на сроки наступления фенофаз. Ее величина определяется биологическими особенностями вида, периодом воздействия факторов и спецификой самой фенофазы. Быстрее всего развитие вегетативной сферы начинается и заканчивается у *A. sibirica* и *A. balsamea*, а позже всего – у *A. holophylla* и *A. alba*.

Выводы. Динамика развития интродуцированных видов *Abies* в основном определяется температурным режимом воздуха. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов (с низкой степенью загрязнения поллютантами) следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Ключевые слова: интродукция, *Abies*, развитие, фенология.

I. T. Kishchenko

THE INTRODUCTION PERSPECTIVITY OF *ABIES* MILL. SPECIES IN THE TAIGA ZONE (KARELIA)

Abstract.

Background. An increase in the biological diversity of natural and artificial phytocenoses is possible only through the introduction of woody plants, which should be assessed for prospects. The aim of this work is to elucidate the extent and nature

of the impact of major climatic factors on dynamics of development and prospects of introduced species in the taiga species of *Abies* Mill.

Materials and methods. The study of introduced species of conifers was carried out in the Botanical garden of PetrSU. Phenological observations were conducted during the 18 years from May to September every 2–3 days. Assessment of feasibility of woody plants introduction was carried out according to the visual observations. Climatic data were registered at meteorological station Soligorskoe (Karelian hydrometeorological Observatory). According to the results of observations of the plant development and the climatic factors formed a Bank of data processed using the methods of basic statistics, and factorial analysis of variance.

Results. The timing of the onset of swelling and opening of vegetative buds, as well as linear growth of shoots in species of the genus *Abies* depend on the current temperature regime of the air. Between the dynamics of the studied environmental factors and the timing of the phenophases established perfect correlation. Its value is determined by the biological characteristics of the species, period of exposure factors and the particularity of the phenophases. The fastest development of vegetative sphere begins and ends at the *A. sibirica* and *A. balsamea*, and later – in *A. holophylla* and *A. alba*.

Conclusions. The dynamics of the development of introduced species *Abies* is mainly determined by the temperature of the air. The most promising for gardening of settlements (with a low degree of contamination with pollutants) should recognize the *A. sibirica* and *A. balsamea*.

Keywords: introduction, *Abies*, development, phenology.

Введение

Изучению сезонного развития растений, в том числе древесных видов, уделяется большое внимание как в России, так и за рубежом. И это понятно, так как познание этих важнейших биологических процессов имеет большое значение в теории и практике выращивания растений. При этом объектами исследований служат аборигенные и интродуцированные древесные растения, в частности хвойные.

Известно, что большинство аборигенных видов древесных растений таежной зоны России плохо переносят усиливающееся загрязнение окружающей среды. Между тем многие виды хвойных растений, в том числе и представители семейства *Abies* других географических районов, устойчивы к загазованности и задымленности, отличаются долговечностью и весьма декоративны в течение всего года [1–4]. Кроме того, многие из них отличаются значительно большей продуктивностью, чем местные виды, и нередко способны к натурализации [5–7]. Повышение биологического разнообразия естественных и искусственных фитоценозов, по мнению многих исследователей [6, 7], возможно только через интродукцию древесных растений. Все это свидетельствует о необходимости интродукции хвойных растений и оценки их перспективности. Последняя может быть установлена лишь на основе всестороннего изучения адаптаций, происходящих у испытываемых растений в новых условиях [8, 9]. Главнейшими процессами, характеризующими состояние интродуцированных растений, являются особенности их развития, которые определяются не только генотипом, но и динамикой экологических факторов [10–12].

Выяснилось, что вопросы развития хвойных интродуцентов изучены далеко не полно и нуждаются в уточнении и дальнейшем изучении. Характер

и степень влияния экологических факторов на развитие многих интродуцированных растений до сих пор не установлены. В Карелии такие детальные исследования до сих пор не проводились. Поэтому целью данной работы являлось выяснение особенностей развития некоторых интродуцированных видов *Abies* Mill. под влиянием климатических факторов и оценка их перспективности.

Материалы и методика

Изучение интродуцированных видов хвойных растений проводили в Ботаническом саду Петрозаводского государственного университета. Наблюдения за развитием растений проводили в 1988–2016 гг. Объектами исследований служили четыре вида рода *Abies*. Посадки граничат с сосняком черничным. Характеристика объектов исследований приведена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика объектов исследований

Вид	Место происхождения саженцев (ботсад–город)	Возраст, лет	Средняя высота, м	Наличие семенования
<i>Abies alba</i> Mill. Trantv.	Санкт-Петербург	36	11,1	нет
<i>A. sibirica</i> Ledeb.	Санкт-Петербург	53	16,0	есть
<i>A. balsamea</i> Mill.	Копенгаген	43	16,7	есть
<i>A. concolor</i> Lindl. et Gord.	Санкт-Петербург	36	11,3	есть
<i>A. nephrolepis</i> (Trantv.) Maxim.	Санкт-Петербург	36	10,4	есть
<i>A. holophylla</i> Maxim.	Москва	31	9,0	нет

Каждый изучаемый вид представлен групповой посадкой из 10–25 деревьев. Условия водного, минерального и светового режимов у всех изучаемых, а также размещение и густота посадок в каждой группе идентичны.

Фенологические наблюдения проводили через каждые 2–3 сут, используя методические указания Н. Е. Булыгина [13]. Фенофаза считалась наступившей, если она отмечалась не менее чем у 30 % побегов всех особей исследуемого вида. Календарные даты прохождения фенофаз за 28 лет переведены в числа и математически обработаны [15]. В результате получены средние арифметические наступления фенофаз, которые опять переведены в календарные даты. Отсутствие данных по развитию репродуктивной сферы у изучаемых видов объясняется большими временными интервалами между семенными годами, не позволяющими использовать статистическую обработку данных.

Оценку перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений проводили по методике П. И. Лапина и С. В. Сидневой [14].

Климатические данные регистрировались на Сулажгорской метеостанции (Карельская гидрометеорологическая обсерватория), расположенной в 3 км к юго-западу от Ботанического сада.

По результатам наблюдений за развитием растений, а также за климатическими факторами сформировали банк данных, обработанный с помощью методов элементарной статистики и факторного дисперсионного анализа [15].

Результаты и обсуждение

Анализ данных статистической обработки показал, что ошибка средней многолетней величины фенодат весьма незначительна и, как правило, не превышает 1–2 сут (табл. 2). Лишь для фенофазы окончания линейного роста побегов у *A. alba*, *A. balsamea* и *A. concolor* ее величина возрастает до 4–6 сут. У этих же видов для данной фенофазы среднее квадратическое отклонение достигает 17–23 сут. Для остальных фенофаз его величина значительно меньше (5–10 сут). Изучая развитие различных видов хвойных растений, Н. В. Шкутко [12] также обнаружил, что погодичная изменчивость сроков начала тех или иных фенофаз может варьировать от 12 до 27 сут.

Проведенные исследования показали, что динамика сезонного развития изучаемых видов рода *Abies* имеет свои специфические особенности. По среднемноголетним данным, первыми (8 V) начинают набухать почки у *A. sibirica* и *A. balsamea* (см. табл. 2). У *A. nephrolepis* и *A. concolor* эта фаза отмечается на 6–7 сут позже.

Первыми трогаются в рост побеги у *A. alba*, *A. sibirica*, *A. balsamea* и *A. concolor* (23–25 V), а у *A. nephrolepis* и *A. holophylla* – спустя 3–7 сут. Позже всего (18–20 VIII) этот процесс завершается у четырех вышеупомянутых видов рода *Abies*, у двух других видов – на 2–6 сут раньше. Фаза обособления вегетативных почек на побегах скорее всего наступает у *A. holophylla* (9 VIII), а позже всего (18 VIII) – у *A. concolor*. У других видов эта фенофаза отмечается 13–14 VIII.

Наиболее ранние сроки (4 VII) опробковения оснований побегов отмечены у *A. alba*, а наиболее поздние (22–27 VII) – у *A. concolor*, *A. holophylla*, *A. nephrolepis* и *A. balsamea*. Быстрее всего процесс опробковения побегов по всей длине завершается у *A. holophylla* (13 VIII), а позже всего (28 VIII – 4 IX) – у *A. alba*, *A. balsamea* и *A. concolor*.

В фазу разverzания почек изучаемые виды рода *Abies* вступают почти одновременно (27–31 V). Ранее всего обособление хвои на побегах начинается у *A. sibirica* (1 VI), а позже всего – у *A. alba* (9 VI). У других видов эта фенофаза наступает почти одновременно (4–6 VI). Самые поздние сроки завершения роста хвои наблюдаются у *A. nephrolepis* (18 V), а у других видов – на 3–6 сут раньше. Первыми (15–19 X) в фазу расцветивания хвои вступают *A. alba*, *A. balsamea*, *A. holophylla* и *A. sibirica*, а последними (27–30 X) – *A. concolor* и *A. nephrolepis*. Дольше всего (до 21 XI) отмирающая хвоя держится у *A. concolor*. У *A. alba* и *A. holophylla* она начинает опадать уже 4–8 XI.

Таким образом, приведенные выше данные показывают, что фазы набухания вегетативных почек, роста побегов и хвои у *A. sibirica* и *A. balsamea* начинаются примерно на неделю раньше, чем у других видов. Позже всего эти фазы наступают у *A. nephrolepis* и *A. concolor*. При этом очередность прохождения фенофаз у изучаемых видов рода *Abies* из года в год не изменяется.

Таблица 2

Среднемноголетние данные сезонного развития видов *Abies* (1978–1993)

Фенофазы и статистические показатели	1	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>	<i>Abies</i>
		<i>alba</i>	<i>sibirica</i>	<i>balsamea</i>	<i>concolor</i>	<i>nephrolepis</i>	<i>holophylla</i>		
Набухание вегетативных почек (май, V)	M	2	3	4	5	6	7		
	mm	11	8	8	17	16	12		
	G	2,4	1,6	1,8	1,4	3,0	2,1		
Разверзание вегетативных почек (май, V)	M	9,0	6,3	6,9	5,7	11,4	8,0		
	mm	27	29	27	29	31	29		
	G	2,4	1,2	1,7	4,1	2,3	1,6		
Начало линейного роста побегов (май, V)	M	9,0	4,7	6,7	16,0	8,4	6,0		
	mm	25	23	25	25	30	28		
	G	2,1	1,2	1,9	1,5	2,3	1,6		
Окончание линейного роста побегов (август, VIII)	M	7,9	4,7	7,4	5,8	8,4	6,0		
	mm	181	20	18	19	16	16		
	G	4,6	1,3	5,1	5,9	1,1	1,2		
Отробкование оснований побегов (июль, VII)	M	7,3	4,9	19,8	22,9	4,4	4,4		
	mm	4	17	27	22	26	24		
	G	0,8	1,0	3,9	2,4	0,9	0,9		
Отробкование побегов по всей длине (август, VIII)	M	2,5	3,7	15,3	9,4	3,5	3,3		
	mm	28	22	31	4	20	13		
	G	0,9	1,0	2,9	3,4	1,7	3,5		
		3,4	4,0	11,4	13,2	6,5	13,2		

Окончание табл. 2

1		2	3	4	5	6	7
Обособление хвои на побегах (июнь, VI)	М	9	1	4	5	6	6
	м _м	2,3	2,8	1,7	1,6	2,2	1,6
	G	8,7	10,8	6,6	6,0	8,4	5,8
Завершение роста и вызревание хвои (июнь, VI)	М	13	12	13	15	18	15
	м _м	2,1	1,6	1,8	2,0	2,0	1,9
	G	7,8	6,0	7,1	7,8	7,6	7,2
Расцветивание отмирающей хвои (октябрь, X)	М	15	19	17	27	30	18
	м _м	2,2	1,4	1,2	4,1	2,9	2,3
	G	8,1	5,4	4,7	16,0	11,0	8,6
Опадение хвои (ноябрь, XI)	М	4	15	14	21	17	8
	м _м	1,9	0,6	1,1	1,4	1,3	1,1
	G	7,1	2,4	4,2	5,4	5,0	4,1
Обособление на побегах почек (август, VIII)	М	13	14	13	18	13	9
	м _м	3,1	1,2	3,7	1,4	1,9	1,2
	G	11,5	4,8	14,4	5,4	7,2	4,6

Примечание: М – средняя величина; м_м – ошибка средней величины, сут.; G – среднеквадратическое отклонение, сут.

При анализе состояния среды во время начала фенофаз обнаружена очень сильная годовая вариабельность значений относительной влажности воздуха, атмосферных осадков и суммарной солнечной радиации. Между тем температурный режим воздуха в момент наступления очередной фенофазы за исследуемые годы остается довольно стабильным, заметно отличаясь у разных видов растений. Так, набухание почек при самой высокой среднесуточной температуре воздуха (+9,9 °C) начинается у *A. alba*. Наименьшая требовательность к данным факторам в эту фенофазу отмечена для *A. sibirica* и *A. balsamea* – соответственно +7,5–+7,6 °C и 133–137 °C.

Линейный рост побегов у изучаемых видов рода *Abies* начинается при температуре +10,0–+12,0 °C и сумме положительных температур – 270–348 °C. При этом наименьшая теплообеспеченность характерна также для *A. sibirica*, а наибольшая – для *A. nephrolepis*. Прекращение линейного роста побегов у *A. sibirica* происходит при снижении температуры до +12,7 °C и накоплении 1555 °C. У других изучаемых видов эта фенофаза имеет место уже при температуре около +14 °C и 1500 °C.

Опробковение побегов у всех видов начинается при температуре около +16 °C, а заканчивается при ее снижении до +10–+13 °C. Начало данной фенофазы при наименьшей сумме положительных температур (1030 °C) отмечено у *A. sibirica*, а при наибольшей (1338 °C) – у *A. alba*. Аналогичная закономерность выявлена и для начала фазы обособления хвои на побегах – соответственно 373 и 469 °C. Обособление на побегах вегетативных почек у изучаемых видов происходит при температуре воздуха +13,8–+16,3 °C и увеличении суммы положительных температур до 1500 °C.

Развержение вегетативных почек у всех изучаемых видов рода *Abies* отмечается при схожем температурном режиме – +10,3–+12,0 °C и 269–361 °C, причем у *A. sibirica* и *A. balsamea* – при самых низких его значениях, а у *A. nephrolepis* – при самых высоких. Завершение роста, расцветивание и опадение хвои у изучаемых видов наблюдается при очень близких значениях температурного режима воздуха.

Как показали исследования ряда авторов [16, 12], наиболее адаптированными в умеренной зоне России являются растения, которые рано начинают и рано заканчивают сезонное развитие. Согласно этому утверждению и исходя из наших данных, по возрастанию степени устойчивости к условиям таежной зоны изученные виды можно расположить в следующем порядке: *A. nephrolepis*, *A. concolor*, *A. holophylla*, *A. balsamea*, *A. sibirica*.

Приведенные выше данные показывают, что наименее требовательной к температурному фактору является *A. sibirica*, а наиболее требовательной – *A. nephrolepis*.

Как показал факторный дисперсионный анализ, степень влияния условий среды на развитие изучаемых видов в значительной мере обусловлена периодом воздействия конкретного фактора, а также биологическими особенностями вида. Достоверность влияния факторов оценена по критерию Фишера. Выяснилось, что текущая температура воздуха оказывает существенное воздействие (20–50 %) на сроки наступления таких фенофаз, как набухание почек, опробковение побегов по всей длине, обособление и расцветивание хвои (табл. 3). Для трех изучаемых видов подобная зависимость отмечена и в отношении фазы обособления почек на побегах.

Таблица 3
Показатель степени влияния экологических факторов на сроки наступления фенофаз у различных видов рода *Abies*, %

Фенофаза и фактор	<i>Abies holorhynlla</i>			<i>A. concolor</i>			<i>A. sibirica</i>			<i>A. balsamea</i>			<i>A. alba</i>			<i>A. nephrolepis</i>		
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Т	19	26	15	23	21	34	19	11	33	32	8	19	36	23	64	9	23	39
В	5	26	19	4	22	5	0	18	28	8	16	32	13	7	6	1	18	7
Р	0	21	31	8	34	0	12	12	9	5	4	7	3	10	10	4	42	24
О	0	24	15	8	32	41	7	51	29	2	46	47	2	55	15	1	15	15
Т	6	21	46	12	26	2	1	3	31	0	16	23	5	37	70	7	19	51
В	0	20	10	6	8	9	2	13	37	10	24	18	18	19	8	14	21	10
Р	3	2	13	2	52	21	3	9	0	1	20	0	4	14	0	14	38	7
О	5	43	3	2	11	65	17	22	8	3	25	42	3	22	10	18	14	22
Т	6	21	48	19	24	51	21	13	31	2	27	0	5	37	70	7	19	46
В	0	20	17	5	11	10	2	13	37	8	25	18	18	19	8	14	20	10
Р	3	2	1	5	14	7	3	9	0	0	15	0	4	13	0	14	38	13
О	5	43	9	5	39	22	17	22	8	0	24	68	5	23	10	18	16	3
Т	2	0	3	17	3	6	2	2	1	7	5	16	22	20	21	0	8	16
В	3	54	10	0	21	15	2	45	40	25	18	18	2	13	28	4	71	26
Р	10	15	9	5	33	21	1	0	10	12	32	31	0	23	34	16	9	3
О	1	17	18	19	41	56	0	10	0	6	43	33	2	41	13	0	10	5
Т	1	0	16	3	5	20	2	3	32	22	54	2	0	0	37	8	2	12
В	32	43	19	4	53	36	4	6	38	2	16	14	6	0	21	1	56	9
Р	17	0	5	15	8	5	7	0	2	1	25	27	17	8	1	3	3	6
О	4	20	2	6	14	9	3	27	4	18	2	53	2	0	3	1	0	6
И	54	63	42	28	80	70	16	36	76	42	97	96	24	8	50	13	61	28

Окончание табл. 3

1		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Опробковение побегов по всей длине	Т	29	24	6	25	9	2	28	8	0	24	27	9	22	0	11	45	3	12
	В	13	16	37	1	61	79	0	43	46	14	52	77	1	38	26	4	75	20
	Р	11	30	2	1	8	7	1	0	2	2	1	2	4	22	11	4	3	9
	О	13	28	48	17	6	10	2	0	8	19	11	4	2	4	13	8	7	7
Обособление хвоя на побегах	Т	9	6	9	53	21	18	33	13	73	13	26	44	35	58	30	54	18	18
	В	28	21	28	6	34	8	15	15	14	10	22	21	10	8	59	8	25	16
	Р	0	48	0	12	18	0	10	54	0	15	17	2	16	18	14	19	22	36
	О	7	20	47	10	13	53	14	12	7	14	19	9	9	4	29	1	28	15
Завершение роста хвоя	Т	42	8	30	53	41	13	51	23	13	54	30	4	51	38	53	62	43	17
	В	15	31	25	6	32	19	17	42	19	15	27	26	18	33	15	8	11	13
	Р	4	5	2	12	2	7	13	6	0	11	20	10	7	3	5	21	0	24
	О	23	42	42	10	17	50	14	17	50	13	14	46	14	17	13	1	35	22
Опадение хвоя	Т	49	19	22	53	13	15	49	31	25	43	29	20	64	33	21	62	24	20
	В	13	15	9	6	18	10	21	13	11	18	11	12	13	15	11	8	0	13
	Р	11	10	8	12	5	4	4	14	12	15	13	14	6	16	9	21	6	7
	О	10	9	4	10	1	2	9	14	12	8	3	3	2	12	8	1	14	3
Обособление почек возобновления	И	83	53	43	81	37	31	83	72	60	84	56	49	85	86	42	92	44	43
	Т	4	21	7	29	5	10	7	1	9	36	61	7	20	15	7	11	26	1
	В	1	39	22	5	70	70	1	68	43	19	30	51	0	29	62	3	50	65
	Р	1	12	11	5	10	1	3	8	1	7	2	28	5	1	8	0	6	2
О	1	14	10	0	5	8	1	0	6	21	1	4	22	19	8	16	4	0	

Примечание: Т – температура воздуха, °С; В – относительная влажность воздуха, %; О – атмосферные осадки, мм; Р – солнечная радиация, кал/см², I – за текущий период, II – за предшествующий период, III – за июль предшествующего года. Показатель степени влияния достоверен при его величине более 5 %.

Достоверного влияния атмосферных осадков, влажности воздуха и солнечной радиации текущего периода на развитие изучаемых видов не обнаружено.

Проведенные исследования позволили установить, что развитие видов рода *Abies* зависит не столько от текущего состояния среды, сколько от ее состояния за предшествующий какой-либо фазе период времени. Установлено, что температура воздуха за предшествующие 5 сут оказывает довольно существенное (20–40 %) воздействие на начало линейного роста побегов и фазы развития хвои у изучаемых видов. Кроме того, у *A. alba*, *A. concolor*, *A. nephrolepis* и *A. holophylla* подобная зависимость отмечена и для фаз набухания и разворачивания почек; а у *A. balsamea* и *A. holophylla* – для фаз опробкования побегов и обособления почек (см. табл. 3). Относительная влажность воздуха за рассматриваемый период начинает оказывать некоторое (10–20 %) влияние на развитие пихты, особенно заметное (30–70 %) в фазе окончания роста и опробкования побегов, завершения роста хвои и обособления почек. Зависимость начала первых четырех фаз от атмосферных осадков (20–40 %) отмечена лишь для *A. concolor*, *A. nephrolepis* и *A. holophylla*. Весьма заметно усиливается и влияние солнечной радиации (20–50 %) на сроки набухания и разворачивания почек, начало и окончание роста побегов у всех изучаемых видов, а у *A. nephrolepis* и *A. holophylla*, кроме того, – и на фазы развития хвои.

В результате проведенных исследований удалось установить весьма существенное влияние на развитие растений состояния среды в предшествующий год, а именно: в течение месяца до заложения почек возобновления (30–60 %) (см. табл. 3). При этом зависимость от температурного фактора у всех видов рода *Abies* начинает проследиваться уже в первые три фазы и в фазы развития хвои (50–60 %). Достоверное влияние влажности воздуха за этот период у всех изучаемых видов наблюдается лишь в фазы окончания линейного роста побегов, их опробкования, развития хвои и обособления почек (30–40 %). Зависимость первых восьми фаз от солнечной радиации обнаружена лишь у *A. concolor*, у остальных видов она имеет место лишь в фазу завершения роста хвои (20–50 %). Существенную связь сроков прохождения основных этапов развития многих видов древесных растений от условий среды предшествующей вегетации ранее обнаружили ряд исследователей [16, 12].

Анализируя влияние изучаемых экологических факторов на развитие видов рода *Abies* за разные периоды, можно обнаружить, что текущее состояние среды у большинства из них определяет изменчивость фаз лишь на 30–50 %. Вклад факторов среды за предшествующие периоды при этом возрастает, как правило, до 70–90 %.

Исследованиями установлено, что по пяти показателям оценки интродукции различия между видами незначительны (табл. 4). Так, наименьшая степень вызревания побегов (17 баллов) характерна для *A. alba*, *A. nephrolepis*. У других видов она достигает максимальной оценки – 20 баллов. В условиях Севера наиболее важным показателем успешности интродукции является зимостойкость [1, 3, 4, 9, 17], которая у всех изученных видов достигает максимальных 25 баллов. Максимальная оценка побегообразовательной способности (2 балла) также установлена у всех изученных видов. Максимальной оценки регулярности прироста осевых побегов (5 баллов) не достигают лишь *A. alba* и *A. holophylla* (4 балла).

Таблица 4

Оценка перспективности интродукции видов *Abies*, баллы

Вид	Степень ежегодного вырезания побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Регулярность прироста осевых побегов	Способность к генеративному развитию	Возможность размножения в культуре	Общая оценка перспективности
<i>Abies alba</i>	17	25	10	5	4	5	0	66
<i>A. sibirica</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. balsamea</i>	20	25	10	5	5	10	1	76
<i>A. concolor</i>	20	25	10	5	5	3	0	68
<i>A. nephrolepis</i>	17	25	10	5	4	0	0	61
<i>A. holophylla</i>	20	25	10	5	5	4	0	69

Самые большие различия в оценочных баллах между видами имеют место по показателям, связанным с развитием репродуктивной сферы. Так, максимальная способность к генеративному развитию (20 баллов) не отмечена ни у одного вида. У *A. sibirica* и *A. balsamea* она достигает 10 баллов, а у других видов – всего 3–5 баллов и даже 0 баллов (*A. nephrolepis*). Возможность размножения интродуцентов в культуре оценивается максимум 5 баллами, что не заслуживает ни один из изучаемых видов. Эта способность у *A. balsamea* и *A. sibirica* составляет 1,5 балла, у остальных видов – 0 баллов.

На основании вышеприведенных данных получена общая оценка перспективности изучаемых интродуцентов. Выяснилось, что к очень перспективным относятся *A. balsamea* и *A. sibirica* (73–76 баллов), а остальные виды могут быть также перспективными (61–69 балла).

Заключение

Анализ полученных данных позволяет сделать следующие выводы:

1. Сроки начала набухания и разворачивания вегетативных почек, а также линейного роста побегов у видов рода *Abies* зависят от текущего температурного режима воздуха.

2. Между динамикой изучаемых экологических факторов и сроками наступления фаз установлена определенная зависимость. Ее сила определяется биологическими особенностями вида, периодом воздействия факторов и спецификой самой фазы. Быстрее всего развитие вегетативной сферы начинается и заканчивается у *A. sibirica* и *A. balsamea*, а позже всего – у *A. holophylla* и *A. alba*.

3. Наиболее перспективными для озеленения населенных пунктов следует признать *A. sibirica* и *A. balsamea*.

Библиографический список

1. Мерзленко, М. Д. Результаты интродукции пихты сибирской (*Abies sibirica* L.) в лесные культуры Смоленско-Московской возвышенности / М. Д. Мерзленко, А. А. Захарова // Хвойные бореальной зоны. – 2013. – Т. XXXI, № 5–6. – С. 45–48.
2. Мухина, Л. Н. Комплексная оценка состояния растений рода *Abies* Mill. в Главном ботаническом саду РАН / Л. Н. Мухина, М. С. Александрова, О. А. Каштанова // Бюллетень Главного ботанического сада. – 2013. – № 2. – С. 43–51.
3. Гуков, Г. В. Пихта цельнолистная в Приморском крае (современное состояние, проблемы искусственного лесоразведения) / Г. В. Гуков, А. Н. Гриднев, Н. В. Гриднева // Успехи современного естествознания. – 2017. – № 10. – С. 29–34.
4. Фирсов, Г. А. Род Пихта (*Abies* Mill., *Pinaceae*) в ботаническом саду Петра Великого / Г. А. Фирсов, А. Г. Хмарик // Вестник Волгоградского государственного университета. Сер. 11, Естественные науки. – 2017. – Т. 7, № 1. – С. 7–18.
5. Калуцкий, К. К. Биоэкологические особенности лесной интродукции / К. К. Калуцкий, Н. А. Болотов // Лесная интродукция. – Воронеж, 1983. – С. 4–14.
6. Мамаев, С. А. Проблемы биологического разнообразия и его поддержания в лесных экосистемах / С. А. Мамаев, А. К. Махиев // Лесоведение. – 1996. – № 5. – С. 3–10.
7. Ботенков, В. Н. Интродукция высокопродуктивных пород в Сибири / В. Н. Ботенков, В. Е. Попова // Лесное хозяйство. – 1997. – № 5. – С. 44.

8. **Базилевская, Н. А.** Теория и методы интродукции растений / Н. А. Базилевская. – Москва : Наука, 1964. – 130 с.
9. **Попова, В. Т.** Оценка перспективности некоторых видов хвойных растений для интродукции в условиях Центрального Черноземья / В. Т. Попова, В. Д. Дорофеева, А. А. Попова // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2016. – № 4. – С. 89–97.
10. **Встовская, Т. Н.** Интродукция древесных растений Дальнего Востока и Западной Сибири / Т. Н. Встовская. – Новосибирск, 1983. – 196 с.
11. **Плотникова, Л. С.** Ареалы интродуцированных древесных растений флоры СССР / Л. С. Плотникова. – Москва, 1983. – 256 с.
12. **Шкутко, Н. В.** Хвойные Белоруссии / Н. В. Шкутко. – Москва : Наука, 1991. – 263 с.
13. **Булыгин, Н. Е.** Фенологические наблюдения над древесными растениями / Н. Е. Булыгин. – Ленинград : Наука, 1979. – 97 с.
14. **Лапин, П. И.** Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П. И. Лапин, С. В. Сиднева // Опыт интродукции древесных растений. – Москва, 1973. – С. 7–68.
15. **Зайцев, Г. Н.** Фенология древесных растений / Г. Н. Зайцев. – Москва, 1981. – 119 с.
16. **Елагин, И. Н.** Характерные особенности развития древесных пород Нечерноземья / И. Н. Елагин // Сезонная ритмика феноиндикаторов природы Нечерноземья. – Москва, 1980. – 309 с.
17. **Паутова, Н. В.** Интродукция представителей семейства Pinaceae Lindl. в условиях Европейского Северо-Востока / Н. В. Паутова // Вестник ИРГСХА. – 2011. – Т. 6, № 44. – С. 102–110.

References

1. Merzlenko M. D., Zakharova A. A. *Khvoynye boreal'noy zony* [Boreal conifers]. 2013, vol. XXXI, no. 5–6, pp. 45–48. [In Russian]
2. Mukhina L. N., Aleksandrova M. S., Kashtanova O. A. *Byulleten' Glavnogo botanicheskogo sada* [Bulletin of the Main Botanical Garden]. 2013, no. 2, pp. 43–51. [In Russian]
3. Gukov G. V., Gridnev A. N., Gridneva N. V. *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya* [The successes of modern natural science]. 2017, no. 10, pp. 29–34. [In Russian]
4. Firsov G. A., Khmarik A. G. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo universiteta. Ser. 11, Estestvennye nauki* [Bulletin of Volgograd State University. Series 11, Natural sciences]. 2017, vol. 7, no. 1, pp. 7–18. [In Russian]
5. Kalutskiy K. K., Bolotov N. A. *Lesnaya introduktsiya* [Forest introduction]. Voronezh, 1983, pp. 4–14. [In Russian]
6. Mamaev S. A., Makhiev A. K. *Lesovedenie* [Forest science]. 1996, no. 5, pp. 3–10. [In Russian]
7. Botenkov V. N., Popova V. E. *Lesnoe khozyaystvo* [Forestry]. 1997, no. 5, p. 44. [In Russian]
8. Bazilevskaya N. A. *Teoriya i metody introduktsii rasteniy* [Theory and methods of plant introduction]. Moscow: Nauka, 1964, 130 p. [In Russian]
9. Popova V. T., Dorofeeva V. D., Popova A. A. *Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyaystv* [Proceedings of the Saint Petersburg Scientific Research Institute of Forestry]. 2016, no. 4, pp. 89–97. [In Russian]
10. Vstovskaya T. N. *Introduktsiya drevesnykh rasteniy Dal'nego Vostoka i Zapadnoy Sibiri* [Introduction of woody plants of the Far East and Western Siberia]. Novosibirsk, 1983, 196 p. [In Russian]

11. Plotnikova L. S. *Arealy introdutsirovannykh drevesnykh rasteniy flory SSSR* [Areas of introduced woody plants of the flora of the USSR]. Moscow, 1983, 256 p. [In Russian]
12. Shkutko N. V. *Khvoynye Belorussii* [Conifers of Belarus]. Moscow: Nauka, 1991, 263 p. [In Russian]
13. Bulygin N. E. *Fenologicheskie nablyudeniya nad drevesnymi rasteniyami* [Phenological observations on woody plants]. Leningrad: Nauka, 1979, 97 p. [In Russian]
14. Lapin P. I., Sidneva S. V. *Opyt introduktsii drevesnykh rasteniy* [Experience in the introduction of woody plants]. Moscow, 1973, pp. 7–68. [In Russian]
15. Zaytsev G. N. *Fenologiya drevesnykh rasteniy* [Phenology of woody plants]. Moscow, 1981, 119 p. [In Russian]
16. Elagin I. N. *Sezonnaya ritmika fenoindikatorov prirody Nechernozem'ya* [Seasonal rhythm of phenoindicators of the Non-Chernozem region]. Moscow, 1980, 309 p. [In Russian]
17. Pautova N. V. *Vestnik IrGSKhA* [Bulletin of Irkutsk State Agrarian University]. 2011, vol. 6, no. 44, pp. 102–110. [In Russian]

Кищенко Иван Тарасович

доктор биологических наук, профессор,
кафедра ботаники и физиологии
растений, Петрозаводский
государственный университет (Россия,
г. Петрозаводск, проспект Ленина, 33);
академик Российской академии
естествознания

E-mail: ivanki@karelia.ru

Kishchenko Ivan Tarasovich

Doctor of biological sciences, professor,
sub-department of botany and plant
physiology, Petrozavodsky State University
(33 Lenina avenue, Petrozavodsk, Russia);
Academician of the Russian Academy
of Natural History

Образец цитирования:

Кищенко, И. Т. Оценка перспективности интродукции видов *Abies* Mill. в таежной зоне (Карелия) / И. Т. Кищенко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 42–55. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-4.

УДК 598.112.23:591.16

DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-5

А. А. Кидов, И. З. Хайрутдинов, А. А. Иванов, Е. А. Кидова

ВОЗРАСТНАЯ СТРУКТУРА И РОСТ КРУГЛОГОЛОВКИ-ВЕРТИХВОСТКИ, *PHRYNOCEPHALUS GUTTATUS* (REPTILIA, SAURIA, AGAMIDAE) В ТЕРСКОМ ПЕСЧАНОМ МАССИВЕ (ВОСТОЧНОЕ ПРЕДКАВКАЗЬЕ)

Аннотация.

Актуальность и цели. Круглоголовка-вертихвостка – один из самых широко распространенных видов рода. До настоящего времени предпринимались попытки определить возраст и рост у этой ящерицы только с помощью выделения размерных групп или индивидуального мечения. Целью данного исследования являлась оценка возрастной структуры популяции и особенностей роста круглоголовки-вертихвостки в Терском песчаном массиве с помощью метода скелетохронологии.

Материалы и методы. В окрестностях поселка Песчаный Курского района Ставропольского края была поймана 81 ящерица. У круглоголовок измеряли длину тела (*SVL*) и хвоста (*LT*). Для определения возраста методом скелетохронологии использовали фалангу третьего пальца задней правой конечности. После этих процедур животных выпускали в природу.

Результаты. Большую часть пойманных ящериц составляли молодые животные (32 экземпляра или 39,5 %) и взрослые самцы (также 39,5 %). Взрослых самок было отловлено 17 экземпляров, или 21,0 %. По возрасту, определенному методом скелетохронологии, различались сеголетки (39,5 %), годовики (39,5 %), двухлетки (19,8 %) и трехлетки (1,2 %). В группе взрослых самцов абсолютное большинство составляли годовики (96,9 %), а двухгодовалая ящерица была только одна (3,1 %). У взрослых самок большая часть особей имела двухлетний возраст (88,2 %) и только по одному экземпляру (5,9 %) имели возраст года и трех лет. Длина тела ящериц в разном возрасте статистически достоверно различалась. Самые крупные размеры имели самые старшие животные.

Выводы. Ящерицы этого вида растут интенсивно всю свою жизнь, хорошо различаясь по длине тела в разных возрастных группах. По этой причине с высокой достоверностью можно различать особей разного возраста групп по размерам.

Ключевые слова: круглоголовка-вертихвостка, *Phrynocephalus guttatus*, возраст, рост, скелетохронология, Терский песчаный массив, Восточное Предкавказье.

© Кидов А. А., Хайрутдинов И. З., Иванов А. А., Кидова Е. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

A. A. Kidov, I. Z. Khayrutdinov, A. A. Ivanov, E. A. Kidova

**AGE STRUCTURE AND GROWTH OF THE SPOTTED
TOADHEAD AGAMA, *PHRYNOCEPHALUS GUTTATUS*
(REPTILIA, SAURIA, AGAMIDAE) IN TEREK SAND MASSIF
(EASTERN CISCAUCASIA)**

Abstract.

Background. The spotted toadheaded agama is one of the most widely distributed species of the genus. Until now, attempts have been made to determine the age and growth of this lizard only by selecting of size groups or individual tagging. The purpose of the study is to estimate the age structure of the population and the growth characteristics of the spotted toad-head agama in Terek Sand Massif using the method of skeletochronology.

Materials and methods. 81 lizards were caught in the vicinity of the Peschaniy settlement in Kursk district Stavropol Krai. The body length (*SVL*) and tail length (*LT*) were measured. To determine the age with skeletochronology method, the phalange of third finger from hind right limb was used. After these procedures, the animals were released into the nature.

Results. Most of the captured lizards were young animals (39,5 %) and adult males (39,5 %). Adult females were 21,0 %. In accordance to the age determined by the method of skeletochronology, there were juveniles (39,5 %), yearlings (39,5 %), two-year-olds (19,8 %) and three-year-olds (1,2 %). In the group of adult males, the absolute majority were yearlings (96,9 %), and there was only one two-year-old lizard (3,1 %). In adult females, the majority of individuals were two years old (88,2 %) and only one specimen was one year (5,9 %) and three years (5,9 %) old. The length of lizard's body at different age was statistically significantly different. The largest sizes had the oldest animals.

Conclusions. Lizards of this species grow intensively throughout their lives, differing well in body length in different age groups. For this reason, it is possible to distinguish individuals of different age groups by size with high confidence.

Keywords: the spotted toadhead agama, *Phrynocephalus guttatus*, age, growth, skeletochronology, Terek Sand Massif, Eastern Ciscaucasia.

Введение

Песчаные массивы Восточного Предкавказья служат крупным изолированным очагом распространения пустынных, туранских по происхождению, элементов герпетофауны [1]. При этом, в отличие от других, более северных пустынь Восточной Европы (например, песчаных массивов низовьев Волги), предкавказские пески характеризуются наибольшим видовым обилием туранских пресмыкающихся [2, 3]. Терские пески – один из трех (наряду с Кумским и Бажиганским) песчаных массивов Терско-Кумской низменности [4]. Терский песчаный массив в геоморфологическом отношении представляет собой эоловые формы рельефа подвижных и закрепленных песков, являющихся древнеаллювиальными четвертичными отложениями [5, 6]. Массив расположен на территории трех субъектов Российской Федерации (Ставропольский край, Чеченская Республика, Республика Дагестан) и ограничен с юга долиной р. Терек [6].

Длительное время для всех восточноевропейских пустынь [7, 8], включая Предкавказье [2], отмечается уменьшение площади незакрепленных пес-

ков, остепнение значительной их части. В качестве причин указывают увеличение суммы осадков, пескоукрепительные работы, снижение нагрузки со стороны скотоводства. Вследствие этих процессов происходит угнетение псаммофильных туранских пресмыкающихся, прежде всего – степной агамы, *Trapelus sanguinolentus* (Pallas, 1814), ушастой круглоголовки, *Phrynocephalus mystaceus* (Pallas, 1776), песчаного удавчика, *Eryx miliaris* (Pallas, 1773), что наглядно было показано в работе К. Ю. Лотиева и А. М. Батхиева [2]. Особенно ярко проявились эти процессы в 1990–2000-е гг., когда на фоне общего экономического упадка и вооруженных конфликтов на Северном Кавказе произошла деградация отгонного скотоводства. Однако в последние годы наметились тенденции в замедлении процессов остепнения, способствующие осторожному оптимизму в оценке перспектив сохранения туранских псаммофильных рептилий в регионе. С наступлением стабильности наблюдается локальное восстановление овцеводческих ферм, увеличение поголовья скота и, как следствие, приостановка зарастания участков с незакрепленным песком. Одним из таких мест является песчаный массив между поселками Южанин и Песчаный в Курском районе Ставропольского края. Эта территория характеризуется высоким разнообразием ландшафта – от выположенных участков с небольшими барханами до закрепленных травяной растительностью песчаных холмов (так называемых «бурунов»), в понижениях между которыми располагаются тополевыи роши. В этом локалитете, по нашим наблюдениям, сохраняется высокая численность круглоголовки-вертихвостки, *Ph. guttatus* (Gmelin, 1789), разноцветной, *Eremias arguta* (Pallas, 1773) и быстрой, *E. velox* (Pallas, 1771) ящурок, желтобрюхого полоза, *Dolichophis caspius* (Gmelin, 1789), отмечены единичные встречи *E. miliaris*.

Круглоголовка-вертихвостка – один из самых широко распространенных представителей рода *Phrynocephalus* Каур, 1825. Ареал вида охватывает северную подзону пустынь от юга европейской части России до западного Китая [9]. Европейские популяции вертихвостки в связи с деградацией местообитаний находятся в уязвимом состоянии [2, 8, 10]. Несмотря на это, даже в европейской части ареала круглоголовка-вертихвостка являлась объектом самых разнообразных исследований и может считаться хорошо изученным видом [11–15].

До настоящего времени исследования возрастной структуры популяций круглоголовки-вертихвостки проводились лишь с помощью выделения дискретных размерных групп или методом мечения с повторным отловом [16–19]. В то же время результаты изучения возраста и роста других ящериц [20–22], включая круглоголовок [23, 24], зачастую показывают, что животные одного возраста характеризуются разными темпами роста, а самые крупные животные в выборке – не самые старшие.

Целью настоящего исследования являлась оценка особенностей роста круглоголовки-вертихвостки и изучение возрастной структуры ее популяции в Терском песчаном массиве.

Материалы и методы

Ящериц отлавливали во II декаде сентября 2017 г. южнее поселка Песчаный в Курском районе Ставропольского края (43°53' с. ш.; 40°56' в. д.; 902 м над уровнем моря).

Отловленных животных разделяли на группы по внешним признакам полового диморфизма: самцы имели хорошо выраженную припухлость за клоакой и более яркую желтую окраску нижней поверхности основания хвоста. Сеголетков по полу не различали из-за нечеткой разницы в проявлении вышеупомянутых признаков. У круглоголовок с помощью механического штангенциркуля с погрешностью 0,5 мм по стандартной методике [25] измеряли длину тела (L) и хвоста (lcd), а после отсекали фалангу третьего, самого длинного, пальца задней правой конечности. После проведения всех процедур большинство животных выпускали в местах поимки, а 30 взрослых особей отобрали для дальнейшего содержания в лаборатории по общепринятым для аридных ящериц методикам [26].

Отсеченные фаланги пальцев хранили индивидуально в высушенном состоянии. Определение возраста ящериц осуществляли методом скелетохронологии по стандартной процедуре [27]. Фаланги пальцев декальцинировали выдерживанием в 5 %-м растворе азотной кислоты, после чего отмывали в проточной водопроводной воде. Фаланги с помощью замораживающего микротом-криостата марки МК-25 (производитель – Московский экспериментальный завод «Технолог», Россия) при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ нарезали на срезы толщиной 25 мкм. Окраску полученных препаратов осуществляли кислым гематоксилином Эрлиха в течение 5 мин. Для дальнейшей проводки использовали растворы глицерина концентрацией 25, 50 и 75 %, а затем помещали препараты в чистый глицерин. Число линий склеивания (LAG), равняющихся количеству задержек роста во время зимовки ящериц, на срезах оценивали под микроскопом при увеличении в 280 раз.

Всего были получены препараты от 81 круглоголовки. Для оценки достоверности различий между морфометрическими показателями животных в разных половозрастных группах применяли непараметрический критерий Манна – Уитни ($U_{\text{эмп}}$).

Результаты и обсуждение

В исследованной выборке круглоголовок-вертихвосток преобладали не дифференцирующиеся по внешним признакам на самцов и самок молодые животные (32 экземпляра или 39,5 %) и взрослые самцы (39,5 %). Взрослых самок было отловлено 17 экземпляров, или 21,0 % от всех ящериц. Анализируя возрастную структуру изученных животных, можно отметить превалирование младших возрастных групп – сеголеток (0+) и годовиков (1+) (по 32 экземпляра или 39,5 %). На двухлеток (2+) приходилось 19,8 % (16 экземпляров), а на трехлеток – 1,2 % (1 экземпляр) (рис. 1). В группе взрослых самцов абсолютное большинство составляли годовики (31 экземпляр или 96,9 %), двухгодовалая особь была лишь одна (3,1 %). У взрослых самок большая часть особей перезимовала дважды (2+ – 15 экземпляров, или 88,2 %) и лишь по одному экземпляру (5,9 %) было в группах годовиков и трехлеток.

Круглоголовки по длине тела четко дифференцировались на размерные группы, соотносящиеся с их возрастом (табл. 1, рис. 2). Сеголетки по этому показателю статистически значимо отличались от годовиков ($U_{\text{эмп}} = 7,0$; $p \leq 0,01$) и двухгодовых ($U_{\text{эмп}} = 0$; $p \leq 0,01$), годовики – от сеголетков и двухлеток ($U_{\text{эмп}} = 0$; $p \leq 0,01$). Достоверные различия наблюдались и по длине

хвоста: между сеголетками и годовиками ($U_{эмп} = 46,5; p \leq 0,01$), сеголетками и двухлетками ($U_{эмп} = 0; p \leq 0,01$), годовиками и двухгодовиками ($U_{эмп} = 55,0; p \leq 0,01$).

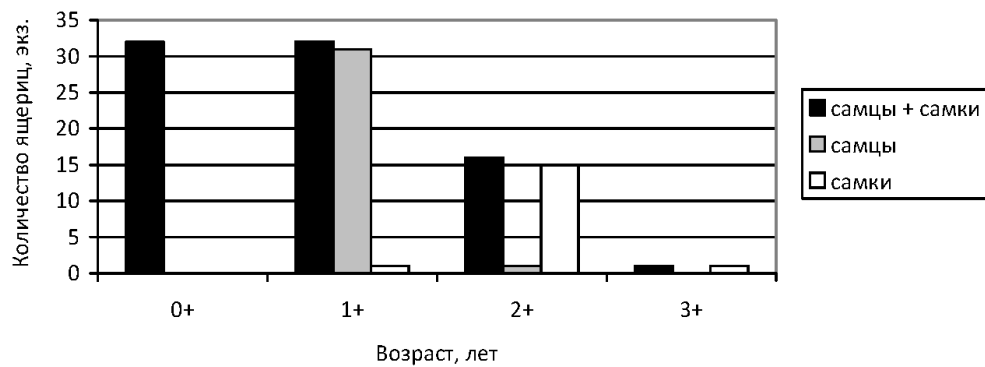


Рис. 1. Возрастная структура круглоголовки-вертихвостки в исследованной выборке

Таблица 1

Размерная характеристика круглоголовок-вертихвосток в разных половозрастных группах

Возраст, лет	Группа	n	$M \pm SD$ min-max	
			длина тела, мм	длина хвоста, мм
0+	самцы + самки	32	$32,7 \pm 2,20$ 29,0–36,0	$43,3 \pm 4,34$ 32,0–52,0
1+	самцы + самки	32	$40,0 \pm 2,19$ 35,0–44,0	$53,8 \pm 5,01$ 44,0–67,0
	самцы	31	$40,2 \pm 2,02$ 36,0–44,0	$53,9 \pm 5,04$ 44,0–67,0
	самки	1	35,0	50,0
2+	самцы + самки	16	$47,6 \pm 1,10$ 45,0–49,0	$62,0 \pm 5,07$ 56,0–76,0
	самцы	1	46,5	65,0
	самки	15	$47,7 \pm 1,10$ 45,0–49,0	$61,8 \pm 5,18$ 56,0–76,0
3+	самцы + самки	1	52,0	73,0
	самцы	0	–	–
	самки	1	52,0	73,0

Примечание. M – среднее арифметическое значение признака; SD – стандартное отклонение; n – количество изученных животных; min-max – размах признака.

По наблюдениям в Астраханской области [19] было выявлено, что новорожденные круглоголовки-вертихвостки при вылуплении имеют длину тела 25 мм. Взяв этот размер за исходный для ящериц исследуемой нами популяции, можно утверждать, что уже к первой осени сеголетки (0+) увеличива-

ют длину тела на 16–44 %, ко второй (1+) – на 40–76 %, к третьей (2+) – на 80–96 %, а к четвертой (3+) – на 108 % от длины тела при рождении. Полученные данные позволяют утверждать, что круглоголовки-вертихвостки интенсивно растут всю свою жизнь (рис. 2). При этом в первый год жизни темпы роста ящериц из Терских песков, вероятно, выше, чем на Нижней Волге. Так, по свидетельству Г. В. Польшовой и С. С. Мишустина [18], сеголетки круглоголовки-вертихвостки в Астраханской области к сентябрю достигают длины лишь 25–31 мм.

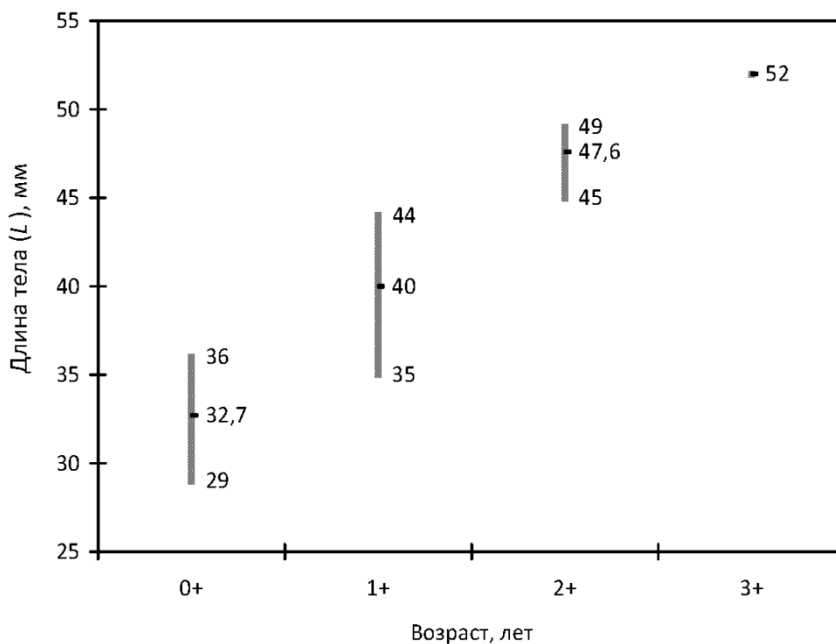


Рис. 2. Длина тела (L) круглоголовки-вертихвостки в разном возрасте

Из 30 отобранных для дальнейшего содержания в лаборатории годовиков (самцы) и двухлеток (самки) на лето 2020 г. сохранилось 15 особей. Наибольшая элиминация у ящериц в искусственных условиях отмечалась во время зимовки, что, вероятно, происходит и в природе. До настоящего времени выжившие круглоголовки сохранили фертильность, и кладки яиц в террариуме мы находим ежегодно. Таким образом, в искусственных условиях особи *Ph. guttatus* способны доживать и размножаться, как минимум, до возраста 4–5 лет. При этом ящерицы достигли очень крупных размеров, приближающихся к отмеченному для этого вида максимуму (по сведениям А. Г. Банникова с соавторами [25], а также Г. В. Польшовой и С. С. Мишустина [18], длина тела круглоголовки-вертихвосток не превышает 56 мм) (табл. 2).

Стоит отметить, что уже после года содержания в искусственных условиях желтая окраска нижней стороны хвоста у круглоголовки пропадает. Исчезновение желтой окраски хвоста у животных старших возрастов отмечалось и для природы [19].

Интересным представляется сравнение возрастной структуры и роста круглоголовки-вертихвостки с другими изученными с помощью метода скелетохронологии представителями рода.

Размерная характеристика круглоголовок-вертихвосток, выращенных в лабораторных условиях

Группа	n	$M \pm SD$ min-max	
		длина тела, мм	длина хвоста, мм
Самцы	11	$51,3 \pm 1,49$ 48,7–53,8	$64,4 \pm 4,87$ 56,0–73,0
Самки	4	$52,1 \pm 2,08$ 50,1–55,0	$61,9 \pm 4,93$ 55,0–66,7

Так, у 27 исследованных экземпляров закавказской круглоголовки, *Ph. horvathi* (Méhely, 1894) из северо-восточной Турции возраст составил 1–5 лет (22,2 % годовиков, 25,9 % двухлеток, 11,1 % трехлеток, 33,3 % четырехлеток и 7,4 % пятилеток) [23]. Несмотря на то, что самый крупный экземпляр этого вида имел пятилетний возраст, по длине тела животные разных возрастных категорий, за исключением годовиков, имели широкое перекрытие, что не позволяло достоверно установить их возраст по размерам.

У песчаной круглоголовки, *Ph. interscapularis* Lichtenstein, 1856 возраст изученных 50 особей из коллекции Зоологического института РАН варьировал в пределах 1–3 лет (37,5 % годовиков, 39,6 % двухлеток и 22,9 % трехлеток), а наиболее крупные ящерицы не являлись самыми старшими [24].

Также по результатам скелетохронологического исследования можно отметить, что до 5 лет доживают пестрая, *Ph. versicolor* Strauch, 1876 [28] и зайсанская, *Ph. melanurus* Eichwald, 1831 [29] круглоголовки.

Таким образом, если полученные в ходе настоящего исследования данные о возрастной структуре круглоголовки-вертихвостки в целом согласуются с результатами, полученными при изучении других представителей рода, то рост *Ph. guttatus* имеет свои особенности. Ящерицы этого вида всю жизнь растут интенсивно, без заметного затухания роста при достижении половой зрелости, и хорошо различаются по длине тела в разных возрастных группах. Можно утверждать, что этот вид является одним из немногих, у которых можно с высокой достоверностью различать животных разных возрастных групп по размерам.

Библиографический список

1. **Туниев, Б. С.** Змеи Кавказа: таксономическое разнообразие, распространение, охрана / Б. С. Туниев, Н. Л. Орлов, Н. Б. Ананьева, А. Л. Агасян. – Санкт-Петербург ; Москва : Товарищество научных изданий «КМК», 2009. – 223 с.
2. **Лотиев, К. Ю.** О деградации Туранского герпетофаунистического комплекса в Терском песчаном массиве (Восточное Предкавказье) / К. Ю. Лотиев, А. М. Батхиев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 2 (26). – С. 115–128. – DOI 10.21685/23079150-2019-2-12.
3. **Аскендеров, А. Д.** Фауна амфибий и рептилий Терско-Кумской низменности Дагестана / А. Д. Аскендеров, Л. Ф. Мазанаева, У. А. Гичиханова // Вестник Дагестанского научного центра РАН. – 2017. – № 66. – С. 10–16.
4. **Гвоздецкий, Н. А.** Кавказ / Н. А. Гвоздецкий. – Москва : Гос. изд-во географической литературы, 1963. – 262 с.

5. **Язан, П. Г.** Терско-Кумские пески, их закрепление и использование в сельском и лесном хозяйстве / П. Г. Язан. – Грозный : Книжное изд-во, 1955. – 79 с.
6. **Сурхаев, Г. А.** Опыт лесомелиорации экосистем песчаных массивов Терско-Кумского междуречья / Г. А. Сурхаев, И. Г. Сурхаев, К. Н. Кулик, Г. П. Стародубцева // Экосистемы: экология и динамика. – 2019. – Т. 3, № 4. – С. 5–23. – DOI 10.24411/2542-2006-2019-10043.
7. **Мишустин, С. С.** Динамика фитоценозов в полупустынях юго-восточной части Нижнего Поволжья / С. С. Мишустин, Г. В. Польшова // Вестник Института комплексных исследований аридных территорий. – 2019. – № 1-1 (38). – С. 10, 11. – DOI 10.24411/2071-7830-2019-10002.
8. **Польшова, Г. В.** Динамика герпетокомплекса песчаных полупустынь Астраханской области / Г. В. Польшова, С. С. Мишустин, О. Е. Польшова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 2 (26). – С. 150–163. – DOI 10.21685/2307-9150-2019-2-15.
9. **Ананьева, Н. Б.** Земноводные и пресмыкающиеся. Энциклопедия природы России / Н. Б. Ананьева, Л. Я. Боркин, И. С. Даревский, Н. Л. Орлов. – Москва : АБФ, 1998. – 576 с.
10. **Tabachishin, V. G.** Spatial distribution and abundance trends of spotted toad-headed agama, *Phrynocephalus guttatus*, in its northern habitat in the Volga region / V. G. Tabachishin // Современная герпетология. – 2010. – Т. 10, № 3-4. – С. 155, 156.
11. **Накаренко, Е. Г.** Распространение и особенности экологии круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus*) песчаных пустынь северного Прикаспия / Е. Г. Накаренко // Поволжский экологический журнал. – 2003. – № 1. – С. 77–81.
12. **Табачишин, В. Г.** Эколого-кариологические особенности круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus*) на севере Нижнего Поволжья / В. Г. Табачишин, Э. И. Кайбелева, Е. В. Завьялов, Г. В. Шляхтин // Поволжский экологический журнал. – 2005. – № 2. – С. 180–184.
13. **Польшова, Г. В.** Учет особенностей активности при оценке численности популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus*) / Г. В. Польшова, А. В. Бажинова // Зоологический журнал. – 2012. – Т. 91, № 11. – С. 1411.
14. **Польшова, Г. В.** Динамика численности популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus* Gmel.) в песчаных полупустынях Астраханской области / Г. В. Польшова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2014. – Т. 16, № 5-1. – С. 443, 444.
15. **Окштейн, И. Л.** Термобиология круглоголовки-вертихвостки *Phrynocephalus guttatus* (Gmelin, 1789) в Астраханской области / И. Л. Окштейн // Вестник Санкт-Петербургского университета. Сер. 3, Биология. – 2016. – № 3. – С. 107–112. – DOI 10.21638/11701/spbu03.2016.318.
16. **Брушко, З. К.** Ящерицы пустынь Казахстана / З. К. Брушко. – Алматы : Конжык, 1995. – 231 с.
17. **Польшова, Г. В.** Динамика половозрастной структуры популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus* Gmel.) в песчаных полупустынях Астраханской области / Г. В. Польшова, А. В. Бажинова, О. Е. Польшова // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2014. – № 4. – С. 11–24.
18. **Польшова, Г. В.** Сезонные изменения половозрастной структуры популяции круглоголовки-вертихвостки (*Phrynocephalus guttatus guttatus* Gmel.) / Г. В. Польшова, С. С. Мишустин // Вестник Российского университета дружбы народов. Сер.: Экология и безопасность жизнедеятельности. – 2017. – Т. 25, № 3. – С. 431–441. – DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-3-431-441.
19. Скорость роста круглоголовок-вертихвосток (*Phrynocephalus guttatus guttatus*) в Астраханской области / И. Л. Окштейн, А. А. Корнеева, А. В. Менделевич, Л. Н. Васильева, А. В. Садовская, П. А. Галкина // Известия высших учебных заве-

- дений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2019. – № 1 (25). – С. 126–137. – DOI 10.21685/2307-9150-2019-1-13.
20. **Кидов, А. А.** Возраст, рост и размножение понтийской ящерицы, *Darevskia pontica* (Lantz et Cugen, 1919) на Северо-Западном Кавказе / А. А. Кидов, А. Л. Тимошина, И. З. Хайрутдинов, К. А. Матушкина // Вестник Московского государственного областного университета. Сер.: Естественные науки. – 2016. – № 4. – С. 17–25.
21. **Кидов, А. А.** Возраст, рост и размножение арвинской ящерицы, *Darevskia derjugini* (Nikolsky, 1898) на северо-восточной периферии ареала / А. А. Кидов, А. Л. Тимошина, И. З. Хайрутдинов, К. А. Матушкина // Вестник Чувашского государственного педагогического университета имени И. Я. Яковлева. – 2017. – № 1 (93). – С. 18–24.
22. **Кидов, А. А.** Возрастная структура и половой диморфизм у ящерицы Браунера, *Darevskia brauneri* (Mehely, 1909) в предгорьях Северо-Западного Кавказа / А. А. Кидов, И. З. Хайрутдинов, К. А. Матушкина // Вестник Тверского государственного университета. Сер.: Биология и экология. – 2018. – № 4. – С. 30–37. – DOI 10.26456/vtbio25.
23. **Çiçek, K.** Preliminary data on the age structure of *Phrynocephalus horvathi* in Mount Ararat (Northeastern Anatolia, Turkey) / K. Çiçek, M. Kumaş, D. Ayaz, C. V. Tok // Biharean Biologist. – 2012. – Vol. 6, № 2. – P. 112–115.
24. **Smirina, E. M.** On the longevity, growth and reproductive characteristics of Lichtenstein's toadhead agama, *Phrynocephalus interscapularis* Lichtenstein, 1856 (Agamidae, Sauria) / E. M. Smirina, N. B. Ananjeva // Amphibia-Reptilia. – 2017. – Vol. 38, iss. 1. – P. 31–39. – DOI 10.1163/15685381-00003080.
25. Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / А. Г. Банников, И. С. Даревский, В. Г. Ищенко, А. К. Рустамов, Н. Н. Щербак. – Москва : Просвещение, 1977. – 415 с.
26. К изучению репродуктивной биологии ящурок *Eremias nigrocellata* и *E. regeli* (Reptilia, Squamata, Lacertidae) на юге Таджикистана / А. А. Кидов, А. А. Иванов, Е. А. Столярова, Т. Э. Кондратова, Е. А. Немько, С. Г. Пыхов, Т. К. Железнова // Естественные и технические науки. – 2019. – № 12 (138). – С. 112–115.
27. **Смирин, Э. М.** Методика определения возраста амфибий и рептилий по слоям в кости / Э. М. Смирин // Руководство по изучению земноводных и пресмыкающихся. – Киев, 1989. – С. 144–153.
28. **Smirina, E. M.** Age structure of population of *Phrynocephalus versicolor* in the Transaltai Gobi / E. M. Smirina // First World Congress of Herpetology. – Canterbury, UK, 1989. – P. 12.
29. **Смирин, Э. М.** К вопросу об эфемерности мелких видов пустынных ящериц (на примере агамовых) / Э. М. Смирин, Н. Б. Ананьева // Зоологический журнал. – 2001. – Т. 80, № 1. – С. 115–117.

References

1. Tuniev B. S., Orlov N. L., Anan'eva N. B., Agasyan A. L. *Zmei Kavkaza: taksonomicheskoe raznoobrazie, rasprostranenie, okhrana* [Snakes of the Caucasus: taxonomic diversity, distribution, protection]. Saint-Petersburg; Moscow: Tovarischestvo nauchnykh izdaniy «КМК», 2009, 223 p. [In Russian]
2. Lotiev K. Yu., Batkhiev A. M. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2019, no. 2 (26), pp. 115–128. DOI 10.21685/23079150-2019-2-12. [In Russian]
3. Askenderov A. D., Mazanaeva L. F., Gichikhanova U. A. *Vestnik Dagestanskogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of Dagestan Center of the Russian Academy of Sciences]. 2017, no. 66, pp. 10–16. [In Russian]

4. Gvozdetskiy N. A. *Kavkaz* [Caucasus]. Moscow: Gos. izd-vo geograficheskoy literatury, 1963, 262 p. [In Russian]
5. Yazan P. G. *Tersko-Kumskie peski, ikh zakreplenie i ispol'zovanie v sel'skom i lesnom khozyaystve* [Tersko-Kumsky sands, their consolidation and use in agriculture and forestry]. Groznyy: Knizhnoe izd-vo, 1955, 79 p. [In Russian]
6. Surkhaev G. A., Surkhaev I. G., Kulik K. N., Starodubtseva G. P. *Ekosistemy: ekologiya i dinamika* [Ecosystems: ecology and dynamics]. 2019, vol. 3, no. 4, pp. 5–23. DOI 10.24411/2542-2006-2019-10043. [In Russian]
7. Mishustin S. S., Polynova G. V. *Vestnik Instituta kompleksnykh issledovaniy aridnykh territoriy* [Bulletin of the Institute for Integrated Research of Arid Areas]. 2019, no. 1-1 (38), pp. 10, 11. DOI 10.24411/2071-7830-2019-10002. [In Russian]
8. Polynova G. V., Mishustin S. S., Polynova O. E. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2019, no. 2 (26), pp. 150–163. DOI 10.21685/2307-9150-2019-2-15. [In Russian]
9. Anan'eva N. B., Borkin L. Ya., Darevskiy I. S., Orlov N. L. *Zemnovodnye i presmykayushchiesya. Entsiklopediya prirody Rossii* [Amphibians and reptiles. Encyclopedia of Nature of Russia]. Moscow: ABF, 1998, 576 p. [In Russian]
10. Tabachishin V. G. *Sovremennaya gerpetologiya* [Modern herpetology]. 2010, vol. 10, no. 3-4, pp. 155, 156. [In Russian]
11. Nakarenok E. G. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Povolzhsky ecological journal]. 2003, no. 1, pp. 77–81. [In Russian]
12. Tabachishin V. G., Kaybeleva E. I., Zav'yalov E. V., Shlyakhtin G. V. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Povolzhsky ecological journal]. 2005, no. 2, pp. 180–184. [In Russian]
13. Polynova G. V., Bazhinova A. V. *Zoologicheskiy zhurnal* [Zoological journal]. 2012, vol. 91, no. 11, p. 1411. [In Russian]
14. Polynova G. V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk* [Proceedings of Samara Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. 2014, vol. 16, no. 5-1, pp. 443, 444. [In Russian]
15. Okshteyn I. L. *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Ser. 3, Biologiya* [Bulletin of Saint Petersburg University. Series 3, Biology]. 2016, no. 3, pp. 107–112. DOI 10.21638/11701/spbu03.2016.318. [In Russian]
16. Brushko Z. K. *Yashcheritsy pustyn' Kazakhstana* [Lizards of the Kazakhstan deserts]. Almaty: Konzhyk, 1995, 231 p. [In Russian]
17. Polynova G. V., Bazhinova A. V., Polynova O. E. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of RUDN University. Series: Ecology and life safety]. 2014, no. 4, pp. 11–24. [In Russian]
18. Polynova G. V., Mishustin S. S. *Vestnik Rossiyskogo universiteta druzhby narodov. Ser.: Ekologiya i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti* [Bulletin of RUDN University. Series: Ecology and life safety]. 2017, vol. 25, no. 3, pp. 431–441. DOI 10.22363/2313-2310-2017-25-3-431-441. [In Russian]
19. Okshteyn I. L., Korneeva A. A., Mendelevich A. V., Vasil'eva L. N., Sadovskaya A. V., Galkina P. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2019, no. 1 (25), pp. 126–137. DOI 10.21685/2307-9150-2019-1-13. [In Russian]
20. Kidov A. A., Timoshina A. L., Khayrutdinov I. Z., Matushkina K. A. *Vestnik Moskovskogo gosudarstvennogo oblastnogo universiteta. Ser.: Estestvennye nauki* [Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences]. 2016, no. 4, pp. 17–25. [In Russian]
21. Kidov A. A., Timoshina A. L., Khayrutdinov I. Z., Matushkina K. A. *Vestnik Chuvashskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni I. Ya. Yakovleva* [Bulletin of I. Yakovlev Chuvash State Pedagogical University]. 2017, no. 1 (93), pp. 18–24. [In Russian]

22. Kidov A. A., Khayrutdinov I. Z., Matushkina K. A. *Vestnik Tverskogo gosudarstvenno-go universiteta. Ser.: Biologiya i ekologiya* [Bulletin of Tver State University. Series: Biology and ecology]. 2018, no. 4, pp. 30–37. DOI 10.26456/vtbio25. [In Russian]
23. Çiçek K., Kumaş M., Ayaz D., Tok C. V. *Biharean Biologist* [Biharean Biologist]. 2012, vol. 6, no. 2, pp. 112–115.
24. Smirina E. M., Ananjeva N. B. *Amphibia-Reptilia*. 2017, vol. 38, iss. 1, pp. 31–39. DOI 10.1163/15685381-00003080.
25. Bannikov A. G., Darevskiy I. S., Ishchenko V. G., Rustamov A. K., Shcherbak N. N. *Opredelitel' zemnovodnykh i presmykayushchikhsya fauny SSSR* [Identifier of amphibians and reptiles of the fauna of the USSR]. Moscow: Prosveshchenie, 1977, 415 p. [In Russian]
26. Kidov A. A., Ivanov A. A., Stolyarova E. A., Kondratova T. E., Nemyko E. A., Pykhov S. G., Zheleznova T. K. *Estestvennye i tekhnicheskie nauki* [Natural and technical sciences]. 2019, no. 12 (138), pp. 112–115. [In Russian]
27. Smirina E. M. *Rukovodstvo po izucheniyu zemnovodnykh i presmykayushchikhsya* [Guide to the Study of Amphibians and Reptiles]. Kiev, 1989, pp. 144–153. [In Russian]
28. Smirina E. M. *First World Congress of Herpetology*. Canterbury, UK, 1989, p. 12.
29. Smirina E. M., Anan'eva N. B. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal] 2001, vol. 80, no. 1, pp. 115–117. [In Russian]

Kidov Artem Aleksandrovich

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра зоологии, Российский
государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: kidov_a@mail.ru

Kidov Artem Aleksandrovich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of zoology,
Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
(49 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Хайрутдинов Ильдар Зиннурович

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра биоресурсов и аквакультуры,
Институт фундаментальной медицины
и биологии, Казанский (Приволжский)
федеральный университет (Россия,
г. Казань, ул. Кремлевская, 18)

E-mail: ildar.hairutdinov@kpfu.ru

Khayrutdinov Il'dar Zinnurovich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of biological
resources and aquaculture, Institute
of Fundamental Medicine and Biology,
Kazan (Volga region) Federal University
(18 Kremlevskaya street, Kazan, Russia)

Иванов Андрей Алексеевич

студент, Российский государственный
аграрный университет – МСХА
имени К. А. Тимирязева (Россия,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: kidov_a@mail.ru

Ivanov Andrey Alekseevich

Student, Russian State Agrarian University –
Moscow Timiryazev Agricultural Academy
(49 Timiryazevskaya street, Moscow,
Russia)

Кидова Елена Александровна

инженер, кафедра зоологии, Российский
государственный аграрный университет –
МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия,
г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: nemyko_e@mail.ru

Kidova Elena Aleksandrovna

Engineer, sub-department of zoology,
Russian State Agrarian University – Moscow
Timiryazev Agricultural Academy
(49 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Кидов, А. А. Возрастная структура и рост круглоголовки-вертихвостки, *Phrynocephalus guttatus* (Reptilia, Sauria, Agamidae) в Терском песчаном массиве (Восточное Предкавказье) / А. А. Кидов, И. З. Хайрутдинов, А. А. Иванов, Е. А. Кидова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 56–67. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-5.

ИХТИОФАУНА ПОЙМЕННЫХ ОЗЕР ДОЛИНЫ РЕКИ СУРЫ В ПРЕДЕЛАХ ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕРА ПЕЧАРКА¹

Аннотация.

Актуальность и цели. Пойменные озера играют важную роль в жизни речных экосистем. Они оказывают положительное влияние на качество воды, поступающей в речное русло, служат основными поставщиками фито- и зоопланктона для обитателей проточных речных вод и местом нереста и нагула многих видов рыб, живущих в реке. В последние десятилетия наблюдается процесс активной деградации экосистем этих водоемов. Поэтому выявление слабо нарушенных экосистем озер- стариц с хорошо сохранившейся ихтиофауной и включение их в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в статусе памятников природы регионального значения представляет собой актуальную научную задачу. Одним из таких водоемов является озеро Печарка, расположенное в пойме р. Суры в Никольском районе Пензенской области. В связи с этим целью данной работы было исследование ихтиофауны озера, ее численности и разработка рекомендаций о целесообразности включения водоема в состав ООПТ в статусе памятника природы регионального значения.

Материалы и методы. Ихтиологические исследования на оз. Печарка проводили в августе–октябре 2019 г. на трех участках водоема: верхнем мелководном плесе, на мелководьях левого и правого побережья центрального плеса. Анализировали рыбу из ставных сетей и других орудий лова, вели исследование подводной видеокамерой. Биологический анализ рыбы, экспертную оценку численности и ихтиомассы рыб осуществляли по общепринятым методикам. Проводили также сравнительную характеристику с результатами исследований на другом пойменном водоеме р. Суры – эталонном оз. Сандерка, включенном ранее в состав ООПТ.

Результаты. В результате исследований на оз. Печарка выявлено 15 видов рыб. Наиболее массовым видом из них является плотва *Rutilus rutilus*, еще ряд видов – окуня *Perca fluviatilis*, красноперку *Scardinius erythrophthalmus*, леща *Abramis brama*, карася *Carassius auratus* и щуку *Esox lucius* – можно отнести к обычным видам рыб, прочие рыбы малочисленны. Рыбы озера относятся к пяти фаунистическим комплексам: бореальный равнинный, третичный равнинный пресноводный, понтокаспийский пресноводный, арктический пресноводный, бореальный предгорный. Для ихтиофауны озера характерен невысокий темп роста рыб. Причины тотального преобладания самок среди проанализированных рыб требуют специальных исследований. Общая численность промысловых рыб с возраста 2 года и старше оценивается на уровне – 7 тыс. экз./га, ихтиомасса – 164 кг/га.

¹ Работы выполнялись при финансовой поддержке Министерства лесного, охотничьего хозяйства и природопользования Пензенской области в рамках госконтракта № 8 от 26 августа 2019 г.

© Асанов А. Ю., Иванов А. И., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

Выводы. В оз. Печарка сохранилась богатая исторически сложившаяся ихтиофауна, что свидетельствует об уникальности данного водоема в отношении видового разнообразия. Высокое биоразнообразие озера связано как с постоянством условий обитания в водоеме, так и с периодом весеннего половодья, когда водоем может соединяться с р. Сурой, следствием чего является видовое «обогащение» ихтиофауны. Поэтому здесь обитают виды, характерные как для проточных водоемов, так и для замкнутых, не имеющих течения. Оз. Печарка обладает уникальными условиями для сохранения биоразнообразия и поддержания высокой численности рыб – фитофилов, бентофагов, зарослевых хищников. В настоящее время богатый лимнофильный комплекс – весьма редкое явление для пойменных водоемов р. Суры. В связи с этим возникает необходимость внести его в состав особо охраняемых природных территорий Пензенской области в статусе памятника природы регионального значения.

Ключевые слова: пойменные озера, ихтиофауна, численность, ихтиомасса, фаунистический комплекс, памятник природы.

A. Yu. Asanov, A. I. Ivanov

THE ICHTHYOFAUNA OF THE LAKES OF THE SURA RIVER VALLEY IN PENZA REGION BY THE EXAMPLE OF LAKE PECHARKA

Abstract.

Background. The lakes that are in the region play an important role in the life of river ecosystems. They have a positive impact on the quality of water entering the river channel, serve as the main suppliers of phyto- and zooplankton for the inhabitants of flowing river water and a place of spawning and foraging of many species of fish living in the river. In recent decades, there has been a process of active degradation of the ecosystems of these reservoirs. Therefore, the identification of poorly disturbed ecosystems of lakes-stars with well-preserved ichthyofauna and their inclusion in the specially protected natural areas (PLA) in the status of natural monuments of regional importance is an actual scientific task. One of these bodies of water is Lake Pecharka, located in the Sura river in the Nikolsky district of the Penza region. In this regard, the purpose of this work was to study the lake's ichthyofauna, its size and develop recommendations on the feasibility of including the reservoir in the protected area in the status of a natural monument of regional importance.

Materials and methods. Ichthyological studies on Lake Pecharka were carried out in August – October 2019 in three areas of the reservoir: the upper shallow reach, in the shallow waters of the left and right coast of the central reach. We analyzed fish from fixed nets and other fishing gear, conducted research with an underwater video camera. Biological analysis of fish, expert assessment of the number and ichthyomass of fish were carried out according to conventional methods. We have also conducted a comparative characteristic with the results of studies on another lake of the Sura River basin – the reference lake. Sanderka, included in the PLO.

Results. As a result of research on the Lake Pecharka has identified 15 species of fish. The most widespread species of them is the roach *Rutilus rutilus*, a number of other species – perch *Perca fluviatilis*, rudd *Scardinius erythrophthalmus*, bream *Abramis brama*, crucian carp *Carassius auratus* and pike *Esox lucius* can be attributed to common fish species, other fish are few in number. Fish of the lake belong to 5 fauna complexes: boreal plain, tertiary plain freshwater, pontocaspian freshwater, arctic freshwater, boreal foothill. The lake's ichthyofauna is characterized by a low growth rate of fish. The reasons for the total predominance of females among

the fish analyzed require special research. The total number of commercial fish from the age of 2 years and older is estimated at 7000 ex/ha, ichthyomassa – 164 kg/ha.

Conclusions. In the Lake Pecharka has been preserved rich historically formed ichthyofauna, which testifies to the uniqueness of this body of water in relation to species diversity. The high biodiversity of the lake is associated with both the permanence of habitats in the reservoir, and the period of spring flood, when the reservoir can connect to the river Sura, which is the result of the species “enrichment” of ichthyofauna. Therefore, there are species characteristic of both flowing reservoirs, and closed, without currents. The Lake Pecharka furnace has unique conditions for the preservation of biodiversity and maintenance of a high number of fish – phytophiles, bentofags, predators. Currently, a rich limnophilic complex is a very rare phenomenon for the river Sura’ river-covered reservoirs. In this regard, it is necessary to make it into the specially protected natural areas of the Penza region in the status of a natural monument of regional importance.

Keywords: floodplain lakes, ichthyofauna, abundance, ichthyomass, faunal complex, natural monument.

Введение

В верхнем течении р. Суры, которое располагается на территории Пензенской области, насчитывается около 90 пойменных озер, что составляет до 40 % озерного фонда региона. Изменение гидрологического режима во второй половине XX в. в результате проведения осушительных мелиоративных работ в пойме, строительства Сурского гидроузла, зарастание из-за прекращения выпаса скота по берегам приводят к их активной деградации. Учитывая огромное значение озер- стариц в вопросах фильтрации воды, попадающей в основное русло реки, воспроизводственный потенциал для водных биологических ресурсов, выявление слабо нарушенных экосистем озер- стариц с хорошо сохранившейся ихтиофауной и включение их в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ) в статусе памятников природы регионального значения представляет собой актуальную научную задачу [1–6]. Одним из таких водоемов является озеро Печарка, расположенное в пойме р. Суры в Никольском районе Пензенской области. В связи с этим целью данной работы было исследование ихтиофауны озера Печарка, оценка рыбохозяйственного значения водоема и разработка рекомендаций о целесообразности включения его в состав ООПТ в статусе памятника природы регионального значения.

Материалы и методы

Ихтиологические исследования на оз. Печарка проводились в августе–октябре 2019 г. на трех участках основной акватории озера: нижнем мелководном плесе, на мелководьях левого и правого побережья центрального плеса. Оценивались воспроизводственные возможности озера. Для отлова рыбы использовали ставные сети с размером ячеи 20 мм, высотой 1,8 м, длиной 70 м и другие орудия лова, также рыбу учитывали подводной видеокамерой CALYPSO FDV-1110. Опрашивали сотрудников Минлесхоза Лунинского района Пензенской области, рыболовов-любителей. Отловлено, учтено и использовано для работы потенциально половозрелых рыб в возрасте 2+ лет и старше – 110 экземпляров. Биологический анализ рыбы, экспертную оценку

численности и ихтиомассы рыб осуществляли по общепринятым методикам [7–10]. Проводили сравнительную характеристику с результатами исследований на другом пойменном водоеме р. Суры – эталонном оз. Сандерка, включенном ранее в состав ООПТ [4].

Результаты и обсуждение

Описание водоема

Оз. Печарка располагается в левобережной пойме р. Суры в непосредственной близости к левому борту ее долины на расстоянии 0,9–1,7 км от основного русла реки в границах Ильминского сельсовета Никольского района Пензенской области. Протяженность гидравлической связи между озером и рекой составляет 3,2 км.

Коренные породы, подстилающие пойму, представлены нижнемеловыми песчано-глинистыми отложениями альбского яруса. Средняя глубина их залегания на рассматриваемом участке долины р. Суры составляет 14–15 м. Меловые отложения в пойме перерывы аллювием, представленным на рассматриваемой территории крупнозернистым белым песком, которым сложено дно озера. Водоем имеет не типичную для пойменного озера форму вытянутого в длину клина. Кроме того, его ширина в два раза превышает ширину основного русла р. Суры. Это дает основание предполагать, что в формировании озера принимали участие не только аллювиальные, но и тектонические процессы.

Оз. Печарка – проточный водоем. Его питание осуществляется за счет притока ручья Соколовка, который впадает в него в средней части озера. Абсолютные высоты по урезу воды в осеннюю межень имеют небольшой перепад в 0,09 м. В верховьях высота уреза воды над уровнем моря составляет 120,08 м, в нижней части озера в месте перехода его в узкую протоку – 119,99 м. Это обеспечивает проточность рассматриваемого водоема. Протока из оз. Печарка впадает не непосредственно в р. Суру, а проходит через каскад мелких сильно заросших озер с заболоченными берегами, представляющими собой труднопроходимую местность. Озеро находится в притеррасной пойме и лишь в средней части примыкает к левому борту долины р. Суры, где высота коренного берега достигает максимального значения и составляет 11,8 м. На протяжении всей остальной береговой линии берега низкие: от 1,5 м в верховьях до 1,7 м в низовьях. Поверхность прилегающей к озеру территории представляет собой плоскую местами заболоченную аллювиальную равнину.

Общая длина водоема – 2,66 км, общая площадь – 15,3 га. Правый берег низкий заболоченный, поросший водно-болотной и луговой растительностью; левый берег высотой 1–2 м на центральном плесе покрытый лесом. Ширина озера на нижнем плесе до 80 м, глубины по руслу 2,8–3,2 м, средние – около 1 м. Обширные мелководья, поросшие кувшинкой чисто-белой и кубышкой желтой, шириной до 30 м по правой стороне плеса и до 2–4 м по его левой. Мелководья в высокой степени закоряжены.

Ширина озера на центральном плесе до 230 м. Основные глубины по руслу составляют 3,5–4,5 м. Обширные мелководья с глубинами до 2 м, поросшие кувшинкой чисто-белой, шириной до 50 м по левой стороне плеса,

шириной до 2–4 м по правой. Дно глинистое, заиленное с отдельными плоскими камнями, с отмершими растительными остатками. Прозрачность в летне-осенний период высокая – 1,2 м, течение отсутствует.

Ихтиофауна озера

В результате исследований в 2019 г. в оз. Печарка выявлено 15 видов рыб. В табл. 1 представлен состав ихтиофауны озера в сравнении с эталонным пойменным озером- старицей ООПТ Сандерка. В уловах ставными сетями, прочими орудиями лова и при съемке подводной видеокамерой всегда отмечались три вида – плотва, красноперка и окунь, которые относятся к промысловым видам. Наиболее массовым из них является плотва, еще ряд видов – окуня, красноперку, леща, карася и щуку – можно отнести к обычным видам рыб, прочие рыбы малочисленны.

Таблица 1
Состав ихтиофауны и относительная численность рыб озер Печарка и Сандерка

Видовой состав	Относительная численность	
	Оз. Печарка	Оз. Сандерка
Семейство Esocidae		
1. <i>Esox lucius</i> L. (щука)	++	++
Семейство Cyprinidea		
2. <i>Abramis brama</i> L. (лещ)	++	++
3. <i>Abramis sapa</i> Pall. (белоглазка)	–	+
4. <i>Blicca bjoerkna</i> L. (густера)	+	+
5. <i>Carassius auratus</i> L. (серебряный карась)	++	++
6. <i>Cyprinus carpio</i> L. (сазан)	++	+
7. <i>Leuciscus idus</i> L. (язь)	+	+
8. <i>Leucaspis delineatus</i> Heckel (верховка)	+	++
9. <i>Rhodeus sericeus</i> Pall. (горчак)	+	++
10. <i>Rutilus rutilus</i> L. (плотва)	+++	+++
11. <i>Scardinius erythrophthalmus</i> L. (красноперка)	++	+++
12. <i>Tinca tinca</i> L. (линь)	+	+
Семейство Cobitidae		
13. <i>Misgurnus fossilis</i> L. (вьюн)	+	–
Семейство Balitoridae		
14. <i>Barbatula barbatula</i> L. (усатый голец)	+	+
Семейство Lotidae		
15. <i>Lota lota</i> L. (налим)	+	+
Семейство Percidae		
16. <i>Perca fluviatilis</i> L. (окунь)	++	++

Примечание: + – редкий вид, ++ – обычный вид, +++ – массовый вид.

Рыбы оз. Печарка относятся к пяти фаунистическим комплексам: бореальный равнинный (щука, карась, язь, окунь, густера, линь, плотва), третичный равнинный пресноводный (сазан, вьюн), понтокаспийский пресноводный (лещ, красноперка, верховка, горчак), арктический пресноводный (налим), бореальный предгорный (голец усатый).

По отношению к нерестовому субстрату в озере обитает три группы рыб: фитофилы, остракофилы, псаммо-литофилы. К фитофилам относятся: лещ, сазан, язь, плотва, красноперка, щука, окунь, линь, карась, верховка; псаммо-литофилы – голец усатый, вьюн, остракофил – горчак. Таким образом, подавляющее большинство представителей рыбного населения озера – фитофилы.

В зависимости от характера питания в озере представлены такие основные экологические группы рыб, как эврифаги, бентофаги и хищники. Эврифаги являются самой многочисленной группой, к ним относится семь видов: плотва, красноперка, густера, язь, линь, верховка, мелкий окунь. Достаточно велика численность хищников: щука, крупный окунь, налим. Бентофаги озера: лещ, карась, линь, горчак, голец усатый, вьюн.

Видовой состав и размерные характеристики рыб из уловов ставными мелкочейными сетями приведены в табл. 2. Еще шесть экземпляров рыб (лещ, плотва, красноперка, окунь – 3 экземпляра) проанализированы из других орудий лова. Результаты учета рыбы подводной видеокамерой по акватории озера представлены в табл. 3.

Таблица 2

Видовой состав и размерные характеристики рыб из уловов ставными мелкочейными сетями на оз. Печарка

Виды рыб	Количество		Длина, см		Масса, г	
	экз.	%	колебания	средняя	колебания	средняя
Щука	4	8,5	26,5–37,0	32,8 ± 3,13	134–421	306,0 ± 89,00
Плотва	20	42,6	13,0–15,5	14,4 ± 0,60	45–76	60,1 ± 5,96
Красноперка	10	21,3	12,0–15,0	13,3 ± 0,60	42–87	53,8 ± 8,36
Окунь	13	27,6	14,0–16,0	14,6 ± 0,63	45–80	59,6 ± 6,72
Всего	47	100,0	12,0–37,0	13,3–32,8	42–421	53,8–306,0

Таблица 3

Видовой состав и численность рыб оз. Печарка по результатам съемки подводной видеокамерой

Виды рыб	Нижний плес			Правое побережье			Левое побережье		
	количество			количество			количество		
	экз.	%	экз./мин	экз.	%	экз./мин	экз.	%	экз./мин
Сазан	–	–	–	–	–	–	1	3,1	0,1
Плотва	8	57,1	0,8	5	45,5	0,7	20	62,5	2,9
Красноперка	1	7,1	0,1	–	–	–	–	–	–
Окунь	4	28,7	0,4	6	54,5	0,9	9	28,2	1,3
Прочие	1	7,1	0,1	–	–	–	2	6,2	0,3
Всего	14	100,0	1,4	11	100,0	1,6	32	100,0	4,6

Наиболее многочисленным представителем ихтиофауны является плотва. В уловах ее численность превысила 40 %, при съемках подводной видеокамерой численность в левом прибрежье еще выше, до 63 % (см. табл. 2, 3). Возраст плотвы в уловах – 4+–5+ лет. Масса порки (тела без внутренностей) на 11–15 % меньше массы особи. Из 20 рыб лишь один экземпляр оказался самцом. Самки находились на 3-й стадии зрелости, масса гонад 3–5 г. Один экземпляр плотвы в сильной степени поражен постодиплостомозом, у семи экземпляров отмечено по одному очагу (пятнышку) данного заболевания.

Окунь – второй по встречаемости вид в уловах мелководья сетью и по учету видеокамерой на мелководьях озера (см. табл. 2, 3). Возраст рыб в уловах – 2+–5+ лет. Самый крупный окунь длиной 17,5 см и массой 126 г отловлен крупноячейной сетью, самый мелкий длиной 7,5 см и массой 8 г отловлен вершей. Последний оказался единственным самцом на 3-й стадии зрелости. Остальные 15 экземпляров – самки на 3-й стадии зрелости, масса гонад 3–7 г. Масса порки окуня на 12–17 % меньше массы особи.

По данным сетных уловов численность красноперки достаточно велика (см. табл. 2). Однако в прочих уловах и при съемках камерой она отмечается единично (см. табл. 3). Возраст рыб – 3+–4+ года, масса порки на 10–12 % меньше массы особи. Все рыбы – самки на 2-й стадии зрелости, масса гонад 2–3 г.

По данным сетных уловов численность щуки в озере для данного вида рыб достаточно велика (см. табл. 2). Возраст рыб – 1+–3+ года. Масса порки на 5–9 % меньше массы промысловой особи. Три особи – самки на 2-й стадии зрелости, масса гонад 2–11 г; один – самец на 2-й стадии зрелости с массой гонад 4 г.

Единственный экземпляр леща был отловлен крупноячейной сетью. Его длина 17 см, масса 106 г, возраст 4+. Ювенильный. Лещ в уловах камерой не отмечался, так как придерживается более глубоких мест.

Сазан массой более 0,5 кг был отмечен в левом прибрежье подводной видеокамерой.

В целом размерно-весовые показатели представителей ихтиофауны озера Печарка невысокие, они уступают таковым Сурского (Пензенского) водохранилища и близки к размерам рыб Средней Суры [9, 10]. Обращает внимание тотальное преобладание самок проанализированных видов рыб, что не характерно для водоемов Приволжья, поэтому данный вопрос требует специальных исследований.

Численность и ихтиомассу промысловых видов рыб в оз. Печарка рассчитывали по преобладающему виду в уловах мелководья сетями – плотве. Соотношения численности и биомассы плотвы в улове принимали соответственно 42,6 и 30,4 % (рис. 1). Использовали размерно-весовые показатели плотвы Средней Суры и коэффициенты общей смертности плотвы Воткинского водохранилища [9, 11].

По полученным данным численность плотвы в оз. Печарка в возрасте 2 года и старше, массой от 7 г оценивается на уровне 3 тыс. экз./га, массой 50 кг/га. Общая численность промысловых рыб – 7 тыс. экземпляров, массой 164 кг/га. В целом по озеру: численность промысловых рыб – 107 тыс. экземпляров, общей ихтиомассой 2,5 т. Данная величина является достаточно высокой для естественных водоемов региона [12, 13]. Она обусловлена большими

ми площадями нерестилищ оз. Печарка, а невысокий темп роста рыб недостаточной обеспеченностью кормами при высокой численности рыб.

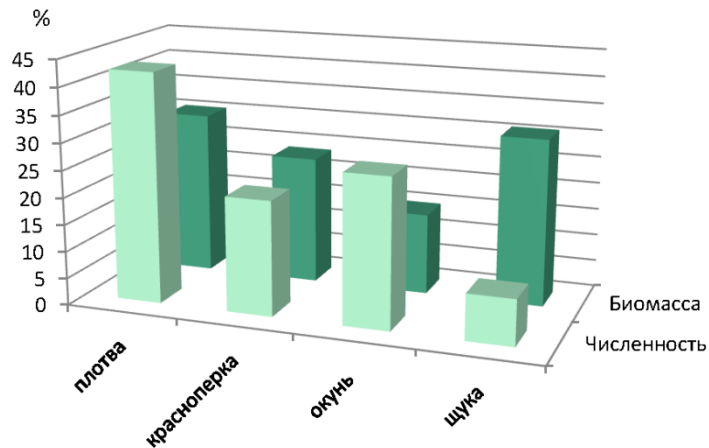


Рис. 1. Соотношение рыб в сетных уловах на оз. Печарка

Изученный нами ихтиокомплекс оз. Печарка является типичным для малонарушенных человеком экосистем пойменных озер. Это подтверждается его сравнением с оз. Сандерка в Бессоновском районе Пензенской области, которое изучалось нами ранее и было определено как эталон подобных водоемов, не подверженных деградации [3, 4].

В озере Сандерка также зафиксировано 15 видов рыб с различием в два вида (см. табл. 1), преобладает плотва, многочисленны красноперка и окунь. Отличительным признаком озера является большое количество представителей мелких видов рыб – верховки и горчака. По данным учета подводной камерой отмечаем, что, за исключением окуня, встречаемость прочих видов рыб в несколько раз выше в оз. Сандерка (рис. 2). Соответственно, ихтиомасса оз. Сандерка выше оз. Печарка как за счет промысловых видов рыб – плотвы и красноперки, так и за счет мелких видов – верховки и горчака, что свидетельствует о его более высокой эвтрофикации.

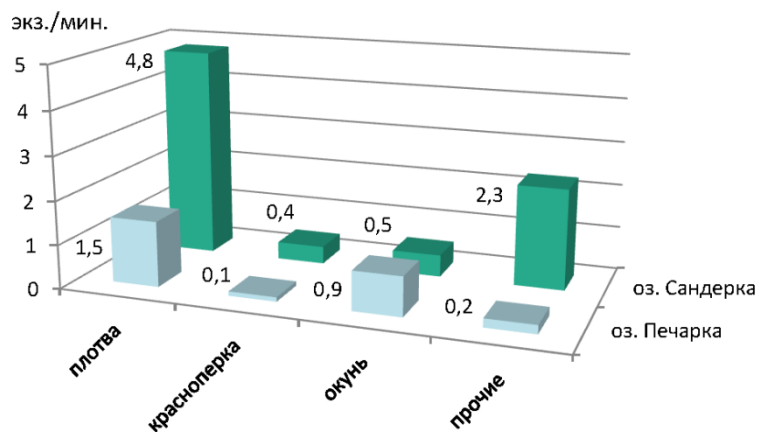


Рис. 2. Встречаемость рыб в озерах Печарка и Сандерка по данным съемки подводной видеокамерой

Таким образом, несмотря на современное различие рассматриваемых озер по изолированности от р. Суры, морфометрии их ложа, химическому составу воды, в них выявлен практически идентичный видовой состав ихтиофауны, равный 60 % видового состава рыб, свойственных водоемам старичного типа бассейна реки, что свидетельствует об общности ее формирования в пойме р. Суры. В других старичных озерах, в большей степени подверженных антропогенному воздействию, состав ихтиофауны не превышает 3–6 видов, среди которых доминируют инвазивные виды – серебряный карась и ротан-головешка [4, 11].

Заключение

В оз. Печарка сохранилась богатая исторически сложившаяся ихтиофауна, включающая 15 видов рыб, относящихся к пяти фаунистическим комплексам, что свидетельствует об уникальности данного водоема в отношении видового разнообразия. Высокое биоразнообразие озера связано как с постоянством условий обитания в водоеме, так и с периодом весеннего половодья, когда водоем может соединяется с р. Сурой, следствием чего является видовое «обогащение» ихтиофауны. Поэтому здесь обитают виды, характерные как для проточных, так и для замкнутых водоемов, не имеющих течения.

Оз. Печарка обладает уникальными условиями для сохранения биоразнообразия и поддержания высокой численности рыб. В первую очередь это большие площади с глубинами до 3 м и более, благоприятные для нагула крупных особей, составляющих основу нерестовой части популяций и бентофагов. В акватории озера имеются также значительные площади мелководий с зарослями погруженной водной растительности, создающими благоприятные условия для нереста и нагула молоди рыб, рыб-фитофилов и хищников.

Оценивая степень эвтрофикации по видовому соотношению рыб в составе ихтиофауны и их численности, оз. Печарка еще в большей степени избежало антропогенного воздействия, чем эталонный водоем поймы р. Суры – оз. Сандерка. В связи с этим возникает необходимость ввести его в состав особо охраняемых природных территорий Пензенской области в статусе водного памятника природы регионального значения.

Библиографический список

1. **Иванов, А. И.** Водно-болотные угодья Пензенской области : монография / А. И. Иванов, В. Ю. Ильин, Е. А. Дудкин. – Пенза : РИО ПГСХА, 2016. – 208 с.
2. **Иванов, А. И.** Природные условия Пензенской области: современное состояние. Т. 1. Геологическая среда, рельеф, климат, поверхностные воды, почвы, растительный покров : монография / А. И. Иванов, Н. В. Чернышов, Е. Н. Кузин. – Пенза : РИО ПГСХА, 2017. – 236 с.
3. **Иванов, А. И.** Озеро Сандерка в Лунинском районе Пензенской области как модельный объект для изучения пойменных водоемов / А. И. Иванов, Е. А. Дудкин // Модели, системы, сети в экономике, природе и обществе. – 2014. – № 4 (12). – С. 200–208.
4. **Асанов, А. Ю.** Особенности ихтиофауны озера Сандерка в пойме р. Сура в пределах Пензенской области / А. Ю. Асанов, А. И. Иванов // Нива Поволжья. – 2019. – № 1 (50). – С. 57–63.

5. **Lawniczak, A. E.** Overgrowing of two polymictic lakes in Central-Western Poland / A. E. Lawniczak // *Limnological Review*. – 2010. – Vol. 10. – P. 147–156.
6. **Vollenweider, R. A.** The Scientific Basis of Lake and Stream Eutrophication, with Particular Reference to Phosphorus and Nitrogen as Eutrophication Factors / R. A. Vollenweider // *Technical Report DAS/CSI/68, OECD*. – Paris, 1968. – № 27. – P. 1–182.
7. **Правдин, И. Ф.** Руководство по изучению рыб : монография / И. Ф. Правдин. – Москва : Пищевая промышленность, 1966. – 226 с.
8. **Трещев, А. И.** Научные основы селективного рыболовства : монография / А. И. Трещев. – Москва : Пищевая промышленность, 1974. – 446 с.
9. **Костицын, В. Г.** Методы прогнозирования уловов рыбы на Камском и Воткинском водохранилищах / В. Г. Костицын // *Оценка запасов и проблемы регулирования рыболовства на внутренних водоемах России : сб. науч. тр. Пермского отделения ГосНИОРХ*. – Пермь, 2003. – Т. V. – С. 78–92.
10. **Сечин, Ю. Т.** Биоресурсные исследования на внутренних водоемах : монография / Ю. Т. Сечин. – Калуга : Эйдос, 2010. – 204 с.
11. Рыбное население бассейна р. Суры: видовое разнообразие, популяции, распределение, охрана : монография / А. Б. Ручин, О. Н. Артаев, А. А. Клевакин [и др.]. – Саранск : Мордовский ун-т, 2016. – 272 с.
12. **Асанов, А. Ю.** Водные биологические ресурсы Пензенской области. Сурское водохранилище / А. Ю. Асанов // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство*. – 2015. – № 1. – С. 14–25.
13. **Асанов, А. Ю.** Водные биологические ресурсы Пензенской области. Река Сура / А. Ю. Асанов // *Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер.: Рыбное хозяйство*. – 2016. – № 1. – С. 7–14.

References

1. Ivanov A. I., Il'in V. Yu., Dudkin E. A. *Vodno-bolotnye ugod'ya Penzenskoy oblasti: monografiya* [Wetlands of the Penza region: monograph]. Penza: RIO PGSKhA, 2016, 208 p. [In Russian]
2. Ivanov A. I., Chernyshov N. V., Kuzin E. N. *Prirodnye usloviya Penzenskoy oblasti: sovremennoe sostoyanie. T. 1. Geologicheskaya sreda, rel'ef, klimat, poverkhnostnye vody, pochvy, rastitel'nyy pokrov: monografiya* [Natural conditions of the Penza region: current state. Volume 1. Geological environment, relief, climate, surface waters, soils, vegetation cover: monograph]. Penza: RIO PGSKhA, 2017, 236 p. [In Russian]
3. Ivanov A. I., Dudkin E. A. *Modeli, sistemy, seti v ekonomike, prirode i obshchestve* [Models, systems, nets in economics, nature and society]. 2014, no. 4 (12), pp. 200–208. [In Russian]
4. Asanov A. Yu., Ivanov A. I. *Niva Povolzh'ya* [Niva in Volga region]. 2019, no. 1 (50), pp. 57–63. [In Russian]
5. Lawniczak A. E. *Limnological Review*. 2010, vol. 10, pp. 147–156.
6. Vollenweider R. A. *Technical Report DAS/CSI/68, OECD*. Paris, 1968, no. 27, pp. 1–182.
7. Pravdin I. F. *Rukovodstvo po izucheniyu ryb: monografiya* [Fish study guide: monograph]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1966, 226 p. [In Russian]
8. Treshchev A. I. *Nauchnye osnovy selektivnogo rybolovstva: monografiya* [Scientific basis for selective fishing: monograph]. Moscow: Pishchevaya promyshlennost', 1974, 446 p. [In Russian]
9. Kostitsyn V. G. *Otsenka zasposov i problemy regulirovaniya rybolovstva na vnutrennikh vodoemakh Rossii: sb. nauch. tr. Permskogo otdeleniya GosNIORKh* [Assessment of reserves and problems of regulation of fishing in inland waters of Russia: proceedings of Perm branch of the State Research Institute of Lake And River Fisheries]. Perm, 2003, vol. V, pp. 78–92. [In Russian]

10. Sechin Yu. T. *Bioresursnye issledovaniya na vnutrennikh vodoemakh: monografiya* [Bioresource research in inland waters: monograph]. Kaluga: Eydos, 2010, 204 p. [In Russian]
 11. Ruchin A. B., Artaev O. N., Klevakin A. A. et al. *Rybnoe naselenie basseyna r. Sura: vidovoe raznoobrazie, populyatsii, raspredelenie, okhrana: monografiya* [The fish population of the river Sura: species diversity, populations, distribution, protection: monograph]. Saransk: Mordovskiy un-t, 2016, 272 p. [In Russian]
 12. Asanov A. Yu. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoe khozyaystvo* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fish industry]. 2015, no. 1, pp. 14–25. [In Russian]
 13. Asanov A. Yu. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Ser.: Rybnoe khozyaystvo* [Bulletin of Astrakhan State Technical University. Series: Fish industry]. 2016, no. 1, pp. 7–14. [In Russian]
-

Асанов Алик Юсупович

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Приволжский научный центр аквакультуры и водных биоресурсов, Пензенский государственный аграрный университет (Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: kfvniro-as@list.ru

Asanov Alik Yusupovich

Candidate of biological sciences, senior staff scientist, Volga Research Center of Aquaculture and Aquatic Bioresources, Penza State Agricultural University (30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

Иванов Александр Иванович

доктор биологических наук, профессор, кафедра селекции, семеноводства и биологии растений, Пензенский государственный аграрный университет (Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: rcgəcim@mail.ru

Ivanov Aleksandr Ivanovich

Doctor of biological sciences, professor, sub-department of breeding, seed production and plant biology, Penza State Agricultural University (30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

Образец цитирования:

Асанов, А. Ю. Ихтиофауна пойменных озер долины реки Суры в пределах Пензенской области на примере озера Печарка / А. Ю. Асанов, А. И. Иванов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 68–78. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-6.

УДК 597.841:591.16

DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-7

К. А. Африн, И. В. Степанкова, А. А. Кидов

ВЛИЯНИЕ ФОТОПЕРИОДА НА ЛИЧИНОК КАВКАЗСКОЙ ЖАБЫ, *BUFO VERRUCOSISSIMUS* В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Аннотация.

Актуальность и цели. Влияние фотопериода на личинок земноводных остается малоизученным. По результатам предыдущих работ можно отметить, что влияние светового дня существенно различается у земноводных в разных таксономических группах. Кавказская жаба, *Bufo verrucosissimus* распространена в лесном поясе Кавказа и Леванта. Вид внесен в Красные книги Российской Федерации, Азербайджана и Южной Осетии. В настоящее время разрабатывается технология зоокультуры этого вида. Определены оптимальные условия для выращивания личинок кавказской жабы, в том числе плотность и температура. Настоящее исследование посвящено изучению влияния разной продолжительности светового дня на длительность развития и выживаемость личинок *B. verrucosissimus*, размеры молодых жаб после метаморфоза и затраты кормов на их выращивание. Цель работы – выявление оптимального светового режима для выращивания личинок кавказской жабы в зоокультуре.

Материалы и методы. Материалом для исследований послужило потомство от лабораторного размножения пары кавказских жаб, отловленных в Карачаево-Черкесской Республике. Личинок содержали в контейнерах размером 39 × 28 × 14 см, наполненных 9 л воды. Освещение контейнеров (400 люкс) осуществляли люминесцентными светильниками, находящимися на расстоянии 5 см от поверхности воды. При содержании личинок использовались пять вариантов фотопериода: круглосуточное освещение, 18 ч в сут, 12 ч в сут, 6 ч в сут, круглосуточное отсутствие освещения. Выращивание животных при каждом режиме освещения осуществляли в трехкратной повторности.

Результаты. Длина светового дня оказывала влияние на продолжительность личиночного развития кавказской жабы. Личинки, выращиваемые при круглосуточном освещении, имели самое длительное развитие до метаморфоза. В остальных вариантах длительность личиночного развития была схожей, однако наименьшие значения этого показателя были в группе с фотопериодом 12 ч. Личинки при всех вариантах освещения демонстрировали высокую выживаемость, однако максимальной она была при полном отсутствии освещения, а минимальной – при фотопериоде 12 ч. Самыми крупными были жабы, выращенные при круглосуточном освещении. Все остальные группы по размерным характеристикам между собой не отличались. Наибольшие затраты

© Африн К. А., Степанкова И. В., Кидов А. А., 2020. Данная статья доступна по условиям всемирной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 International License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая дает разрешение на неограниченное использование, копирование на любые носители при условии указания авторства, источника и ссылки на лицензию Creative Commons, а также изменений, если таковые имеют место.

корма на выращивание одной личинки до метаморфоза были при круглосуточном освещении, а наименьшие – в темноте и при 6-часовом освещении. Затраты корма на одну особь в других группах были схожими. На прирост 1 г массы жаб после метаморфоза больше всего было потрачено корма в группе со световым периодом 12 ч, а меньше всего – при фотопериоде 6 ч.

Выводы. Для выращивания личинок кавказской жабы в лаборатории рекомендуется использовать 6-часовой световой день. Личинки при этом фотопериоде имели относительно короткий период развития (46–58 сут), высокую выживаемость (88,9–100 %), длину тела (10,0–12,4 мм) и массу (0,10–0,20 г) после прохождения метаморфоза, а также низкие затраты корма на выращивание одной особи (0,196–0,216 г).

Ключевые слова: земноводные, редкие виды, сохранение, личинки, световой день, зоокультура.

K. A. Afrin, I. V. Stepankova, A. A. Kidov

THE PHOTOPERIOD'S EFFECT ON LARVAE OF THE CAUCASIAN TOAD, *BUFO VERRUCOSISSIMUS* IN LABORATORY CONDITIONS

Abstract.

Background. The effect of the photoperiod on amphibian larvae remains poorly understood. Based on the results of previous studies, it can be noted that the effect of daylight hours differs significantly in amphibians in different taxonomic groups. The Caucasian toad, *Bufo verrucosissimus*, is common in the forest belt of the Caucasus and the Levant. The species is included in the Red Data Books of the Russian Federation, Azerbaijan and South Ossetia. The technology of zooculture of this species is currently being developed. The optimal conditions for growing the larvae of the Caucasian toad, including density and temperature, have been determined. The present study is devoted to the study of the effect of different daylight hours on the duration of development and survival of *B. verrucosissimus* larvae, the size of young toads after metamorphosis, and the cost of feed for their rearing. The purpose of this work is to identify the optimal light regime for growing the larvae of the Caucasian toad in zooculture.

Materials and methods. The material for the research was the offspring from the laboratory breeding of a pair of Caucasian toads caught in the Karachay-Cherkess Republic. The larvae were kept in containers 39 × 28 × 14 cm filled with 9 L of water. The containers (400 lux) were illuminated with fluorescent lamps located at a distance of 5 cm from the water surface. When keeping the larvae, five variants of the photoperiod were used: round-the-clock lighting, 18 hours a day, 12 hours a day, 6 hours a day, round-the-clock lack of lighting. Raising animals under each illumination mode was carried out in triplicate.

Results. The length of daylight hours influenced the duration of the larval development of the Caucasian toad. Larvae reared under 24-hour lighting had the longest development before metamorphosis. In other variants, the duration of larval development was similar; however, the lowest values of this indicator were in the group with a photoperiod of 12 hours. The larvae demonstrated high survival under all illumination options; however, it was maximal in the complete absence of illumination, and minimal, with a photoperiod of 12 hours. The largest were toads raised under 24-hour lighting. All other groups did not differ in terms of size characteristics. The highest feed costs for growing one larva before metamorphosis were under 24-hour illumination, and the lowest – in the dark and under 6-hour illumination.

The feed costs per animal were similar in other groups. For an increase in 1 g of toad weight after metamorphosis, most of all was spent on food in the group with a light period of 12 hours, and the least – with a photoperiod of 6 hours.

Conclusions. It is recommended to use 6-hour daylight hours for growing the larvae of the Caucasian toad in the laboratory. During this photoperiod, the larvae had a relatively short period of development (46–58 days), high survival rate (88,9–100 %), body length (10,0–12,4 mm) and weight (0,10–0,20 g) after the passage of metamorphosis, as well as low feed costs for growing one individual (0,196–0,216 g).

Keywords: amphibians, rare species, conservation, larvae, daylight hours, zoo culture.

Введение

Влиянию различных факторов на рост и выживаемость личинок земноводных посвящено большое число работ [1–3]. Можно считать, что относительно полно изучены особенности раннего развития амфибий при различной плотности посадки [4–6], разных температурных режимах [7–9], интенсивности и спектрах освещения [2, 3, 10], в присутствии других видов гидробионтов [11–13]. Значительно меньше исследований посвящено влиянию фотопериода на личинок земноводных [14]. При этом результаты некоторых работ позволяют заключить, что влияние света на амфибий видоспецифично. Так, было показано, что постоянное освещение ускоряло развитие личинок у *Lithobates pipiens* (Schreber, 1782) [15], но угнетало рост личинок *Discoglossus pictus* Otth, 1837 [16]. В одних исследованиях молодь *Xenopus laevis* (Daudin, 1802), проходящая метаморфоз при постоянном свете, была мельче метаморфов из контрольной группы, содержащейся при естественном освещении [17], а по другим данным [14], фотопериод не влиял на рост и развитие личинок этого вида. У *Rana temporaria* Linnaeus, 1758 с уменьшением длительности светового дня снижалась выживаемость и увеличивалась продолжительность личиночного развития [14]. Вероятно, наблюдаемые различия обусловлены особенностями биологии личинок разных видов амфибий.

Таким образом, влияние фотопериода на молодь земноводных неоднозначно и заслуживает специального исследования для представителей разных таксономических групп. Такие работы особенно актуальны для оптимизации технологии зоокультуры редких и исчезающих видов.

Кавказская жаба, *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) – восточно-средиземноморский реликт: одна часть ее дизъюнктивного ареала расположена в лесном поясе Кавказа, а другая – в Леванте [18, 19]. В связи с возрастающим антропогенным воздействием (вырубка лесов, уничтожение мест размножения, дорожное строительство, интродукция хищников-батрахофагов) и естественной аридизацией численность вида неуклонно снижается. По этой причине кавказская жаба внесена в Красные книги Российской Федерации, Азербайджана и Южной Осетии [20–22].

В искусственных условиях *B. verrucosissimus* подолгу живет и регулярно размножается: в лабораторном кабинете зоокультуры кафедры зоологии РГАУ–МСХА имени К. А. Тимирязева получено уже пять поколений этого вида [23, 9].

Цель настоящего исследования – оценка роста, развития и выживаемости личинок кавказской жабы при различной длине светового дня.

Материалы и методы

Работу осуществляли в весенне-летний период 2020 г. Материалом для исследований послужило потомство, полученное от лабораторного размножения пары кавказских жаб, отловленных в Карачаевском районе Карачаево-Черкесской Республики (самка – из окрестностей аула Нижняя Мара, самец – из аула Каменномост).

Получение кладки и инкубация яиц происходила по стандартным методикам [23]. В день перехода на экзогенное питание случайно отлавливали личинок и рассаживали их по 18 экземпляров в полипропиленовые контейнеры марки “Samla” (производитель – ИКЕА, РФ) размером $39 \times 28 \times 14$ см, наполненные 9 л воды. Емкости устанавливали в закрытый шкаф, который для исключения попадания света снаружи дополнительно укрывали черной толстой полиэтиленовой пленкой.

Освещение контейнеров на уровне 400 люкс осуществляли люминесцентными светильниками (производитель – ИЕК, КНР), находящимися на расстоянии 5 см от поверхности воды. При содержании личинок использовались пять вариантов фотопериода: круглосуточное освещение, 18 ч в сут, 12 ч в сут, 6 ч в сут, круглосуточное отсутствие освещения. Каждый вариант проводился в трехкратной повторности.

Гидрохимические показатели были стабильны на протяжении всего периода исследований и составляли: водородный показатель (рН) = 7,5, общая жесткость (гН) = 7°, карбонатная жесткость (кН) = 7°, содержание фосфатов (PO_4) = 0,2 мг/л, нитритов (NO_2) = 0,0 мг/л; нитратов (NO_3) = 0 мг/л.

Подмену 2/3 объема воды на отстоянную того же состава осуществляли через день. Обогрев, аэрацию и фильтрацию воды не проводили. Температура за весь период проведения эксперимента была равной во всех контейнерах и варьировала в пределах 16,1–20,0 °С (рис. 1).



Рис. 1. Температура воды в период проведения эксперимента

Кормление личинок осуществляли полнорационным хлопьевидным кормом для аквариумных рыб “TetraMin” (производитель – Tetra GmbH, Германия) по отработанной методике ежедневно [24]. Корм задавали в контейнеры по мере поедаемости его личинками, предварительно взвешивая каждую порцию.

Измерение длины тела (L) молоди при выходе на сушу осуществляли электронным штангенциркулем “SolarDigitalCaliper” (производитель – *Xueliee*, КНР) с погрешностью 0,1 мм, а для определения массы корма и животных использовали электронные весы марки *W-999* (КНР) с погрешностью 0,01 г.

Статистическую обработку данных проводили с помощью пакета программ *Microsoft Excel*. Рассчитывали среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (SD) и размах признака (min–max). Для оценки статистической значимости наблюдаемых различий определяли U -критерий Манна – Уитни ($U_{эмп}$).

Результаты

Длительность светового дня оказывала влияние на длительность личиночного развития кавказской жабы. Личинки, выращиваемые при круглосуточном освещении, по средней продолжительности личиночного периода статистически значимо отличались от животных, содержащихся при фотопериоде в 0 ч ($U_{эмп} = 746,5; p \leq 0,01$), 6 ч ($U_{эмп} = 193; p \leq 0,01$), 12 ч ($U_{эмп} = 40; p \leq 0,01$) и 18 ч ($U_{эмп} = 437; p \leq 0,01$) (табл. 1). Наименьшими сроками достижения метаморфоза характеризовались жабы при фотопериоде 12 ч, они достоверно опережали в развитии личинок из групп с фотопериодом 0 ч ($U_{эмп} = 384; p \leq 0,01$), 6 ч ($U_{эмп} = 571; p \leq 0,01$) и 18 ч ($U_{эмп} = 521,5; p \leq 0,01$).

Таблица 1

Длительность развития личинок кавказской жабы при различном фотопериоде (среднее по трем повторностям)

Фото-период, ч	$M \pm SD$ min–max				
	Длительность личиночного развития, сут		Средняя длительность развития, сут		Выживаемость, %
	до первого метаморфа	до последнего метаморфа	до прорыва передних конечностей	до выхода на сушу	
24	$52,3 \pm 0,58$ 52–53	$63,3 \pm 4,04$ 59–67	$52,6 \pm 4,39$ 48–64	$56,6 \pm 3,96$ 52–67	$92,6 \pm 3,21$ 88,9–94,4
18	$45,3 \pm 1,53$ 44–47	$56,7 \pm 4,04$ 53–61	$45,7 \pm 3,58$ 40–56	$51,9 \pm 4,10$ 44–61	$94,4 \pm 5,56$ 88,9–100,0
12	$44,7 \pm 1,15$ 44–46	$53,0 \pm 0,00$ 53–53	$44,7 \pm 3,99$ 38–63	$48,3 \pm 2,35$ 44–53	$88,9 \pm 5,56$ 83,8–94,4
6	$48,3 \pm 2,08$ 46–50	$54,7 \pm 3,06$ 52–58	$46,6 \pm 2,80$ 42–56	$50,7 \pm 2,47$ 46–58	$94,4 \pm 5,56$ 88,9–100,0
0	$47,3 \pm 2,89$ 44–47,9	$61,3 \pm 0,58$ 61–62	$49,5 \pm 4,71$ 40–59	$53,1 \pm 4,33$ 44–62	$100,0 \pm 0,00$ 100,0–100,0

Личинки при всех вариантах освещения демонстрировали высокую выживаемость, однако максимальной она была при полном отсутствии освещения, а минимальной – при фотопериоде 12 ч.

Самыми крупными и по длине тела, и по массе были жабы, содержащиеся в период личиночного развития при постоянном освещении. Метаморфы из этой группы по длине тела статистически значимо превосходили животных, выращенных при длительности светового дня 0 ч ($U_{эмп} = 990,5$; $p \leq 0,05$), 12 ч ($U_{эмп} = 872,5$; $p \leq 0,05$) и 18 ч ($U_{эмп} = 943,5$; $p \leq 0,05$). По массе тела при выходе на сушу жабы из контейнеров с постоянным освещением были тяжелее метаморфов из групп с фотопериодом 0 ч ($U_{эмп} = 734$; $p \leq 0,01$), 6 ч ($U_{эмп} = 7373$; $p \leq 0,01$), 12 ч ($U_{эмп} = 569$; $p \leq 0,01$) и 18 ч ($U_{эмп} = 726$; $p \leq 0,01$). Вероятно, наблюдаемые различия обусловлены длительным периодом развития и, следовательно, более продолжительным периодом питания. Все остальные группы по размерно-весовым характеристикам между собой не отличались.

Таблица 2

Размерно-весовая характеристика метаморфов кавказской жабы, выращенных при различном фотопериоде (среднее по трем повторностям)

Фото-период, ч	$M \pm SD$ min-max					
	Длина тела при выходе на сушу, мм			Масса тела при выходе на сушу, г		
	первого метаморфа	последнего метаморфа	среднее	первого метаморфа	последнего метаморфа	среднее
24	$11,7 \pm 1,06$ 10,9–12,9	$10,6 \pm 1,72$ 8,6–11,8	$11,3 \pm 0,75$ 8,6–12,9	$0,16 \pm 0,035$ 0,14–0,20	$0,14 \pm 0,053$ 0,08–0,18	$0,16 \pm 0,030$ 0,08–0,24
18	$11,5 \pm 1,12$ 10,5–12,7	$10,6 \pm 0,95$ 9,5–11,3	$11,1 \pm 0,57$ 10,1–12,8	$0,16 \pm 0,023$ 0,13–0,17	$0,12 \pm 0,030$ 0,09–0,15	$0,14 \pm 0,023$ 0,09–0,20
12	$11,0 \pm 0,81$ 10,1–11,6	$10,6 \pm 0,74$ 9,8–11,2	$11,1 \pm 0,59$ 9,8–12,3	$0,14 \pm 0,023$ 0,13–0,17	$0,14 \pm 0,012$ 0,13–0,15	$0,14 \pm 0,018$ 0,10–0,19
6	$11,4 \pm 0,35$ 11,0–11,7	$11,0 \pm 0,74$ 10,2–11,6	$11,2 \pm 0,55$ 10,0–12,4	$0,15 \pm 0,026$ 0,13–0,18	$0,14 \pm 0,031$ 0,11–0,17	$0,14 \pm 0,022$ 0,10–0,20
0	$11,1 \pm 0,72$ 10,6–11,9	$11,2 \pm 0,86$ 10,4–12,1	$11,1 \pm 0,68$ 9,4–12,8	$0,15 \pm 0,032$ 0,13–0,19	$0,15 \pm 0,026$ 0,12–0,17	$0,14 \pm 0,020$ 0,10–0,19

Наибольшие затраты корма на выращивание одной личинки до метаморфоза наблюдались при круглосуточном освещении, а наименьшие – в темноте и при 6-часовом освещении (табл. 3). Затраты корма на одну особь при фотопериодах 12 и 18 ч были схожи.

Таблица 3

Затраты кормов на выращивание личинок кавказской жабы при различном фотопериоде (среднее по трем повторностям)

Фотопериод, ч	$M \pm SD$ min-max	
	Затраты корма на выращивание 1 метаморфа, г	Затраты корма на получение 1 г метаморфов, г
1	2	3
24	$0,235 \pm 0,0064$ 0,241–0,253	$1,466 \pm 0,1154$ 1,403–1,641

Окончание табл. 3

1	2	3
18	$\frac{0,208 \pm 0,0167}{0,192-0,224}$	$\frac{1,476 \pm 0,0687}{1,422-1,551}$
12	$\frac{0,209 \pm 0,0181}{0,199-0,234}$	$\frac{1,515 \pm 0,0387}{1,517-1,587}$
6	$\frac{0,201 \pm 0,0099}{0,196-0,216}$	$\frac{1,415 \pm 0,1280}{1,348-1,589}$
0	$\frac{0,200 \pm 0,0093}{0,193-0,211}$	$\frac{1,424 \pm 0,0986}{1,334-1,516}$

Больше всего корма на получение 1 г метаморфов затрачивалось в группе со световым периодом 12 ч, а меньше всего – при фотопериоде 6 ч. В целом же, по этому показателю все группы имели очень схожие значения.

Заключение

Таким образом, применение круглосуточного освещения способствует пролонгации развития личинок кавказской жабы и влияет на показатели, которые положительно зависят от продолжительности личиночного развития – длине тела и массе метаморфов, а также затратах кормов на выращивание одной особи. По всей видимости, этот фактор не сказывается на выживаемости личинок и на затратах корма на прирост единицы массы. Вероятно, круглосуточный световой день может быть использован для получения более крупного потомства.

Личинки, выращиваемые при других режимах освещения (0, 6, 12 и 18 ч в сут), между собой характеризовались схожей продолжительностью развития, близкими значениями выживаемости, размерами при выходе на метаморфоз и затратами кормов. Интересным представляется тот факт, что личинки кавказской жабы, выращенные в полной темноте, не только не уступали личинкам из других групп в эксперименте по длине тела и массе, но даже демонстрировали максимальную выживаемость и самые низкие затраты на одну особь до метаморфоза. Ранее Б. А. Ручин по результатам исследований на представителях семейств Pipidae (*X. laevis*) и Ranidae (*Pelophylaxridibundus* и *R. temporaria*) показал, что полное отсутствие освещения угнетает рост и снижает выживаемость земноводных [10, 14].

Остается неясным, как полное отсутствие освещения или, наоборот, круглосуточный световой день, не свойственные амфибиям в естественных условиях, будут сказываться на дальнейшем росте и выживаемости сеголетков после метаморфоза. Это обстоятельство не позволяет пока рекомендовать эти варианты выращивания для личинок кавказской жабы как наиболее предпочтительные.

Предварительно мы рекомендуем использовать 6-часовой световой день, так как в этом варианте личинки демонстрировали относительно короткий период развития (46–58 сут), высокую выживаемость (88,9–100 %), приемлемую длину тела (10,0–12,4 мм) и массу (0,10–0,20 г) после прохождения метаморфоза, а также низкие затраты корма на выращивание одной особи (0,196–0,216 г).

Библиографический список

1. **Лобачев, Е. А.** Влияние колебаний экологических факторов на эмбрионально-личиночное развитие земноводных : автореф. дис. ... канд. биол. наук / Лобачев Е. А. – Саранск, 2008. – 23 с.
2. **Ruchin, A. B.** Light spectrum impacts on early development of amphibians (Amphibia: Anura and Caudata) / A. B. Ruchin // *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. – 2018. – Vol. 41, № 4. – P. 1889–1897.
3. **Ruchin, A. B.** The effects of illumination on the early development of amphibians (Amphibia: Anura and Caudata) / A. B. Ruchin // *Periodico Tche Quimica*. – 2018. – Vol. 15, № 30. – P. 152–159.
4. **Ляпков, С. М.** Влияние начальной численности генерации на численность завершивших метаморфоз особей, их размеры и сроки выхода у травяной (*Rana temporaria*) и остромордой (*R. arvalis*) лягушек / С. М. Ляпков, А. С. Северцов // *Зоологический журнал*. – 1994. – Т. 73, № 1. – С. 97.
5. **Кидов, А. А.** Рост, развитие и выживаемость личинок кавказской жабы, *Bufo verrucosissimus* (Amphibia, Anura, Bufonidae) при различной плотности посадки в зоокультуре / А. А. Кидов, К. А. Африн, И. В. Степанкова, А. А. Гориков // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 57 (1). – С. 164–169.
6. **Немыко, Е. А.** Рост, развитие и выживаемость личинок кавказского тритона, *Lissotriton lantzi* при различной плотности посадки в зоокультуре / Е. А. Немыко, А. А. Кидов, Я. А. Вяткин // *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. – 2019. – № 1 (25) – С. 113–125. – DOI 10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-125-134.
7. **Кидов, А. А.** Влияние температуры на раннее развитие редкого кавказского вида – тритона Ланца, *Lissotriton lantzi* в зоокультуре / А. А. Кидов, Е. А. Немыко // *Актуальные проблемы сохранения биоразнообразия и экологически сбалансированного природопользования на Западном Кавказе*. – Нальчик, 2019. – С. 76, 77.
8. **Немыко, Е. А.** Выращивание личинок тритона Ланца, *Lissotriton lantzi* (Wolterstorff, 1914) при различных температурах / Е. А. Немыко, Я. А. Вяткин, А. А. Кидов // *Современная герпетология*. – 2019. – Т. 19, № 2-3. – С. 125–131. – DOI 10.18500/1814-6090-2019-19-3-4-125-131.
9. **Африн, К. А.** Рост, развитие и выживаемость личинок кавказской жабы, *Bufo verrucosissimus* (Amphibia, Anura, Bufonidae) при различной температуре / К. А. Африн, И. В. Степанкова, А. А. Кидов // *Известия Горского государственного аграрного университета*. – 2020. – № 57 (3). – С. 94–98.
10. **Ruchin, A. B.** The effect of illumination and light spectrum on growth and larvae development of *Pelophylax ridibundus* (Amphibia: Anura) / A. B. Ruchin // *Biological Rhythm Research*. – 2019. – DOI 10.1080/09291016.2019.1594126.
11. **Пястолова, О. А.** Экология онтогенеза хвостатых амфибий и проблема сосуществования близких видов / О. А. Пястолова, Д. Н. Тархнишвили. – Свердловск : УрО АН СССР, 1989. – 156 с.
12. **Khas, Z. T.** Experimental evaluation of predatory impacts of mosquitofish (*Gambusia affinis*) on embryos and larvae of the green toad *Bufo variabilis* (Amphibia: Anura) / Z. T. Khas, S. Vaissi, S. Yaghobi, M. Sharifi // *Zoology and Ecology*. – 2018. – DOI 10.1080/21658005.2018.1517714.
13. **Khas, Z. T.** Temperature induced predation impact of mosquitofish (*Gambusia affinis*) on growth, development, and survival of larvae and tadpole of *Bufo variabilis* (Amphibia: Anura) / Z. T. Khas, S. Vaissi, S. Yaghobi, M. Sharifi // *Russian Journal of Ecology*. – 2019. – Vol. 50, № 1. – P. 80–87.

14. **Ruchin, A. B.** The effect of the photoperiod on the larval development and growth of two amphibian species (Amphibia: Anura) / A. B. Ruchin // *Biological Rhythm Research*. – 2019. – DOI 10.1080/09291016.2019.1631025.
15. **Eichler, V. B.** The influence of environmental lighting on the growth and prometamorphic development of larval / V. B. Eichler, L. S. Gray // *Development, Growth and Differentiation*. – 1976. – Vol. 18. – P. 177–182.
16. **Gutierrez, P.** Influence of photoperiod and melatonin administration on growth and metamorphosis in *Discoglossus pictus* larvae / P. Gutierrez, M. J. Delgado, M. Alonso-Bedate // *Comparative Biochemistry and Physiology*. – 1984. – Vol. 79. – P. 255–260.
17. **Edwards, M. L.** The effects of photoperiod and different dosages of melatonin on metamorphic rate and weight gain in *Xenopus laevis* tadpoles / M. L. Edwards, E. B. Pivorun // *General and Comparative Endocrinology*. – 1991. – Vol. 81. – P. 28–38.
18. **Jablonski, D.** The Caucasian toad, *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) in the Levant: evidence from mitochondrial DNA / D. Jablonski, R. A. Sadek // *Herpetozoa*. – 2019. – Vol. 32. – P. 255–258. – DOI <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.32.e37560>.
19. Taxonomic assessment and distribution of common toads (*Bufo bufo* and *B. verrucosissimus*) in Turkey based on morphological and molecular data / N. Özdemir, C. Dursun, N. Üzümlü, B. Kutrup, S. Gül // *Amphibia-Reptilia*. – 2020. – P. 1–13. – DOI 10.1163/15685381-bja10009.
20. **Кузьмин, С. Л.** Кавказская жаба *Bufo verrucosissimus* / С. Л. Кузьмин // Красная книга Российской Федерации (животные). – Москва : Астрель, 2001. – С. 318, 319.
21. **Qəniyev, F. R.** Qafqaz quru qurbağası *Bufo verrucosissimus* Pallas, 1814 / F. R. Qəniyev // Azərbaycan respublikasının qırmızı kitabı. Nadir və nəslə kəsilməkdə olan fauna növləri. – İkinci nəşr. – Bakı, 2013. – S. 226, 227.
22. **Туниев, Б. С.** Жаба кавказская (колхидская) *Bufo verrucosissimus* (Pallas, 1814) / Б. С. Туниев, К. Ю. Лотиев // Красная книга Республики Южная Осетия. – Нальчик : Полиграфсервис и Т, 2017. – С. 219, 220.
23. Лабораторное разведение серых жаб Кавказа (*Bufoeichwaldi* и *B. verrucosissimus*) без применения гормональной стимуляции / А. А. Кидов, К. А. Матушкина, К. А. Африн, С. А. Блинова, А. Л. Тимошина, Е. Г. Коврина // Современная герпетология. – 2014. – Т. 14, № 1-2. – С. 19–26.
24. **Матушкина, К. А.** Применение полнорационных кормов для рыб в зоокультуре жаб рода *Bufo* (Amphibia, Anura, Bufonidae) / К. А. Матушкина, А. А. Кидов, А. А. Серякова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 1 (29). – С. 36–45. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-4.

References

1. Lobachev E. A. *Vliyaniye kolebaniy ekologicheskikh faktorov na embrional'no-lichinchnoe razvitiye zemnovodnykh: avtoref. dis. kand. biol. nauk* [Influence of fluctuations of ecological factors on embryonic-larval development of amphibians: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Saransk, 2008, 23 p. [In Russian]
2. Ruchin A. B. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*. 2018, vol. 41, no. 4, pp. 1889–1897.
3. Ruchin A. B. *Periodico Tche Quimica*. 2018, vol. 15, no. 30, pp. 152–159.
4. Lyapkov S. M., Severtsov A. S. *Zoologicheskii zhurnal* [Zoological journal]. 1994, vol. 73, no. 1, p. 97. [In Russian]
5. Kidov A. A., Afrin K. A., Stepankova I. V., Gorikov A. A. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Gorsky State Agrarian University]. 2020, no. 57 (1), pp. 164–169. [In Russian]

6. Nemyko E. A., Kidov A. A., Vyatkin Ya. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2019, no. 1 (25), pp. 113–125. DOI 10.18500/1814-6090-2018-18-3-4-125-134. [In Russian]
7. Kidov A. A., Nemyko E. A. *Aktual'nye problemy sokhraneniya bioraznoobraziya i ekologicheski sbalansirovannogo prirodopol'zovaniya na Zapadnom Kavkaze* [Actual issues of biodiversity conservation and ecologically balanced nature management in the Western Caucasus]. Nalchik, 2019, pp. 76, 77. [In Russian]
8. Nemyko E. A., Vyatkin Ya. A., Kidov A. A. *Sovremennaya gerpetologiya* [Modern herpetology]. 2019, vol. 19, no. 2-3, pp. 125–131. DOI 10.18500/1814-6090-2019-19-3-4-125-131. [In Russian]
9. Afrin K. A., Stepankova I. V., Kidov A. A. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Proceedings of Gorsky State Agrarian University]. 2020, no. 57 (3), pp. 94–98. [In Russian]
10. Ruchin A. B. *Biological Rhythm Research*. 2019. DOI 10.1080/09291016.2019.1594126.
11. Pyastolova O. A., Tarkhnishvili D. N. *Ekologiya ontogeneza khvostatykh amfibiyy i problema sosushchestvovaniya blizkikh vidov* [Ecology of ontogeny of tailed amphibians and the problem of coexistence of closely related species]. Sverdlovsk: UrO AN SSSR, 1989, 156 p. [In Russian]
12. Khas Z. T., Vaissi S., Yaghobi S., Sharifi M. *Zoology and Ecology*. 2018. DOI 10.1080/21658005.2018.1517714.
13. Khas Z. T., Vaissi S., Yaghobi S., Sharifi M. *Russian Journal of Ecology*. 2019, vol. 50, no. 1, pp. 80–87.
14. Ruchin A. B. *Biological Rhythm Research*. 2019. DOI 10.1080/09291016.2019.1631025.
15. Eichler V. B., Gray L. S. *Development, Growth and Differentiation*. 1976, vol. 18, pp. 177–182.
16. Gutierrez P., Delgado M. J., Alonso-Bedate M. *Comparative Biochemistry and Physiology*. 1984, vol. 79, pp. 255–260.
17. Edwards M. L., Pivorun E. B. *General and Comparative Endocrinology*. 1991, vol. 81, pp. 28–38.
18. Jablonski D., Sadek R. A. *Herpetozoa* [Herpetozoa journal]. 2019, vol. 32, pp. 255–258. DOI <https://doi.org/10.3897/herpetozoa.32.e37560>.
19. Özdemir N., Dursun C., Üzümlü N., Kutrup B., Gül S. *Amphibia-Reptilia*. 2020, pp. 1–13. DOI 10.1163/15685381-bja10009.
20. Kuz'min S. L. *Krasnaya kniga Rossiyskoy Federatsii (zhivotnye)* [The Red Book of the Russian Federation (animals)]. Moscow: Astrel', 2001, pp. 318, 319. [In Russian]
21. Qəniyev F. R. *Azərbaycan respublikasının qırmızı kitabı. Nadir və nəslə kəsilməkdə olan fauna növləri* [The Red Book of the Republic of Azerbaijan. Rare and endangered species]. 2nd ed. Baku, 2013, pp. 226, 227.
22. Tuniev B. S., Lotiev K. Yu. *Krasnaya kniga Respubliki Yuzhnaya Osetiya* [The Red Book of the South Ossetia]. Nalchik: Poligrafservis i T, 2017, pp. 219, 220. [In Russian]
23. Kidov A. A., Matushkina K. A., Afrin K. A., Blinova S. A., Timoshina A. L., Kovrina E. G. *Sovremennaya gerpetologiya* [Modern herpetology]. 2014, vol. 14, no. 1-2, pp. 19–26. [In Russian]
24. Matushkina K. A., Kidov A. A., Seryakova A. A. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Povolzhskiy region. Estestvennye nauki* [University proceedings. Volga region. Natural sciences]. 2020, no. 1 (29), pp. 36–45. DOI 10.21685/2307-9150-2020-1-4. [In Russian]

Африн Кирилл Александрович

аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: afrin_ka@rambler.ru

Afrin Kirill Aleksandrovich

Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Степанкова Ирина Владимировна

аспирант, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: stepankova@rgau-msha.ru

Stepankova Irina Vladimirovna

Postgraduate student, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Кидов Артем Александрович

кандидат биологических наук, доцент, кафедра зоологии, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева (Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49)

E-mail: kidov_a@mail.ru

Kidov Artem Aleksandrovich

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of zoology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy (49 Timiryazevskaya street, Moscow, Russia)

Образец цитирования:

Африн, К. А. Влияние фотопериода на личинок кавказской жабы, *Bufo verrucosissimus* в лабораторных условиях / К. А. Африн, И. В. Степанкова, А. А. Кидов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 79–89. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-7.

**АДАПТАЦИЯ ШТАММОВ ГРИБА
ASPERGILLUS TERREUS ТНОМ К СОЛЕВОМУ СТРЕССУ
В ПРИСУТСТВИИ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ
В МОДЕЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ**

Аннотация.

Актуальность и цели. Грибы рода *Aspergillus* являются устойчивыми резидентами почвенных микробоценозов, входят в состав эндофитных комплексов корневых систем растений, играют важную роль в процессах разложения лигноцеллюлозных комплексов и гумификации. Динамическое равновесие и плодородие почв неразрывно связано с нормальным функционированием микробоценозов. По современным данным, нарушенные земли занимают в мире огромные площади, в частности, засоленные почвы – около 25 % всей поверхности суши. В этой связи интерес представляют аспекты адаптации представителей резидентной микрофлоры к действию химических стрессоров среды обитания. Цель работы – оценить роль фенольных соединений – компонентов молекул лигнина в формировании устойчивости культур рода *Aspergillus* в условиях солевого стресса в модельных условиях.

Материалы и методы. Объектами исследования послужили штаммы мицелиального гриба *Aspergillus terreus* Thom: At-09, Ater-12, Ater (Pnz)-12. Культивирование мицелия проводили по общепринятым методикам. Солевой стресс для культур создавали внесением в питательную среду хлорида натрия в количестве 0,5 М от массы среды. Определение уровня окислительного стресса культур проводили с помощью определения маркерного соединения – малонового диальдегида (МДА). Для определения концентрации малонового диальдегида (МДА) в мицелии использовали метод M. Michara et al. (1980), основанный на взаимодействии МДА и тиобарбитуровой кислоты (ТБК). Для оценки пероксидазной активности мицелия использовали гваякол (метоксифенол) CAS-№.90-05-1, который вносили в вытяжку из мицелия в концентрации 0,4 мМ. О пероксидазной активности мицелия судили по изменению окраски питательной среды, иллюстрирующей окисление гваякола до хинона. Определение содержания эргостерина в мицелии проводили газохроматографическим методом с дериватизацией неомыляемой фракции липидов, экстрагированных из мицелия по методу Фолча, в триметилсилильные производные. Статистическая обработка проводилась с помощью программы для обработки и анализа данных “Statistica 6.0”.

Результаты. Результаты исследований влияния солевого стресса на состояние мицелия *A. terreus* выявили проявление в разной степени выраженных признаков стресса у культур изученных штаммов. Полного угнетения развития культур штаммов изученного вида при содержании в среде 0,5 М хлорида натрия не отмечено, однако достоверно установлено торможение в развитии мицелия, а также накопление в мицелии малонового диальдегида, существен-

но (в 2,96; 2,77 и 3,51 раза у изученных штаммов) превышающее контрольные показатели. Изучена пероксидазная активность мицелия в условиях стресса и в присутствии модельных фенольных соединений – доноров водорода. Проведенные эксперименты позволили установить заметную стимуляцию пероксидазной активности мицелия, развивающегося в условиях солевого стресса в присутствии в питательной среде модельного фенольного соединения (сиреневого альдегида). Установлено, что в присутствии указанного соединения в опытных вариантах показатели пероксидажной активности мицелия изученных штаммов варьируют от 2,86 до 4,41 ед.оп.пл. · 100/г · с и превышают в 1,3 и более раз таковые в контроле. Установлено также позитивное влияние присутствия в среде модельного фенольного соединения на процесс накопления биомассы мицелия (в 2,4–2,6 раза по сравнению с вариантом солевого стресса без модельного фенольного соединения в среде). В полученных навесках биомассы определяли содержание эргостерина. Содержание эргостерина напрямую не зависит от степени накопления биомассы, причем процентная доля эргостерина достоверно выше в мицелии, испытывающем стресс (от 1,9 до 2,3 раза). Установлено, что накопление эргостерина в мицелии культуры, испытывающей стресс, происходит на поздних стадиях развития, что свидетельствует о более раннем переходе культуры в стрессовых условиях к вторичному метаболизму.

Выводы. Отмечена роль модельного фенольного соединения (сиреневого альдегида), способного, с одной стороны, выступать донором водорода для процессов нейтрализации перекисей, обеспечивая рост активности пероксидаз, что косвенно свидетельствует о включении адаптационных механизмов в мицелии, а с другой стороны, способствовать активизации метаболических процессов у культур гриба. Учитывая, что сиреневый альдегид и сходные с ним фенольные соединения (пара-гидоксibenзальдегид, ванилин) являются компонентами нерегулярной молекулы лигнина, высвобождаемыми в процессах гумификации, можно допустить существование аналогичных механизмов в естественных условиях.

Ключевые слова: *Aspergillus terreus*, мицелиальные грибы, экология грибов, фенольные соединения, адаптационный потенциал, окислительный стресс, толерантность к соли.

G. V. Il'ina, D. Yu. Il'in, A. A. Vorob'eva

ADAPTATION OF *ASPERGILLUS TERREUS* THOM STRAINS TO SALINE STRESS IN THE PRESENCE OF PHENOL COMPOUNDS IN SIMULATED CONDITIONS

Abstract.

Backgrounds. Fungi of the genus *Aspergillus* are stable residents of soil microbiocenoses, are part of endophytic complexes of plant root systems, and play an important role in the processes of decomposition of lignocellulose complexes and humification. Dynamic balance and soil fertility are inextricably linked with the normal functioning of microbiocenoses. According to modern data, disturbed lands occupy vast areas in the world, in particular, saline soils – about 25 % of the entire land surface. In this regard, the aspects of adaptation of representatives of the resident microflora to the action of chemical stressors of the environment are of interest. The aim of this work is to assess the role of phenolic compounds – components of lignin molecules in the formation of resistance of cultures of the genus *Aspergillus* under conditions of salt stress under model conditions.

Materials and methods. The objects of the study were strains of the filamentous fungus *Aspergillus terreus* Thom: At-09, Ater-12, Ater (Pnz)-12. The cultivation of the mycelium was carried out according to generally accepted methods. Salt stress for the cultures was created by adding sodium chloride to the nutrient medium in an amount of 0,5 M of the medium weight. Determination of the level of oxidative stress in the cultures was carried out using the determination of the marker compound – malondialdehyde (MDA). To determine the concentration of malondialdehyde (MDA) in the mycelium, the method of M. Michara et al. (1980) was used, based on the interaction of MDA and thiobarbituric acid (TBA). To assess the peroxidase activity of the mycelium, CAS-No.90-05-1 guaiacol (metox-syphenol) was used, which was introduced into the extract from the mycelium at a concentration of 0,4 mM. The peroxidase activity of the mycelium was judged by the change in the color of the nutrient medium, which illustrates the oxidation of guaiacol to quinone. The determination of the content of ergosterol in the mycelium was carried out by gas chromatography with derivatization of the unsaponifiable fraction of lipids extracted from the mycelium by the Folch method into trimethylsilyl derivatives. Statistical processing was carried out using “Statistica 6.0” program for data processing and analysis.

Results. The results of studies of the effect of salt stress on the state of *A. terreus* mycelium revealed the manifestation of different degrees of pronounced signs of stress in the cultures of the studied strains. The complete inhibition of the development of cultures of the strains of the studied species with the content of 0,5 M sodium chloride in the medium was not noted, however, the inhibition in the development of the mycelium, as well as the accumulation of malondialdehyde in the mycelium, was significantly (in 2,96; 2,77 and 3,51 times in the studied strains) exceeding the control values. The peroxidase activity of mycelium was studied under stress conditions and in the presence of model phenolic compounds – hydrogen donors. The experiments carried out made it possible to establish a noticeable stimulation of the peroxidase activity of mycelium, which develops under conditions of saline stress in the presence of a model phenolic compound (lilac aldehyde) in the nutrient medium. It was found that in the presence of the specified compound in the experimental variants, the peroxidase activity indicators of the mycelium of the studied strains varied from 2,86 to 4,41 units · 100/g · s and exceed by 1,3 and more times those in the control. It was also established that the presence of a model phenolic compound in the medium has a positive effect on the accumulation of mycelium biomass (2,4–2,6 times as compared with the variant of salt stress without a model phenolic compound in the medium). In the obtained weighed portions of the biomass, the content of ergosterol was determined. The content of ergosterol does not directly depend on the degree of biomass accumulation, and the percentage of ergosterol is significantly higher in the mycelium under stress (from 1,9 to 2,3 times). It was found that the accumulation of ergosterol in the mycelium of a culture under stress occurs at late stages of development, which indicates an earlier transition of the culture under stress to secondary metabolism.

Conclusions. The role of a model phenolic compound (lilac aldehyde) is noted, which, on the one hand, can act as a hydrogen donor for neutralizing peroxides, providing an increase in the activity of peroxidases, which indirectly indicates the inclusion of adaptation mechanisms in the mycelium, and on the other hand, promotes activation of metabolic processes in fungoid isolates. Considering that lilac aldehyde and similar phenolic compounds (parahydroxybenzaldehyde, vanillin) are components of an irregular lignin molecule released in humification processes, it is possible to assume the existence of similar mechanisms in natural conditions.

Keywords: *Aspergillus terreus*, filamentous fungi, fungal ecology, phenolic compounds, adaptive potential, oxidative stress, salt tolerance.

Грибы рода *Aspergillus* являются устойчивыми резидентами почвенных микробоценозов, входят в состав эндофитных комплексов корневых систем растений, играют важную роль в процессах разложения лигноцеллюлозных комплексов и гумификации. Важным аспектом является присущая представителям рода толерантность к воздействию ряда критических факторов. Описана популяция *A. terreus*, выделенная из пустынных почв Туркмении, которая имела диапазон развития от 20 до 47 °С при оптимуме 37 °С [9]. Устойчивость к действию стрессовых факторов обусловлена значительной степенью полиморфизма штаммов, длительным процессом отбора, результатом которого стало приобретение физиолого-биохимических механизмов, способствующих реализации экологического потенциала в широком диапазоне действия внешних факторов. Известны исследования роста мицелия *A. terreus* при комбинированном воздействии температуры, pH и солености. *A. terreus* был единственным видом из изученного многочисленного комплекса, который демонстрировал рост при 45 °С, pH 3 и 30 ‰ солености [19]. Уникальные свойства вида как эврибионта, способность развиваться и синтезировать ценные метаболиты на бедных азотом лигноцеллюлозных субстратах и в достаточно суровых условиях среды делают *A. terreus* объектом пристального внимания исследователей в области теоретической и прикладной экологии, почвенной биологии, биотехнологии [12, 14, 15, 17]. Заслуживает отдельного внимания описанный факт стимуляции устойчивости к воздействию солевого стресса у растения-хозяина вторичными метаболитами эндофита *A. terreus* [16]. Анализ культурального фильтрата *A. terreus* выявил присутствие хинной кислоты, эллаговой кислоты, каликозина, вогонина и других соединений фенольной природы, включая интермедиаты. Биологическая целесообразность синтеза веществ фенольной природы как факторов, снижающих эффект стресса у растения-хозяина, может свидетельствовать об их ключевой роли в реализации адаптивных возможностей самого гриба.

Цель работы – оценить роль фенольных соединений – компонентов молекул лигнина в формировании устойчивости культур рода *Aspergillus* в условиях солевого стресса в модельных условиях.

Материалы и методы

Объектами исследования послужили штаммы мицелиального гриба *Aspergillus terreus* Thom, поддерживаемые в коллекции мицелиальных культур кафедры биологии, биологических технологий и ветеринарно-санитарной экспертизы Пензенского государственного аграрного университета. Вид был представлен в экспериментах тремя штаммами, которые различались географическим происхождением, рядом морфологических и физиологических характеристик. Это штаммы *A. terreus*: At-09, Ater-12, предоставленные кафедрой микологии и альгологии МГУ имени Ломоносова, а также штамм Ater (Pnz)-12, выделенный из лесной почвы на территории Пензенской области.

Изученные штаммы обладают выраженной целлюлозолитической активностью, что делает их перспективными для осуществления процесса биоконверсии растительного сырья, а также свидетельствует об их участии в почвообразовательных процессах.

Выделение, выращивание и исследования скорости роста и особенностей развития мицелиальных культур проводили по общепринятым методикам [1, 4].

Солевой стресс для культур создавали внесением в питательную среду хлорида натрия в количестве 0,5 М от массы среды. Определение уровня стресса культур проводили с помощью определения маркерного соединения – малонового диальдегида (МДА). МДА – продукт перекисного окисления липидов. Этот бифункциональный альдегид способен образовывать основания с аминокруппами белка, выступая в качестве сшивающего агента. Для определения концентрации малонового МДА в мицелии использовали метод Michara, основанный на взаимодействии МДА и тиобарбитуровой кислоты (ТБК) [18].

В экспериментах для оценки пероксидазной активности мицелия использовали гваякол (метоксифенол) CAS-№.90-05-1, который вносили в вытяжку из мицелия в концентрации 0,4 мМ. О пероксидазной активности мицелия судили по изменению окраски питательной среды, иллюстрирующей окисление гваякола до хинона [6]. Активность фермента измеряли фотометрически на ФЭКе при 440 нм. При окислении гваякола образуется окрашенный хинон и оптическая плотность раствора при 440 нм увеличивается. Для измерения оптической плотности использовали три кюветы по 8 мл (контроль и две химические повторности). В каждую из трех кювет вносили: 2 мл вытяжки, 2 мл 0,06 М фосфатного буфера, рН 6,7 и 2 мл гваякола. Автоматической пипеткой вносили в опытные кюветы 2 мл 0,3 % раствора перекиси водорода. Значения оптической плотности замеряли пятикратно через каждые 5 с.

Определение содержания эргостерина в мицелии проводили газохроматографическим методом с дериватизацией неомыляемой фракции липидов, экстрагированных из мицелия по методу Фолча, в триметилсилильные производные [13]. В качестве стандарта использовали стандарт эргостерина фирмы “Merck”. В работе использовали хроматограф «Кристалл-2000 М» с пламенно-ионизационным детектором, оснащенный набивной колонкой с насадкой – 5 % SE-30 на инертоне.

Статистическая обработка проводилась с помощью программы для обработки и анализа данных “Statistica 6.0”. Оценка достоверности влияния на продуктивные параметры со стороны различных факторов осуществлялась с помощью дисперсионного анализа полученного массива данных (ANOVA). Для оценки значимости полученных данных использовался *t*-критерий Стьюдента при уровне значимости 0,95 [11].

Результаты и обсуждение

Штаммы *A. terreus* выращивали на среде Чапека-Докса в условиях глубинной культуры. В питательную среду в процессе ее приготовления вносили раствор химически чистого хлорида натрия в количестве 0,5 М. При этом по истечению трех и пяти суток культивирования оценивали продукцию биомассы мицелия и содержание в нем маркера окислительного стресса малонового диальдегида (МДА). Данный продукт представляет собой эндогенный альдегид, вырабатывающийся при метаболизме арахидоновой и других поли-

ненасыщенных жирных кислот и являющийся признанным клинико-лабораторным маркером оксидативного стресса в клетке. Результаты анализа выявили наличие в разной степени выраженных признаков стресса у культур изученных штаммов (табл. 1).

Таблица 1

Продукция биомассы и содержание малонового диальдегида в мицелии штаммов *A. terreus* в условиях солевого стресса ($p < 0,05$)*

Штамм	Варианты опыта			
	Опыт (NaCl, 0,5 М)		Контроль	
	Биомасса (г/л)	Содержание МДА (нМ/г)	Биомасса (г/л)	Содержание МДА (нМ/г)
At-09	<u>44,8 ± 3,4</u>	<u>101,2 ± 6,3</u>	<u>72,7 ± 5,9</u>	<u>33,2 ± 1,3</u>
	38,3 ± 2,3	142,6 ± 2,3	113,9 ± 6,3	48,4 ± 2,3
Ater-12	<u>29,9 ± 1,5</u>	<u>84,9 ± 8,2</u>	<u>88,4 ± 1,</u>	<u>24,7 ± 1,20</u>
	33,1 ± 1,9	155,3 ± 3,7	121,1 ± 5,1	56,1 ± 3,3
Ater (Pnz)-12	<u>58,1 ± 1,8</u>	<u>98,5 ± 4,5</u>	<u>84,2 ± 3,7</u>	<u>40,3 ± 1,6</u>
	50,9 ± 2,7	172,5 ± 3,3	126,1 ± 4,1	49,8 ± 5,3

Примечание. * 3 сут/5 сут.

Таким образом, полного угнетения развития культур штаммов изученного вида при содержании в среде 0,5 М хлорида натрия не отмечено, однако достоверно установлено торможение в развитии мицелия, а также накопление в мицелии малонового диальдегида, существенно (в 2,96; 2,77 и 3,51 раза у изученных штаммов) превышающее контрольные показатели.

Защита клетки от окислительного стресса обеспечивается специальной антиоксидантной системой, задачей которой является предохранение от избыточного образования свободнорадикальных молекул [2, 5].

В ее состав входят как низкомолекулярные антиоксиданты, так и белки-ферменты. Образовавшийся в клетке пероксид водорода атакуется пероксидазой, в результате чего превращается в воду. Таким образом, благодаря наличию в клетке антиоксидантных ферментов из кислородных радикалов образуются нерадикальные соединения – пероксид водорода или вода [3]. Для большинства пероксидаз донором водорода могут служить разнообразные фенольные соединения. В естественных условиях в роли таких факторов могут выступать продукты распада и всевозможных модификаций молекул лигнина. Исследования, проведенные в модельных условиях с культурами ксилотрофных базидиомицетов, показали стимуляцию пероксидазной активности мицелия метоксильными группами лигнина [7]. В этой связи интерес представляло исследование в качестве донора водорода модельного соединения лигнина – сиреневого альдегида, который вносили в питательную среду в количестве 0,1 мМ от массы. Изучена динамика пероксидазной активности мицелия в условиях солевого стресса на фоне обогащения среды фенолами (вариант 1) и без него (вариант 2). Контрольной служила среда Чапека-Докса без добавления хлорида натрия в качестве индуктора стресса. Для оценки пероксидазной активности использовали гваякол, активность пероксидазы

в опытных вариантах регистрировали по увеличению оптической плотности за счет образования продукта (хинона) в реакционной смеси. Проведенные эксперименты позволили установить заметную стимуляцию пероксидазной активности мицелия, развивающегося в условиях солевого стресса в присутствии в питательной среде модельного фенольного соединения. Установлено, что в присутствии в среде сиреневого альдегида в опытных вариантах показатели пероксидазной активности мицелия изученных штаммов варьируют от 2,86 до 4,41 ед.оп.пл. · 100/г · с и превышают в 1,3 и более раз таковые в контроле (рис. 1).

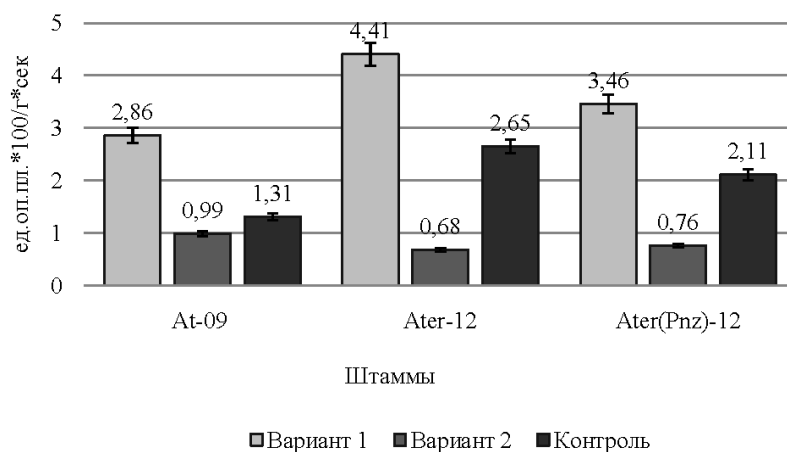


Рис. 1. Пероксидазная активность культуральной жидкости штаммов *A. terreus*: вариант 1 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, сиреневый альдегид 0,1 мМ; вариант 2 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, контроль – среда Чапека-Докса

Таким образом, установлено, что присутствие в среде фенольного соединения стимулирует пероксидазную активность штаммов *A. terreus*. Проведенная оценка содержания малонового диальдегида в мицелии, выращенном в условиях солевого стресса на среде, содержащей модельное фенольное соединение, показала снижение уровня стресса, практически до контрольных уровней. Показатели накопления биомассы достоверно возрастали в опытных вариантах с внесением в среду сиреневого альдегида, что также свидетельствовало в пользу снижения уровня стресса в присутствии модельных соединений лигнина (рис. 2).

Такие результаты могут свидетельствовать, что модельное соединение лигнина, помимо прочего, ассимилируется мицелием в качестве дополнительного трофического компонента субстрата. Активный рост мицелия предполагает также активизацию образования мембранных структур, в состав которых входит эргостерин. В полученных навесках биомассы определяли содержание эргостерина. Эргостерин – основной грибной стерин, интенсивный синтез которого является иллюстрацией активных метаболических процессов в мицелии.

Результаты проведенных экспериментов свидетельствуют, что содержание эргостерина не зависит от степени накопления биомассы, причем про-

центная доля эргостерина достоверно выше в мицелии, испытывающем стресс (табл. 2).

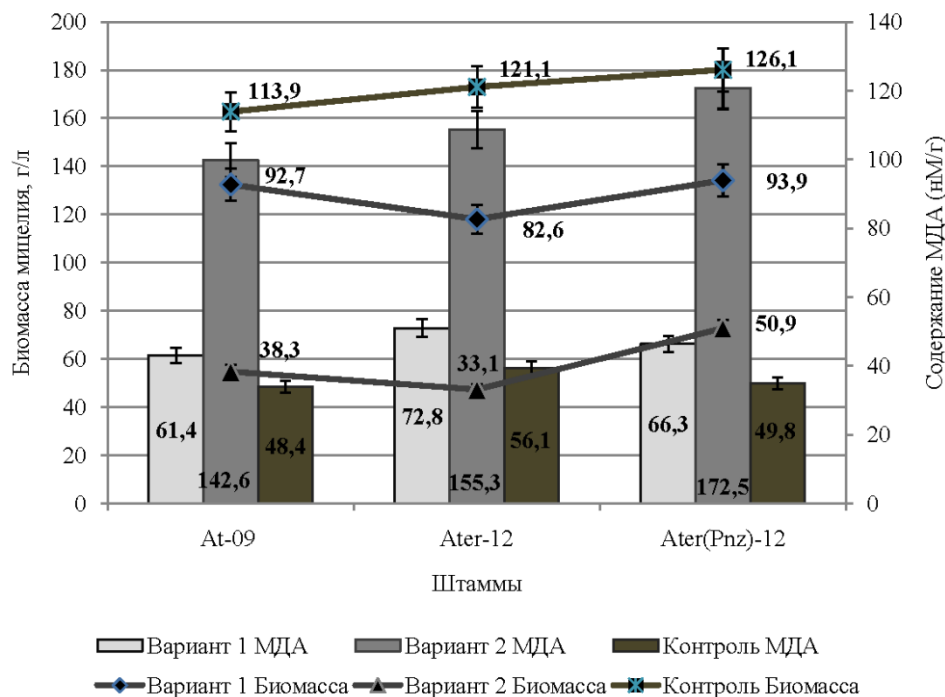


Рис. 2. Содержание маркера окислительного стресса – малонового диальдегида в мицелии штаммов *A. terreus* на фоне накопления мицелиальной биомассы (влажность 70 %): вариант 1 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, сиреневый альдегид 0,1 мМ; вариант 2 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, контроль – среда Чапека-Докса

Исследование динамики содержания эргостерина в мицелии подтвердило сделанное предположение о том, что накопление эргостерина в мицелии культуры, испытывающей стресс, происходит на поздних стадиях развития. Одним из признаков идиофазы является замедление роста и спорообразование, которое предполагает активное накопление эргостерина [8]. Отмечено увеличение содержания эргостерина в мицелии культур всех изученных штаммов, развивающихся в условиях солевого стресса, что свидетельствует о более раннем переходе культуры к вторичному метаболизму (рис. 3).

Совокупность проведенных исследований позволила выявить ряд закономерностей, связанных с адаптацией к солевому стрессу у культур *A. terreus*. В частности, отмечена роль модельного фенольного соединения (сиреневого альдегида), способного, с одной стороны, выступать донором водорода для процессов нейтрализации перекисей, обеспечивая рост активности пероксидаз, что косвенно свидетельствует о включении адаптационных механизмов в мицелии, а с другой стороны, способствовать активизации метаболических процессов у культур гриба.

Таблица 2

Показатели содержания эргостерина в воздушно-сухом мицелии штаммов *A. terreus* (35 °С, 5 сут развития, повторность трехкратная, $p < 0,05$)

Штамм	Среда Чапека-Докса+NaCl, 0,5 М		Среда Чапека-Докса+NaCl, 0,5 М+модельное фенольное соединение		Среда Чапека-Докса (контроль)	
	Масса навески, (мг)	Эргостерин, %	Масса навески, (мг)	Эргостерин, %	Масса навески, (мг)	Эргостерин, %
At-09	642,7 ± 52,3	2,74 ± 0,04*	2097,3 ± 74,3	2,08 ± 0,33	3109,3 ± 64,6	0,67 ± 0,27
Ater-12	532,9 ± 33,6	1,95 ± 0,01	1431,2 ± 56,3	1,65 ± 0,66	1722,8 ± 56,3	0,55 ± 0,36
Ater (Phz)-12	566,4 ± 32,3	1,98 ± 0,03	1328,8 ± 22,8	1,33 ± 0,33	2199,4 ± 89,3	0,49 ± 0,51

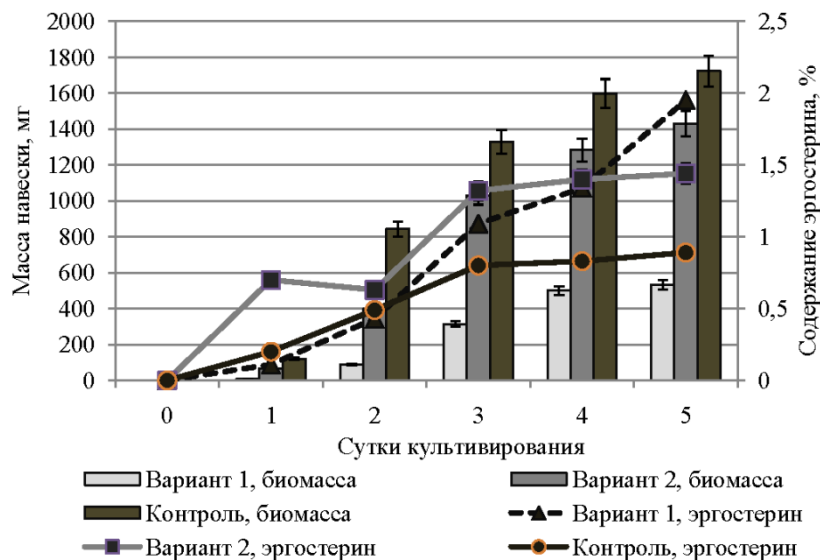


Рис. 3. Динамика накопления биомассы мицелия и содержания в нем эргостерина на примере штамма Ater-12 *A. terreus*: вариант 1 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, сиреневый альдегид 0,1 мМ; вариант 2 – среда Чапека-Докса, содержащая 0,5 М NaCl, контроль – среда Чапека-Докса

Учитывая, что сиреневый альдегид и сходные с ним фенольные соединения (пара-гидроксibenзальдегид, ванилин) являются компонентами нерегулярной молекулы лигнина, высвобождаемыми в процессах гумификации, можно допустить существование аналогичных механизмов в естественных условиях. Отдельным вопросом в продолжение исследований представляется изучение роли данных механизмов в поддержании динамического равновесия в системе почва – микробиоценоз.

Библиографический список

1. Бисько, Н. А. Высшие съедобные базидиомицеты в поверхностной и глубинной культуре / Н. А. Бисько, А. С. Бухало, С. П. Вассер [и др.]. – Киев : Наукова думка, 1983. – 312 с.
2. Болдырев, А. А. Свободные радикалы в нормальном и ишемическом мозге / А. А. Болдырев, М. Л. Куклей // Нейрохимия. – 1996. – № 13. – С. 271–278.
3. Болдырев, А. А. Окислительный стресс и мозг / А. А. Болдырев // Соросовский образовательный журнал. – 2001. – Т. 7, № 4. – С. 21–28.
4. Бухало, А. С. Высшие съедобные базидиомицеты в чистой культуре / А. С. Бухало. – Киев : Наукова думка, 1988. – 144 с.
5. Владимиров, Ю. А. Свободные радикалы в клетке / Ю. А. Владимиров // Природа. – 1997. – № 4. – С. 47–54.
6. Гавриленко, В. Ф. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание / В. Ф. Гавриленко, М. Е. Ладыгина, Л. М. Хандобина. – Москва : Высшая школа, 1975. – 392 с.
7. Ильина, Г. В. Эколого-физиологический потенциал природных изолятов ксилотрофных базидиомицетов : автореф. дис. ... д-ра биол. наук : 03.02.08 : 03.01.06 / Ильина Г. В. – Саратов, 2011. – 45 с.
8. Лыков, Ю. С. Возможности стимуляции синтеза эргостерина мицелием ксилотрофных базидиомицетов в условиях глубинной культуры / Ю. С. Лыков, Г. В. Ильина, Д. Ю. Ильин // Известия Пензенского государственного педагогиче-

- ского университета имени В. Г. Белинского. Естественные науки. – 2011. – № 25. – С. 290–294.
9. **Мирчинк, Т. Г.** Почвенная микология / Т. Г. Мирчинк. – Москва : Изд-во МГУ, 1988. – 220 с.
 10. **Стручкова, И. В.** Амилазная и оксидоредуктазная активность микодеструктора *Aspergillus terreus* при его росте на новых полимерных материалах / И. В. Стручкова, Е. С. Лазарева, В. Ф. Смирнов // Вестник Нижегородского университета имени Н. И. Лобачевского. – 2010. – № 2 (2). – С. 591–595.
 11. **Халафян, А. А.** Statistica 6. Статистический анализ данных / А. А. Халафян. – 3-е изд. – Москва : Бином-Пресс, 2007. – 512 с.
 12. Chemical Composition, Antifungal and Insecticidal Activities of the Essential Oils from Tunisian *Clinopodium Nepeta* Subsp. *nepeta* and *Clinopodium Nepeta* Subsp. *Glandulosum* / H. Debbabi, R. E. Mokni, I. Chaieb, S. Nardoni, F. Maggi, G. Caprioli, S. Hammami // *Molecules*. – 2020. – № 25 (9). – P. 2137. – DOI 10.3390/molecules25092137.
 13. **Folch, J. A.** Simple Method for the Isolation and Purification of Total Lipides from Animal Tissues / J. Folch, M. Lees, G. H. Sloane Stanley // *The Journal of Biological Chemistry*. – 1957. – Vol. 226. – P. 497–509.
 14. Asperterrestide A, a cytotoxic cyclic tetrapeptide from the marine-derived fungus *Aspergillus terreus* SCSGAF0162 / F. He, J. Bao, X. Y. Zhang, Z. C. Tu, Y. M. Shi, S. H. Qi // *J. Nat Prod*. – 2013. – № 76 (6). – P. 1182–1186. – DOI 10.1021.
 15. Lovastatin production by *Aspergillus terreus* using agro-biomass as substrate in solid state fermentation / M. F. Jahromi, J. B. Liang, Y. W. Ho, R. Mohamad, Y. M. Goh, P. Shokryazdan // *J. Biomed Biotechnol*. – 2012. – PMID: 23118499.
 16. Salt stress alleviation in *Pennisetum glaucum* through secondary metabolites modulation by *Aspergillus terreus* / F. Khushdil, G. J. Farzana, J. Gul, H. Muhammad, I. Amjad, H. Anwar, B. Nusrat // *Plant Physiol Biochem*. – 2019. – Vol. 144. – P. 127–134. – DOI 10.1016/j.plaphy.2019.09.038.
 17. Gentamicin degradation and changes in fungal diversity and physicochemical properties during composting of gentamicin production residue / Y. Liu, Y. Feng, D. Cheng, J. Xue, S. A. Wakelin, H. Hu, Z. Li // *Bioresour Technol*. – 2017. – Vol. 244 (pt. 1). – P. 905–912. – DOI 10.1016/j.biortech. – PMID: 28847079.
 18. **Michara, M.** Thiobarbituric and value on fresh homogenate of rat as a parameter of lipidperoxidation in aging, CCL4 intoxication and vitamin E deficiency / M. Michara, M. Uchiyama // *Biolchem. Med*. – 1980. – Vol. 23 (3). – P. 302–311.
 19. Growth study under combined effects of temperature, pH and salinity and transcriptome analysis revealed adaptations of *Aspergillus terreus* NT0U4989 to the extreme conditions at Kueishan Island Hydrothermal Vent Field, Taiwan / Ka-Lai Pang, M. Wai-Lun Chiang, Sheng-Yu Guo, Chi-Yu Shih, H. U. Dahms, Jiang-Shiou Hwang, Hyo-Jung Cha // *PLOS ONE*. – 2020. – P. 0233621. – DOI 10.1371/.

References

1. Bis'ko N. A., Bukhalo A. S., Vasser S. P. et al. *Vysshie s"edobnye bazidiomitsety v poverkhnostnoy i glubinnoy kul'ture* [Higher edible basidiomycetes in surface and deep strain]. Kiev: Naukova dumka, 1983, 312 p. [In Russian]
2. Boldyrev A. A., Kukley M. L. *Neyrokhimiya* [Neurochemistry]. 1996, no. 13, pp. 271–278. [In Russian]
3. Boldyrev A. A. *Sorosovskiy obrazovatel'nyy zhurnal* [Soros Educational Journal]. 2001, vol. 7, no. 4, pp. 21–28. [In Russian]
4. Bukhalo A. S. *Vysshie s"edobnye bazidiomitsety v chistoy kul'ture* [Higher edible basidiomycetes in pure strain]. Kiev: Naukova dumka, 1988, 144 p. [In Russian]
5. Vladimirov Yu. A. *Priroda* [Nature]. 1997, no. 4, pp. 47–54. [In Russian]

6. Gavrilenko V. F., Ladygina M. E., Khandobina L. M. *Bol'shoi praktikum po fiziologii rasteniy. Fotosintez. Dykhanie* [A large practical work on plant physiology. Photosynthesis. Breath]. Moscow: Vysshaya shkola, 1975, 392 p. [In Russian]
7. Il'ina G. V. *Ekologo-fiziologicheskii potentsial prirodnykh izolyatov ksilotrofnykh bazidiomisetov: avtoref. dis. d-ra biol. nauk: 03.02.08: 03.01.06* [Ecological and physiological potential of natural isolates of xylophilic basidiomycetes: author's abstract of dissertation to apply for the degree of the doctor of biological sciences: 03.02.08: 03.01.06]. Saratov, 2011, 45 p. [In Russian]
8. Lykov Yu. S., Il'ina G. V., Il'in D. Yu. *Izvestiya Penzenskogo gosudarstvennogo pedagogicheskogo universiteta imeni V. G. Belinskogo. Estestvennye nauki* [Proceedings of Penza State Pedagogical University named after V. G. Belinsky. Natural sciences]. 2011, no. 25, pp. 290–294. [In Russian]
9. Mirchink T. G. *Pochvennaya mikologiya* [Soil mycology]. Moscow: Izd-vo MGU, 1988, 220 p. [In Russian]
10. Struchkova I. V., Lazareva E. S., Smirnov V. F. *Vestnik Nizhegorodskogo universiteta imeni N. I. Lobachevskogo* [Bulletin of Lobachevsky State University of Nizhni Novgorod]. 2010, no. 2 (2), pp. 591–595. [In Russian]
11. Khalafyan A. A. *Statistika 6. Statisticheskii analiz dannykh* [Statistics 6. Statistical data analysis]. 3d ed. Moscow: Binom-Press, 2007, 512 p. [In Russian]
12. Debbabi H., Mokni R. E., Chaieb I., Nardoni S., Maggi F., Caprioli G., Hammami S. *Molecules*. 2020, no. 25 (9), pp. 2137. DOI 10.3390/molecules25092137.
13. Folch J. A., Lees M., Sloane Stanley G. H. *The Journal of Biological Chemistry*. 1957, vol. 226, pp. 497–509.
14. He F., Bao J., Zhang X. Y., Tu Z. C., Shi Y. M., Qi S. H. *J. Nat Prod*. 2013, no. 76 (6), pp. 1182–1186. DOI 10.1021.
15. Jahromi M. F., Liang J. B., Ho Y. W., Mohamad R., Goh Y. M., Shokryazdan P. *J. Biomed Biotechnol*. 2012, PMID: 23118499.
16. Khushdil F., Farzana G. J., Gul J., Muhammad H., Amjad I., Anwar H., Nusrat B. *Plant Physiol Biochem*. 2019, vol. 144, pp. 127–134. DOI 10.1016/j.plaphy.2019.09.038.
17. Liu Y., Feng Y., Cheng D., Xue J., Wakelin S. A., Hu H., Li Z. *Bioresour Technol*. 2017, vol. 244 (pt. 1), pp. 905–912. DOI 10.1016/j.biortech. PMID: 28847079.
18. Michara M., Uchiyama M. *Biolchem. Med*. 1980, vol. 23 (3), pp. 302–311.
19. Pang Ka-Lai, Chiang M. Wai-Lun, Guo Sheng-Yu, Shih Chi-Yu, Dahms H. U., Hwang Jiang-Shiou, Cha Hyo-Jung. *PLOS ONE*. 2020, pp. 0233621. DOI 10.1371/

Ильина Галина Викторовна

доктор биологических наук, профессор,
кафедра биологии, биологических
технологий и ветеринарно-санитарной
экспертизы, Пензенский
государственный аграрный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: ilyina.g.v@pgau.ru

Il'ina Galina Viktorovna

Doctor of biological sciences, professor,
sub-department of biology, biological
technologies and veterinary and sanitary
expertise, Penza State Agrarian University
(30 Botanicheskaya street, Penza, Russia)

Ильин Дмитрий Юрьевич

кандидат биологических наук, доцент,
кафедра биологии, биологических
технологий и ветеринарно-санитарной
экспертизы, Пензенский
государственный аграрный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30)

E-mail: ilyin.d.u@pgau.ru

Il'in Dmitriy Yur'evich

Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of biology,
biological technologies and veterinary and
sanitary expertise, Penza State Agrarian
University (30 Botanicheskaya street,
Penza, Russia)

Воробьева Анна Андреевна

аспирант, Пензенский государственный
аграрный университет (Россия, г. Пенза,
ул. Ботаническая, 30)

E-mail: vorobieva.a.a@pgau.ru

Vorob'eva Anna Andreevna

Postgraduate student, Penza State Agrarian
University (30 Botanicheskaya street,
Penza, Russia)

Образец цитирования:

Ильина, Г. В. Адаптация штаммов гриба *Aspergillus terreus* Thom к солевому стрессу в присутствии фенольных соединений в модельных условиях / Г. В. Ильина, Д. Ю. Ильин, А. А. Воробьева // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 90–102. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-8.

ВЛИЯНИЕ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТЕПНОГО СУРКА НА ВИДОВОЙ СОСТАВ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЗАПОВЕДНОГО УЧАСТКА «ОСТРОВЦОВСКАЯ ЛЕСОСТЕПЬ»

Аннотация.

Актуальность и цели. Степной сурок (*Marmota bobak* Müll.) – важный компонент лесостепей Евразии. Интенсивная антропогенная трансформация значительных по площади территорий в ходе хозяйственной деятельности (распашка земель и т.п.) и стихийный нерегулируемый промысел привели к тому, что на рубеже XIX–XX вв. степной сурок был почти истреблен на территории России. В настоящее время в Пензенской области в результате реинтродукции сурки обитают на территории двух заповедных участков. Целью работы является оценка влияния жизнедеятельности сурков на видовой состав и структуру растительности заповедного участка «Островцовская лесостепь».

Материалы и методы. Исследование проводили летом 2019 г. на территории заповедного участка «Островцовская лесостепь». С помощью GPS-навигатора были закартированы временные (кормовые или защитные) и постоянная (выводковая или зимовальная) нора. У основания нор в верхней, средней, нижней частях склона и у его подножия были заложены пробные площади (ПП) размером 1–2 м². Для выявления флористического состава непосредственно у нор сурков и вдали от них были проведены полные геоботанические описания с указанием обилия видов общепринятыми методами.

Результаты. На территории заповедного участка «Островцовская лесостепь» за прошедшие 6 лет (с момента заселения этой территории сурками) в поселении сурков отмечены 44 временные норы или времянки и 1 постоянная нора, все они соединены тропами. Растительность склонов, заселенных сурками, представлена луговыми степями: разнотравно-злаковыми, разнотравно-ковыльными, злаково-земляничными. В составе сообществ выявлено 78 видов сосудистых растений. Степень и характер воздействий поселений сурков на растительный покров зависят от времени и интенсивности использования нор, а также устойчивости самих растительных сообществ.

Выводы. Степень и характер воздействий от нор сурков могут быть различными: от минимальных нарушений (разреживание покрова), средней степени – вытаптывание/выпадение на выбросах естественных видов растений и внедрение сорных и до существенного – полная смена видового состава в агроценозах. Вблизи постоянных нор на значительной площади происходит полное вытаптывание всего растительного покрова. Последними выпадают плотнодерновинные виды (типчак, ковыли). Внедрение сорных видов также затруднено из-за высокой плотности почвы.

Ключевые слова: степной сурок, растительность, флора.

O. A. Shatalin, A. N. Dobrolyubov, N. A. Leonova

INFLUENCE OF THE STEPPE MARMOT'S LIFE ACTIVITY ON THE VEGETATION SPECIES COMPOSITION OF THE OSTROVTSOVSKAYA FOREST-STEPPE PROTECTED AREA

Abstract.

Background. The steppe marmot (*Marmota bobak* Müll.) is an important component of the Eurasian forest steppes. Intensive anthropogenic transformation of large areas in the course of economic activity (plowing of land, etc.) and spontaneous unregulated fishing led to the fact that at the turn of the XIX–XX centuries, the steppe marmot was almost exterminated in the territory of Russia. Currently, in Penza region, as a result of reintroduction, marmots live in the territory of two protected areas. The aim of the work is to assess the impact of marmot activity on the species composition and vegetation structure of the protected area “Ostrovtsovskaya forest-steppe”.

Materials and methods. A study was conducted in the summer of 2019 in the territory of the protected area “Ostrovtsovskaya forest-steppe”. Temporary (forage or protective) and permanent (brood or winter) burrows were mapped using a GPS Navigator. At the base of the burrows in the upper, middle, lower parts of the slope and at its foot, test areas (PP) of 1–2 m² were laid. Complete geobotanical descriptions were carried out to identify the floristic composition directly at marmot burrows and away from them, indicating the abundance of species using generally accepted methods.

Results. In the territory of the protected area “Ostrovtsovskaya forest-steppe” over the past 6 years (since the settlement of marmots), 44 temporary burrows or temporary shelters and 1 permanent burrow have been marked in the settlement of marmots, all of them are connected by trails. The vegetation of the slopes inhabited by marmots is represented by meadow steppes: grass-gramineous, grass-stipa, gramineous-strawberry. 78 species of vascular plants were identified in the communities. The extent and nature of the impacts of marmot settlements on vegetation depend on the time and intensity of burrow use, as well as the stability of the plant communities themselves.

Conclusions. The degree and nature of impacts by temporary burrows of marmots can vary: from minimal disturbance (thinning of the cover), moderate – trampling/loss of natural plant species and introduction of weeds, and to significant – complete change of species composition in agrocenoses. Near permanent burrows, the entire vegetation cover is completely trampled over a large area. The last to fall out are dense-core species (fescue, stipa). The introduction of weed species is also difficult due to high density of the soil.

Keywords: steppe marmot, vegetation, flora.

Введение

Степной сурок (*Marmota bobak* Müll.) – важный компонент лесостепей Евразии. Характеризуя биоценотическое значение сурков в природе, многие авторы отмечают их важную роль в образовании зоогенного растительного покрова [1–3].

В недавнем историческом прошлом вид был широко распространен и имел высокую численность. Однако интенсивная антропогенная трансформация значительных по площади территорий в ходе хозяйственной деятельности (распашка земель и т.п.) и стихийный нерегулируемый промысел привели

к тому, что на рубеже XIX–XX вв. степной сурок был почти истреблен на территории России [3]. В современных границах Пензенской области по данным И. И. Спрыгина [4] последних сурков отмечали в 90-х гг. XIX в. В конце 80-х гг. XX в. на территории области начали проводиться мероприятия по реинтродукции степного сурка.

На территории заповедника «Приволжская лесостепь» по свидетельству И. И. Спрыгина [5] поселения сурков были достоверно отмечены только на «Попереченской степи», однако в первой половине XIX в. они полностью исчезли. В настоящее время в результате реинтродукции сурки обитают на двух заповедных участках. В 2009 г. на территорию заповедного участка «Кунчеровская лесостепь» был выпущен один зверек, а в 2010 г. – обнаружена семья сурков. С 2014 г. были начаты работы по реинтродукции степного сурка и на территории заповедного участка «Островцовская лесостепь». В июле на участок в предварительно подготовленные искусственные норы было выпущено 30 зверьков. В 2019 г. на участке было отмечено три семьи сурков. Общая численность по весенним наблюдениям составила примерно 12–15 особей.

Целью работы является оценка влияния жизнедеятельности сурков на видовой состав и структуру растительности заповедного участка «Островцовская лесостепь».

Методы исследования

Исследование проводили летом 2019 г. на территории заповедного участка «Островцовская лесостепь». Поселение байбака отмечено в восточной части заповедного участка на склонах юго-западной экспозиции.

С помощью GPS-навигатора были закартированы 45 сурчин: 44 – временные (кормовые или защитные) и 1 постоянная (выводковая или зимовальная) нора.

У основания временных и постоянной нор в верхней, средней, нижней частях склона и у его подножия заложены пробные площади (ПП) размером 1–2 м². Для выявления флористического состава непосредственно у нор сурков и вдали от них были проведены полные геоботанические описания с указанием обилия видов общепринятыми методами [6]. Участие видов оценивали с использованием следующей шкалы: проективное покрытие 75–100 % – 5 баллов, 51–75 % – 4 балла, 26–50 % – 3 балла, 11–25 % – 2 балла, 2–10 % – 1 балл, 1 % и менее – +. В данной работе проведена классификация, выявлены состав и структура растительности у 10 нор.

Названия сосудистых растений приведены по С. К. Черепанову [7]. Классификация растительности осуществлялась по доминантному принципу [8].

Результаты и обсуждение

За первый год (2014) после выпуска сурки освоили склон юго-западной экспозиции, а в последующие годы поселение увеличилось и норы были обнаружены и на склоне южной экспозиции (рис. 1, 2).

Растительность склонов представлена луговыми степями: разнотравно-злаковыми, разнотравно-ковыльными, злаково-земляничными (рис. 3).

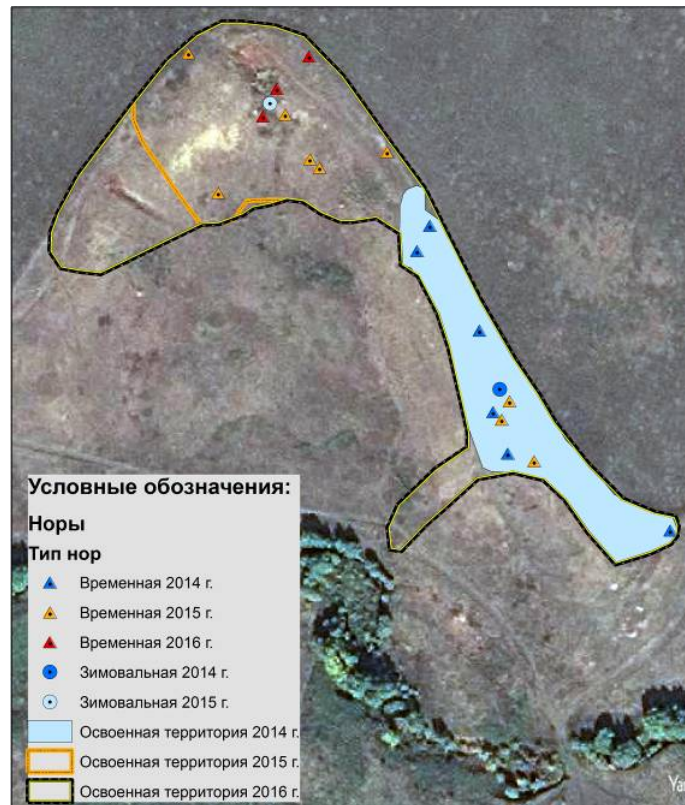


Рис. 1. Карта-схема территории заповедного участка «Островцовской лесостепи», освоенной сурком в 2014 г. [9]



Рис. 2. Карта-схема размещения нор сурков и их троп на территории заповедного участка «Островцовской лесостепи» в 2019 г.
— тропы между норами. Точность GPS (± 4 м)



Рис. 3. Общий вид склонов «Островцовской лесостепи» с поселением сурков

В составе сообществ выявлено 78 видов сосудистых растений. С высоким постоянством здесь отмечены: ковыли перистый, узколистный, волосовидный – *Stipa pennata*, *S. tirsia*, *S. capillata*, кострец береговой – *Bromopsis riparia*, овсец Шелля – *Helictotrichon schellianum*, мятлик узколистный – *Poa angustifolia*, пырей промежуточный и ползучий – *Elytrigia intermedia*, осока ранняя – *Carex praecox*, из бобовых обычны: клеверы альпийский и горный – *Trifolium alpestre* и *T. montanum*, лядвенец рогатый – *Lotus corniculatus*, из разнотравья: земляника зеленая – *Fragaria viridis*, герань кроваво-красная – *Geranium sanguineum*, таволга обыкновенная – *Filipendula vulgaris*, подмаренник настоящий – *Galium verum*, резак обыкновенный – *Falcaria vulgaris*, полынь равнинная – *Artemisia campestris*, тысячелистники обыкновенный и благородный – *Achillea millefolium* и *A. nobilis*, лапчатка серебристая – *Potentilla argentea* и другие. Кустарники (слива колючая, терн – *Prunus spinosa*, ракитник русский – *Chamaecytisus ruthenicus*, дрок красильный – *Genista tinctoria*) на склонах встречаются редко, их роль в сложении покрова усиливается по балкам на склонах.

Временные норы встречаются как на выровненных водораздельных территориях, так и по склонам и у их подножия.

Временная нора на выровненных водораздельных поверхностях была выкопана в корневищно-злаковой ассоциации (рис. 4,а) с доминированием в травостое костреца берегового. Общее проективное покрытие (ОПП) травостоя составляет 70 %. На месте выброса площадью около 1–2 м² не наблюдается никакой растительности, кроме вьюнка полевого (*Convolvulus arvensis*), проективное покрытие которого было невысоким – до 10 %.

По верхним частям склонов юго-западной экспозиции в составе злаково-разнотравной ассоциации (ОПП 70–80 %) временные норы имеют большие по размерам выбросы (до 3–4 м²) (рис. 4,б). На выбросах сохраняется только наиболее устойчивый к сбою вид злаков – типчак (*Festuca valesiaca*) и поселяются сорные растения – вьюнок полевой, молочай прутьевидный (*Euphorbia waldsteini*). ОПП на выбросах низкое – 10–20 %. По склону отчетливо, по примятой траве, прослеживаются тропы сурков.

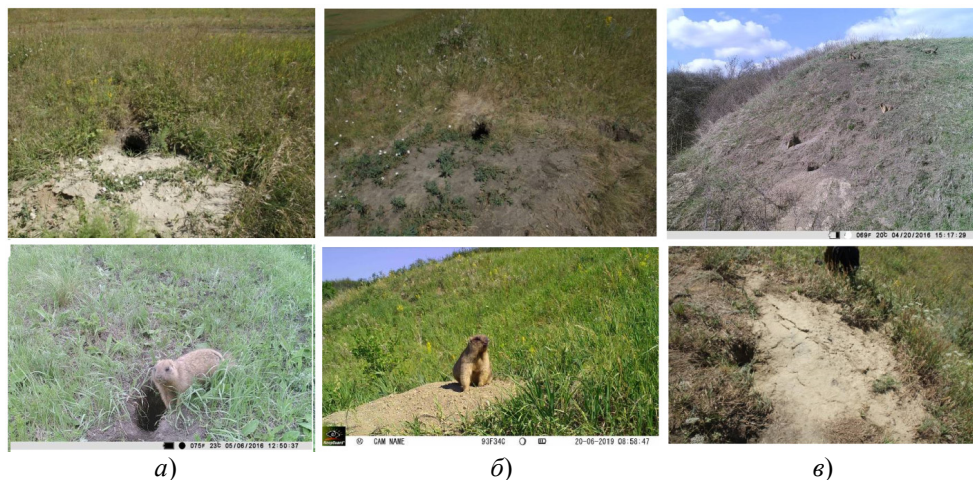


Рис. 4. Временные норы сурков:

а – в корневищно-злаковой ассоциации на выровненных водораздельных пространствах; *б* – в злаково-разнотравной ассоциации в верхней части склона юго-западной экспозиции; *в* – в злаково-разнотравной ассоциации в средней части склона южной экспозиции

В средней части достаточно крутых склонов южной экспозиции в составе травостоя увеличивается участие разнотравья (рис. 4, *в*). Размеры выбросов имеют значительную площадь (до 4–5 м²). На выбросах растительность практически полностью отсутствует (видны мертвые дернины ковылей), встречаются единичные сорные растения полыни австрийской (*Artemisia austriaca*) и (или) устойчивого к сбою типчака. ОПП не превышает 1 %.

По всему склону четко прослеживаются тропы (в высокой траве они выглядят как тоннели) между сурчинами (рис. 5). На значительной площади по склонам отмечается изменение аспекта травостоя с зеленого на светло-зеленый или даже белесый за счет «примятия» травы.



Рис. 5. Тропы сурков на склонах в «Островцовской лесостепи»

У подножия склонов наблюдается четкая смена луговых степей на настоящие луга. Она проявляется и в смене видового состава, и в изменении аспекта на темно-зеленый.

Временные норы в составе наземнейниковой и безостокострецовой ассоциациях настоящих лугов, как правило, не имеют больших выбросов (рис. 6а,б). Почва в таких условиях более увлажненная и быстро утрамбовывается.



Рис. 6. Временные норы сурков:

а – в наземнейниковой ассоциации у подножия склона юго-западной экспозиции;
б – в безостокострецовой ассоциации у подножия склона юго-западной экспозиции

На таких выбросах не наблюдается смены видового состава трав, вейник наземный (*Calamagrostis epigeios*) и кострец безостый (*Bromopsis inermis*) – доминанты таких сообществ, они имеют хорошо развитые подземные корневища и достаточно долго не выпадают из состава сообществ, несмотря на то, что на значительной площади вокруг нор наблюдается уничтожение почти всех надземных зеленых частей растений (в результате поедания сурками) и значительное их вытаптывание.

Временные норы отмечены нами и на выровненных поверхностях у подножия склонов в составе ассоциаций настоящих лугов. В таких условиях наблюдается формирование микрогруппировок кустарников из терна. Норы сурков отмечены как непосредственно под плотным пологом терна, так и по краю полога (рис. 7). На плотно утоптанной поверхности выбросов растения практически отсутствуют, встречаются только одиночные особи сорных видов – вьюнок полевой, белена черная (*Hyoscyamus niger*). Под кронами терна растительность отсутствует полностью, видимо, по двум причинам: с одной стороны, из-за недостаточности света, с другой – в результате сильного вытаптывания их сурками. По сообщению сотрудников заповедника, наблюдающих за сурками, зверьки самые жаркие полуденные часы проводят в тени плотного полога терна.



Рис. 7. Временная нора сурков под зарослями терна

В балке на склоне южной экспозиции нами была обнаружена «свежая» временная нора сурков в составе ковыльно-разнотравной ассоциации луговых степей (рис. 8,а). На этом этапе освоения сурками пространства наблюдается минимальное воздействие их жизнедеятельности на растительность – отсутствует сильное вытаптывание растительности и сохраняется естественная флора на выбросах (крестовник Якова – *Senecio jacobaea* и коровяк восточный – *Verbascum orientale*). Однако, несмотря на это, наблюдается изреживание травостоя и изменение ОПП с 60–70 до 40–50 %.



Рис. 8. Временные норы сурков:
а – в балке на склоне южной экспозиции; б – на склоне к ручью

Сходной по сроку устройства и степени воздействия на растительность является временная нора сурков, отмеченная нами на пологом склоне у ручья в разнотравном крапивнике (рис. 8,б). Здесь было обнаружено минимальное воздействие на растительность: сохранилась естественная флора на выбросах (свербига восточная – *Bunias orientalis* и крапива двудомная – *Urtica dioica*). Наблюдается изреживание травостоя и внедрение сорного вида – бьюнка полевого.

Быстрый и существенный урон наносят сурки искусственным сообществам (агроценозам) (рис. 9). В таких сообществах наблюдаются полное уничтожение культурных растений (подсолнечник) на значительной площади и массовое разрастание сорной флоры (чистец прямой – *Stachys recta*, марь белая – *Chenopodium album* и вьюнок полевой).

Таким образом, степень и характер воздействий устройства сурками временных норных убежищ могут быть различными: от минимальных нарушений (разреживание покрова), средней степени – вытаптывание/выпадение на выбросах естественных видов растений и внедрение сорных и до существенного – полной смене видового состава.



Рис. 9. Формирование сорной растительности на месте сельхозугодий

Степень и характер воздействий зависят от времени и интенсивности использования нор, а также устойчивости самих растительных сообществ.

Постоянные норы сурков наносят более существенные изменения в состав и структуру растительного покрова. Значительное время (как в течение одного сезона, так и в течение нескольких лет) сурки проводят вблизи этих нор.

Вокруг норы происходит полный сбой всего растительного покрова. Последними из растительных сообществ выпадают плотнодерновинные виды (типчак, ковыли), мертвые подземные части которых еще длительное время видны на поверхности почвы. Внедрение сорных видов также затруднено из-за высокой плотности почвы. Весной, после пробуждения, сурки поедают отрастающую вблизи зимовальной норы надземную вегетативную массу (рис. 10,*а*). Летом сурки вытаптывают, а также обкусывают надземную вегетативную массу вокруг норы и используют ее как подстилку. Именно поэтому часто рядом с норой на значительной площади отсутствует зеленая трава (рис. 10,*б,в*). Осенью (в начале сентября) сурки залегают в спячку и «запечатывают» вход в нору (рис. 10,*г*).

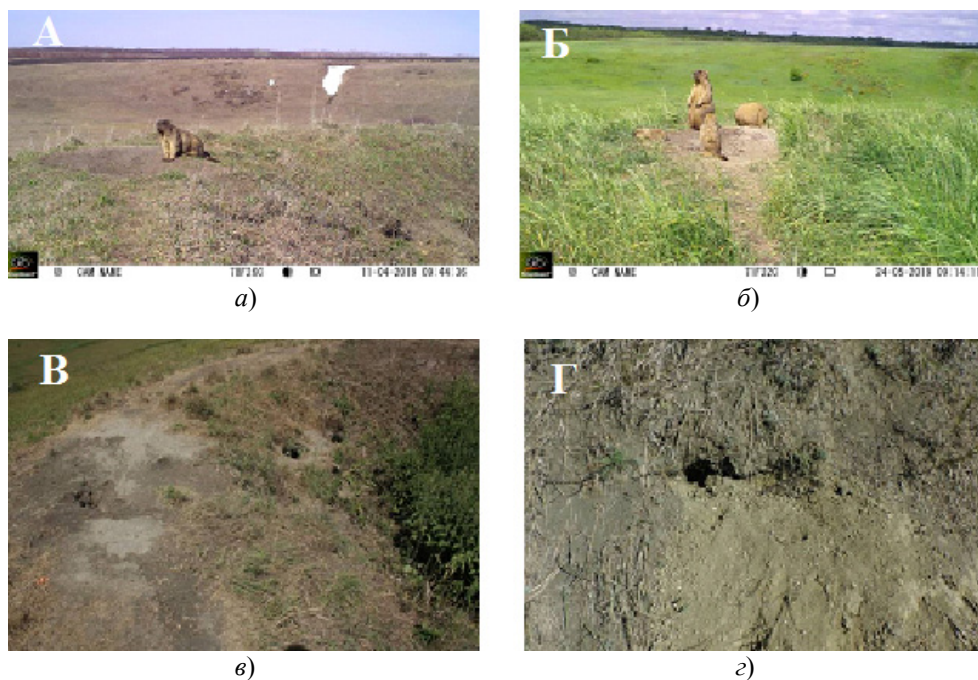


Рис. 10. Сурки возле постоянной норы:
а – весной; *б* – летом (июль); *в* – в конце лета (август); *г* – осенью

На значительной площади (около 10 м²) вблизи постоянных нор полностью изменяется состав флоры. Сообщества злаково-разнотравной ассоциации с доминированием костреца берегового, мятлика узколистного, подмаренника настоящего, овсеца пустынного, тысячелистника обыкновенного, молочая прутьевидного, таволги обыкновенной сменяются ценозами с доминированием крапивы (рис. 11).



Рис. 11. Зимовальная нора сурков летом

Выявлено еще одно опосредованное воздействие жизнедеятельности сурков на растительность. Ранней весной почва выбросов быстрее прогревается под первыми солнечными лучами, поэтому именно здесь растения первыми начинают вегетировать (рис. 12).



Рис. 12. Появление новых побегов трав по выбросам вблизи нор сурков ранней весной

Заключение

На территории заповедного участка «Островцовская лесостепь» за прошедшие 6 лет (с момента заселения этой территории сурками) в поселении сурков отмечены временные норы, или времянки, и постоянная нора. Общее число нор составляет 45, все они соединены тропами.

Степень и характер воздействий от нор сурков могут быть различными: от минимальных нарушений (разреживание покрова), средней степени – вытаптывание/выпадение на выбросах естественных видов растений и внедрение сорных и до существенного – полная смена видового состава в агроценозах. Вблизи постоянных нор на значительной площади происходит полное вытаптывание всего растительного покрова. Последними выпадают плотнoderновинные виды (типчак, ковыли). Внедрение сорных видов также затруднено из-за высокой плотности почвы.

Библиографический список

1. **Бибиков, Д. И.** Сурки / Д. И. Бибиков. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 255 с.
2. **Зими́на, Р. П.** Биоценотическое значение / Р. П. Зими́на, Р. И. Злотин // Сурки. Биоценотическое и практическое значение. – Москва : Наука, 1980. – С. 70–110.
3. К истории и современному состоянию степного сурка (*Marmota bobak* Müll.) в Пензенской области / В. Ю. Румянцев, О. А. Ермаков, В. Ю. Ильин, А. Н. Добролюбов, М. С. Солдатов, Е. А. Даниленко // Аридные экосистемы. – 2012. – С. 64–66.
4. **Спрыгин, И. И.** Исчезновение двух степных грызунов сурка и слепца в Пензенской губернии / И. И. Спрыгин // Труды по изучению заповедников. – Москва, 1925. – Вып. 6. – С. 20.
5. **Спрыгин, И. И.** Некоторые сведения о фауне степи около д. Поперечной / И. И. Спрыгин // Материалы к описанию степи. – Пенза, 1923. – С. 43, 44.
6. **Миркин, Б. М.** Методические указания для практикума по классификации растительности методом Браун-Бланке / Б. М. Миркин, Л. Г. Наумова, А. И. Солومهщ. – Уфа, 1989. – 37 с.
7. **Черепанов, С. К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР) / С. К. Черепанов. – Санкт-Петербург : Мир и семья, 1995. – 992 с.
8. **Александрова, В. Д.** Классификация растительности: Обзор принципов классификации и классификационных систем в разных геоботанических школах / В. Д. Александрова. – Ленинград : Наука, Ленинградское отделение, 1969. – 273 с.
9. **Добролюбов, А. Н.** Реликтовое поселение степного сурка (*Marmota bobak* Müll.) в Попереченской степи и его реинтродукция в природные комплексы заповедника / А. Н. Добролюбов // Биологическое разнообразие и динамики природных процессов в заповеднике «Приволжская лесостепь»: Попереченская степь : тр. государственного природного заповедника «Приволжская лесостепь». – Пенза, 2013. – Вып 3. – С. 165–169.

References

1. Bibikov D. I. *Surki* [Marmots]. Moscow: Agropromizdat, 1989, 255 p. [In Russian]
2. Zimina R. P., Zlotin R. I. *Surki. Biotsenoticheskoe i prakticheskoe znachenie* [Marmots. Biocoenotic and practical importance]. Moscow: Nauka, 1980, pp. 70–110. [In Russian]
3. Rumyantsev V. Yu., Ermakov O. A., Il'in V. Yu., Dobrolyubov A. N., Soldatov M. S., Danilenko E. A. *Aridnye ekosistemy* [Arid ecosystems]. 2012, pp. 64–66. [In Russian]
4. Sprygin I. I. *Trudy po izucheniyu zapovednikov* [Works on nature reserve studies]. Moscow, 1925, iss. 6, p. 20. [In Russian]
5. Sprygin I. I. *Materialy k opisaniyu stepi* [Materials on steppe description]. Penza, 1923, pp. 43, 44. [In Russian]
6. Mirkin B. M., Naumova L. G., Solomeshch A. I. *Metodicheskie ukazaniya dlya praktikumy po klassifikatsii rastitel'nosti metodom Braun-Blanke* [Study guide for practical training in identifying vegetation by Braun-Blanquet method]. Ufa, 1989, 37 p. [In Russian]

7. Cherepanov S. K. *Sosudistye rasteniya Rossii i sopredel'nykh gosudarstv (v predelakh byvshego SSSR)* [Vascular plants of Russia and adjacent states (within the borders of the former USSR)]. Saint-Petersburg: Mir i sem'ya, 1995, 992 p. [In Russian]
8. Aleksandrova V. D. *Klassifikatsiya rastitel'nosti: Obzor printsipov klassifikatsii i klassifikatsionnykh sistem v raznykh geobotanicheskikh shkolakh* [Vegetation classification: a review of classification principles and systems at various geobotanical schools]. Leningrad: Nauka, Leningradskoe otdelenie, 1969, 273 p. [In Russian]
9. Dobrolyubov A. N. *Biologicheskoe raznoobrazie i dinamiki prirodnykh protsessov v zapovednike «Privolzhskaya lesostep'»: Poperechenskaya step': tr. gosudarstvennogo prirodnogo zapovednika «Privolzhskaya lesostep'»* [Biological diversity and natural processes dynamics in “Privolzhskaya lesostep” nature reserve: Poperechenskaya steppe: proceedings of the State Nature Reserve “Privolzhskaya lesostep”]. Penza, 2013, iss 3, pp. 165–169. [In Russian]

Шаталин Олег Андреевич
магистрант, Пензенский
государственный университет
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)
E-mail: na_leonova@mail.ru

Shatalin Oleg Andreevich
Master degree student, Penza State
University (40 Krasnaya street, Penza,
Russia)

Добролюбов Александр Николаевич
директор, Государственный заповедник
«Приволжская лесостепь» (Россия,
г. Пенза, ул. Окружная, 12 А)
E-mail: a_dobrolyubov@bk.ru

Dobrolyubov Aleksandr Nikolaevich
Director, State Nature Reserve
“Privolzhskaya lesostep”
(12 A Okruzhnaya street, Penza, Russia)

Леонова Наталья Алексеевна
кандидат биологических наук, доцент,
кафедра общей биологии и биохимии,
Пензенский государственный
университет (Россия, г. Пенза,
ул. Красная, 40)
E-mail: na_leonova@mail.ru

Leonova Natal'ya Alekseevna
Candidate of biological sciences, associate
professor, sub-department of general
biology and biochemistry, Penza State
University (40 Krasnaya street, Penza,
Russia)

Образец цитирования:

Шаталин, О. А. Влияние жизнедеятельности степного сурка на видовой состав растительности заповедного участка «Островцовская лесостепь» / О. А. Шаталин, А. Н. Добролюбов, Н. А. Леонова // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2020. – № 3 (31). – С. 103–114. – DOI 10.21685/2307-9150-2020-3-9.

Вниманию авторов!

Редакция журнала «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» приглашает специалистов опубликовать на его страницах оригинальные статьи, содержащие новые научные результаты в области биологии, а также обзорные статьи по тематике журнала.

Статьи, ранее опубликованные, а также принятые к опубликованию в других журналах, редколлегией не рассматриваются.

Редакция принимает к рассмотрению статьи, подготовленные с использованием текстового редактора Microsoft Word for Windows (тип файла – RTF, DOC).

Необходимо представить статью в электронном виде (VolgaVuz@mail.ru) и дополнительно на бумажном носителе в двух экземплярах. Оптимальный объем рукописи 10–14 страниц формата А4. Основной шрифт статьи – Times New Roman, 14 pt через полуторный интервал. Статья **обязательно** должна содержать индекс УДК, ключевые слова и развернутую аннотацию объемом от 100 до 250 слов, имеющую четкую структуру **на русском** (Актуальность и цели. Материалы и методы. Результаты. Выводы) **и английском** (Background. Materials and methods. Results. Conclusions) **языках**.

Обращаем внимание авторов на то, что в соответствии с этическим кодексом журнала для обеспечения единообразия перевод фамилии, имени, отчества каждого автора на английский язык (в сведениях об авторах и списке литературы) осуществляется автоматически с использованием программы транслитерации в кодировке BGN (сайт translit.ru).

Рисунки и таблицы должны быть размещены в тексте статьи и представлены в виде отдельных файлов (растровые рисунки в формате TIFF, BMP с разрешением 300 dpi, векторные рисунки в формате Corel Draw с минимальной толщиной линии 0,75 pt). Рисунки должны сопровождаться подписанными подписями.

Формулы в тексте статьи **обязательно** должны быть набраны в редакторе формул Microsoft Word Equation (версия 3.0) или MathType. Символы греческого и русского алфавитов должны быть набраны прямо, нежирно; латинского – курсивом, нежирно; обозначения векторов и матриц – прямо, жирно; цифры – прямо, нежирно. Наименования химических элементов набираются прямо, нежирно. Эти же требования **необходимо** соблюдать и в рисунках. Допускается вставка в текст специальных символов (с использованием шрифтов Symbol).

В списке литературы **нумерация источников** должна соответствовать **очередности ссылок** на них в тексте ([1], [2], ...). Номер источника указывается в квадратных скобках. **Требования к оформлению списка литературы** на русские и иностранные источники: **для книг** – фамилия и инициалы автора, название, город, издательство, год издания, том, количество страниц; **для журнальных статей, сборников трудов** – фамилия и инициалы автора, название статьи, полное название журнала или сборника, серия, год, том, номер, страницы; **для материалов конференций** – фамилия и инициалы автора, название статьи, название конференции, город, издательство, год, страницы.

К материалам статьи **должна** прилагаться следующая информация: фамилия, имя, отчество, ученая степень, звание и должность, место и юридический адрес работы (на русском и английском языках), e-mail, контактные телефоны (желательно совые).

Плата с аспирантов за публикацию рукописей не взимается. Рукопись, полученная редакцией, не возвращается. Редакция оставляет за собой право проводить редакционную и допечатную правку текстов статей, не изменяющую их основного смысла, без согласования с автором.

Статьи, оформленные без соблюдения приведенных выше требований, к рассмотрению не принимаются.

Уважаемые читатели!

Для гарантированного и своевременного получения журнала **«Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки»** рекомендуем вам оформить подписку.

Журнал выходит 4 раза в год по тематике • биология.

Стоимость одного номера журнала – 500 руб. 00 коп.

Для оформления подписки через редакцию необходимо заполнить и отправить заявку в редакцию журнала: тел./факс (841-2) 36-84-87; E-mail: VolgaVuz@mail.ru

Подписку можно оформить по объединенному каталогу «Пресса России», тематические разделы: «Научно-технические издания. Известия РАН. Известия вузов», «Природа. Мир животных и растений. Экология», «Химия. Нефтехимия. Нефтегазовая промышленность». Подписной индекс – 70238.

ЗАЯВКА

Прошу оформить подписку на журнал «Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки» на 20__ г.

№ 1 – _____ шт., № 2 – _____ шт., № 3 – _____ шт., № 4 – _____ шт.

Наименование организации (полное) _____

ИНН _____ КПП _____

Почтовый индекс _____

Республика, край, область _____

Город (населенный пункт) _____

Улица _____ Дом _____

Корпус _____ Офис _____

ФИО ответственного _____

Должность _____

Тел. _____ Факс _____ E-mail _____

Руководитель предприятия _____

(подпись)

(ФИО)

Дата «___» _____ 20__ г.