

# ИЗВЕСТИЯ ВЫСШИХ УЧЕБНЫХ ЗАВЕДЕНИЙ ПОВОЛЖСКИЙ РЕГИОН

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

№ 1 (13)

2016

## СОДЕРЖАНИЕ

### БИОЛОГИЯ

- Иваницкий А. Н., Смирнов Д. Г.* Подковоносы (Rhinolophidae, Chiroptera) Абхазии и сопредельных территорий: распространение, зимовка, размножение..... 3
- Иванова А. В., Костина М. А.* Определение минимального числа видов для ареала-минимума конкретной флоры в условиях Самарского Заволжья (лесостепная зона)..... 14
- Рытикова О. В., Ростовцева М. В., Мазей Н. Г., Фатюнина (Вяль) Ю. А.* Интродукция древесно-кустарниковых растений семейства Rosaceae Juss. в дендрарии Пензенского ботанического сада имени И. И. Спрыгина ..... 23
- Сенкевич В. А., Цыганов А. Н., Стойко Т. Г.* Зоопланктонное сообщество Пензенского водохранилища ..... 35

### ХИМИЯ

- Дьяченко Д. И., Фомичев В. Т.* Характеристики систем ионных жидкостей на основе холин хлорида как растворителей для электрохимии ..... 50
- Кузьмин А. А., Борисков Д. Е.* Методика количественной обработки результатов планарной хроматографии с использованием неспециализированного программного обеспечения ..... 59

### ГЕОГРАФИЯ

- Соколов А. С.* Ландшафтные закономерности антропогенной трансформации природной среды Белоруссии ..... 71

### ЭКОЛОГИЯ

- Розенберг А. Г., Костина Н. В., Розенберг Г. С.* Прогноз изменения лесистости Самарской области при реализации сценариев устойчивого развития..... 83

**UNIVERSITY PROCEEDINGS  
VOLGA REGION**

**NATURAL SCIENCES**

№ 1 (13)

2016

**CONTENTS**

**BIOLOGY**

- 
- Ivanitsky A. N., Smirnov D. G.* Horseshoe bats (Rhinolophidae, Chiroptera) of Abkhazia and adjacent territories: distribution, wintering, reproduction ..... 3
- Ivanova A. V., Kostina M. A.* Determination of the minimum species number for the minimum range of elementary flora in Samara Zavolzhye (forest-steppe zone)..... 14
- Rytikova O. V., Rostovtseva M. V., Mazei N. G., Fatyunina (Vyal') Yu. A.* Introduction of trees and shrubs of the family Rosaceae Juss. in the arboretum of the Sprygin Penza botanical garden ..... 23
- Senkevich V. A., Tsyganov A. N., Stojko T. G.* Zooplankton community in the Penza water storage basin ..... 35

**CHEMISTRY**

- 
- Dyachenko D. I., Fomichev V. T.* Characteristics of systems of ionic liquids based on choline chloride as a solvent for electrochemistry ..... 50
- Kuzmin A. A., Boriskov D. E.* A method of quantification of planar chromatography results using common software..... 59

**GEOGRAPHY**

- 
- Sokolov A. S.* Landscape regularities of anthropogenic transformation of natural environment of Belarus ..... 71

**ECOLOGY**

- 
- Rozenberg A. G., Kostina N. V., Rozenberg G. S.* Forecast of forest cover changes in Samara region at sustainable development scenarios..... 83

УДК 599-19:599.4-15

*А. Н. Ивануцкий, Д. Г. Смирнов*

## **ПОДКОВОНОСЫ (RHINOLOPHIDAE, CHIROPTERA) АБХАЗИИ И СОПРЕДЕЛЬНЫХ ТЕРРИТОРИЙ: РАСПРОСТРАНЕНИЕ, ЗИМОВКА, РАЗМНОЖЕНИЕ**

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Знания о характере распространения, о зимовках, размножении подковоносов в Абхазии в настоящее время крайне скудны, в большинстве случаев отсутствуют. Цель работы – обобщить накопленные к настоящему времени сведения о распространении подковоносов в Абхазии и на сопредельных территориях, а также представить имеющиеся материалы об их зимовках и размножении.

*Материалы и методы.* Материалами для работы послужили сведения, полученные в ходе собственных многолетних полевых исследований, из литературных источников, а также данных из коллекционных фондов ведущих институтов и музеев Абхазии, России, Грузии, Украины и Чехии.

*Результаты.* Все три изученных вида подковоносов на территории Абхазии являются широко распространенными. Основное количество находок сделано на побережье и в предгорьях. Места зимовок у *Rh. ferrumequinum* и *Rh. euryale* представлены только подземельями, тогда как у *Rh. hipposideros* – пещерами, штольнями, гротами и постройками человека. *Rh. hipposideros* и *Rh. euryale* не образуют больших зимовочных скоплений, тогда как *Rh. ferrumequinum* собираются до нескольких сотен особей. Наиболее устойчивым к изменению температур является *Rh. hipposideros*, а самым теплолюбивым – *Rh. euryale*. Все подковоносы на территории Абхазии приносят потомство. Спаривание, как правило, происходит на местах зимовок. Роды проходят в конце июня – в июле. Убежищами, где размещаются выводковые колонии, служат пещеры и постройки. У *Rh. hipposideros* количество зверьков в этих колониях, как правило, не превышает нескольких десятков особей, тогда как у других двух видов – от нескольких десятков до нескольких сотен.

*Выводы.* На территории Абхазии обитает три вида подковоносов, которых можно считать здесь широко распространенными. Основное количество находок сделано на побережье и в предгорьях. Различные виды подземелий и постройки человека они используют как место зимовки и для выведения потомства.

**Ключевые слова:** подковоносы, *Rhinolophus*, Абхазия, распространение, зимовка, размножение.

*A. N. Ivanitsky, D. G. Smirnov*

## **HORSESHOE BATS (RHINOLOPHIDAE, CHIROPTERA) OF ABKHAZIA AND ADJACENT TERRITORIES: DISTRIBUTION, WINTERING, REPRODUCTION**

### **Abstract.**

*Background.* The knowledge about the peculiarities of distribution, wintering and breeding of horseshoe bats in Abkhazia has been rather poor or, in most cases, is

absent. The aim of this work is to summarize information on distribution of horseshoe bats in Abkhazia and adjacent territories, and to present the available data on hibernation and breeding.

*Materials and methods.* Materials for the work include the data obtained during authors' own long-term field studies, literary sources and data from collections of the most important museums of Abkhazia, Russia, Georgia, Ukraine and the Czech Republic.

*Results.* All of three species of horseshoe bats in Abkhazia are widespread. The main findings were made on the coastal lowlands and foothills. Hibernation places for *Rh. ferrumequinum* and *Rh. euryale* were registered only in caverns, whereas for *Rh. hipposideros* – in caverns, adits, grottos and buildings. *Rh. hipposideros* and *Rh. euryale* do not form large wintering colonies, while the *Rh. ferrumequinum* gather up to several hundred individuals. The most resistant to temperature changes is *Rh. hipposideros*, and the most thermophilic – *Rh. euryale*. All of horseshoe bats in Abkhazia produce offsprings. Mating usually occurs in the hibernation places. Shelters for maternal colonies of horseshoe bats are caves and buildings. The number of animals in nursery colonies of *Rh. hipposideros* usually not exceed a few tens of individuals, while the other two species – from several tens to several hundreds.

*Conclusions.* In the territory of Abkhazia there have been found 3 species of horseshoe bats, which can be considered as widespread in this habitat. The main findings were made in coastal lowlands and foothills. Different types of underground sites and buildings are used by horseshoe bats for hibernation and breeding. Mating usually occurs in the wintering places. Births take place in late June – July.

**Key words:** horseshoe bats, *Rhinolophus*, Abkhazia, distribution, hibernation, reproduction.

Подковоносы (*Rhinolophus Lacépède*, 1799) – один из самых многочисленных родов млекопитающих, включающий более 80 видов [1]. Обитание охватывает тропические и умеренные зоны восточного полушария от Африки и Западной Европы до Японии, Юго-Восточной Азии и восточной Австралии. Через Кавказ проходит северная граница распространения, где известны находки только пяти видов этой группы.

На территории Абхазии встречается всего три вида: *Rhinolophus hipposideros* (Borkhausen, 1797), *Rh. ferrumequinum* (Schreber, 1774) и *Rh. euryale* (Blasius, 1853), находки которых известны здесь уже более 100 лет. Первичные данные о них содержатся в работе А. Д. Нордмана [2], но более обширные сведения указаны К. А. Сатуниным [3, 4]. Вместе с тем знания о характере пребывания, о зимовках, размножении подковоносов в Абхазии до настоящего времени были крайне скудны и в большинстве случаев приводятся нами впервые.

Большинство данных о находках подковоносов в Абхазии и на сопредельных территориях уже были опубликованы нами ранее [5, 6, 7], поэтому цель нашей работы – сделать обобщение накопленных к настоящему времени сведений о распространении подковоносов на территории Абхазии, а также представить имеющиеся материалы о зимовках и размножении.

### Материалы и методы

Материалами для написания данной работы послужили сведения, полученные в ходе собственных многолетних полевых исследований и из многочисленных литературных источников, а также данные о 446 коллекционных экземплярах, хранящихся в фондах Абхазского государственного уни-

верситета, Зоологического института РАН (Санкт-Петербург), Зоологического музея МГУ (Москва), кафедры биогеографии Географического факультета МГУ (Москва), Дарвинского музея (Москва), Южного федерального университета (Ростов-на-Дону), Института экологии горных территорий КБНЦ РАН (Нальчик), Национального природного музея Украины (Киев), Госмузея Грузии (обзорный список коллекции, составленный Н. К. Верещагиным в 1944 г.), Института зоологии Грузии (Тбилиси) и Национального музея естественной истории Чехии (Прага).

Все известные нам места находок рукокрылых указаны на картах (рис. 1–3), на которых разными пунсонами отражены характер и временной период их обнаружения.



Рис. 1. Точки находок *Rhinolophus hipposideros* в Абхазии и на сопредельных территориях. Обозначение пунсонов: черные – находки до 1917 г., красные – находки периода 1917–1991 гг., зеленые – находки периода после 1991 г., квадраты – находки в зимнее время, звездочки – выводковые колонии, кружки – все прочие находки, мелкие пунсоны – находки до десяти особей, средние – найдены десятки особей, крупные – сотни особей и более



Рис. 2. Точки находок *Rhinolophus ferrumequinum* в Абхазии и на сопредельных территориях. Обозначение пунсонов: черные – находки до 1917 г., красные – находки периода 1917–1991 гг., зеленые – находки периода после 1991 г., квадраты – находки в зимнее время, звездочки – выводковые колонии, кружки – все прочие находки, мелкие пунсоны – находки до десяти особей, средние – найдены десятки особей, крупные – сотни особей и более



Рис. 3. Точки находок *Rhinolophus euryale* в Абхазии и на сопредельных территориях. Обозначение пунсонов: черные – находки до 1917 г., красные – находки периода 1917–1991 гг., зеленые – находки периода после 1991 г., квадраты – находки в зимнее время, звездочки – выводковые колонии, кружки – все прочие находки, мелкие пунсоны – находки до десяти особей, средние – найдены десятки особей, крупные – сотни особей и более

Историю изучения подковоносов Абхазии разделили на три периода. Первый – царский период, продолжался до 1917 г. Это период накопления первичных знаний, заканчивается он вместе с научной деятельностью К. А. Сатунина. Второй период – советский, длится с 1917 по 1991 г. и характеризуется в основном случайными, попутными находками. Третий период – современный, начинается с 1991 г. и продолжается по настоящее время. Все три периода отличаются организацией научной деятельности, интенсивностью и качеством накопления материала по биологии видов. На картосхемах эти три периода обозначены разными цветами. Все это наглядно демонстрирует историю изучения распространения, размножения и зимовок подковоносов в регионе. На картосхемах не нанесены находки подковоносов на северном макросклоне Главного Кавказского хребта.

### Результаты и обсуждение

***Rhinolophus hipposideros* – малый подковонос.** Впервые малый подковонос найден в 1879 г. в г. Сухуме местным зоологом В. И. Чернявским (коллекция ЗИН РАН). К настоящему времени для вида известно самое большое число находок в регионе и максимальное число пунктов обнаружения среди всех рукокрылых республики. История его находок выглядит следующим образом: 12 находок относятся к периоду до 1917 г., 12 – к советскому и 67 – к периоду после 1991 г.

**Распространение.** В исследуемом регионе *Rh. hipposideros* распространен повсеместно – на приморской низменности, в предгорьях и в горнолесном поясе (см. рис. 1). Однако, несмотря на широкое распространение и высокий показатель встречаемости, на территории Абхазии нигде не найдены крупные скопления этого вида, все известные колонии насчитывали не более трех десятков особей. Самые крупные из них отмечены для выводковых колоний. Больше, чем другие виды, тяготеет к антропогенным ландшафтам, а летом часто встречается в постройках человека.

*Зимовки.* В Абхазии в зимний период впервые найден нами, хотя вид уже был известен на зимовках на сопредельных территориях [7, 8].

На зимовке *Rh. hipposideros* зарегистрирован в пещерах: Заблудших, Лдзаавская, Гегская, Анакопийская, Уаз-Абаа, у Гумистинского моста, Беслетская, Цебельдинская, Нижняя Шакуранская, на р. Джампал, Абраскил, Голова Отапа, Урта и в гроте на хр. Алек. В трех случаях зверьки были найдены зимующими в искусственных подземельях: в подвале г. Келасур, неиспользуемом подземном переходе Сухумского дендропарка и в заброшенной баритовой штольне вблизи с. Арасадзыхь.

*Rh. hipposideros* характеризуется относительной термопластичностью и даже в некоторой степени устойчивостью к низким температурам. В местах зимовок зверьки не собираются в плотные группы, а находятся на расстоянии 20–30 см друг от друга, висят вниз головой, «закутавшись» в крылья. Как правило, животные избегают зимовок с другими видами и располагаются у самого входа в пещеру, иногда даже в тех местах, куда проникает прямой солнечный свет. Находясь в привходовой части пещер, малые подковоносы часто становятся уязвимы для хищников. Например, 3 декабря 2014 г. нами была замечена серая неясыть (*Strix aluco*), которая вылетела из Лдзаавской пещеры, где у входа висели зимующие зверьки. Мы предполагаем, что целью этой хищной птицы была охота на спящих зверьков. В течение зимовки зверьки могут перемещаться от превходовых частей в дальние участки убежищ, например при внезапном похолодании, что согласуется с данными и других исследователей [8]. Частые пробуждения и смена мест локализации являются характерной особенностью поведения малых подковоносов во время зимней спячки [9].

Численность *Rh. hipposideros* в местах зимовок обычно небольшая. В известных нам пещерах собирается около десятка особей или немногим более. В других частях ареала также известны зимовки с небольшой численностью от нескольких особей до нескольких десятков [8, 10], однако встречаются и крупные зимовочные скопления, где численность зверьков превышает 100 особей [10]. Самая крупная из известных в настоящее время колоний обнаружена в одной из пещер Словении, где зарегистрировано свыше 1000 зимующих особей [11].

Среди зверьков, осмотренных нами на зимовках ( $n = 89$ ), отмечено численное преобладание самцов (6,4:1,  $\chi^2 < 47,5$ ). Преобладание самцов малого подковоноса в зимних убежищах не исключение и известно во многих частях ареала [8, 12–14]. Возможные объяснения этого – различие в предпочтении мест зимовок или меньшая продолжительность жизни самок [15]. После окончания холодного периода часть зверьков может оставаться в местах зимовок либо перемещаться в летние убежища.

*Размножение и особенности биологии.* Для Абхазии и сопредельных территорий известно 11 находок, подтверждающих здесь размножение малого подковоноса. Как правило, это поимки молодых животных либо беременных, лактирующих или постлактующих самок. Молодых животных мы отлавливали 10.07.2001 и 12.07.2002 в пос. Холодная речка (Багрипш), а также 05.08.2010 в с. Нижняя Эшера. Беременных самок добывали 02.07.2004 в Форелевом хозяйстве в с. Отхара и 08–09.06.2006 в с. Отап, а 30.08.2014 в пос. Каман добыта постлактующая самка.

Спаривание у *Rh. hipposidero* происходит осенью и в местах зимовок. Например, 04.10.2010 в Гегской пещере нами были обнаружены гонный самец и самка.

Беременность длится около 75 дней, лактация – 40 дней, в выводке всегда один детеныш [16]. Новорожденный очень крупный, весит 2,1 г, что составляет 34,4 % от веса матери; длина его предплечья – 17–18 мм. Роды у малых подковоносов в Абхазии происходят в третьей декаде июня – первой декаде июля.

Все найденные выводковые колонии располагались в строениях: на чердаках (поселки Багрипш, В. Эшера, Отап), в подвалах (поселки Отхара, Н. Эшера, Каман). Доля размножающихся самок в выводковых колониях составляет 50–70 %, тогда как остальные яловые. Такое сравнительно небольшое количество размножающихся самок связано с тем, что не все взрослые самки рожают каждый год. Кроме того, среди самок прошлого года рождения, присутствующих в выводковых колониях, лишь немногие (около 15 %) начинают размножение на следующий год. Обычное число животных в выводковых колониях – 20–40 взрослых особей. Иногда в колонии присутствует небольшое количество самцов. Известны и более крупные по численности выводковые колонии (от 50 до 200 особей), а самая многочисленная из известных, где отмечено около 800 особей, найдена в Словении [11].

***Rhinolophus ferrumequinum* – большой подковонос.** Впервые большого подковоноса *Rh. unihastus* (= *Rh. ferrumequinum*) на территории Абхазии упоминает А. Д. Нордман [2], проводивший здесь исследования летом 1837 г. Позже (1905 г.) экземпляры большого подковоноса из Абхазии попали и в зоологические коллекции, в частности ЗИН РАН (сборы М. Ф. Калишевского). Всего в регионе известно 70 находок, из которых 8 сделаны до 1917 г., 17 – в период 1917–1991 гг. и 45 – к современному.

**Распространение.** В Абхазии и на прилегающих территориях *Rh. ferrumequinum* распространен относительно широко. Летние его находки известны как на приморской низменности, так и в горах (см. рис. 2). Колонии и отдельные особи также обнаружены по всему району исследований и в зимний период. Известен в регионе и по костным останкам из отложений верхнего палеолита, из пещеры Большая Казачьebroдская (Ахштырская) на р. Мзымте [17], где обитает до настоящего времени [18].

*Rh. ferrumequinum* в Абхазии можно охарактеризовать как обычный вид с высокой встречаемостью. В убежищах отмечены, как правило, единичные особи, хотя известны редкие находки в основном зимовочных колоний, где численность животных составляет 50–200 особей.

**Зимовки.** Места зимовок большого подковоноса в Абхазии и на сопредельных территориях располагаются только в подземельях: в пещерах Воронцовской, у с. Хлебороб, Лыхнинской (Аджимчугринской), Гегской, Уаз-Абаа, Нижней Шакуринской, Абрскил, Голова Отапа, Тхинской и Урта, в штольне у с. Арасадзыхь и в гроте на хр. Алек.

На зимовке *Rh. ferrumequinum* собираются в более или менее плотные группы до 200 особей. Например, такая колония известна в колодце пещеры Голова Отапа. Для зимовки этот вид выбирает пещеры или ее участки со стабильной температурой, хотя, как считается [19], не очень теплолюбив.



Во время спячки, как и все подковоносы, зверьки этого вида заворачиваются в крылья.

Среди осмотренных на зимовках особей этого вида ( $n = 46$ ) соотношение по полу почти равное, несколько больше самцов, но различия между полами не достоверны ( $\chi^2 = 0,35$ ).

*Размножение и особенности биологии.* В Гегской пещере 02.07.2004 нами были обнаружены три самки на последних сроках беременности. Это первая и единственная за всю историю исследований рукокрылых на территории Абхазии находка выводковой колонии вида. В Абхазии известны и другие летние находки взрослых особей обоих полов, которые, к сожалению, часто не сопровождались сведениями о репродуктивном состоянии. Вероятно, часть из них относится к выводковым колониям.

В условиях Абхазии спаривание у *Rh. ferrumequinum* происходит осенью и на зимовках. Беременность у больших подковоносов длится около 90 дней, роды проходят в начале июля, лактация – около 60 дней, а в выводке всегда один детеныш [16]. У только что родившегося детеныша предплечье 25,3 мм, вес 5,8 г, что в среднем составляет 29,3 % от веса матери. Данных по наступлению половой зрелости у подковоносов этого вида с территории Абхазии нет. По данным других авторов [11], в разных частях ареала они могут существенно отличаться. Например, половая зрелость самок в Великобритании наступала в 3–4 года, а первые роды даже в 5–7 лет, в Болгарии же своего первого детеныша почти все самки рожают в первый год после созревания, а половозрелость наступала уже на второй год (с развитием ложных паховых сосков и первой беременностью). Однако даже зрелые, рожавшие самки участвуют в размножении не каждый год.

Выводковые колонии располагаются в пещерах, в малопосещаемых или заброшенных церквях, теплых подвалах, чердаках [19]. Размеры выводковых колоний варьируются от нескольких десятков до нескольких сотен особей, а в средиземноморском регионе даже до 1000 особей [11]. В выводковой колонии от 1 до 25 % от общей численности могут присутствовать самцы.

***Rhinolophus euryale* – южный подковонос.** Впервые в Абхазии найден местным краеведом и ботаником Ю. Н. Вороновым летом 1907 г. в с. Цебельда Гульрыпшского района, это первая находка и для всего Западного Кавказа.

*Распространение.* *Rh. euryale* является широко распространенным видом в предгорных и низменных районах на южном склоне Главного Кавказского хребта (см. рис. 3), что обусловлено его потребностью в относительно теплых пещерах для вывода потомства и зимовки [20]. На сопредельных территориях найден на северо-востоке Турции, в Грузии, на юге Армении, в Карабахе и Нахичевани [19–22]. На территории России этот вид известен из трех точек по нескольким находкам. Одна из последних сделана в Краснодарском крае в окр. пос. Горячий Ключ в пещере Большая Фанагорийская [23].

*Зимовки.* Зимние убежища *Rh. euryale* в Абхазии представлены только пещерами: Лдзаавской, Новоафонской, Уаз-Абаа, Абрскил и Тхинской. Везде обнаруживали лишь единично зимующих зверьков, а крупные скопления пока не найдены [20]. В местах зимовок подковоносы располагаются уединенно или среди *Rh. ferrumequinum*, всегда в глубине пещеры, что подтверждает мнение об их теплолюбивости. Нами отмечено, что во время спячки зимую-

щие *Rh. euryale* не заворачивались в крылья, как другие два вида, а висят со сложенными крыльями. Среди осмотренных на зимовке южных подковоносов ( $n = 4$ ) соотношение полов равное. Период зимовки начинается в ноябре и заканчивается в марте [20].

*Размножение и особенности биологии.* Беременных самок в составе колонии, состоящей примерно из 200 особей, мы находили 13.06.2006 в пещере Лдзаавская. Беременность длится около 90 дней. Рождение в Абхазии приходится на июль. Так, например, 26.07.2010 в пещере Уаз-Абаа наблюдали крупное скопление *Rh. euryale* (около 500 особей), среди которых были взрослые и разного возраста детеныши. Лактация продолжается 105 дней, детеныш в выводке всегда один [16]. Новорожденный очень большой, масса его тела в среднем 3,9 г, что составляет 43,3 % от массы матери. Взрослые самцы в период размножения, вероятно, держаться отдельно от самок [20].

Размеры выводковых колоний у этого вида достигают чаще всего до нескольких сотен особей, в постройках обычно несколько десятков особей, но не более 300, а в пещерах – до 1000 особей. Крайне редко встречаются еще более крупные выводковые колонии. Например, в пещере на юге Болгарии обнаружено скопление примерно из 10 000 особей [11, 24]. Спаривание происходит осенью. Гонных животных мы наблюдали 10.09.2013 в пещере Тхинской, где находилась колония из 200 особей.

Таким образом, все три изученных вида подковоносов на территории Абхазии являются здесь широко распространенными, а местами даже достигают высокой численности. Последнее обстоятельство объясняется природно-климатическими условиями – прежде всего очень мягкой зимой и высокой влажностью воздуха, а также богатством естественных подземных убежищ и широким распространением карста, проходящего обширной полосой через всю республику, от морского побережья до высокогорий. Обилие пещер делает Абхазию и сопредельные территории для подковоносов, являющихся ярко выраженными троглофилами, оптимумом ареала не только на Кавказе, но и за его пределами. Основное количество их находок в Абхазии сделано на приморской низменности, в предгорьях и в горно-лесном поясе. Места зимовок у *Rh. ferrumequinum* и *Rh. euryale* представлены только подземельями, тогда как у *Rh. hipposideros* зимовки отмечены как в пещерах, штольнях, гротах, так и в постройках человека. *Rh. hipposideros* и *Rh. euryale* не образуют больших зимовочных скоплений, тогда как у *Rh. ferrumequinum* известны зимовки до нескольких сотен особей. Наиболее устойчивым к изменению температур является *Rh. hipposideros*, а самым теплолюбивым – *Rh. euryale*. Все подковоносы на территории Абхазии приносят потомство. Спаривание, как правило, происходит на местах зимовок. Роды проходят в конце июня – в июле. Продолжительность беременности в среднем составляет от 75 (*Rh. hipposideros*) до 90 (*Rh. ferrumequinum* и *Rh. euryale*) дней [16]. Самый растянутый период лактации отмечен у *Rh. euryale*. Летними убежищами, где размещаются выводковые колонии, служат как пещеры, так и постройки. У видов численность колоний размножающихся самок может сильно различаться. Например, у *Rh. hipposideros* количество зверьков в них, как правило, не превышает нескольких десятков, тогда как у других двух видов – от нескольких десятков до нескольких сотен особей.

## Список литературы

1. **Simmons, N. B.** Order Chiroptera / N. B. Simmons // Mammal species of the World: A taxonomic and geographic reference / ed. by D. E. Wilson, D. M. Reeder. – 3d ed. – Baltimore : John Hopkins University Press, 2005. – Vol. 1. – P. 312–529.
2. **Nordmann, A.** Observations sur la faune pontique. Voyage dans la Russie meridionale et la Crimée, execute en 1837 par A. de Demidoff / A. Nordmann. – Paris, 1840. – Vol. 3. – 756 p.
3. **Сатунин, К. А.** Фауна Черноморского побережья Кавказа / К. А. Сатунин // Тр. общества изучения Черноморского побережья Кавказа. – СПб., 1913. – Т. 2. – С. 13–21.
4. **Сатунин, К. А.** Млекопитающие Кавказского края / К. А. Сатунин // Записки Кавказского музея (Chiroptera, Insectivora и Carnivora). – Тифлис, 1915. – Т. 1. – 410 с.
5. **Иваницкий, А. Н.** К фауне рукокрылых (Chiroptera) Абхазии / А. Н. Иваницкий // Plecotus et al. – 2002. – № 5. – С. 57–62.
6. **Иваницкий, А. Н.** Новые данные к фауне рукокрылых (Chiroptera) Абхазии / А. Н. Иваницкий // Plecotus et al. – 2010. – № 13. – С. 59–68.
7. **Ильин, В. Ю.** Материалы к кадастру рукокрылых (Chiroptera) Европейской России и смежных регионов / В. Ю. Ильин, Д. Г. Смирнов, Д. Б. Красильников, Н. М. Яняева. – Пенза : ПГПУ, 2002. – 64 с.
8. **Газарян, С. В.** Эколого-фаунистический анализ населения рукокрылых (Chiroptera) Западного Кавказа : дис. ... канд. биол. наук / Газарян С. В. – М., 2002. – 225 с.
9. **Harmata, W.** The frequency of winter sleep interruptions in two species of bats hibernating in limestone tunnels / W. Harmata // Acta Theriol. – 1987. – Vol. 32 (21). – P. 331–332.
10. **Башта, А.-Т. В.** Малый подковонос *Rhinolophus hipposideros* на Украине: распространение и современное состояние / А.-Т. В. Башта // Plecotus et al. – 2000. – № 3. – С. 77–81.
11. **Ditz, C.** Bats of Britain, Europe & Northwest Africa / C. Ditz, O Von Helversen, D. Nill. – London : Black Publishers Ltd., 2009. – 400 p.
12. **Комаров, Ю. Е.** К фауне и биологии рукокрылых Северной Осетии / Ю. Е. Комаров, И. Т. Комарова // Млекопитающие заповедных территорий. – М., 1984. – С. 131–143.
13. **Хабиллов, Т. К.** Фауна республики Таджикистан / Т. К. Хабиллов. – Душанбе : Дониш, 1992. – Т. XX. – Ч. 7–8. – 351 с.
14. **Gaisler, J.** The female sexual cycle and reproduction in the lesser horseshoe bat (*Rhinolophus hipposideros* Bechstein, 1800) / J. Gaisler // Vestn. Ceskosl. Spolec. Zool. – 1965. – Vol. 29 (4). – P. 336–352.
15. **Рахматулина, И. К.** Соотношение полов в популяциях рукокрылых Восточного Закавказья / И. К. Рахматулина // Plecotus et al. – 2000. – № 3. – С. 50–76.
16. **Борисенко, А. В.** Сравнительная морфология и эволюция женской репродуктивной системы и биология размножения гладконосых рукокрылых (Vespertilionidae, Chiroptera) / А. В. Борисенко // Зоологические исследования. – М. : МГУ, 2000. – № 6. – 147 с.
17. **Верещагин, Н. К.** Млекопитающие Кавказа / Н. К. Верещагин. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1959. – 703 с.
18. **Смирнов, Д. Г.** Находки рукокрылых в Ахштырской пещере (Краснодарский край) / Д. Г. Смирнов // Plecotus et al. – 2001. – № 4. – С. 64–68.
19. **Рахматулина, И. К.** Рукокрылые Азербайджана (фауна, экология, зоогеография) / И. К. Рахматулина. – Баку, 2005. – 480 с.
20. **Газарян, С. В.** К вопросу о фаунистическом и таксономическом статусе южного подковоноса *Rhinolophus euryale* в Западном Закавказье / С. В. Газарян, А. Н. Иваницкий // Plecotus et al. – 2005. – № 8. – С. 15–173.

21. **Рахматулина, И. К.** К пространственному и сезонному распределению редких рукокрылых (Chiroptera) Кавказа / И. К. Рахматулина // Редкие виды млекопитающих России и сопредельных территорий : сб. ст. – М. : Териол. о-во, 1999. – С. 349–375.
22. **Benda, P.** Bats (Mammalia: Chiroptera) of the Eastern Mediterranean. Part 1. Review of distribution and taxonomy of bats in Turkey / P. Benda, I. Horaček // Acta Soc. Zool. Bohem. – 1998. – Vol. 62. – P. 255–313.
23. **Газарян, С. В.** Новые находки южного подковоноса *Rhinolophus euryale* в России / С. В. Газарян // Plecotus et al. – 2007. – № 10. – С. 47–50.
24. **Benda, P.** Bats (Mammalia: Chiroptera) of the eastern Mediterranean. Part 3. Review of bat distribution in Bulgaria / P. Benda, T. Ivanova, I. Horaček, V. Hanák, J. Červený, J. Gaisler, A. Gueorguieva, B. Petrov, V. Vohralík // Acta Soc. Zool. Bohem. – 2003. – Vol. 67 (4). – P. 245–357.

### References

1. Simmons N. B. *Mammal species of the World: A taxonomic and geographic reference*. 3rd ed. Baltimore: John Hopkins University Press, 2005, vol. 1, pp. 312–529.
2. Nordmann A. *Observations sur la faune pontique. Voyage dans la Russie meridionale et la Crimée, execute en 1837 par A. de Demidoff* [Observation of the Pontic fauna. A journey to the south of Russia and Crimea taken in 1837 by A. de Demidoff]. Paris, 1840, vol. 3, 756 p.
3. Satunin K. A. *Tr. obshchestva izucheniya Chernomorskogo poberezh'ya Kavkaza* [Proceedings of the Society for studying the Black Sea coast of the Caucasus]. Saint-Petersburg, 1913, vol. 2, pp. 13–21.
4. Satunin K. A. *Zapiski Kavkazskogo muzeya (Chiroptera, Insectivora i Carnivora)* [The Caucasus museum notes (Chiroptera, Insectivora and Carnivora)]. Tiflis, 1915, vol. 1, 410 p.
5. Ivanitskiy A. N. *Plecotus et al.* 2002, no. 5, pp. 57–62.
6. Ivanitskiy A. N. *Plecotus et al.* 2010, no. 13, pp. 59–68.
7. Ilin V. Yu., Smirnov D. G., Krasilnikov D. B., Yanyaeva N. M. *Materialy k kadastru rukokrylykh (Chiroptera) Evropeyskoy Rossii i smezhnykh regionov* [Materials on the cadaster of Chiroptera of the European part of Russia and adjacent regions]. Penza: PGPU, 2002, 64 p.
8. Gazaryan S. V. *Ekologo-faunisticheskiy analiz naseleniya rukokrylykh (Chiroptera) Zapadnogo Kavkaza: dis. kand. biol. nauk* [An ecological and faunistic analysis of Chiroptera of the West Caucasus: dissertation to apply for the degree of the candidate of biological sciences]. Moscow, 2002, 225 p.
9. Harmata W. *Acta Theriol.* 1987, vol. 32 (21), pp. 331–332.
10. Bashta A.-T. V. *Plecotus et al.* 2000, no. 3, pp. 77–81.
11. Ditz C., Von Helversen O., Nill D. *Bats of Britain, Europe & Northwest Africa*. London: Black Publishers Ltd., 2009, 400 p.
12. Komarov Yu. E., Komarova I. T. *Mlekovpitayushchie zapovednykh territoriy* [Mammals of nature reserves]. Moscow, 1984, pp. 131–143.
13. Khabilov T. K. *Fauna respubliki Tadzhikistan* [Fauna of the Republic of Tajikistan]. Dushanbe: Donish, 1992, vol. XX, part 7–8, 351 p.
14. Gaisler J. *Vestn. Ceskosl. Spolec. Zool.* 1965, vol. 29 (4), pp. 336–352.
15. Rakhmatulina I. K. *Plecotus et al.* 2000, no. 3, pp. 50–76.
16. Borisenko A. V. *Zoologicheskie issledovaniya* [Zoological research]. Moscow: MGU, 2000, no. 6, 147 p.
17. Vereshchagin N. K. *Mlekovpitayushchie Kavkaza* [Mammals of the Caucasus]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1959, 703 p.
18. Smirnov D. G. *Plecotus et al.* 2001, no. 4, pp. 64–68.

19. Rakhmatulina I. K. *Rukokrylye Azerbaydzhana (fauna, ekologiya, zoogeografiya)* [Chiroptera of Azerbaijan]. Baku, 2005, 480 p.
20. Gazaryan S. V., Ivanitskiy A. N. *Plecotus et al.* 2005, no. 8, pp. 15–173.
21. Rakhmatulina I. K. *Redkie vidy mlekopitayushchikh Rossii i sopredel'nykh territoriy: sb. st.* [Rare species of mammals in Russian and adjacent territories: collected works]. Moscow: Teriol. o-vo, 1999, pp. 349–375.
22. Benda P., Horaček I. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 1998, vol. 62, pp. 255–313.
23. Gazaryan S. V. *Plecotus et al.* 2007, no. 10, pp. 47–50.
24. Benda P., Ivanova T., Horáček I., Hanák V., Červený J., Gaisler J., Gueorguieva A., Petrov B., Vohralík V. *Acta Soc. Zool. Bohem.* 2003, vol. 67 (4), pp. 245–357.

---

**Иваницкий Александр Николаевич**

научный сотрудник, Академия  
наук Абхазии  
(Республика Абхазия, г. Сухум,  
ул. Красномаяцкая, 67)

E-mail: nathusii@mail.ru

**Ivanitsky Aleksandr Nikolaevich**

Researcher, the Academy of Sciences  
of Abkhazia  
(67 Krasnomayatskaya street, Sukhum,  
the Republic of Abkhazia)

**Смирнов Дмитрий Григорьевич**

доктор биологических наук, профессор,  
кафедра зоологии и экологии,  
Пензенский государственный  
университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: eptesicus@mail.ru

**Smirnov Dmitriy Grigorievich**

Doctor of biological sciences, professor,  
sub-department of zoology and ecology,  
Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 599-19:599.4-15

**Иваницкий, А. Н.**

**Подковоносы (Rhinolophidae, Chiroptera) Абхазии и сопредельных территорий: распространение, зимовка, размножение / А. Н. Иваницкий, Д. Г. Смирнов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 3–13.**

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИНИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ВИДОВ ДЛЯ АРЕАЛА-МИНИМУМА КОНКРЕТНОЙ ФЛОРЫ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОГО ЗАВОЛЖЬЯ (ЛЕСОСТЕПНАЯ ЗОНА)<sup>1</sup>

### Аннотация.

*Актуальность и цели.* Изучение основных характеристик флоры ареала-минимума является важной задачей в разработке методических подходов. Минимальное число видов, характеризующих флору, является величиной, на которую должен ориентироваться исследователь.

*Материалы и методы.* В работе были использованы некоторые параметры семейственного спектра флоры. Информационной основой послужили 96 флористических описаний, содержащихся в базе данных FD SUR.

*Результаты.* Предлагаемый подход (использование параметров семейственного спектра флор ареала-минимума) является одним из критериев по выявлению числа видов для ареала-минимума конкретной флоры. Показан минимальный количественный порог видового состава флоры Самарского Заволжья (лесостепная зона).

*Выводы.* Флористический список ареала-минимума, содержащий 700 видов и более, дает достаточно полный портрет конкретной флоры территории. Для четырех рассмотренных зон отмечено полное совпадение состава десятков ведущих семейств флоры по сравнению со спектром Сокского физико-географического района, что отражает природно-климатические условия и специфику ландшафтного района. При этом четыре ведущих семейства (*Asteraceae-Rosaceae-Fabaceae-Rosaceae*) совпадают по расположению. Содержание одно-видовых семейств во флоре изменяется в интервале 28–35 %. Десять ведущих семейств содержит 61–62 % видового состава флоры. Значение индекса семейственной представленности для ареала-минимума должно быть не менее 14.

**Ключевые слова:** ареал-минимум конкретной флоры, флора ландшафта, Сокский ландшафтный район, семейственный спектр флоры, Самарская область.

А. В. Иванова, М. А. Костина

## DETERMINATION OF THE MINIMUM SPECIES NUMBER FOR THE MINIMUM RANGE OF ELEMENTARY FLORA IN SAMARA ZAVOLZHYE (FOREST-STEPPE ZONE)

### Abstract.

*Background.* The study of the basic characteristics of the flora minimum range is necessary to develop methodological approaches. The minimum number of species that characterizes a flora is the value by which any researcher should be guided.

*Materials and methods.* In the research there were used some parameters of the flora family range. 96 floristic descriptions of the data base FD SUR served as the information basis.

<sup>1</sup> Авторы выражают благодарность Российскому фонду фундаментальных исследований (грант РФФИ № 15\_44\_02160 р\_поволжье\_a), а также Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» за частичную финансовую поддержку данной работы.

*Results.* The proposed approach (usage of parameters of the flora family range of the minimum range) is one of the criteria to identify the species number for the minimum range of elementary flora. The research shows the minimum quantitative threshold of the species composition of the flora in Samara Zavolzhye (forest-steppe zone).

*Conclusions.* The list of flora in the minimum range consisting of more than 700 species provides a fairly complete portrait of the elementary flora of the territory. For the four examined zones there has been registered a full match in the composition of the top ten families of the flora in comparison with the physiographic spectrum of the river Sok area, which reflects climatic conditions and a specific character of this landscape area. At the same time the top four leading families (*Asteraceae-Poaceae-Fabaceae-Rosaceae*) coincide in location. The presence of monotypic families in the flora varies in the range of 28–35 %. The top ten leading families contain 61–62 % of the species composition. The index of the family popularity for the minimum range of flora should be at least 14.

**Key words:** minimum range of elementary flora, landscape flora, the river Sok area, flora family range, Samara region.

### Введение

Согласно взглядам А. И. Толмачева конкретной флорой (КФ) считается такая совокупность видов, которые произрастают на экологически однородной территории [1–4]. Территориальное выделение КФ (ареал-максимум) и выявление полного видового состава [5] требуют существенных материальных и временных затрат. Определение видового состава ареала-минимума КФ, включающего практически все типичные экотопы [6–8], связано с изучением так называемой «пробной площади», размер которой варьируется в зависимости от природных условий (климат, особенности ландшафта).

В настоящее время изучению минимального ареала КФ уделяется недостаточное внимание как по отношению к выявлению его площади, так и к объему видов, который дает наиболее общую характеристику флоры данной местности, определяя ее основные параметры. Определение минимального порога числа видов для ареала-минимума КФ при разных экологических условиях является важной задачей. Этот порог представляет собой величину, на которую должен ориентироваться исследователь в процессе изучения флоры. Рассматривать видовой состав, включающий число видов ниже пороговой величины, как флору изучаемой территории не целесообразно.

В данной работе показаны подходы к определению минимального числа видов для ареала-минимума КФ флоры в условиях Самарского Заволжья на примере территории бассейна реки Сок.

Особое внимание нами уделено анализу некоторых параметров семейственного спектра флоры. Известно, что имеется соответствие состава ведущих семейств географическому положению флоры [9–11 и др.]. Поэтому значения параметров семейственного спектра флоры можно использовать как критерии полноты выборки флористического состава.

### Краткая характеристика объекта исследования

Река Сок берет начало на западных склонах Бугульминско-Белебеевской возвышенности в 0,5 км к югу от с. Курско-Васильевки Северного

района Оренбургской области и впадает в Саратовское водохранилище слева, в 1,5 км к юго-востоку от поселка Волжского (с. Большая Царевщина). Бассейн реки занимает фрагменты территорий двух областей (Оренбургской и Самарской) и республики Татарстан, при этом большая часть водосбора (93 %) расположена в пределах Самарской области. Река Сок является типичной равнинной рекой Волжского бассейна. Она имеет 53 притока длиной не менее 1 км. Самым крупным из них является р. Кондурча [12].

Согласно одному из проведенных районирований [13] бассейн р. Сок практически полностью расположен в пределах территории Сокского ландшафтного района (рис. 1,а).

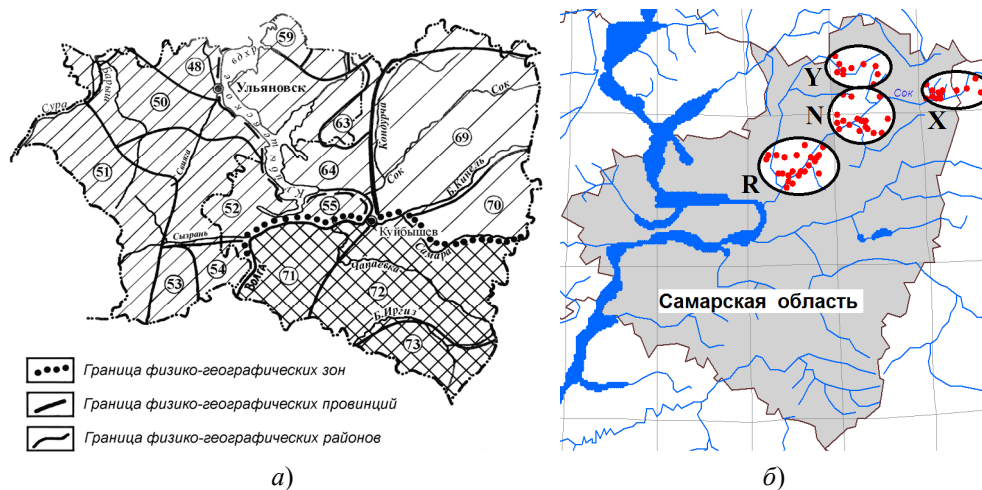


Рис. 1. Расположение изучаемых участков на территории Самарской области: а – фрагмент физико-географического районирования [13]: 69 – Сокского физико-географического района; б – рассматриваемые зоны и местоположения флористических описаний

Рассматриваемый ландшафтный район в геоморфологическом отношении является частью провинции Высокого Заволжья и представляет собою волнистую возвышенную равнину, расчлененную глубокими и широкими речными долинами. Почвы района характеризуются преобладанием черноземов, отдельными участками встречаются темно-серые лесостепные почвы. Климат района континентальный с жарким летом и холодной зимой. Район входит в лесостепную зону, растительный покров состоит из степей, лугов и лесов [13].

### Материалы и методы

Определение минимального числа видов флоры для ареала-минимума может происходить по нескольким критериям. При этом следует отметить, что совокупность видов любой КФ разносторонне характеризует экологические условия и можно наблюдать самоподобие изменений параметров флоры [14].



В предлагаемой работе были использованы некоторые таксономические параметры флоры: состав и порядок десятка ведущих семейств спектра, процент содержания одновидовых семейств, процент содержания видов в десяти ведущих семействах, индекс семейственной представленности ( $I_s$ ) [15]. Изучалось изменение значений перечисленных параметров отдельных флористических описаний локальных участков территории бассейна реки Сок, а также объединения этих описаний для увеличения видов в выборке.

Существует гипотеза, согласно которой КФ соответствует ландшафтному району [16]. В данной работе эта гипотеза принимается нами как утверждение.

В пределах изучаемой территории были рассмотрены четыре флористические зоны. При объединении списков флористических описаний наблюдалось замедление роста общего числа видов (анализ кривой «число видов – площадь»), что является «сигналом» соответствия ареалу-минимуму КФ. Согласно проведенным исследованиям площадь ареала-минимума для изучаемой территории составляет 400–1000 км<sup>2</sup> в зависимости от степени антропогенной преобразованности территории и сохранности флоры [17]. Расположение четырех ареалов-минимумов, предположительно принадлежащих одной КФ, показано на рис. 1,б.

Для исследуемых зон R, N, X и Y в работе использовано 65 флористических описаний. Они составлены на основе данных, собранных сотрудниками лаборатории фиторазнообразия ИЭВБ РАН в период 2007–2015 гг. и включенных в состав базы данных (БД) FD SUR [18]. При формировании общего списка флоры для Сокского ландшафтного района были использованы данные по 96 флористическим описаниям БД FD SUR.

### Обсуждение полученных результатов

В семейственных спектрах, построенных на основе всех отдельных имеющихся по изучаемой территории флористических описаний (с различным числом видов), отражаются местные узколокальные фитоценотические условия, которые не могут показать особенности целой флоры. С увеличением числа видов в выборке (при объединении описаний) эти тенденции ослабевают. Начиная с определенного числа видов эта величина характеризует флору географически, а не фитоценотически. Очевидно, что данное число видов будет определено в данном исследовании лишь для лесостепной зоны (Самарская область, Заволжье). Вопрос о значении обсуждаемой величины в другой местности (природные зоны, ландшафтные районы и др.) требует дополнительного изучения.

Формирование семейственного спектра на некоторых частных примерах самого южного из рассматриваемых участков (R) показано в табл. 1. Два самых малочисленных описания представляют различные биотопы: первая точка описана в условиях широколиственного леса (включая опушку), вторая – на степных склонах с небольшим участием леса. Различия в составе спектров, характерные для рассматриваемой территории, очевидны: во флоре лесных сообществ усиливается роль розоцветных (*Rosaceae*), в степных – бобовых (*Fabaceae*) (рис. 2).

Таблица 1

Головные части семейственных спектров флористических описаний и их объединений для зоны R (номера соответствуют рис. 2)

1	2	1 + 2	1 + 2 + + 3 + 4	1 + 2 + 3 + + 4 + 5 + 6	1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + + 7 + 8 + 9 + 10 + 11 + + 12 + 13 + 14 + 15 + + 16 + 17
Число видов					
112	156	219	389	468	641
1. Ast	1. Ast	1. Ast	1. Ast	1. Ast	1. Ast
2. Ros	2. Poa Fab	2. Poa	2. Fab	2. Poa	2. Poa
3. Poa	3. Ros	3. Fab	3. Poa	3. Fab	3. Fab
4. Api	4. Lam	4. Ros	4. Ros	4. Ros	4. Ros
5. Fab Lam	5. Car	5. Lam	5. Car	5. Car	5. Car
6. Car	6. Api	6. Car	6. Lam Api	6. Lam	6. Lam
7. Cyp Scr Rub Eq	7. Scr Rub	7. Api	7. Brass	7. Api	7. Brass, Api
	8. Ran Euph	8. Scr	8. Scr	8. Brass, Scr	8. Scr
	9. Cyp Bor Viol	9. Cyp Rub	9. Cyp Ran	9. Cyp	9. Cyp
		10. Ran	10. Bor	10. Ran, Pol	10. Pol

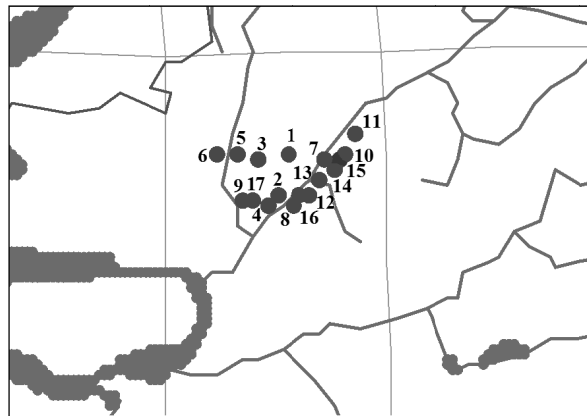


Рис. 2. Расположение флористических описаний в зоне R, использованных для иллюстрации изменения спектра при увеличении количества видов

При объединении первых двух рассмотренных списков тройка ведущих семейств выстроилась в порядке, характерном для региональной флоры. Однако такое количество видов (219) является недостаточным, так как дальнейший прирост количества видов, полученный путем слияния исходного списка с другими описаниями, снова дестабилизирует ситуацию. Наличие в десятке лидирующих семейств *Rubiaceae* и *Ranunculaceae* также нетипично для спектра региональной флоры изучаемой территории.

Семейство *Fabaceae* может подниматься в спектре даже на второе место, что часто можно наблюдать в отдельных описаниях. В объединенном списке, содержащем в данном случае более 600 видов, это семейство оказывается на третьем месте, что соответствует спектру флоры *Fabaceae*-зоны,

к которой и принадлежит исследуемая территория [19]. Однако присутствие *Polygonaceae* в головной части спектра, а также одинаковое число видов в некоторых семействах указывает в данном случае на недостаточность выборки для представительности целой флоры.

При дальнейшем увеличении числа видов для данной зоны спектр «стабилизируется» и по составу головной части становится похожим на семейственный спектр флоры Сокского физико-географического района.

Выполняя аналогичную процедуру для зон X, Y и N, получаем схожие результаты (табл. 2). У всех семейственных спектров совпадают четыре первые позиции. Зоны X и N совпадают до седьмой позиции. Перечень семейств тот же, меняется лишь их месторасположение. На этом основании можно утверждать, что схожесть рассматриваемых флор достаточна велика. Различия в расположении отдельных семейств отражают местные локальные особенности, которые неизбежны на любой территории.

Таблица 2

Значения сравниваемых параметров семейственных спектров флор четырех зон и Сокского района

№ п/п	Зона Y	Зона X	Зона N	Зона R	Сокский район
Число видов					
	591	734	741	706	1135
Десять ведущих семейств					
1	Ast	Ast	Ast	Ast	Ast
2	Poa	Poa	Poa	Poa	Poa
3	Fab	Fab	Fab	Fab	Fab
4	Ros	Ros	Ros	Ros	Ros
5	Car	Lam	Lam	Car	Brass
6	Lam	Brass	Brass	Brass	Car
7	Api	Car	Car	Lam	Lam
8	Cyp	Cyp	Api	Api	Cyp
9	Scr	Scr	Scr	Scr	Scr
10	Brass	Api	Cyp	Cyp	Api
Процент одновидовых семейств					
	34,6	31,8	34,7	27,9	25,7
Процент видов в десяти ведущих семействах					
	62,4	62,4	61,0	62,2	60,3
Индекс семейственной представленности ( $I_S$ )					
	13	14	14	14	16

Для полученных четырех минимальных ареалов процент видов десяти ведущих семейств, а также процент содержания одновидовых семейств больше, чем во флоре всего Сокского района. Процент видов десяти ведущих семейств является показателем, значение которого снижается с увеличением числа видов в выборке [20]. Таким образом, его значение у флор исследуемых зон лишь приближается к значению, характерному для целой флоры.

Следует отметить, что в составе одной из флор (зона У) зафиксировано меньше видов. Однако показатели ее параметров в связи с этим почти не отличаются от других зон. Тем не менее при характеристике флоры желательно иметь более полный список.

### **Заключение**

Предлагаемый подход (использование параметров семейственного спектра флор ареала-минимума) является одним из критериев по выявлению числа видов для ареала-минимума КФ. Рассмотренные значения параметров в незначительной степени отличаются от таковых у головной части семейственного спектра (Сокского физико-географического района).

Для лесостепной зоны Самарского Заволжья получены следующие значения параметров флоры ареала-минимума:

1. Для четырех рассмотренных зон отмечено полное совпадение состава десятка ведущих семейств флоры по сравнению со спектром Сокского физико-географического района, что отражает природно-климатические условия и специфику ландшафтного района. Четыре ведущих семейства (*Asteraceae-Roaceae-Fabaceae-Rosaceae*) совпадают по расположению.

2. Процент содержания одновидовых семейств во флоре изменяется в интервале 28–35.

3. Десять ведущих семейств содержат 61–62 % видового состава флоры.

4. Значение индекса семейственной представленности для ареала-минимума должно быть не менее 14.

5. Флористический список ареала-минимума, содержащий 700 видов и более, дает достаточно полный портрет КФ территории.

### **Список литературы**

1. **Толмачев, А. И.** К методике сравнительно-флористических исследований. Понятие о флоре в сравнительной флористике / А. И. Толмачев // Журнал Русского ботанического общества. – 1931. – Т. 16, № 1. – С. 111–124.
2. **Толмачев, А. И.** О количественной характеристике флор и флористических областей / А. И. Толмачев. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1941. – 37 с.
3. **Толмачев, А. И.** Введение в географию растений / А. И. Толмачев. – Л. : Изд-во Ленингр. ун-та, 1974. – 244 с.
4. **Толмачев, А. И.** Богатство флор как объект сравнительного изучения / А. И. Толмачев // Вестник ЛГУ. – 1970. – № 9. – С. 71–83.
5. **Шмидт, В. М.** О двух направлениях развития метода конкретных флор / В. М. Шмидт // Ботанический журнал. – 1976. – № 12. – С. 1658–1669.
6. **Юрцев, Б. А.** Некоторые тенденции развития метода конкретных флор / Б. А. Юрцев // Ботанический журнал. – 1975. – № 1. – С. 69–83.
7. **Юрцев, Б. А.** Элементарные естественные флоры и опорные единицы сравнительной флористики / Б. А. Юрцев // Теоретические и методические проблемы сравнительной флористики : материалы II рабочего совещания по сравнительной флористике. – Л. : Наука, 1987. – С. 47–66.
8. **Юрцев, Б. А.** Изучение конкретных и парциальных флор с помощью математических методов / Б. А. Юрцев, Б. И. Семкин // Ботанический журнал. – 1980. – Т. 65, № 12. – С. 1706–1718.
9. **Клаус, К.** Флоры местные и приволжских стран / К. Клаус. – СПб., 1852. – 312 с.
10. **Малышев, Л. И.** Флористические спектры Советского союза / Л. И. Малышев // История флоры и растительности Евразии. – Л., 1972. – С. 17–40.

11. **Хохряков, А. П.** Таксономические спектры и их роль в сравнительной флористике / А. П. Хохряков // Ботанический журнал. – 2000. – Т. 85, № 5. – С. 1–11.
12. **Кузнецова, Р. С.** Бассейн реки Сок: общая характеристика притоков / Р. С. Кузнецова // Известия Самарского научного центра РАН. – 2014. – Т. 16, № 5. – С. 36–42.
13. Физико-географическое районирование Среднего Поволжья / под ред. А. В. Ступишина. – Казань : Изд-во Казанского ун-та, 1964. – 197 с.
14. **Иванова, А. В.** Самоподобие изменения некоторых параметров флоры / А. В. Иванова, Н. В. Костина, С. А. Сенатор // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2014. – Т. 23, № 3. – С. 43–57.
15. **Костина, Н. В.** Методический подход к комплексному анализу семейственного спектра флоры / Н. В. Костина, А. В. Иванова, Г. С. Розенберг // Карельский научный журнал. – 2015. – № 3 (12). – С. 94–105.
16. **Лукичева, А. И.** Конкретная флора и флора ландшафта / А. И. Лукичева, Д. Н. Сабуров // Ботанический журнал. – 1969. – Т. 54, № 12. – С. 1911–1920.
17. **Иванова, А. В.** Выявление площади минимум-ареала конкретной флоры с учетом антропогенной трансформации территории / А. В. Иванова, Н. В. Костина // Известия Самарского Научного Центра РАН. – 2015. – Т. 17, № 4. – С. 77–80.
18. **Костина, М. А.** База данных «Флористические описания локальных участков Самарской и Ульяновской областей» (FD SUR): информационная основа, структура данных, алгоритмы обработки и результаты использования / М. А. Костина // Самарская Лука: проблемы региональной и глобальной экологии. – 2015. – Т. 24, № 2. – С. 161–172.
19. **Иванова, А. В.** Характеристика флоры Самарского Заволжья по семейственному спектру / А. В. Иванова, Н. В. Костина // Самарский научный вестник. – 2015. – № 2 (11). – С. 86–89.
20. **Иванова, А. В.** Изменение некоторых таксономических показателей локальных флор на примере Сокского бассейна (Самарская область) / А. В. Иванова, Н. В. Костина // Систематические и флористические исследования Северной Евразии (к 85-летию со дня рождения проф. А. Г. Еленевского) : тр. Междунар. конф. / под общ. ред. д-ра биол. наук В. П. Викторова. – М. : МПГУ, 2013. – С. 94–96.

### References

1. Tolmachev A. I. *Zhurnal Russkogo botanicheskogo obshchestva* [The journal of the Russian botanical society]. 1931, vol. 16, no. 1, pp. 111–124.
2. Tolmachev A. I. *O kolichestvennoy kharakteristike flor i floristicheskikh oblastey* [On a quantitative characteristic of floras and floral regions]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1941, 37 p.
3. Tolmachev A. I. *Vvedenie v geografuyu rasteniy* [Introduction into plant geography]. Leningrad: Izd-vo Leningr. un-ta, 1974, 244 p.
4. Tolmachev A. I. *Vestnik LGU* [Bulletin of LSU]. 1970, no. 9, pp. 71–83.
5. Shmidt V. M. *Botanicheskiy zhurnal* [The botanical journal]. 1976, no. 12, pp. 1658–1669.
6. Yurtsev B. A. *Botanicheskiy zhurnal* [The botanical journal]. 1975, no. 1, pp. 69–83.
7. Yurtsev B. A. *Teoreticheskie i metodicheskie problemy sravnitel'noy floristiki: materialy II rabochego soveshchaniya po sravnitel'noy floristike* [Theoretical and methodological problems of comparative floristics: proceedings of II working conference on comparative floristics]. Leningrad: Nauka, 1987, pp. 47–66.
8. Yurtsev B. A., Semkin B. I. *Botanicheskiy zhurnal* [The botanical journal]. 1980, vol. 65, no. 12, pp. 1706–1718.
9. Klaus K. *Flora mestnye i privolzhskikh stran* [Local and Volga river floras]. Saint-Petersburg, 1852, 312 p.

10. Malyshev L. I. *Istoriya flory i rastitel'nosti Evrazii* [History of flora and vegetation of Eurasia]. Leningrad, 1972, pp. 17–40.
11. Khokhryakov A. P. *Botanicheskiy zhurnal* [The botanical journal]. 2000, vol. 85, no. 5, pp. 1–11.
12. Kuznetsova R. S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN* [Proceedings of Samara scientific center of RAS]. 2014, vol. 16, no. 5, pp. 36–42.
13. *Fiziko-geograficheskoe rayonirovanie Srednego Povolzh'ya* [Physical and geographical zoning of the middle Volga river area]. Ed. by A. V. Stupishin. Kazan: Izd-vo Kazanskogo un-ta, 1964, 197 p.
14. Ivanova A. V., Kostina N. V., Senator S. A. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii* [The “Samarskaya Luka” – problems of regional and global ecology]. 2014, vol. 23, no. 3, pp. 43–57.
15. Kostina N. V., Ivanova A. V., Rozenberg G. S. *Karel'skiy nauchnyy zhurnal* [Karelia scientific journal]. 2015, no. 3 (12), pp. 94–105.
16. Lukicheva A. I., Saburov D. N. *Botanicheskiy zhurnal* [The botanical journal]. 1969, vol. 54, no. 12, pp. 1911–1920.
17. Ivanova A. V., Kostina N. V. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN* [Proceedings of Samara scientific center of RAS]. 2015, vol. 17, no. 4, pp. 77–80.
18. Kostina M. A. *Samarskaya Luka: problemy regional'noy i global'noy ekologii* [The “Samarskaya Luka” – problems of regional and global ecology]. 2015, vol. 24, no. 2, pp. 161–172.
19. Ivanova A. V., Kostina N. V. *Samarskiy nauchnyy vestnik* [Samara scientific bulletin]. 2015, no. 2 (11), pp. 86–89.
20. Ivanova A. V., Kostina N. V. *Sistematicheskie i floristicheskie issledovaniya Severnoy Evrazii (k 85-letiyu so dnya rozhdeniya prof. A. G. Elenevskogo): tr. Mezhdunar. konf.* [Systematic and floristic research of North Eurasia (devoted to 85<sup>th</sup> jubilee of professor A. G. Elenevsky): proceedings of the International conference]. Moscow: MPGU, 2013, pp. 94–96.

---

***Иванова Анастасия Викторовна***

кандидат биологических наук, научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН (Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: nastia621@yandex.ru

***Ivanova Anastasia Viktorovna***

Candidate of biological sciences, scientific researcher, Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS (10 Komzina street, Togliatti, Russia)

***Костина Маргарита Алексеевна***

младший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН (Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: margokostina@yandex.ru

***Kostina Margarita Alekseevna***

Junior staff scientist, Institute of Ecology of the Volga River Basin of RAS (10 Komzina street, Togliatti, Russia)

---

УДК 581

**Иванова, А. В.**

**Определение минимального числа видов для ареала-минимума конкретной флоры в условиях Самарского Заволжья (лесостепная зона) / А. В. Иванова, М. А. Костина // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 14–22.**

УДК 58.006

О. В. Рытикова, М. В. Ростовцева, Н. Г. Мазей,  
Ю. А. Фатюнина (Вяль)

**ИНТРОДУКЦИЯ ДРЕВЕСНО-КУСТАРНИКОВЫХ РАСТЕНИЙ  
СЕМЕЙСТВА ROSACEAE JUSS. В ДЕНДРАРИИ  
ПЕНЗЕНСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА  
ИМЕНИ И. И. СПРЫГИНА**

**Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Одной из основных функций ботанических садов является изучение интродуцированных растений с целью повышения разнообразия хозяйственно ценных видов. Цель данной работы – изучение особенностей биологии древесно-кустарниковых видов растений семейства Rosaceae Juss. в условиях интродукции в ботаническом саду имени И. И. Спрыгина Пензенского государственного университета в связи с перспективами их практического использования.

*Результаты.* Коллекционный фонд Пензенского ботанического сада содержит 106 таксонов древесно-кустарниковых форм растений семейства Rosaceae, относящихся к четырем подсемействам: Spiraeoideae, Rosoideae, Maloideae, Prunoideae. Приводится список таксонов. Представлены эколого-биологические характеристики древесно-кустарниковых интродуцентов семейства Rosaceae Juss. в условиях Пензенского ботанического сада имени И. И. Спрыгина, дана оценка степени адаптации интродуцентов.

*Выводы.* На основании проведенных наблюдений из 83 видов семейства Rosaceae, прошедших интродукцию в Пензенском ботаническом саду имени И. И. Спрыгина, большинство видов деревьев и кустарников можно использовать для широкого внедрения в культуру как плодовые, декоративные, медоносы, лекарственные: *Amelanchier alnifolia*, *Crataegus submollis*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata*, *Malus prunifolia*, *Padus virginiana*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Pyrus elaeagnifolia*, *Rosa rugosa*, *Rubacer odoratum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Spiraea japonica*, *S. media* и др. Ограниченными к использованию признаны следующие таксоны: *Kerria japonica* var. *pleniflora*, *Cerasus tomentosa*, *Crataegus nigra*, *Rosa x kamschatica*, *Rubus illecebrosus*, *Spiraea x bumalda* “Crispa”.

**Ключевые слова:** интродуценты, Rosaceae, эколого-биологические особенности, группа перспективности.

*O. V. Rytikova, M. V. Rostovtseva, N. G. Mazei, Yu. A. Fatyunina (Vyal’)*

**INTRODUCTION OF TREES AND SHRUBS  
OF THE FAMILY ROSACEAE JUSS. IN THE ARBORETUM  
OF THE SPRYGIN PENZA BOTANICAL GARDEN**

**Abstract.**

*Background.* One of the main functions of botanical gardens is the study of introduced plants in order to increase the diversity of commercially valuable species. The purpose of this work is to investigate the biology of tree and shrub species of the family Rosaceae Juss in conditions of the Sprygin Penza botanical garden in connection with the prospects of their application.

*Results.* The Penza botanical garden’s collection contains 106 taxa of trees and shrubs of the family Rosaceae belonging to 4 subfamilies: Spiraeoideae, Rosoideae, Maloideae, Prunoideae. A list of taxa is presented in the article. Ecological and bio-

logical characteristics of Rosaceae plants in the Sprygin Penza botanical garden are investigated. The degree of adaptation of alien species is estimated.

*Conclusions.* Based on the observations of 83 species of the family Rosaceae, introduced in the Sprygin Penza botanical garden, most of the taxa can be used for broad introduction to the culture as fruit, decorative, honey, and medicinal plants: *Amelanchier alnifolia*, *Crataegus submollis*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata*, *Malus prunifolia*, *Padus virginiana*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Pyrus elaeagnifolia*, *Rosa rugosa*, *Rubacer odoratum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Spiraea japonica*, *S. media* and others. Few taxa are considered as limited to introduction: *Kerria japonica* var. *pleniflora*, *Cerasus tomentosa*, *Crataegus nigra*, *Rosa x kamtschatica*, *Rubus illecebrosus*, *Spiraea x bumalda* "Crispa".

**Key words:** plant introduction, Rosaceae, ecological and biological peculiarities.

Одной из основных функций ботанических садов является изучение интродуцированных растений с целью повышения разнообразия хозяйственно ценных видов. Семейство Rosacea Juss. (порядок Rosales, класс Magnoliopsida, отдел Magnoliophita) является одним из самых важных по использованию в различных областях деятельности человека. Оно содержит 118 родов, 3500 видов, которые обитают почти во всех флористических областях (Флора Восточной Европы, 2001). Представители данного семейства служат основой плодоводства, широко используются в декоративном садоводстве и в полезном лесоразведении, являются лекарственными, эфирномасличными растениями, медоносами.

Коллекция растений семейства Rosacea Juss. начала формироваться со дня основания ботанического сада в 1917 г. На сегодняшний день в ботаническом саду им. И. И. Спрыгина Пензенского государственного университета семейство Rosacea Juss. представлено 137 видами, сортами и формами растений, среди них 106 видов, сортов и форм кустарников и деревьев и 31 таксон травянистых растений. Климатические условия их природных ареалов изменяются от холодного и умеренно-холодного до умеренно-теплого и субтропического.

Цель данной работы – изучение особенностей биологии древесно-кустарниковых видов растений семейства Rosaceae Juss. в условиях интродукции в ботаническом саду имени И. И. Спрыгина Пензенского государственного университета в связи с перспективами их практического использования.

### **Материалы и методы исследований**

Ботанический сад имени И. И. Спрыгина Пензенского государственного университета расположен в лесостепной зоне. Для района характерно островное распространение лесов с примесью клена, липы, вяза, ясеня. Климат района умеренно-континентальный. Среднегодовая температура воздуха составляет +4 °С. Самый теплый месяц – июль, самый холодный – январь. Зима умеренно холодная (средняя температура января от –11 до –13 °С). В наиболее холодные дни температура опускается до –45 °С. Весна дружная, непродолжительная, с резкими колебаниями температуры, связанными с вторжением холодных волн арктических воздушных масс. Переход среднесуточных температур через 0 °С совершается в первых числах апреля. Лето очень теплое (средняя температура июля 19,5 °С). В отдельные жаркие дни максимальная температура поднимается до +36–38 °С. Анализ суммы положительных температур характеризует район как умеренно теплый.



Для осени характерны ранние заморозки. В среднем первые заморозки наблюдаются в конце второй и начале третьей декады сентября. Самые ранние в отдельные годы наступают в конце августа, самые поздние – в третьей декаде октября. Безморозный период продолжается с 8–17.05 по 22–24.09 и равняется 127–138 дням.

Годовая сумма осадков составляет 450–500 мм. В летний период с апреля по сентябрь выпадает 250–280 мм осадков, или 56 % от годового количества. Устойчивый снежный покров устанавливается в третьей декаде ноября и сохраняется 128–136 дней. Разрушение устойчивого снежного покрова происходит в первой декаде апреля. Полностью снег сходит к 10–15 апреля. Средняя из наибольших высот снежного покрова составляет 30–40 см. Глубина промерзания почвы – от 68 до 80 см.

Средние годовые скорости ветра в открытых условиях местности колеблются от 4,1 до 4,8 м/с. Сильные ветры (15 м/с) чаще всего наблюдаются в январе – марте (2–3 раза в месяц). Число дней с сильным ветром за год достигает 19. Наибольшая их повторяемость наблюдается в холодное время года. Летом и в переходные сезоны скорость ветра меньше.

В течение всего холодного периода наибольшую повторяемость имеют ветры южной четверти (южные, юго-восточные, юго-западные). В теплое время года преобладают ветры северной четверти (северные, северо-западные, северо-восточные).

На территории ботанического сада сформировались серые лесные почвы (94,9 % – три подтипа: светло-серые, серые и темно-серые лесные почвы) и черноземы оподзоленные. Исследования эколого-биологических особенностей интродуцентов семейства Rosaceae Juss. в дендрарии ботанического сада им. И. И. Спрыгина ПГУ проводились на протяжении 2008–2015 гг. При изучении эколого-биологических особенностей интродуцентов использовали общепринятые методики (Лапин и др., 1979).

### Результаты и обсуждение

В большинстве ботанических садов семейство Розовые является преобладающим по количеству интродуцентов. Коллекционный фонд Пензенского ботанического сада содержит 106 таксонов древесно-кустарниковых форм растений семейства Rosaceae. В Пензенском ботаническом саду из семейства Rosaceae представлены все четыре подсемейства: Spiraeoideae, Rosoideae, Maloideae, Prunoideae (табл. 1).

Таблица 1

Представленность таксонов семейства Rosaceae Juss. в Пензенском ботаническом саду имени И. И. Спрыгина на 01.01.2015

Род	Виды	Гибриды	Культивары	Всего
1	2	3	4	5
<b>Подсемейство Spiraeoideae</b>				
1. <i>Physocarpus</i> (Cambess.) Raf.	2	–	2	4
2. <i>Sorbaria</i> A. Braun	1	–	–	1
3. <i>Spiraea</i> L.	5	4	9	16
4. <i>Stephanandra</i> Siebold & Zucc.	1	–	–	1
Всего	9	4	11	22

1	2	3	4	5
<b>Подсемейство Rosoideae</b>				
1. <i>Kerria</i> DC.	1	–	1	1
2. <i>Pentaphylloides</i> Duhamel	1	–	6	7
3. <i>Rosa</i> L.	7	1	23	30
4. <i>Rubacer</i> Rydb.	2	–	–	2
5. <i>Rubus</i> L.	1	–	–	1
Всего	11	1	30	41
<b>Подсемейство Maloideae</b>				
1. <i>Amelanchier</i> Medik.	2	–	–	2
2. <i>Aronia</i> Mitchell	1	–	–	1
3. <i>Chaenomeles</i> Lindl.	1	–	–	1
4. <i>Cotoneaster</i> Ruppius	4	–	–	4
5. <i>Crataegus</i> Tourn. ex L.	8	–	–	8
6. <i>Malus</i> Mill.	3	–	4	6
7. <i>Pyrus</i> L.	2	–	2	3
8. <i>Sorbus</i> L.	4	–	–	4
Всего	25	–	6	29
<b>Подсемейство Prunoideae</b>				
1. <i>Amygdalus</i> L.	1	–	–	1
2. <i>Cerasus</i> Mill.	3	–	2	4
3. <i>x Ceraspadus</i>	–	1	–	1
4. <i>Padus</i> Hill.	3	–	–	3
5. <i>Prunus</i> L.	2	–	4	5
Всего	9	1	6	14

Подсемейство **Spiraeoideae** насчитывает 4 рода, 9 видов, 4 гибрида и 11 сортов, всего 22 таксона, представленные кустарниками: *Sorbaria* A. Braun, *Spiraea* L., *Stephanandra* Siebold & Zucc., *Physocarpus* (Cambess) Raf.

Наиболее полно представлен род *Spiraea* 16 таксонами (5 видами, 4 гибридами и 9 сортами): *S. x arguta* Zabel.; *S. x bumalda* Burv., сорта: “Anthony Waterer”, “Dart’s Red”, “Crispa”; *S. japonica* L. f., сорта: “Albiflora”, “Golden Princess”, “Gold Flame”, “Genpei”, “Little Princess”; *S. x cinerea* Zabel “Grefsheim”; *S. media* Schmidt; *S. nipponica* Maxim. и др.

*S. crenata* L. занесен в Красную книгу Пензенской области, статус 3.

Подсемейство **Rosoideae** в Ботаническом саду им. И. И. Спрыгина насчитывает 5 родов, 11 видов, 1 гибрид, 30 сортов, всего 41 таксон. Из них полукустарник *Rubus illecebrosus* Focke; кустарники: *Rosa* L., *Pentaphylloides* Duhamel, *Rubus* L. и др.

Род *Rosa* L. включает 30 таксонов (*Rosa x hybrida* hort. – 23 сорта; за ними наблюдения не велись) – 6 видов (*Rosa canina* L., *Rosa majalis* Herrm., *Rosa multiflora* Thunb. и *Rosa rugosa* Thunb).

Подсемейство **Maloideae** в Пензенском ботаническом саду включает 8 родов, 25 видов, 6 сортов, всего 29 таксонов – деревья и кустарники.

Подсемейство **Prunoideae** в Ботаническом саду насчитывает 5 родов, 9 видов, 1 гибрид, 8 форм и сортов, всего 14 таксонов – деревья и кустарники.

*Amygdalus nana* L. включен в Красную книгу Пензенской области со статусом 3.

Среди древесно-кустарниковых интродуцентов семейства Rosaceae по жизненным формам преобладают кустарники – 69,9 %, на долю деревьев приходится 29,2 %, полукустарников – 0,9 % (см. табл. 1, 2). Все интродуцированные таксоны в коллекции имеют ту же жизненную форму, что и на родине, однако не всегда достигают оптимальных размеров (*Stephanandra incise* (Thunb.) Zabel, некоторые виды *Cotoneaster*).

Таблица 2

Эколого-биологические особенности и перспективность интродуцентов семейства Rosaceae Juss. ботанического сада им. И. И. Спрыгина

Вид, форма растения	Откуда и когда поступил	Период вегетации, сут	Биоморфа/ высота растения, м	Зимостойкость	Засухоустойчивость	Устойчивость к вредителям и болезням
1	2	3	4	5	6	7
<i>Amelanchier alnifolia</i> (Nutt.) Nutt. ex M. Roem. – ирга ольхолистная	1961, Москва, ГБС	187	К/2	I	4	4
<i>Amelanchier spicata</i> (Lam.) K. Koch – ирга колосистая	1941, Куйбышев, БС	188	К/4	I	4	4
<i>Amygdalus nana</i> L. – миндаль низкий, бобовник	2006, –	190	К/1,5	II	5	4
<i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott – арония черноплодная	1949, Горно-Атайск	190	К/2	I	4	5
<i>Cerapadus micuuri</i> Miciurin – церападус Мичурина	1980, –	187	К/4	II	4	5
<i>Cerasus avium</i> (L.) Moench. – вишня птичьа	2011, Пенза	167	Д	IV	5	4
<i>Cerasus pensylvanica</i> (L.f.) Loisel. – вишня пенсильванская	1980, –	195	Д/3,5	II	4	5
<i>Cerasus tomentosa</i> (Thunb.) Yas. Endo – вишня войлочная	2009, Пенза	185	К/1,5	II	4	4
<i>Cerasus vulgaris</i> Mill. – вишня обыкновенная «Малиновка»	2014, Пенза	168	К	II	5	3
<i>Cerasus vulgaris</i> Mill. – вишня обыкновенная «Тургеневка»	2014, Пенза	169	Д	II	5	4
<i>Chaenomeles maulei</i> (Thunb.) Spach – айвочка японская	1980, Саратов, БС	220	К/0,6	IV	4	5
<i>Cotoneaster dammeri</i> C. K. Schneid – кизильник Даммера	2009, Пенза	225	К/0,5	IV	5	4
<i>Cotoneaster foveolatus</i> Rehder et Wils. – кизильник ячеистый	1982, –	165	К/1,7	I	4	4

1	2	3	4	5	6	7
<i>Cotoneaster horizontalis</i> Decne. – кизильник горизонтальный	2011, Пенза	227	К/0,5	V	5	5
<i>Cotoneaster lucidus</i> Schtdl. – кизильник блестящий	1990, –	195	К/1,7	I	5	3
<i>Crataegus korolkowii</i> L. Henry – боярышник Королькова	1941, Алма-Аты, БС	190	Д/3,5	I	5	4
<i>Crataegus macracantha</i> Lodd. ex Loudon – б. крупноколочковый	1941, Москва, БС МГУ	187	Д/3,5	I	4	4
<i>Crataegus maximowiczii</i> С. К. Schneid. – б. Максимовича	1982, –	195	Д/3	I	4	4
<i>Crataegus mollis</i> (Tort. & A. Gray) Scheele – б. Мягкий	1950, Ашхабад, БС	195	Д/5	I	4	4
<i>Crataegus nigra</i> Waldst. & Kit. – б. черный	1990, –	180	Д/2,7	IV	4	4
<i>Crataegus sanguinea</i> Pall. – б. кроваво-красный	1990, –	180	К/5,5	I	4	4
<i>Crataegus submollis</i> Sarg. – б. полумягкий	1950, Ашхабад, БС	180	К/5,5	I	4	4
<i>Crataegus volgensis</i> Pojark. – б. волжский	1999, –	189	Д/2,7	I	4	4
<i>Kerria japonica</i> var. <i>pleniflora</i> Witte – керия японская вар. Махровая	2010, Пенза	215	К/1,5	IV	3	5
<i>Malus baccata</i> (L.) Borkh. – яблоня ягодная	1980, –	190	Д/5,5	I	5	4
<i>Malus domestica</i> Borkh. – яблоня домашняя «Московское зимнее»	2010, Пенза	180	Д	I	5	4
<i>Malus domestica</i> Borkh. – яблоня домашняя «Антоновка обыкновенная»	2010, Пенза	180	Д	I	5	4
<i>Malus domestica</i> Borkh. – яблоня домашняя «Низкорослое»	2010, Пенза	180	Д	I	5	4
<i>Malus domestica</i> Borkh. – яблоня домашняя «Налив розовый»	2010, Пенза	180	Д	I	5	4
<i>Malus prunifolia</i> (Willd.) Borkh. – яблоня сливолистная	1980, –	185	Д/5	I	5	4
<i>Padus avium</i> Mill. – черемуха обыкновенная	1980, –	195	Д/10	I	4	4
<i>Padus virginiana</i> (L.) Mill. – черемуха виргинская	1980, –	195	Д/10	II	4	5
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz – пятилистник кустарниковый	1980, –	185	К/1,2	I	4	3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Abbotswood” – пятилистник кустарниковый	2009, Пенза	230	К/0,9	I	4	3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Goldfinger” – п. кустарниковый	2009, Пенза	205	К/1,2	I	4	3

Продолжение табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Goldstar” – п. кустарниковый	2009, Пенза	230	К/0,7	I	4	3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Pink Princess” – п. кустарниковый	2010, Пенза	215	К/0,4	I	4	3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Red Ace” – п. кустарниковый	2009, Пенза	225	К/0,3	II	4	3
<i>Pentaphylloides fruticosa</i> (L.) O. Schwarz “Tilford Cream” – п. кустарниковый	2009, Пенза	220	К/0,9	I	4	3
<i>Physocarpus amurensis</i> (Maxim.) Maxim. – пузыреплодник амурский	1950, –	175	К/2,3	I	4	5
<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. – пузыреплодник калинолистный	1930, Пенза, Ахунский лесхоз	175	К/2,3	I	4	5
<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. “Diabolo” – п. калинолистный	2009, Пенза	200	К/1,9	I	4	5
<i>Physocarpus opulifolius</i> (L.) Maxim. “Luteus” – п. калинолистный	2009, Пенза	205	К/2,0	I	4	5
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. – слива вишненоносная (алыча)	1980, –	190	Д/6,0	IV	5	5
<i>Prunus cerasifera</i> Ehrh. – слива вишненоносная (алыча) «Кубанская комета»	2014, Пенза	250	Д/3,0	IV	4	5
<i>Prunus cerasifera</i> var. <i>pissardii</i> (Carriere) Koehne – слива Писсарди	2009, Пенза	250	Д/4,0	II	4	5
<i>Prunus saicina</i> Lindl. – слива китайская «Скороплодная»	2014, Пенза	250	Д/3,0	II	4	5
<i>Prunus saicina</i> Lindl. – слива китайская «Красный шар»	2014, Пенза	250	Д/3,0	II	4	5
<i>Pyrus ussuriensis</i> Maxim. – груша уссурийская	1980, –	185	Д/5,0	I	4	5
<i>Pyrus communis</i> L. – груша обыкновенная «Марсианка»	2010, Пенза	–	Д/5,0	II	5	5
<i>Pyrus communis</i> L. – груша обыкновенная «Москвичка»	2010, Пенза	–	Д/5,0	II	5	5
<i>Rosa canina</i> L. – шиповник собачий	1970, –	195	К/1,7	I	5	4
<i>Rosa corymbifera</i> Borkh. – ш. щитконосный	1970, –	195	К/1,7	I	5	4
<i>Rosa fedtschenkoana</i> Regel. – ш. Федченко	1970, –	195	К/1,7	I	5	4
<i>Rosa x kamtschatica</i> Vent. – ш. камчатский	1980, –	187	К/1,8	II	4	4
<i>Rosa majalis</i> Herzm. – ш. Майский	1970, –	185	К/1,6	I	5	5
<i>Rosa multiflora</i> Thunb. – ш. многоцветковый	1982, Фрунзе, БС	180	К/1,8	I	5	5

1	2	3	4	5	6	7
<i>Rosa rugosa</i> Thunb. – ш. морщинистый	1975, –	195	К/1,6	I	5	5
<i>Rubacer odoratum</i> (L.) Rydb. – малиноклен душистый	1949, Алтайская опытная станция	220	К/1,5	I	5	5
<i>Rubacer parviflorum</i> (Nutt.) Rydb. – м. мелкоцветковый	1980, –	220	К/1,8	I	5	5
<i>Rubus illecebrosus</i> Focke – малина земляничная	1980, –	120	Пк/0,3	V	4	5
<i>Sorbaria sorbifolia</i> (L.) A. Braun – рябинник рябинолистный	1982, –	190	К/2,0	I	4	5
<i>Sorbus americana</i> Marshall – рябина американская	1941, Ленинград, ЛТА	195	Д/10	I	4	5
<i>Sorbus aria</i> (L.) Crantz – р. круглолистная	1980, Белая Церковь, Дендрозаповедник «Александрия»	187	Д/3,5	II	5	4
<i>Sorbus aucuparia</i> L. – р. обыкновенная	1970, –	188	Д/4,0	I	4	5
<i>Sorbus commixta</i> Hedl. – р. смешанная	1980, Москва, ГБС	192	Д/6,0	I	5	5
<i>Spiraea x arguta</i> Zabel – спирея остроазубренная	1980, –	185	К/1,7	I	4	4
<i>Spiraea x bumalda</i> Burv. “Anthony Waterer” – спирея Бумальда	2011, Пенза	197	К/0,7	I	4	4
<i>Spiraea x bumalda</i> Burv. “Dart’s Red” – спирея Бумальда	2010, Пенза	215	К/0,9	I	4	4
<i>Spiraea x bumalda</i> Burv. “Crispa” – с. Бумальда	2009, Пенза	232	К/0,7	II	3	4
<i>Spiraea crenata</i> L. – с. городчатая	2010, Пензенская обл., ООПТ ПО «Субботинские склоны»	210	К/1,5	I	5	4
<i>Spiraea x cinerea</i> Zabel “Grefsheim” – с. пепельная	2009, Пенза	187	К/1,5	I	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. – с. японская	2009, Пенза	230	К/1,5	II	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. “Albiflora” – с. японская	2013, Пенза, магазин «Цветкофф»	200	К/1,0	II	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. “Golden Princess” – с. японская	2010, Пенза	198	К/0,5	I	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. “Gold Flame” – с. японская	2009, Пенза	205	К/0,9	II	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. “Genpei” (“Shirobana”) – с. японская	2013, Пенза	205	К/0,7	II	4	4
<i>Spiraea japonica</i> L. “Little Princess” – с. японская	2010, Пенза	205	К/0,5	II	4	4
<i>Spiraea media</i> Schmidt – с. средняя	1982, Архангельск	192	К/1,5	II	5	4

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
<i>Spiraea nipponica</i> Maxim. – с. ниппонская	2009, Пенза	217	К/1,5	II	4	4
<i>Spiraea salicifolia</i> L. – с. иволистная	1970, –	207	К/1,5	I	4	4
<i>Spiraea x vanhouttei</i> (Briot) Zabel – с. Вангутта	2009, Пенза	227	К/1,8	II	4	4
<i>Stephanandra incisa</i> (Thunb.) Zabel – стефанандра надрезаннолистная	2010, Пенза	185	К/1,6	III	3	4

**Примечание.** Зимостойкость оценивали по семибальной шкале, засухоустойчивость и устойчивость к вредителям и болезням – по пятибальной шкале.

Сезонное развитие растений при интродукции зависит от гидротермического режима в районе исследования, а продолжительность вегетации пропорциональна продолжительности безморозного периода. Динамика среднемесячной температуры в года наблюдений показывает, что в условиях Пензы переход среднесуточных температур через +5 °С происходит в первых числах апреля. В связи с этим начало вегетации у интродуцентов отмечалось с 09.04 (*Spiraea x bumalda* “Crispa”, “Anthony Waterer”, *Spiraea crenata*, *Spiraea x cinerea* “Grefsheim”, *Spiraea japonica* “Golden Princess”). Самое позднее начало вегетации отмечено 10.07 у *Rubus illecebrosus* (см. табл. 2).

Зацветание деревьев и кустарников у растений семейства Rosaceae происходило с 04.05 (*Amygdalus nana*) по 02.08 (*Rubus illecebrosus*). Некоторые растения цветут в течение всего лета с перерывом (*Kerria japonica* var. *pleniflora*, *Pentaphylloides fruticosa*, др.).

Начало плодоношения интродуцентов приходится на вторую половину июля. Многие виды семейства Rosaceae очень декоративны в период плодоношения: *Aronia melanocarpa*, *Cerasus tomentosa*, виды рода *Crataegus*, *Malus*, *Physocarpus*, *Sorbus*. Семенная продуктивность – один из показателей адаптации интродуцентов. Не образуют семена *Kerria japonica* var. *pleniflora*, *Pentaphylloides fruticosa* “Red Ace”, *Prunus cerasifera* var. *pissardii*, большинство сортов *Rosa x hybrida*. Некоторые виды дают самосев – это некоторые виды рода *Crataegus*, *Spiraea japonica* L. “Little Princess”, “Gold Flame”, *Cotoneaster lucidus*, *Padus avium*.

Окончание вегетации у древесно-кустарниковых растений семейства Rosaceae в условиях Пензы отмечалось в конце октября – начале ноября. С первой декады сентября происходит понижение температуры в ночные часы. Это приводит к окрашиванию листьев в пурпурные, красновато-желтые тона, что придает растениям декоративный вид (*Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex Roem., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott., *Cotoneaster lucidus* Schltl., *Sorbus americana* Marshall, *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Sorbus aucuparia* L. и др.). Раннее начало листопада характерно для *Cotoneaster foveolatus* Rehder & E. H. Wilson (11.09), *Pyrus ussuriensis* Maxim. (12.09). У остальных видов начало листопада растянуто с 16.09 (*Sorbus americana* Marshall) по 01.11 *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Kerria japonica* var. *pleniflora* Witte, *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz “Abbotswood”, “Goldstar”, “Pink Princess”, “Red Ace”, “Tilford Cream”, *Rubus ille-*

*cebrosus* Focke, *Spiraea x bumalda* Burv. "Crispa". Раннее окончание листопада у *Cotoneaster foveolatus* Rehder & E. H. Wilson (30.09), самое позднее окончание листопада у *Cotoneaster horizontalis* Decne., *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz "Abbotswood", "Goldstar", "Red Ace", "Tilford Cream", *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Spiraea x bumalda* Burv. "Crispa", *Spiraea japonica* L. f. и *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zabel.

На основании фенологических наблюдений по срокам начала и окончания вегетации у древесно-кустарниковых интродуцентов (Лапин и др., 1979) семейства Rosaceae выделены три феногруппы: РР, РП, ПП (Р/П – рано/поздно начинающие и заканчивающие вегетацию) (см. табл. 2).

В группу РР входят 38 таксонов, которые характеризуются быстрым окончанием роста побегов, полным одревеснением, ранним листопадом; продолжительность вегетации – 140–190 дней. К ним относятся следующие: *Cerasus pensylvanica* (L. f.) Loisel. (140 дней); *Cotoneaster foveolatus* Rehder & Wils. (165); *Crataegus nigra* Waldst. et Kit., *Crataegus sanguinea* Pall., *Crataegus submollis* Sarg., *Rosa multiflora* Thunb. (180); *Cerasus tomentosa* (Thunb.) Yas. Endo, *Malus prunifolia* (Willd.) Borkh., *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz, *Pyrus ussuriensis* Maxim., *Rosa majalis* Herrm., *Spiraea x arguta* Zabel, *Stephanandra incisa* (Thunb.) Zabel. (185); *Amelanchier alnifolia* (Nutt.) Nutt. ex M. Roem., *Amelanchier spicata* (Lam.) K. Koch, *x Cerapadus micurinii* Micurini, *Cerasus avium* (L.) Moench, *Crataegus macracantha* Lodd. ex Loudon, *Rosa x kamtschatica* Vent., *Sorbus aria* (L.) Crantz, *Spiraea x cinerea* Zabel "Grefsheim" (187); *Sorbus aucuparia* L. (188); *Crataegus volgensis* Pojark. (189); *Amygdalus nana* L., *Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott, *Crataegus korolkowii* L. Henry, *Malus baccata* (L.) Borkh., *Prunus cerasifera* Ehrh., *Rosa x hybrida hort.* "Kindertag", *Rosa x hybrida hort.* "Niccolo Paganini", *Rosa x hybrida hort.* "Shoking Blue", *Sorbaria sorbifolia* (L.) A. Braun (190).

В группе РП насчитывается 47 таксонов. Рост побегов продолжается у них длительное время, но благодаря теплой осени прирост текущего года успевает одревеснеть. Продолжительность вегетации – 192–250 дней. К ним относятся следующие: *Sorbus commixta* Hedl., *Spiraea media* Schmidt (192); *Cotoneaster lucidus* Schtdl., *Crataegus maximowiczii* C. K. Schneid., *Crataegus mollis* (Torr. & A. Gray) Scheele, *Padus avium* Mill., *Padus virginiana* (L.) Mill., *Rosa canina* L., *Rosa rugosa* Thunb., *Sorbus americana* Marshall (195); *Spiraea x bumalda* Burv. "Anthony Waterer" (197), *Spiraea japonica* L. "Albiflora" (200); *Pentaphylloides fruticosa* (L.) O. Schwarz "Goldfinger", *Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim. "Luteus", *Spiraea japonica* L. "Genpei", *Spiraea japonica* L. "Gold Flame", *Spiraea japonica* L. "Little Princess" (205).

В группу ПП отнесен 1 таксон: *Rubus illecebrosus* Fock.

Продолжительность вегетации интродуцентов различается по группам, но в целом соответствует сезонному ритму района интродукции.

Одним из показателей устойчивости интродуцентов является зимостойкость – способность растений противостоять комплексу воздействий внешней среды на протяжении зимнего и ранневесеннего периодов. Большинство видов растений семейства Розовые относятся к группе абсолютно зимостойких (зимостойкость I) – это 49 видов, у которых после зимнего периода повреждений нет, растения не обмерзают (см. табл. 2). 24 вида, у которых обмерзает не более половины однолетних побегов, относятся ко II группе зимостойкости. 1 вид принадлежит к III группе зимостойкости – часто об-



мерзает полностью однолетний прирост, 7 видов – к VI группе. *Rubus illecebrosus* Focke, *Cotoneaster horizontalis* относятся к V группе зимостойкости, поскольку у растений ежегодно обмерзает вся надземная часть (выпады и сильное повреждение растений зимой 2012–2013 гг.). Таким образом, из 83 видов растений семейства Розовые, интродуцированных в ботаническом саду, 88 % высокозимостойкие (I, II).

Не менее важный показатель устойчивости интродуцентов – засухоустойчивость. Оценку засухоустойчивости интродуцентов проводили в конце августа – начале сентября. В большинстве случаев показатель засухоустойчивости интродуцентов немного ниже, чем зимостойкость. 35 % исследуемых видов относятся к группе засухоустойчивых (*Amygdalus nana*, *Crataegus korolkowii* L. Henry, *Malus prunifolia korolkowii* L. Henry и др. (см. табл. 2)). Средний показатель засухоустойчивости характерен для 61,5 % видов растений данного семейства – большинство видов и сортов *Spiraea*, *Pentaphylloides fruticosa*. Недостаточно засухоустойчивыми (3,5 %) являются следующие виды: *Kerria japonica* var. *pleniflora* Witte, *Padus avium* Mill., *Spiraea x vanhouttei* (Briot) Zabel. У этих видов при воздействии высоких температур и отсутствии осадков в течение июля – августа (2010, 2015 гг.) наблюдалось усыхание листьев на однолетних побегах.

Ограничивают нормальный рост растений болезни и вредители (особенно во время засушливых периодов – 2010, 2015 гг.). Большинство интродуцентов (36,1 %) достаточно устойчивы к действию вредителей и болезням, или имеют слабые повреждения, не сильно влияющие на рост и развитие. У 54,2 % интродуцентов наблюдаются периодически средние повреждения, которые захватывают вегетативные органы и 9,7 % интродуцентов – среднеустойчивые, повреждения захватывают не только вегетативные, но и генеративные органы (сорта *Pentaphylloides fruticosa* в отдельные годы очень сильно поражаются грибными болезнями).

Таким образом, на основании проведенных наблюдений из 83 видов семейства Rosaceae, прошедших интродукцию в Пензенском ботаническом саду им. И. И. Спрыгина, большинство видов деревьев и кустарников можно использовать для широкого внедрения в культуру как плодовые, декоративные, медоносы, лекарственные: *Amelanchier alnifolia*, *Crataegus submollis*, *Cotoneaster lucidus*, *Malus baccata*, *Malus prunifolia*, *Padus virginiana*, *Pentaphylloides fruticosa*, *Pyrus elaeagnifolia*, *Rosa rugosa*, *Rubacer odoratum*, *Sorbaria sorbifolia*, *Spiraea japonica*, *S. media* и др. Ограниченными к использованию признаны следующие таксоны: *Kerria japonica* var. *pleniflora*, *Cerasus tomentosa*, *Crataegus nigra*, *Rosa x kamtschatica*, *Rubus illecebrosus*, *Spiraea x bumalda* “Crispa”.

#### Список литературы

1. Лапин, П. И. Интродукция лесных пород / П. И. Лапин, К. К. Калущкий, О. Н. Калущкая. – М. : Лесная промышленность, 1979. – 224 с.
2. Флора Восточной Европы / отв. ред. Н. Н. Цвелев. – СПб. : Изд-во СПХФА, 2001. – Т. X. – 670 с.

#### References

1. Lapin P. I., Kalutskiy K. K., Kalutskaya O. N. *Introduktsiya lesnykh porod* [Introduction of forest breeds]. Moscow: Lesnaya promyshlennost', 1979, 224 p.

2. *Flora Vostochnoy Evropy* [East European flora]. Ed. by N. N. Tsvelev. Saint-Petersburg: Izd-vo SPKhFA, 2001, vol. X, 670 p.

---

***Рытикова Ольга Владимировна***

биолог Пензенского ботанического сада имени И. И. Спрыгина, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: botsad.penza@mail.ru

***Rytikova Olga Vladimirovna***

Biologist of the Sprygin Penza botanical garden, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Ростовцева Марина Владимировна***

директор Пензенского ботанического сада имени И. И. Спрыгина, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: botsad.penza@mail.ru

***Rostovtseva Marina Vladimirovna***

Director of the Sprygin Penza botanical garden, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

***Мазей Наталья Григорьевна***

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40); научный сотрудник, Институт водных проблем РАН (Россия, г. Москва, ул. Губкина, 3)

E-mail: natashamazei@mail.ru

***Mazei Natalia Grigorievna***

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of botany, plant physiology and biochemistry, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia); researcher, Institute of water resources of RAS (3 Gubkina street, Moscow, Russia)

***Фатюнина (Вяль) Юлия Александровна***

кандидат биологических наук, доцент, кафедра ботаники, физиологии и биохимии растений, Пензенский государственный университет (Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: vyal81@mail.ru

***Fatyunina (Vyal') Yulia Alexandrovna***

Candidate of biological sciences, associate professor, sub-department of botany, plant physiology and biochemistry, Penza State University (40 Krasnaya street, Penza, Russia)

---

УДК 58.006

**Рытикова, О. В.**

**Интродукция древесно-кустарниковых растений семейства Rosaceae Juss. в дендрарии Пензенского ботанического сада имени И. И. Спрыгина / О. В. Рытикова, М. В. Ростовцева, Н. Г. Мазей, Ю. А. Фатюнина (Вяль) // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 23–34.**

*В. А. Сенкевич, А. Н. Цыганов, Т. Г. Стойко*

## **ЗООПЛАНКТОННОЕ СООБЩЕСТВО ПЕНЗЕНСКОГО ВОДОХРАНИЛИЩА<sup>1</sup>**

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Зоопланктон является важным компонентом пресноводных экосистем и чутко реагирует на изменение их состояния. Цель исследования – изучить временную и пространственную динамику видовой структуры зоопланктона и провести оценку состояния экосистемы Пензенского водохранилища.

*Материалы и методы.* Пробы для исследования зоопланктона отобраны на девяти станциях, расположенных по трем створам в акватории водохранилища ежегодно в течение 2013–2015 гг. Для описания долгосрочной динамики использована база данных по видовой структуре зоопланктона водохранилища в период с 1993 по 2007 г.

*Результаты.* Всего за период исследований с 1993 по 2015 г. в Пензенском водохранилище отмечено 97 видов и форм зоопланктона (коловраток – 53, ветвистоусых – 22 и веслоногих раков – 22 вида). Видовой состав зоопланктона в течение периода исследования остается относительно стабильным и преимущественно состоит из планктонных и эврибионтных видов. Отмечается появление болотных и зарослевых видов, что связано с развитием прибрежных макрофитов. Динамика основных показателей зоопланктонного сообщества по годам в течение 2013–2015 гг. в основном определяется температурой. В пространственном отношении верховья водохранилища характеризуются преобладанием реофильных видов в зоопланктонном сообществе, а срединная часть – лимнофильных.

*Выводы.* Видовая структура зоопланктонного сообщества в акватории Пензенского водохранилища является типичной для подобных экосистем и соответствует стадии развития водоема.

**Ключевые слова:** зоопланктонное сообщество, водохранилище, структурные параметры, качество воды.

*V. A. Senkevich, A. N. Tsyganov, T. G. Stojko*

## **ZOOPLANKTON COMMUNITY IN THE PENZA WATER STORAGE BASIN**

### **Abstract.**

*Background.* Zooplankton is an important component of freshwater ecosystems and sensitive to changes in their condition. The purpose of the research is to study the temporal and spatial dynamics of species composition of zooplankton and to estimate a state of the ecosystem of the Penza water storage basin.

*Material and methods.* Samples for the study were collected at nine stations located in three transects in the water area of the Penza water storage basin every year from 2013 to 2015. To describe the long-term dynamics the authors used a database of zooplankton species composition in the Penza water storage basin for the period from 1992 to 2007.

---

<sup>1</sup> Работа выполнена в рамках государственного задания Пензенскому государственному университету (проект № 1315).

*Results.* In total, 97 species and forms of zooplankton (Rotifera – 53, Cladocera – 22 and Copepoda – 22 species) were encountered in the Penza water storage basin in 1993–2015. The species composition of zooplankton during the period remained relatively stable and consisted of planktonic and eurybiontic taxa. However, new species typical for waterlogged and water plant biotopes have appeared in the community due to intensive development of coastal macrophytes. The annual dynamics of main characteristics of the zooplankton community in 2013–2015 years was determined by temperature. The upper reaches of the Penza water storage basin were characterized by a predominance of rheophilic species in the zooplankton community, and the medial part – by limnophilic ones.

*Conclusions.* The species composition of the zooplankton community in the water area of the Penza water storage basin is typical for this type of ecosystems and corresponds to the developmental stage of the reservoir.

**Key words:** zooplankton community, water storage basin, structural characteristics, water quality.

### **Введение**

Водохранилища представляют собой искусственные водоемы, созданные, как правило, в долинах рек для накопления и хранения воды с целью использования в хозяйстве человека. Создание водохранилищ осуществляется для рационального использования водных ресурсов: водоснабжения, обеспечения энергией, орошения и судоходства, рыбного промысла, рекреации и пр. Мониторинговые исследования экосистемы водохранилища позволяют своевременно выявить экологические проблемы и найти пути их решения. Одинаково важным при исследовании водохранилища является как оценка современного состояния водоема, так и установление тенденций развития экосистемы в будущем.

Зоопланктон – важный компонент водных экосистем. Он участвует в самоочищении водоема и составляет существенную часть кормовой базы рыб. Зоопланктеры чувствительны к изменениям факторов внешней среды и состояния экосистемы водоема. Анализируя структуру и динамику зоопланктонного сообщества, можно сделать вывод о качестве воды, что особенно важно, когда речь идет о водохранилище. Пензенское водохранилище расположено на р. Сура и является главным водным объектом Пензенской области. Водохранилище было образовано в 1979 г., и его возраст в настоящее время составляет более 35 лет. В связи с активными процессами развития водохранилища и его хозяйственного использования возникает потребность в оценке его состояния. Цель исследования – изучить временную и пространственную динамику видовой структуры зоопланктона и провести оценку состояния экосистемы Пензенского водохранилища.

### **Материалы и методы**

Пензенское водохранилище расположено в лесостепной природной зоне в 10 км выше г. Пензы. Верховье водохранилища разделено на два рукава: правый сурский (р. Сура) и левый узинский (р. Уза). Также выделяется приплотинная часть. Площадь водохранилища составляет 110 км<sup>2</sup>, объем – 0,56 км<sup>3</sup>, длина – 27 км, средняя ширина – 3,9 км, средняя глубина – 5,2 м, наибольшая глубина – 16,8 м, длина береговой линии – 109 км, средний годо-

вой сток – 1,51 км<sup>3</sup> [1]. Общая водосборная площадь (водосборная площадь р. Суры выше плотины) достигает 13 800 км<sup>2</sup>, включая водосборные площади основных питающих его рек: Узы – 5440 км<sup>2</sup>, Кадады – 3620 км<sup>2</sup>, Суры – 4740 км<sup>2</sup> [2]. Правый берег крутой и лесистый, левый – пологий. Вдоль береговой зоны по левому берегу расположены населенные пункты и животноводческие фермы. Большие площади заняты под посевом сельскохозяйственных культур. Распашка земель ведется вплоть до уреза воды. Отсутствие высшей водной растительности в прибрежной зоне приводит к эрозии и разрушению берегов и создает высокую мутность воды. Уровень воды в течение года колеблется до 5 м с минимумом в марте и максимумом в мае. Весна на водохранилище начинается в конце марта – начале апреля. Безледный период длится с конца апреля до начала декабря [3].

Отбор проб зоопланктона проводили один раз в год в конце августа – начале сентября в период с 2013 по 2015 г. Для изучения были выбраны три станции, расположенные по трем створам в акватории водохранилища: сурский (створ 1), узинский (створ 2) и срединный (створ 3) (рис. 1). Тридцать литров поверхностной воды процеживали через сеть Апштейна (размер ячеек 0,1–0,15 мм) в пластмассовые емкости и фиксировали 4 % раствором формалина. Во время взятия проб на каждой станции измеряли температуру воды, прозрачность, глубину. Прозрачность определяли с помощью диска Секки по стандартной методике. Глубину измеряли при помощи ручного лота. Всего обработано 27 проб зоопланктона.



Рис. 1. Карта Пензенского водохранилища с указанием расположения створов

Для изучения долгосрочной динамики использовали базу данных (163 пробы) по видовой структуре сообщества зоопланктонных организмов Пензенского водохранилища за 1993–1997 гг., 2000–2001 гг., 2003 г. и 2006–2007 гг., материалы которой были опубликованы в работах Стойко, Миловановой [4], Миловановой [3], Стойко [5], Стойко, Янкина [6]. В период с 1993 по 1998 г. пробы были взяты в рукавах и срединной части водохранилища ежемесячно в течение вегетационного сезона. Помимо этого, пробы отбирали в приплотинной части водохранилища ежемесячно в течение всего года. В 2000-х гг. был проведен отбор проб в рукавах и срединной части водохранилища однократно в течение вегетационного сезона.

В лаборатории пробу зоопланктона сгущали до 200 мл отстаиванием. Затем всех особей зоопланктонных организмов определяли и подсчитывали в камере Богорова (объемом 2 мл) прямым микроскопированием (бинокуляр ЛОМО МСП-1, увеличение  $\times 40$ ). При необходимости особей определяли под микроскопом (Биомед-6 ПР2, увеличение  $\times 400$ ). Для видовой идентификации использовали пособия [7, 8]. Биомассу зоопланктона рассчитывали по таблицам зависимости массы организмов от длины тела [9].

На основе полученных данных по видовой структуре зоопланктонных сообществ рассчитывали видовое богатство ( $S$ ), плотность ( $N$ ) тыс. экз./м<sup>3</sup>, биомассу ( $B$ ) г/м<sup>3</sup>, доминирующие виды, относительное обилие таксономических групп, а также индексы Раупа – Крика и Шеннона [9–11]. Комплекс доминантных видов оценивали по численности и биомассе:  $d = N / \sum N_i \times 100$ , где  $N$  – численность особей данного вида;  $\sum N$  – общая численность особей всех видов. Доминантными считали виды, доля которых от общего числа организмов составляет 10 % и более [12]. Для определения трофического состояния прудов и качества воды рассчитывали коэффициент трофии ( $E$ ), индекс сапробности по Пантле и Букк в модификации Сладечека [13, 14]. Все расчеты проводили с помощью программ MS Excel 2010 и Past 2,15.

### Результаты и обсуждение

Всего в пробах за 2013–2015 гг. обнаружен 41 вид и подвид зоопланктонных организмов (табл. 1): коловраток – 27, ветвистоусых раков – 9 и веслоногих раков – 5. В основном видовой состав Пензенского водохранилища представлен планктонными и эвритопными организмами. Три вида встречались во всех пробах (коловратка *K. c. tecta*, ветвистоусые раки *B. coregoni* и *D. cucullata*). *K. c. tecta* является доминантом по численности на всех станциях (среднее относительное обилие во всех пробах – 33 %), *D. cucullata* доминирует по биомассе на девятнадцати станциях (среднее относительное обилие – 24 %), *B. coregoni* – на восьми станциях (среднее относительное обилие – 9 %). Восемь видов были обнаружены лишь в одной пробе: коловратки *B. calyciflorus*, *B. diversicornis*, *L. scutata*, *T. elongata*, *T. rattus*; ветвистоусые раки *D. longispina*, *D. rostrata*, *G. testudinaria*. Восемь видов отмечены впервые в фауне водохранилища: коловратки *B. budapestiensis*, *L. scutata*, *P. euryptera*, *S. oblonga*, *T. capucina*, *T. elongata* и ветвистоусые раки *D. rostrata* и *G. testudinaria*. Среднее количество видов на станции за 2013–2015 гг. изменялось в пределах от 7 до 24 со средним значением  $15 \pm 1,1$  (стандартная ошибка среднего).

Таблица 1

Видовой состав зоопланктона Пензенского водохранилища на трех створах (1 – сурский, 2 – узинский, 3 – срединный) в 2013–2015 гг.

Виды	Створы			2013			2014			2015		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
	2	3	4	5	6	7	8	9	10			
<b>Rotifera</b>												
<i>Anuraeopsis fissa</i> (Gosse, 1851)	–	–	–	–	–	–	+	+	+			
<i>Asplanchna priodonta</i> (Gosse, 1850)	+	+	–	–	+	–	–	+	–			
<i>Brachionus angularis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>B. budapestiensis</i> (Daday, 1885)	–	–	–	–	+	–	–	+	–			
<i>B. calyciflorus</i> (Pallas, 1776)	–	+	–	–	–	–	–	–	–			
<i>B. diversicornis</i> (Daday, 1883)	–	–	–	–	+	–	–	–	–			
<i>B. d. homoceros</i> (Wierzejski, 1891)	–	–	–	–	–	–	+	–	–			
<i>B. quadridentatus quadridentatus</i> (Hermann, 1783)	+	–	–	–	–	–	–	+	–			
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg, 1834)	–	+	–	–	–	–	+	–	–			
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>K. c. tecta</i> (Gosse, 1851)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>K. quadrata</i> (Müller, 1786)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>Lecane scutata</i> (Harring et Myers, 1926)	–	–	–	+	–	–	–	–	–			
<i>Polyarthra dolichoptera</i> (Idelson, 1925)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>P. major</i> (Burckhardt, 1900)	–	–	–	+	+	+	+	+	+			
<i>P. euryptera</i> (Wierzejski, 1891)	–	–	–	–	+	+	+	+	+			
<i>Pompholyx sulcata</i> (Hudson, 1885)	+	+	–	+	+	+	+	+	+			
<i>Rotaria</i> sp.	–	–	+	–	+	+	–	–	–			
<i>Synchaeta pectinata</i> (Ehrenberg, 1832)	–	–	–	–	+	–	–	–	–			
<i>S. oblonga</i> (Ehrenberg, 1831)	+	+	+	–	–	–	–	+	+			
<i>Trichocerca similis</i> (Wierzejski, 1893)	+	–	–	–	–	–	+	+	+			
<i>T. tenuior</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	+	+	–	–	–	–			
<i>T. capucina</i> (Wierzejski et Zacharias, 1893)	–	+	–	–	+	–	+	+	–			
<i>T. elongata</i> (Gosse, 1886)	–	–	–	+	–	–	–	–	–			
<i>T. pusilla</i> (Lauterborn, 1898)	–	–	–	+	+	–	+	+	–			
<i>T. rattus</i> (Müller, 1776)	–	–	–	–	+	–	–	–	–			
<b>Cladocera</b>												
<i>Bosmina cf. coregoni</i> (Baird, 1857)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>B. longirostris</i> (O. F. Müller, 1785)	+	+	+	–	–	–	–	–	–			
<i>Chydorus sphaericus</i> (O. F. Müller, 1785)	–	–	–	+	+	+	+	+	+			
<i>Daphnia cucullata</i> (Sars, 1862)	+	+	+	+	+	+	+	+	+			
<i>D. longispina</i> (O. F. Müller, 1785)	–	–	–	–	–	–	–	–	+			
<i>Diaphanosoma brachyurum</i> (Lievin, 1848)	–	–	–	+	+	+	+	+	+			
<i>Disparalona rostrata</i> (Koch, 1841)	–	–	–	–	+	–	–	–	–			
<i>Graptoleberis testudinaria</i> (Fischer, 1851)	–	–	–	–	–	+	–	–	–			
<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	–	–	–	–	+	+	–	+	–			

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>Соперода</b>									
<i>Eudiaptomus gracilis</i> (Sars, 1863)	+	–	+	+	–	+	–	–	–
<i>Acanthocyclops americanus</i> (Marsh, 1893)	–	–	–	+	+	+	–	–	–
<i>A. venustus</i> (Norman et Scott, 1906)	–	–	–	–	–	–	+	+	+
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus, 1857)	+	+	+	+	+	+	–	–	–
<i>Thermocyclops oithonoides</i> (Sars, 1863)	–	–	–	+	+	+	+	+	+
<b>Количество видов</b>	16	16	13	20	27	20	21	24	19

Анализ базы данных показал, что за период с 1993 по 2007 г. всего обнаружено 88 видов зоопланктонных организмов: коловраток – 46, ветвистоусых – 20 и веслоногих раков – 22 вида. По данным Г. Ф. Миловановой [3], видовой состав сообщества зоопланктона по акватории водохранилища в летнее время 1992–1998 гг. представлен 64 видами: коловраток – 38, ветвистоусых – 22 и веслоногих раков – 14. Доминантный комплекс сформирован следующими видами: *A. priodonta*, *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *Synchaeta* sp., *B. coregoni*, *B. longirostris*, *Ch. sphaericus*, *D. cuculata*, *Sida crystallina* (O. F. Müller, 1776), *E. gracilis*, *A. vernalis*, *Cyclops vicinus* (Uljanin, 1875), *C. scutifer* (Sars, 1863), *M. leuckarti*, науплиусы, копеподиты. В 2006–2007 гг. в акватории водохранилища было обнаружено по 33–34 вида зоопланктеров [5, 6]. На приплотинном участке в течение 1992–1998 гг. обнаружено 75 видов и форм зоопланктонных организмов: коловраток – 35, ветвистоусых – 21 и веслоногих раков – 19. В этот период чаще всего встречались: *K. quadrata*, *K. longispina*, *Daphnia galeata* (Sars, 1864), *B. longirostris*, *B. coregoni*, *L. kindti*, *Ch. sphaericus*, *E. gracilis*, *Diacyclops languidoides* (Lilljeborg, 1901), *Acanthocyclops vernalis* (Fischer, 1853), *M. leuckarti*, *C. scutifer*. Кроме того, отмечено постоянное обилие ювенильных стадий Соперода и Calanoida. Среди доминантов в эти годы были выделены: *B. coregoni*, *B. longirostris*, *Ch. sphaericus*, *D. cuculata*, *D. galeata*, *E. gracilis*, *A. vernalis*, *M. leuckarti*, науплиусы, копеподиты, личинки диаптомусов. Таким образом, структура доминантного комплекса зоопланктонного сообщества Пензенского водохранилища остается относительно стабильной на протяжении всего периода исследования.

Видовой состав зоопланктона в Пензенском водохранилище спустя 35 лет со дня его образования является типичным для водохранилищ на данной стадии развития. До зарегулирования р. Суры на участке будущего Пензенского водохранилища (верхнее течение реки) было обнаружено 40 видов и форм зоопланктонных организмов. Из них коловраток – 34, ветвистоусых – 2 и веслоногих раков – 4 вида [15]. Коловратки преобладали как по числу видов, так и по численности. Сообщество зоопланктона р. Суры было типично коловратным. Господствующая группа – брахиониды. Видовой состав сурского планктона в общем был сходен с окским и волжским до зарегулирования [16]. В Волге до зарегулирования на первом месте по численности стояли: *K. quadrata*, *K. cochlearis*, *A. priodonta*, *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *Brachionus bennini* (Leissling, 1924); в Оке – *B. angularis*, *B. calyciflorus*, *B. quadridentatus*; в Суре – *B. calyciflorus*, *B. angularis*, *A. priodonta*, *F. longiseta* (виды даны в порядке убывания их численности). Данные о видовом



составе зоопланктона в Пензенском водохранилище в первые годы (1979–1993 гг.) после зарегулирования отсутствуют. Однако результаты первых исследований (1992–1997 гг.) указывают на формирование в водоеме зоопланктонного сообщества с преобладанием лимнофильных видов [3].

Зоопланктонное сообщество речных экосистем является преимущественно коловратным [17, 18]. После зарегулирования происходит перестройка зоопланктонного сообщества, которая проходит в три стадии. Первая из них – разрушение существовавших до затопления реофильных, фитофильных и других группировок и заселение затопленной суши и толщи воды экологически разнородным населением. Вторая стадия – образование временных группировок, в зоопланктоне – массовое появление рачков и коловраток. В первые годы существования водохранилища наблюдается наибольшее количество таксонов. Это связано с тем, что в водохранилище формируется новый комплекс зоопланктона из большого количества биотопов – рек, прудов, озер, болот и др. Для третьей стадии характерно уменьшение видовой разнообразия зоопланктона. Доля коловраток снижается, и начинают преобладать ракообразные. Когда процесс формирования экосистемы водохранилища завершается, сообщество зоопланктона становится лимнофильным, а его видовой состав – относительно постоянным [17, 19, 20].

Основной тенденцией в изменении видового состава зоопланктонного сообщества в Пензенском водохранилище является появление зарослевых и болотных видов, что происходит в результате зарастания береговой зоны макрофитами. Половина из вновь обнаруженных видов в период 2013–2015 гг. зарослевые или болотные: *L. scutata*, *T. capucina*, *T. elongata*, *G. testudinaria*. В 2013 г. таких видов отмечено всего два: на втором створе (узинский рукав) обнаружена коловратка *T. capucina*, живущая как в пелагиале, так и в прибрежных и заболоченных биотопах; на первом створе (сурский рукав) найден еще один вид *T. similis*, предпочитающий прибрежные и заиленные участки. В 2014 г. зоопланктонное сообщество характеризуется большей долей зарослевых видов: на первом створе – коловратки *L. scutata*, *T. tenuior*, *T. elongata* и *T. pusilla*; на втором – *T. tenuior*, *T. capucina*, *T. pusilla* и *T. rattus*; на третьем (срединный створ) – только ветвистоусый рак *G. testudinaria*. В 2015 г. по всей акватории встречается *T. similis*, на первом и втором створах отмечены *T. capucina* и *T. pusilla*. Следует отметить, что три зарослевых вида из рода *Trichocerca* уже были зарегистрированы в водохранилище в 2003 и 2007 г. Появление зарослевых видов является закономерным результатом сукцессионного процесса в водохранилищах [21]. При сохранении современных тенденций зарастания макрофитами количество и численность зарослевых видов в структуре сообщества зоопланктона может увеличиваться.

Наибольшее количество видов зоопланктона в период с 2013 по 2015 г. отмечено в 2014 г., что может быть связано с максимальными значениями температуры воды за исследуемый период. Всего в 2014 г. был обнаружен 31 вид зоопланктеров (коловраток – 20, ветвистоусых – 7 и веслоногих раков – 4 вида). Наименьшее количество видов обнаружено в 2013 г. с более низкими значениями температуры (20 видов зоопланктонных организмов, из них коловраток – 15, ветвистоусых раков – 3 и веслоногих раков – 2 вида). В этом году также отмечены минимальные значения среднего количества видов и биомассы в пробе (рис. 2). В 2015 г. обнаружено 27 видов зоопланктона (коловраток – 19, ветвистоусых – 6, веслоногих раков – 2 вида).

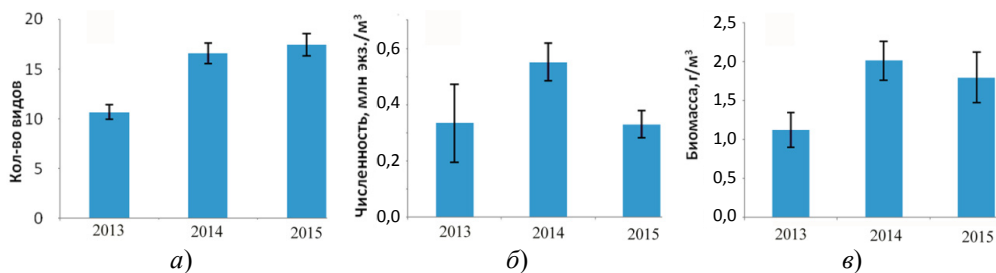


Рис. 2. Динамика среднего количества видов на станции (а), численности (б) и биомассы (в) зоопланктона в Пензенском водохранилище в 2013–2015 гг.

В течение всего периода с 2013 по 2015 г. в сообществе зоопланктона численно преобладают коловратки, однако их доля снижается на протяжении всего периода, а доля ракообразных увеличивается (рис. 3,а). Комплекс доминантов зоопланктонного сообщества по численности представлен коловратками (*K. c. tecta*, *P. major*, *P. sulcata* и *S. oblonga*) и науплиальными личинками циклопов. Годовая динамика видовой структуры сообщества по численности определяется температурой воды, благодаря чему в относительно холодный 2013 г. (температура воды 17 °С) в сообществе преобладает *S. oblonga* (рис. 4,а). В 2014 г. в сообществе преобладает *P. sulcata* (триптобактериофаг), а в 2015 г. – *P. major* (фитофаг), что может быть связано с более активным развитием и отмиранием фитопланктона из-за более высокой температуры воды в 2014 г. По биомассе в структуре сообщества преобладают ракообразные: в 2013 г. доминируют веслоногие раки (54 %), а в 2014–2015 гг. – ветвистоусые раки (53 и 54 % соответственно) (рис. 3,б). Благодаря высокой численности в 2013 г. в сообществе доминирует по биомассе коловратка *S. oblonga*, к которой присоединяются ракообразные (ветвистоусые раки *D. cucullata*, *D. brachyurum*, *L. kindtii* и веслоногие раки *A. americanus*, *A. venustus*, *M. leuckarti*, а так же их копеподные и науплиальные личинки). Годовая динамика в структуре сообщества по биомассе также определяется температурой воды, благодаря чему сохраняется доминирование *S. oblonga* по биомассе (рис. 4,б). Однако различия в структуре сообщества по биомассе между 2014 и 2015 г. связаны с преобладанием в 2014 г. хищного вида *L. kindtii*, который выедает ветвистоусых раков, в частности *D. cucullata*. В 2015 г. доминируют *D. cucullata* и *A. venustus*. Таким образом, динамика таксономической структуры зоопланктонного сообщества от года к году определяется температурой и, по-видимому, опосредованно межвидовыми отношениями.

Динамика зоопланктонного сообщества от года к году связана с постоянным изменением условий обитания в водохранилище и зависит от многих факторов (температура, ветровой режим, уровень воды, степень зарастания берегов и пр.), в том числе вселения новых видов из других водоемов [22, 23]. Существенное влияние температурного режима на обилие зоопланктона Пензенского водохранилища было также установлено по результатам исследований 1992–1994 гг., которые показали, что повышение численности зоопланктоценоза, совпадает с периодами наибольшего прогрева воды и процессами первичной продукции (развитием водорослей в водоеме) [4].

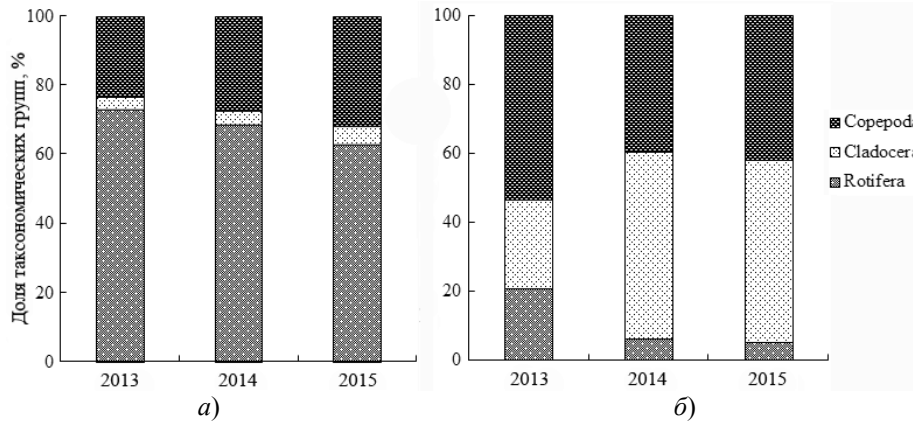


Рис. 3. Динамика таксономической структуры зоопланктонного сообщества в Пензенском водохранилище по численности (а) и биомассе (б) в период с 2013 по 2015 г.

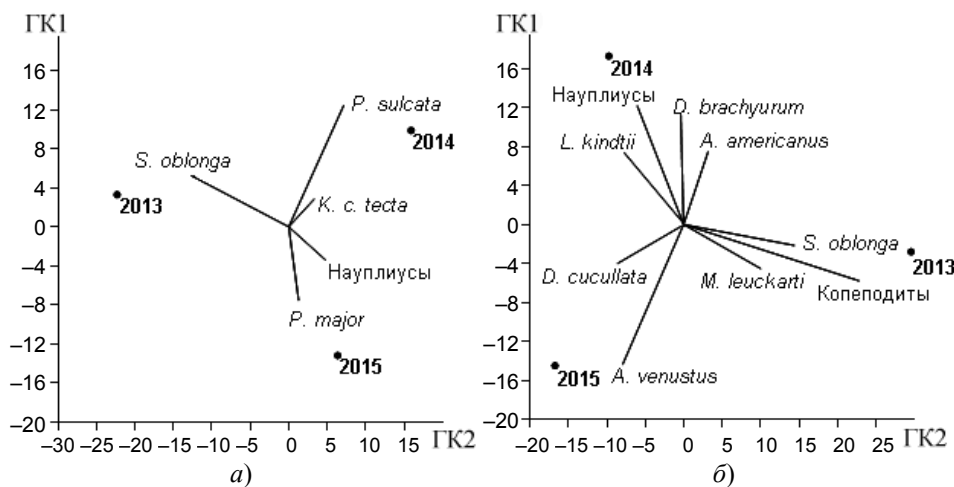


Рис. 4. Результаты ординации зоопланктонного сообщества по доминирующим видам методом главных компонент на основе численности (а) и биомассы (б): а – первая главная компонента GK1 объясняет 73,7 % различий, вторая главная компонента GK2 – 26,3 %; б – GK1 – 67,6 %, GK2 – 32,4 %

По данным за 2013–2015 гг., видовое богатство и численность зоопланктона ниже в срединном створе по сравнению с сурским и узинским, в то время как в распределении биомассы не было выраженных закономерностей (рис. 5). При этом отмечена пространственная неоднородность в структуре сообщества зоопланктона (по численности), связанная с преобладанием коловраток в рукавах водохранилища, а веслоногих раков в срединной части. Доля коловраток в рукавах водохранилища составляла 61–86 %, в то время как в срединной части она была стабильно ниже и изменялась в пределах от 49 до 55 %. Напротив, доля веслоногих раков в срединной части была 37–48 %, а в рукавах водохранилища – всего 11–34 %. Доля ветвистоусых раков на всех створах была небольшой и изменялась в пределах от 3 до 9 % (рис. 6,а). Анализ пространственного распределения сообщества зоопланктона по биомассе показал, что вклад коловраток сообщества значительно снижался и не

превышал 35 % (рис. 6,б). При этом сохранялись закономерности их пространственного распределения, т.е. снижение их доли в срединной части водохранилища. Доля веслоногих раков по биомассе стабильна (36–44 %) за исключением третьего створа в 2013 г., где она сильно возросла (81 %). Значительно увеличивается вклад ветвистоусых раков в структуру сообщества (50–60 %), однако без формирования устойчивых пространственных структур (рис. 6). Подобная пространственная изменчивость структуры сообщества с уменьшением доли коловраток в срединной части водохранилища отмечается также по данным 2006–2007 гг. Таким образом, зоопланктон срединной части водохранилища имеет черты озерной экосистемы (преобладание ракообразных), а рукава подвержены значительному влиянию речного стока. Аналогичные закономерности были отмечены и в Углическом водохранилище, где в нижнем приплотинном и глубоководном участках также усиливается роль ракообразных [24]. По видовому составу и богатству население водохранилища занимает промежуточное положение между речным и озерным. В водохранилищах речного типа в верхнем участке сохраняются речные условия и речное население, в средней части флора и фауна носят промежуточный характер, а в приплотинной зоне приобретают озерные черты [17, 25].

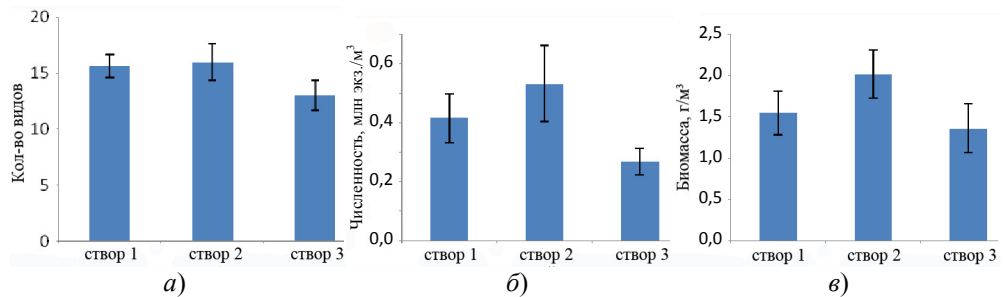


Рис. 5. Динамика среднего количества видов на станции (а), численности (б) и биомассы (в) зоопланктона по створам (1 – сурский, 2 – узинский, 3 – срединный) в Пензенском водохранилище в 2013–2015 гг.

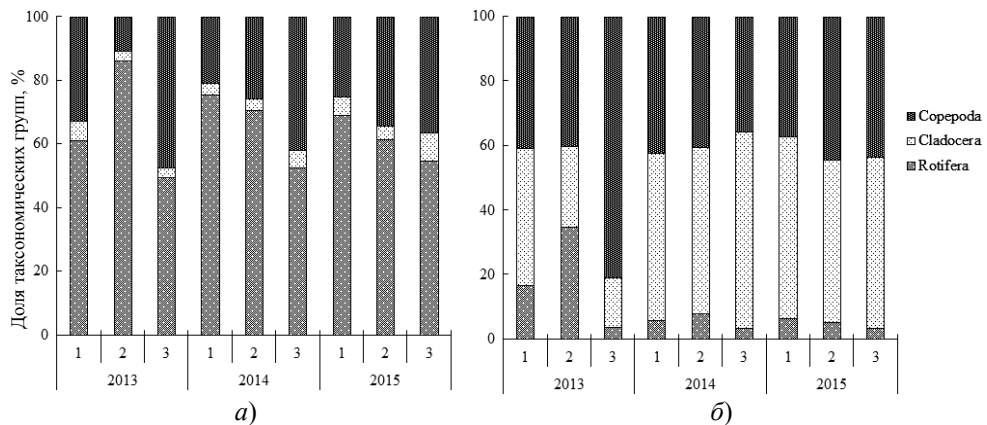


Рис. 6. Пространственное распределение (1 – сурский створ, 2 – узинский, 3 – срединный) таксономической структуры зоопланктонного сообщества в Пензенском водохранилище по численности (а) и биомассе (б)

Согласно индексам Шеннона, сапробности Пантле и Букк и коэффициенту трофии вода Пензенского водохранилища характеризуется в 2013 г. как загрязненная и в 2014–2015 гг. как умеренно загрязненная (табл. 2). Качество воды Пензенского водохранилища в период с 1992 по 2007 г. изменяется не существенно и характеризуется как умеренно загрязненная (III класс качества) [3, 4, собственные данные]. Это свидетельствует о том, что экосистема водохранилища находится в динамическом равновесии и устойчиво функционирует при существующем уровне антропогенной нагрузки.

Таблица 2

Индексы Шеннона (H), Пантле и Букк (S) и коэффициент трофии (E) в сообществе зоопланктона Пензенского водохранилища

	H <sub>N</sub>	H <sub>B</sub>	E	S	Класс качества воды	Качество воды
<b>2013</b>	2,01	2,15	2,73	1,55	IV	Загрязненные
<b>2014</b>	1,87	2,37	0,78	1,39	III	Умеренно загрязненные
<b>2015</b>	2,23	2,08	2,06	1,49	III	Умеренно загрязненные

### Заключение

Всего за период исследований с 1993 по 2015 г. в Пензенском водохранилище отмечено 97 видов и форм зоопланктона. Из них коловраток – 53, ветвистоусых – 22 и веслоногих раков – 22 вида. Зоопланктонное сообщество Пензенского водохранилища во временной динамике проходит типичные стадии развития. До зарегулирования зоопланктонное сообщество р. Суры было коловратным. Несмотря на отсутствие данных по зоопланктонным сообществам в первые годы существования водохранилища, результаты исследований последующих годов свидетельствуют о том, что речное коловратное сообщество зоопланктона, существующее до создания водохранилища, сменилось прудовым сообществом, где по биомассе преобладают ракообразные. Доля коловраток продолжает падать, но сохраняется в верховьях в связи с реофильностью этого участка водохранилища. Значение ракообразных как доминантов зоопланктонного сообщества продолжает увеличиваться. В настоящее время водохранилище имеет тенденцию к зарастанию высшей водной растительностью, о чем свидетельствует появление зарослевых и болотных видов зоопланктона. Можно предположить, что дальнейшее развитие водохранилища будет направлено в сторону еще большего возрастания доли зарослевых видов зоопланктона.

Выражаем благодарность А. Ю. Асанову, кандидату биологических наук, старшему научному сотруднику, заведующему лабораторией исследований биоресурсов пресноводных водоемов (по Пензенской области и Республике Мордовия) Краснодарского филиала Всероссийского научно-исследовательского института рыбного хозяйства и океанографии, за организацию полевых работ на Пензенском водохранилище.

### Список литературы

1. **Асанов, А. Ю.** Водные биологические ресурсы Пензенской области. Сурское водохранилище / А. Ю. Асанов // Вестник АГТУ. Сер.: Рыбное хозяйство. – 2015. – № 1. – С. 14–25.

2. **Абрамов, Б. В.** Об экологических проблемах, связанных с эксплуатацией Пензенского водохранилища на реке Сура / Б. В. Абрамов, Б. В. Лисин, Е. Л. Лебедев, Н. В. Мартынова // Водохозяйственный комплекс России: состояние, проблемы, перспективы : сб. материалов науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию Сурского гидроузла. – Пенза : РИО ПГСХА, 2003. – С. 3–11.
3. **Милованова, Г. Ф.** Экологический мониторинг зоопланктона р. Суры и Сурского водохранилища : дис. ... канд. биол. наук / Милованова Г. Ф. – М., 2000. – 189 с.
4. **Стойко, Т. Г.** Зоопланктон Сурского водохранилища / Т. Г. Стойко, Г. Ф. Милованова // ПОЛЕ. Научно-популярный экологический вестник. – Пенза : ПГПУ, 1996. – Вып. 1. – С. 40–48.
5. **Стойко, Т. Г.** Видовое разнообразие, распределение и структура Cladocera Пензенского водохранилища / Т. Г. Стойко // Ветвистоусые ракообразные: систематика и биология. – Нижний Новгород : Вектор ТиС, 2007. – С. 332–335.
6. **Стойко, Т. Г.** Современное состояние сообщества зоопланктона Пензенского водохранилища / Т. Г. Стойко, А. В. Янкин // Поволжский экологический журнал. – 2008. – № 4. – С. 89–94.
7. Определитель зоопланктона и зообентоса пресных вод Европейской России. Зоопланктон. – М. ; СПб. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – Т. 1. – 495 с.
8. **Стойко, Т. Г.** Планктонные коловратки Пензенских водоемов / Т. Г. Стойко, Ю. А. Мазей. – Пенза : Изд-во ПГПУ, 2006. – 134 с.
9. **Мордухай-Болтовский, Ф. Д.** Материалы по среднему весу беспозвоночных бассейна Дона / Ф. Д. Мордухай-Болтовский // Тр. проблемного и тематического совещания. – М. ; Л. : Изд-во АН СССР, 1954. – Вып. 2. – С. 223–241.
10. **Андроникова, И. Н.** Структурно-функциональная организация зоопланктона озерных экосистем разных трофических типов / И. Н. Андроникова. – СПб. : Наука, 1996. – 189 с.
11. Методы биологического анализа пресных вод. – Л. : Зоол. ин-т АН СССР, 1976. – 168 с.
12. **Абакумов, В. А.** Руководство по гидробиологическому мониторингу пресноводных экосистем / В. А. Абакумов. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 318 с.
13. **Мяэметс, А. Х.** Изменения зоопланктона / А. Х. Мяэметс // Антропогенное воздействие на малые озера. – Л. : Наука, 1980. – С. 54–64.
14. **Sladecek, V.** System of water quality from biological point of view / V. Sladecek // Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol. – 1973. – № 7. – 218 p.
15. **Бузакова, А. М.** Годовая динамика зоопланктона реки Суры / А. М. Бузакова // Эколого-фаунистические исследования в нечерноземной зоне Европейской части СССР. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1978. – Вып. 1. – С. 66–72.
16. **Душин, Н. А.** Фауна реки Суры / Н. А. Душин, А. М. Бузакова, А. Г. Каменев. – Саранск : Изд-во Мордов. ун-та, 1983. – 88 с.
17. **Константинов, А. С.** Общая гидробиология / А. С. Константинов. – М. : Высшая школа, 1986. – 472 с.
18. **Крылов, А. В.** Зоопланктон равнинных малых рек / А. В. Крылов. – М. : Наука, 2005. – 263 с.
19. **Дзюбан, Н. А.** Зоопланктон зарегулированной Волги / Н. А. Дзюбан // Биологическая продуктивность и качество воды Волги и ее водохранилищ. – М. : Наука, 1984. – С. 60–73.
20. **Тимохина, А. Ф.** Зоопланктон как компонент экосистемы Куйбышевского водохранилища / А. Ф. Тимохина. – Тольятти : Изд-во Самарского научного центра РАН, 2000. – 193 с.
21. **Зилов, Е. А.** Гидробиология и водная экология (организация, функционирование и загрязнение водных экосистем) : учеб. пособие / Е. А. Зилов. – Иркутск : Иркут. ун-т, 2008. – 138 с.

22. Лазарева, В. И. Структура и динамика зоопланктона Рыбинского водохранилища / В. И. Лазарева. – М. : Товарищество научных изданий КМК, 2010. – 183 с.
23. Романова, Е. П. Многолетняя динамика видового обилия зоопланктона Куйбышевского водохранилища / Е. П. Романова // Теоретические проблемы и эволюции. Теория, виды, сообщества, экосистемы (V Люблинские чтения). – Тольятти : ИЭВБ РАН, 2010. – С. 159–164.
24. Столбунова, В. Н. Многолетние изменения зоопланктонного комплекса в Ивановском и Угличском водохранилищах / В. Н. Столбунова // Биология внутренних вод. – 1999. – № 1–3. – С. 92–100.
25. Шурганова, Г. В. Динамика пространственного распределения основных зоопланктоценозов Чебоксарского водохранилища / Г. В. Шурганова, В. В. Черепенников, Е. В. Артельный // Поволжский экологический журнал. – 2003. – № 3. – С. 297–304.

### References

1. Asanov A. Yu. *Vestnik AGTU. Ser.: Rybnoe khozyaystvo* [Bulletin of ASTU. Series: Fishery]. 2015, no. 1, pp. 14–25.
2. Abramov B. V., Lisin B. V., Lebedev E. L., Martynova N. V. *Vodokhozyaystvennyy kompleks Rossii: sostoyanie, problemy, perspektivy: sb. materialov nauch.-prakt. konf., posvyashch. 25-letiyu Surskogo gidrouzla* [The hysroeconomic sector of Russia: condition, problems, prospects: proceedings of the Scientific and practical conference dedicated to the 25<sup>th</sup> anniversary of the Sura hydrosystem]. Penza: RIO PGSKhA, 2003, pp. 3–11.
3. Milovanova G. F. *Ekologicheskij monitoring zooplanktona r. Sury i Surskogo vodokhranilishcha: dis. kand. biol. nauk* [Ecological monitoring of zooplankton of the Sura river and the Sura reservoir]. Moscow, 2000, 189 p.
4. Stojko T. G., Milovanova G. F. *POLE. Nauchno-populyarnyy ekologicheskij vestnik* [POLE. Popular science bulletin of ecology]. Penza: PGPU, 1996, iss. 1, pp. 40–48.
5. Stojko T. G. *Vetvistousye rakoobraznye: sistematika i biologiya* [Cladocera: taxonomy and biology]. Nizhniy Novgorod: Vektor TiS, 2007, pp. 332–335.
6. Stojko T. G., Yankin A. V. *Povolzhskiy ekologicheskij zhurnal* [Volga region ecological journal]. 2008, no. 4, pp. 89–94.
7. *Opredelitel' zooplanktona i zoobentosa presnykh vod Evropeyskoy Rossii. Zooplankton* [Identification guide to zooplankton and zoobenthos of waters in European Russia. Zooplankton]. Moscow; Saint-Petersburg: Tovarishestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, vol. 1, 495 p.
8. Stojko T. G., Mazei Yu. A. *Planktonnye kolovratki Penzenskikh vodoemov* [Planktonic rotifers of Penza water bodies]. Penza: Izd-vo PGPU, 2006, 134 p.
9. Mordukhay-Boltovskiy F. D. *Tr. problemnogo i tematicheskogo soveshchaniya* [Proceedings of the meeting on problems and topics]. Moscow; Leningrad: Izd-vo AN SSSR, 1954, iss. 2, pp. 223–241.
10. Andronikova I. N. *Strukturno-funktsional'naya organizatsiya zooplanktona ozernykh ekosistem raznykh troficheskikh tipov* [Structural and functional organization of zooplankton of lake ecosystems of various trophic types]. Saint-Petersburg: Nauka, 1996, 189 p.
11. *Metody biologicheskogo analiza presnykh vod* [Methods of biological analysis of fresh waters]. Leningrad: Zool. in-t AN SSSR, 1976, 168 p.
12. Abakumov V. A. *Rukovodstvo po gidrobiologicheskomu monitoringu presnovodnykh ekosistem* [Guide to hydrobiological monitoring of fresh-water ecosystems]. Saint-Petersburg: Gidrometeoizdat, 1992, 318 p.
13. Myaemets A. Kh. *Antropogennoe vozdeystvie na malye ozera* [Anthropogenic impact on small lakes]. Leningrad: Nauka, 1980, pp. 54–64.
14. Sladeczek V. *Arch. Hydrobiol. Ergeb. Limnol.* 1973, no. 7, 218 p.

15. Buzakova A. M. *Ekologo-faunisticheskie issledovaniya v nechernozemnoy zone Evropeyskoy chasti SSSR* [Ecological and faunistic research in the non-chernozem area of the European part of USSR]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 1978, iss. 1, pp. 66–72.
16. Dushin N. A., Buzakova A. M., Kamenev A. G. *Fauna reki Sury* [The Sura river fauna]. Saransk: Izd-vo Mordov. un-ta, 1983, 88 p.
17. Konstantinov A. S. *Obshchaya gidrobiologiya* [General hydrobiology]. Moscow: Vysshaya shkola, 1986, 472 p.
18. Krylov A. V. *Zooplankton ravninnykh malyykh rek* [Zooplankton of small lowland rivers]. Moscow: Nauka, 2005, 263 p.
19. Dzyuban N. A. *Biologicheskaya produktivnost' i kachestvo vody Volgi i ee vodokhranilishch* [Biological productivity and quality of water in the Volga river and its reservoirs]. Moscow: Nauka, 1984, pp. 60–73.
20. Timokhina A. F. *Zooplankton kak komponent ekosistemy Kuybyshevskogo vodokhranilishcha* [Zooplankton as a component of the Kuybyshevskoe reservoir's ecosystem]. Tolyatti: Izd-vo Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2000, 193 p.
21. Zilov E. A. *Gidrobiologiya i vodnaya ekologiya (organizatsiya, funktsionirovanie i zagryaznenie vodnykh ekosistem): ucheb. posobie* [Hydrobiology and water ecology (organization, functioning and pollution of water ecosystems): tutorial]. Irkutsk: Irkut. un-t, 2008, 138 p.
22. Lazareva V. I. *Struktura i dinamika zooplanktona Rybinskogo vodokhranilishcha* [Structure and dynamics of the Rybinskoe reservoir's zooplankton]. Moscow: Tovari-shchestvo nauchnykh izdaniy KMK, 2010, 183 p.
23. Romanova E. P. *Teoreticheskie problemy i evolyutsii. Teoriya, vidy, soobshchestva, ekosistemy (V Lyubishchevskie chteniya)* [Theoretical problems and evolutions. Theory, species, communities, ecosystems (V Lyubishchevskie readings)]. Tolyatti: IEVB RAN, 2010, pp. 159–164.
24. Stolbunova V. N. *Biologiya vnutrennikh vod* [Biology of inland waters]. 1999, no. 1–3, pp. 92–100.
25. Shurganova G. V., Cherepennikov V. V., Artel'nyy E. V. *Povolzhskiy ekologicheskiy zhurnal* [Volga region ecological journal]. 2003, no. 3, pp. 297–304.

---

**Сенкевич Виктория Александровна**

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

E-mail: Viktoriya0606@mail.ru

**Senkevich Viktoriya Aleksandrovna**

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

**Цыганов Андрей Николаевич**

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра зоологии и экологии, Пензенский  
государственный университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: andrey.tsyganov@bk.ru

**Tsyganov Andrey Nikolaevich**

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of zoology  
and ecology, Penza State University  
(40 Krasnaya street, Penza, Russia)

**Стойко Тамара Григорьевна**

кандидат биологических наук, профессор,  
кафедра зоологии и экологии,  
Пензенский государственный  
университет  
(Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40)

E-mail: tgstojko@mail.ru

**Stojko Tamara Grigorievna**

Candidate of biological sciences, professor,  
sub-department of zoology and ecology,  
Penza State University  
(40 Krasnaya Street, Penza, Russia)



УДК 574.583 (470.344)

**Сенкевич, В. А.**

**Зоопланктонное сообщество Пензенского водохранилища / В. А. Сенкевич, А. Н. Цыганов, Т. Г. Стойко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 35–49.**

УДК 544.654.2

*Д. И. Дьяченко, В. Т. Фомичев*

## ХАРАКТЕРИСТИКИ СИСТЕМ ИОННЫХ ЖИДКОСТЕЙ НА ОСНОВЕ ХОЛИН ХЛОРИДА КАК РАСТВОРИТЕЛЕЙ ДЛЯ ЭЛЕКТРОХИМИИ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Ионные жидкости могут служить экологически безопасной альтернативой высокотоксичным и дорогостоящим растворителям в электрохимии. В данной работе исследован ряд физических и электрохимических характеристик ионных жидкостей на основе холин хлорида.

*Материалы и методы.* В работе проведено исследование ионных жидкостей на основе холин хлорида с мочевиной, глицерином и этиленгликолем. Для них определен ряд физических характеристик, таких как показатель преломления, вязкость, плотность и величина рН. Для изучения электрохимических характеристик применялся метод циклической вольтамперометрии. Расчет энергии активации удельной проводимости основан на температурных зависимостях удельной электропроводности растворов и применении модели Фогеля – Фулчера – Таммана для исследуемых ионных жидкостей.

*Результаты.* Определен ряд физических характеристик, отвечающих стабильному состоянию ионных жидкостей на основе холин хлорида при комнатной температуре. Проанализированы стационарные циклические вольтамперные кривые исследуемых ионных жидкостей при различных температурах. На основе температурных зависимостей удельной электропроводности и модели Фогеля – Фулчера – Таммана в области температур 298 ÷ 323 К проведены расчеты энергии активации удельной проводимости ионных жидкостей на основе холин хлорида.

*Выводы.* В результате проведенных исследований объяснен нелинейный характер температурных зависимостей электропроводности растворов. Показана применимость модели Фогеля – Фулчера – Таммана к ионным жидкостям, содержащим небольшие симметричные катионы с низкой молярной массой. На основании анализа стационарных циклических вольтамперных кривых подтверждено предположение о замедленности стадии диффузии.

**Ключевые слова:** холин хлорид, эвтектическая смесь, ионные жидкости, электролиты для «зеленой» химии, модель Фогеля – Фулчера – Таммана.

*D. I. Dyachenko, V. T. Fomichev*

## CHARACTERISTICS OF SYSTEMS OF IONIC LIQUIDS BASED ON CHOLINE CHLORIDE AS A SOLVENT FOR ELECTROCHEMISTRY

### **Abstract.**

*Background.* Ionic liquids can serve as an environmentally safe alternative to highly toxic and costly solvents in electrochemistry. In this paper the authors ana-

lyze a number of physical and electrochemical characteristics of ionic liquids based on choline chloride.

*Materials and methods.* The research was conducted on the basis of ionic liquids with choline chloride, urea, ethylene glycol and glycerol. The authors defined their physical characteristics such as refractive index, viscosity, density and pH value. To study electrochemical characteristics the researchers applied the method of cyclic voltammetry. Calculation of activation energy of conductivity was based on the temperature dependence of the electrical conductivity of solutions and application of the model Vogel – Fulcher – Tamman to study ionic liquids.

*Results.* This paper presents investigations of a series of physical characteristics of ionic liquids based on choline chloride, such as refractive index, viscosity, density and pH value. The authors analyzed stationary cyclic voltammetric curves of the ionic liquids studied at various temperatures. On the basis of the temperature dependence of conductivity and models of Vogel – Fulcher – Tamman at the temperature range 298 ÷ 323 K the researchers performed calculations of activation energy of conductivity of ionic liquids based on choline chloride.

*Conclusions.* The studies explain the non-linear nature of the temperature dependence of the solutions' electrical conductivity. The applicability of the model Vogel – Fulcher – Tamman for ionic liquids containing small, symmetrical cations with low molecular weight are presented. On the basis of the analysis of stationary circular current-voltage curves the authors have confirmed an assumption of the diffusion stage slowness.

**Key words:** choline chloride, eutectic mixture, ionic liquids, electrolytes for “green” chemistry, model Vogel – Fulcher – Tamman.

### Введение

Ионные жидкости определяют как жидкости, которые состоят исключительно из катионов и анионов и имеют температуру плавления 100 °C и ниже. К настоящему времени ионные жидкости охватили широкий спектр приложений благодаря уникальным свойствам, такими как низкая температура плавления, химическая стабильность в широком температурном диапазоне, значительная область идеальной поляризуемости, низкое давление паров, высокая способность растворять большинство солей металлов, высокая полярность, умеренная вязкость и высокая ионная проводимость в сравнении с неводными растворителями.

В последние годы особое внимание уделено ионным жидкостям с температурой плавления ниже комнатной для каталитических и электрохимических применений [1, 2]. Необходимость исследования характеристик подобных глубоко эвтектических смесей продиктована их существенным отличием от классических растворителей, применяемых в электрохимии.

Глубоко эвтектические смеси могут быть образованы четвертичными аммониевыми солями и донорами водородной связи, в качестве которых могут выступать вещества с амидной, карбоновой или спиртовой группами. Подобные классы ионных жидкостей могут служить экологически безопасной альтернативой высокотоксичным и дорогостоящим растворителям.

В данной работе представлены результаты исследования основных физико-химических и электрохимических характеристик ионных жидкостей, представляющих собой эвтектические смеси холин хлорида с мочевиной (ChCl-urea), глицерином (ChCl-Gl) и этиленгликолем (ChCl-EG) в молярном соотношении 1:2 соответственно.

### **1. Материалы, методы исследования и оборудование**

Для приготовления эвтектических смесей использовали холин хлорид, мочевины, этиленгликоль марки Ч, глицерин марки ЧДА, которые предварительно обезвоживали в вакууме при температуре  $80 \pm 1$  °С. Исследуемые ионные жидкости готовили путем смешения компонентов при нагреве и выдержке под вакуумом при периодическом перемешивании в течение 4 часов до образования гомогенного бесцветного раствора. После охлаждения полученные смеси стабильны при комнатной температуре, однако в некоторых случаях требуют повторного нагрева под вакуумом до полного растворения компонентов.

Электропроводность растворов исследовалась с помощью прибора Portlab 202 Conductivity Meter в диапазоне температур  $25 \div 75 \pm 1$  °С, плотность и показатель преломления растворов – с помощью приборов Mettler Toledo DX40 (Density Module) и RM40 (Refractometer) при температурах  $25 \pm 0,2$  и  $20 \pm 0,2$  °С соответственно. Величина pH исследуемых растворов измерялась при помощи прибора Portlab-117 при температуре  $25 \pm 1$  °С. Вязкость растворов была изучена капиллярным методом с капилляром большого внутреннего диаметра. Эталонном служил обезвоженный глицерин, выдержанный при комнатной температуре.

Электрохимические характеристики изучены методом циклической вольтамперометрии с помощью импульсного потенциостата ПИ-50.1.1 по трехэлектродной схеме подключения (отн.  $E_0$  (Ag/Ag<sup>+</sup>)) при скорости развертки потенциала  $10 \div 100$  мВ/с. Электродом сравнения служил квазиобратимый серебряный электрод. Рабочий электрод – спектрально чистый графитовый стержень. Измерения проводились при температурах  $25 \div 75 \pm 1$  °С. Для исключения попадания воды из воздуха растворы продувались аргоном.

### **2. Результаты и обсуждение**

Ионные жидкости на основе холин хлорида имеют удельную электропроводность  $0,4 \div 18$  мСм · см<sup>-1</sup> в диапазоне температур  $25 \div 75 \pm 1$  °С. Как видно из зависимости удельной электропроводности  $\sigma$  от температуры для различных эвтектических смесей ChCl (рис. 1), самые низкие значения удельной электропроводности в диапазоне температур  $25 \div 50$  °С имеет смесь ChCl-urea, что можно объяснить значительной величиной вязкости эвтектики в данном диапазоне температур (табл. 1). При температуре выше 50 °С удельная электропроводность смесей с мочевиной и глицерином совпадают. Согласно данным авторов [3, 4] о температурных зависимостях вязкости данных эвтектик, а также основываясь на предположении [5] об образовании неустойчивых водородных связей между молекулами смесей, можно сделать вывод о возможном нарушении данных связей с увеличением температуры, что также способствует уменьшению вязкости растворов и увеличению их электропроводности. Таким образом, при низких температурах мочевины, являясь донором водородной связи, оказывает значительное влияние на вязкость растворов и, как следствие, на их электропроводность.

На рис. 1 показано соответствие модели Фогеля – Фулчера – Таммана экспериментальным данным температурной зависимости удельной электропроводности.

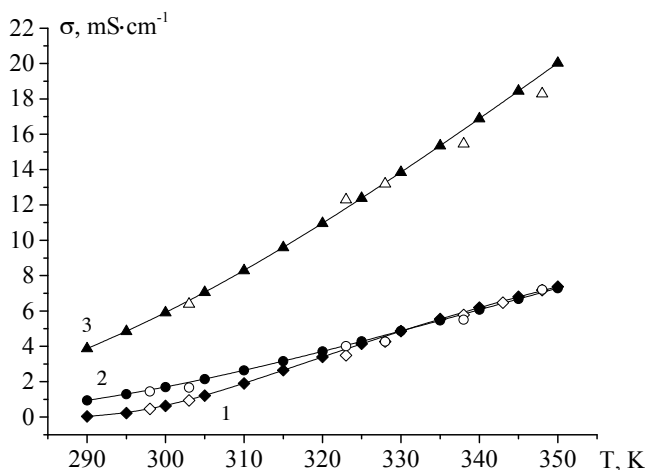


Рис. 1. Зависимость удельной электропроводности от температуры: 1 – эвтектическая смесь холин хлорида и мочевины (ChCl-urea); 2 – эвтектическая смесь холин хлорида и глицерина (ChCl-Gl); 3 – эвтектическая смесь холин хлорида и этиленгликоля (ChCl-EG). Заполненные метки – расчет удельной электропроводности по модели Фогеля – Фулчера – Таммана, незаполненные метки – экспериментальные значения

В табл. 1 приведены характеристики ионных жидкостей на основе холин хлорида, такие как плотность  $\rho$ , вязкость  $\eta$ , показатель преломления  $n_D^{20}$  и величина pH.

Таблица 1

Характеристики ионных жидкостей на основе холин хлорида

Ионные жидкости на основе холин хлорида	$\rho$ , г/см <sup>3</sup>	$\eta$ , мПа · с	$n_D^{20}$	pH
ChCl-urea	1,191	2066	1,5019	10,32
ChCl-Gl	1,189	460	1,4857	6,89
ChCl-EG	1,115	94	1,4707	8,78

На рис. 2 представлена логарифмическая зависимость удельной электропроводности  $\sigma$  от обратной температуры. Для всех представленных ионных жидкостей данная зависимость носит нелинейный характер, вследствие чего невозможно применение классического закона Аррениуса (1) к описанию электропроводности исследуемых систем. Для точного описания ионных жидкостей, содержащих небольшие симметричные катионы с низкой молярной массой, к которым относятся исследуемые в настоящей работе смеси, применима модель Фогеля – Фулчера – Таммана (2):

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_A}{RT}; \quad (1)$$

$$\ln \sigma = \ln \sigma_0 - \frac{E_{AVFT}}{R(T - T_0)}, \quad (2)$$

где  $\sigma_0$  – постоянная величина,  $T_0$  – температура стеклования ионной жидкости,  $E_A$  – энергия активации удельной проводимости по модели Аррениуса,

$E_{AVFT}$  – энергия активации удельной проводимости по модели Фогеля – Фулчера – Таммана.

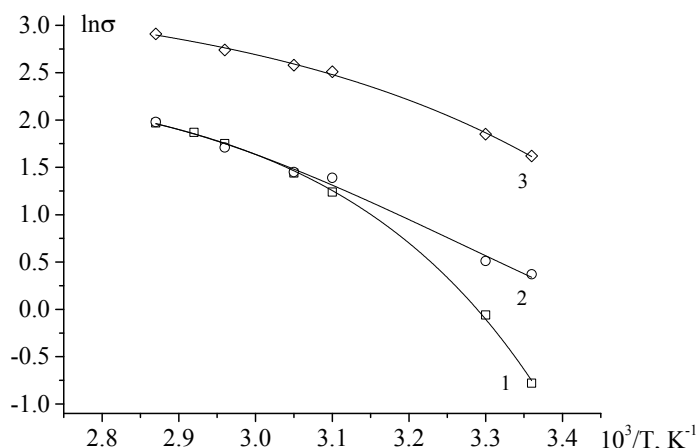


Рис. 2. Зависимость натурального логарифма удельной электропроводности от обратной температуры: 1 – эвтектическая смесь холин хлорида и мочевины (ChCl-urea); 2 – эвтектическая смесь холин хлорида и глицерина (ChCl-Gl); 3 – эвтектическая смесь холин хлорида и этиленгликоля (ChCl-EG)

На основе модели Фогеля – Фулчера – Таммана (2) получены значения энергии активации удельной проводимости  $E_{AVFT}$  в области температур  $298 \div 323$  К (табл. 2).

Таблица 2

Энергии активации удельной проводимости по модели Фогеля – Фулчера – Таммана в диапазоне  $298 \div 323$  К

Ионная жидкость	$E_{AVFT}$ , кДж/моль
ChCl-urea	$19,3 \div 20,9$
ChCl-Gl	$9,7 \div 10,5$
ChCl-EG	$8,1 \div 8,6$

Согласно данным авторов [3, 6] снижение энергии активации связано с большим числом факторов, основными из которых являются влияние размеров ионов и образование комплексов с различной силой водородных связей.

На рис. 3–5 представлены стационарные циклические вольтамперные кривые (ЦВА-кривые) исследуемых типов ионных жидкостей на основе холин хлорида в диапазоне температур  $25 \div 75 \pm 1$  °С, снятых при скорости развертки потенциала 20 мВ/с. Аналогично строились ЦВА-кривые при скоростях развертки потенциала 10 и 50 мВ/с. Анализ кривых позволяет определить области идеальной поляризуемости для каждой из эвтектик. Так, для эвтектической смеси ChCl-urea область идеальной поляризуемости составляет порядка  $2,4 \div 2,6$  В. Для ChCl-Gl данное значение соответствует  $2,5 \div 2,75$  В. Эвтектическая смесь ChCl-EG имеет самую маленькую область идеальной поляризуемости, которая равна  $2,1 \pm 2,25$  В.

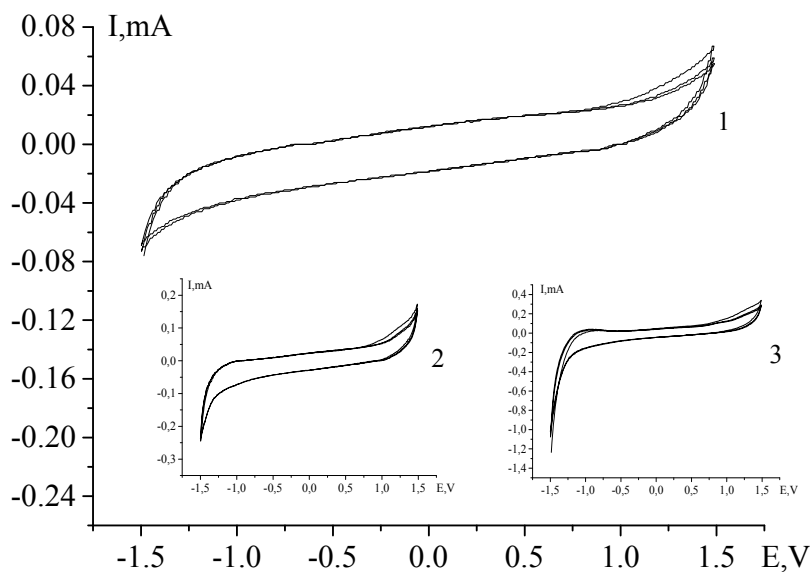


Рис. 3. Стационарные циклические вольтамперограммы эвтектической смеси холин хлорида и мочевины отн.  $E_0(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$  при скорости развертки потенциала 20 мВ/с:  
 1 – при температуре  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 – при температуре  $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 3 – при температуре  $75 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$

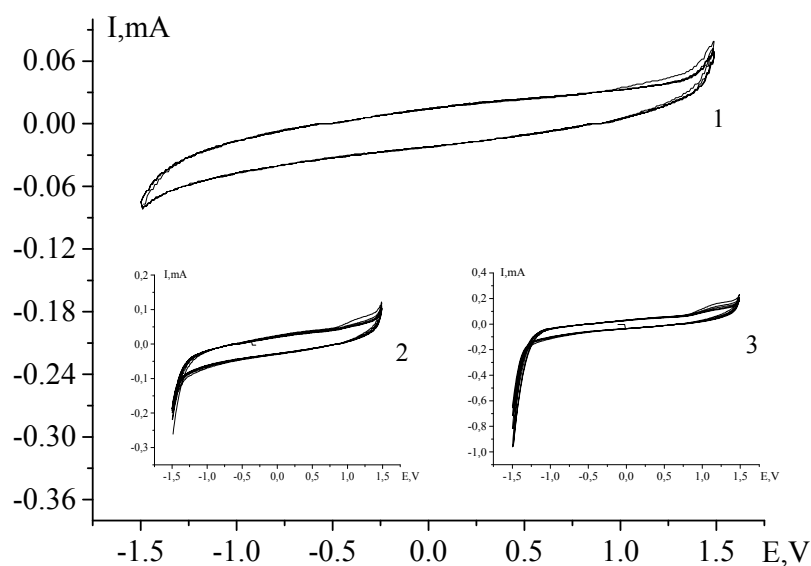


Рис. 4. Стационарные циклические вольтамперограммы эвтектической смеси холин хлорида и глицерина отн.  $E_0(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$  при скорости развертки потенциала 20 мВ/с:  
 1 – при температуре  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 – при температуре  $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ;  
 3 – при температуре  $75 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$

Анализ полученных зависимостей при различных скоростях сканирования потенциала говорит об увеличении предельных значений токов, что предполагает диффузионные ограничения процессов, наблюдаемых для всех исследуемых ионных жидкостей.

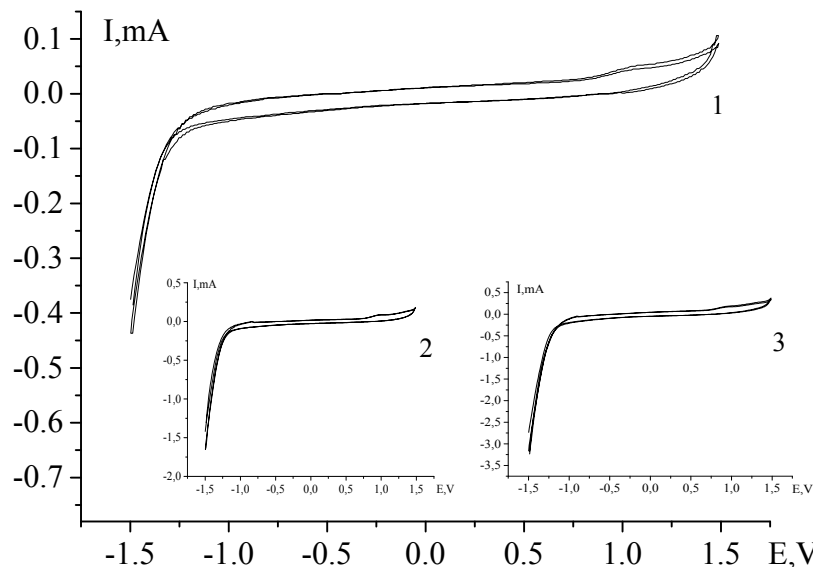


Рис. 5. Стационарные циклические вольтамперограммы эвтектической смеси холин хлорида и этиленгликоля отн.  $E_0(\text{Ag}/\text{Ag}^+)$  при скорости развертки потенциала 20 мВ/с: 1 – при температуре  $25 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 2 – при температуре  $50 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$ ; 3 – при температуре  $75 \pm 1 \text{ }^\circ\text{C}$

В пользу предположения замедленности диффузии также говорит анализ рассчитанных значений эффективных энергий активации температурно-кинетическим методом (табл. 3).

Таблица 3

Значения эффективной энергии активации исследуемых ионных жидкостей в зависимости от потенциала

Ионная жидкость	-E, В (отн. Ag/Ag <sup>+</sup> )		Эффективная энергия активации, кДж/моль				
	0,25	0,5	0,75	1	1,25		
ChCl-urea	5,99	6,61	8,38	8,67	9,48		
ChCl-Gl	2,12	2,93	3,43	4,21	4,51		
ChCl-EG	2,96	3,4	4,76	5,01	7,85		

Согласно авторам [5] непрерывное повышение тока на ЦВА-кривых при высоких отрицательных значениях потенциалов следует приписать электровосстановлению холин иона. Доказательством этого служит постоянство потенциала, соответствующего данной катодной реакции у различных типов ионных жидкостей, содержащих холин хлорид.

Анализ анодной ветви ЦВА-кривых позволяет сделать вывод о смещении в сторону более положительных потенциалов пика окисления эвтектической смеси ChCl-urea в сравнении с системой ChCl-EG. Это может служить свидетельством того, что мочевины действует как более сильный лиганд для Cl<sup>-</sup>-иона, чем этиленгликоль.



### Заключение

Установлено, что нелинейный характер температурных зависимостей электропроводности растворов объясняется образованием неустойчивых водородных связей между молекулами смесей. В результате возможно появление гистерезиса на кривых температурной зависимости удельной электропроводности, что обусловлено различием процессов образования и разрыва водородных связей, сопровождающих нагрев и охлаждение растворов. Данный эффект приводит к расхождению полученных данных у разных авторов, например, в статьях [2, 3] приводится линейный ход логарифмических зависимостей удельной электропроводности ионных жидкостей от обратной температуры.

Показано соответствие модели Фогеля – Фулчера – Таммана экспериментальным данным температурной зависимости удельной электропроводности и ее применимость для расчетов энергии активации удельной проводимости ионных жидкостей, содержащих небольшие симметричные катионы с низкой молярной массой. Подтверждено предположение о замедленности стадии диффузии при протекании процессов в ионных жидкостях, что, вероятнее всего, связано с образованием комплексных неустойчивых кластеров значительных размеров, слабо связанных между собой водородными связями.

### Список литературы

1. **Welton, T.** *Ionic Liquids in Synthesis* / T. Welton, P. Wasserscheid. – Weinheim, FRG : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2002. – P. 380.
2. **Ohno, Hiroyuki.** *Electrochemical Aspects of Ionic Liquids* / Hiroyuki Ohno. – 2nd ed. – New York : A John Wiley & Sons Inc. Publication, 2011. – P. 485.
3. **Rengstl, Doris.** Low-melting mixtures based on choline ionic liquids / Doris Rengstl, Veronika Fischer, Werner Kunz // *Physical Chemistry Chemical Physics*. – 2014. – № 16. – P. 22 815–22 822.
4. **Abbas, Q.** Synthesis and characterization of choline chloride based binary mixtures / Q. Abbas, L. Binder // *Journal of the chemical society transactions*. – 2010. – № 33 (7). – P. 49–59.
5. **Mariana, L.** Electrode Processes in Ionic Liquid Solvents as Mixtures of Choline Chloride With Urea, Ethylene Glycol or Malonic Acid / L. Mariana, C. Anca, A. Liana // *U.P.B. Sci. Bull. Series B*. – 2014. – Vol. 76, iss. 3. – P. 21–32.
6. **García, Gregorio.** Deep Eutectic Solvents: Physicochemical Properties and Gas Separation Applications / Gregorio García, Santiago Aparicio, Ruh Ullah // *Energy Fuels*. – 2015. – № 29. – P. 2616–2644.

### References

1. Welton T., Wasserscheid P. *Ionic Liquids in Synthesis*. Weinheim, FRG: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2002, p. 380.
2. Ohno Hiroyuki. *Electrochemical Aspects of Ionic Liquids*. 2nd ed. New York: A John Wiley & Sons Inc. Publication, 2011, p. 485.
3. Rengstl Doris, Fischer Veronika, Kunz Werner *Physical Chemistry Chemical Physics*. 2014, no. 16, pp. 22 815–22 822.
4. Abbas Q., Binder L. *Journal of the chemical society transactions*. 2010, no. 33 (7), pp. 49–59.
5. Mariana L., Anca C., Liana A. Electrode Processes in Ionic Liquid Solvents as Mixtures of Choline Chloride With Urea, Ethylene Glycol or Malonic Acid. *U.P.B. Sci. Bull. Series B*. 2014, vol. 76, iss. 3, pp. 21–32.
6. García Gregorio, Aparicio Santiago, Ullah Ruh. *Energy Fuels*. 2015, no. 29, pp. 2616–2644.

***Дьяченко Денис Игоревич***

аспирант, ассистент, кафедра судебной экспертизы и физического материаловедения, Волгоградский государственный университет (Россия, г. Волгоград, проспект Университетский, 100)

E-mail: disined@gmail.com

***Dyachenko Denis Igorevich***

Postgraduate student, assistant, sub-department of forensic and physical materials, Volgograd State University (100 Universitetsky avenue, Volgograd, Russia)

***Фомичев Валерий Тарасович***

профессор, заведующий кафедрой общей и прикладной химии, Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет (Россия, г. Волгоград, ул. Академическая, 1)

E-mail: valerifomiche@yandex.ru

***Fomichev Valery Tarasovich***

Professor, head of sub-department of general and applied chemistry, Volgograd State University of Architecture and Construction (1 Akademicheskaya street, Volgograd, Russia)

---

УДК 544.654.2

**Дьяченко, Д. И.**

**Характеристики систем ионных жидкостей на основе холин хлорида как растворителей для электрохимии / Д. И. Дьяченко, В. Т. Фомичев // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 50–58.**

*А. А. Кузьмин, Д. Е. Борисков*

## МЕТОДИКА КОЛИЧЕСТВЕННОЙ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ПЛАНАРНОЙ ХРОМАТОГРАФИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕСПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Ключевым этапом количественной планарной хроматографии является оцифровка результатов разделения для дальнейшей статистической обработки и определения состава смеси. Цель работы – предложить экспресс-методику оцифровки плоских хроматограмм и получения хроматографических кривых с использованием доступного неспециализированного программного обеспечения.

*Материалы и методы.* Материалом для работы послужили плоские хроматограммы цветных чернил, разделенных на бумажном носителе с помощью системы органических растворителей. Методологической основой работы является денситометрический метод анализа плоских хроматограмм, основанный на применении закона Ламберта – Бера о снижении интенсивности света, прошедшего через тонкий слой окрашенного вещества. Для оцифровки и построения хроматограмм использовали доступное программное обеспечение *ImageJ* на платформе *Java*.

*Результаты.* Предложена экономичная экспресс-методика оцифровки плоской хроматограммы с использованием планшетного сканера и неспециализированного программного обеспечения. Основными операциями процессинга являются следующие: вычитание фона, отброс цветовой информации и авторегулировки яркости/контрастности изображения. Проведен статистический анализ качества полученных денситограмм в зависимости от последовательности операций оцифровки.

*Выводы.* Качество денситограмм обнаруживает сложную зависимость от последовательности операций оцифровки. Операция авторегулировки яркости/контрастности или ухудшает качество денситограмм, повышая шум базовой линии, или действует нейтрально. Вычитание фона и отброс цветности важны не столько сами по себе, сколько в комплексе, с приоритетом операции вычитания фона изображения.

**Ключевые слова:** планарная хроматография, процессинг, хроматографический пик, количественный анализ хроматограмм, денситометрия, денситограмма, шум базовой линии, пигменты.

*А. А. Kuzmin, D. E. Boriskov*

## A METHOD OF QUANTIFICATION OF PLANAR CHROMATOGRAPHY RESULTS USING COMMON SOFTWARE

### **Abstract.**

*Background.* The key stage of quantitative planar chromatography is image processing. It's necessary for further statistic analysis and mixture compound definition. The aim of the study was to offer an express method of thin-layer chromatograms processing and chromatographic curves receiving with available common software.

*Material and methods.* Flat chromatograms of colored dyes separated on paper sorbent in mixture of organic solvents were taken as the study material. Methodologically the study was based on densitometry of flat chromatograms based on the Lambert-Beer law about light intensity decreasing, when passing through a thin layer of colored substance. For chromatograms' image processing the authors used available ImageJ software on the Java platform.

*Results.* A low-cost express method of planar chromatogram digitizing for quantitative analysis using an office scanner and common software is offered. Important image processing stages are as follows: background subtracting, image grayscaling, brightness/contrast auto adjustments. A statistical analysis of densitograms' quality depending on digitizing operations order was carried out.

*Conclusions.* The quality of densitograms reveals a complex correlation with an image processing operations order. Brightness/contrast auto adjustments either worsen densitogram quality or have a neutral effect. Background subtracting and image grayscaling are important not so much in themselves as in tandem with a background subtracting priority.

**Key words:** planar chromatography, image processing, chromatographic peak, quantitative analysis of chromatograms, densitometry, densitograms, baseline noise, pigments.

Одним из требований, предъявляемых к методам химического анализа, является точность. Точность анализа обеспечивается использованием математического аппарата статистики. Исходным материалом для статистической обработки являются численные данные, в то время как первичные сигналы многих методов химического анализа (тонкослойная хроматография, гель-электрофорез, видимая спектрофотометрия, титриметрия) являются качественными по своей природе. Проблема количественного преобразования качественных данных, численного их представления, необходимого для статистической обработки и объективной интерпретации, является первостепенной для решения во многих областях прикладной науки [1], в том числе в химическом анализе природных и техногенно преобразованных сред.

Хроматографические методы анализа, обеспечивая разделение смесей близких по происхождению и свойствам веществ, являются начальным этапом многих методик химического анализа. Среди хроматографических методов одним из наиболее экспрессных и адекватных целям препаративного анализа объектов окружающей среды является планарная хроматография. Ее первичный результат – плоская хроматограмма – представляет собой типичный пример экспериментальных данных качественной природы.

Значительная часть программного обеспечения, разработанного для количественного представления хроматограмм, как правило, входит в комплект поставки дорогостоящего оборудования и специализировано на работе только в комплексе с ним. Между тем современный рынок программного обеспечения предлагает широкий выбор продуктов, предназначенных для цифровой обработки двумерных сигналов. Это обусловлено востребованностью цифровой обработки изображений в различных областях деятельности человека. Технически оцифровка изображения представляет собой длительный и монотонный процесс, поэтому автоматизация этого процесса с использованием вычислительных возможностей ЭВМ является предметом многих научных исследований с момента создания первого компьютера [2].

Использование графических редакторов для количественной обработки цветных плоских хроматограмм детально описано в работе [3]. В других работах автора показано, что применение программной обработки сканированных изображений не требует наличия дорогостоящих аналитических приборов и позволяет объективно количественно оценивать содержание вещества в хроматографическом пике с минимальными затратами времени [4–7]. Однако вопросы усреднения цветовой информации при ее отбросе и переходе к черно-белому режиму, индексирования количественных показателей хроматографических пиков с учетом собственных яркостных характеристик цвета до сих пор остаются открытыми.

Цель работы – предложить экспресс-методику оцифровки плоских хроматограмм и получения хроматографических кривых с использованием неспециализированного программного обеспечения.

### Материал и методы исследования

Материалом для работы послужили плоские хроматограммы цветных чернил, разделенных на бумажном носителе с помощью системы растворителей, апробированной в работе [8].

Методологической основой работы является денситометрический метод анализа плоских хроматограмм [9]. Метод основан на применении закона Ламберта – Бера о снижении интенсивности света, прошедшего через тонкий слой окрашенного вещества [10]. Эталоном абсолютно непоглощающего цвета является белый, а абсолютно поглощающего – черный цвет, поэтому цифровым аналогом оптической плотности в денситометрии является процент (доля) черного цвета в пикселях анализируемого изображения. Этим объясняется необходимость отброса цветовой информации при процессинге (цифровой обработке) изображений.

Необходимость отброса цветовой информации продиктована также требованиями, предъявляемыми к изображению программным обеспечением, используемым в работе, – *ImageJ* (рис. 1). Данное бесплатное приложение построено на платформе *Java*, обеспечивающей более точный процессинг изображений по сравнению с другими аналогичными платформами [11].

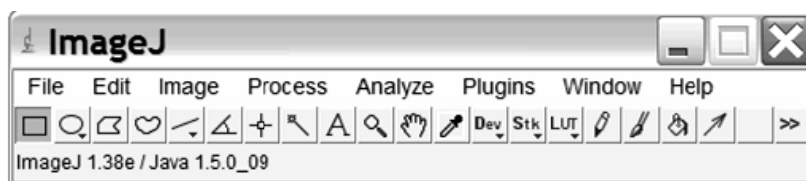


Рис. 1. Меню и панель инструментов *Java*-приложения *Image J* для анализа цифровых изображений

При наличии эталонных образцов определяемого параметра для обеспечения точности и воспроизводимости результатов инструментального метода обязательным этапом анализа является калибровка. Для калибровки в работе применяется предложенная разработчиками программы *Image J* методика, основанная на использовании линейки пошагового градиентного перехода от белого цвета к черному (рис. 2) [12].



Рис. 2. Калибровочная линейка пошагового градиентного перехода от абсолютно белого цвета к абсолютно черному

Результатом цифровой обработки хроматограммы является денситограмма, представляющая собой график изменения оптической плотности пикселей изображения по ходу хроматографического разделения (рис. 3). Качество полученных денситограмм, их пригодность для количественного анализа напрямую зависит от цифровой обработки и оценивается в работе по таким критериям, как уровень шума базовой линии, отчетливость хроматографического пика и величина его основания на денситограмме. Под отчетливостью пика мы понимаем достоверное отличие выборки пикселей, принадлежащих пику, от выборки пикселей базовой линии по высоте на денситограмме (т.е. по оптической плотности).

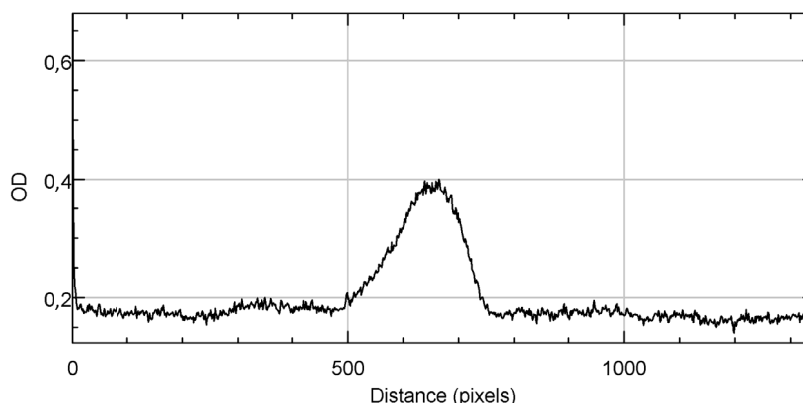


Рис. 3. Денситограмма хроматографии красных водорастворимых чернил на бумажном носителе в системе растворителей вода-этанол-ацетон (6:4:9), полученная в программе *ImageJ*

Проявление пика на денситограмме обусловлено наличием на хроматограмме более темного участка (пигментного пятна) по сравнению с фоном изображения. Фон черно-белого изображения имеет собственную оптическую плотность. Это вызывает необходимость его преобразования при оцифровке хроматограмм. Эффективность преобразования фона оценивалась по снижению уровня шума базовой линии на денситограмме и сохранению на черно-белом изображении хроматограммы более темных по сравнению с фоном, т.е. отчетливых, пятен пигментов.

Узловыми операциями цифровой обработки хроматограммы являются авторегулировка яркости и контрастности, вычитание фона и отброс цветовой информации (рис. 4). При этом обязательна к выполнению только одна из них – преобразование цветного изображения в полутоновое (в оттенках серого цвета). С целью объективной оценки значимости операций оцифровки

хроматограммы для построения качественных денситограмм нами исследованы различные последовательности этих операций:

1. Авторегулировки→вычитание фона→отброс цветности
2. Авторегулировки→отброс цветности→вычитание фона
3. Вычитание фона→авторегулировки→отброс цветности
4. Вычитание фона→отброс цветности→авторегулировки
5. Отброс цветности→вычитание фона→авторегулировки
6. Отброс цветности→авторегулировки→вычитание фона
7. Отброс цветности
8. Отброс цветности→вычитание фона
9. Вычитание фона→отброс цветности
10. Отброс цветности→авторегулировки
11. Авторегулировки→отброс цветности

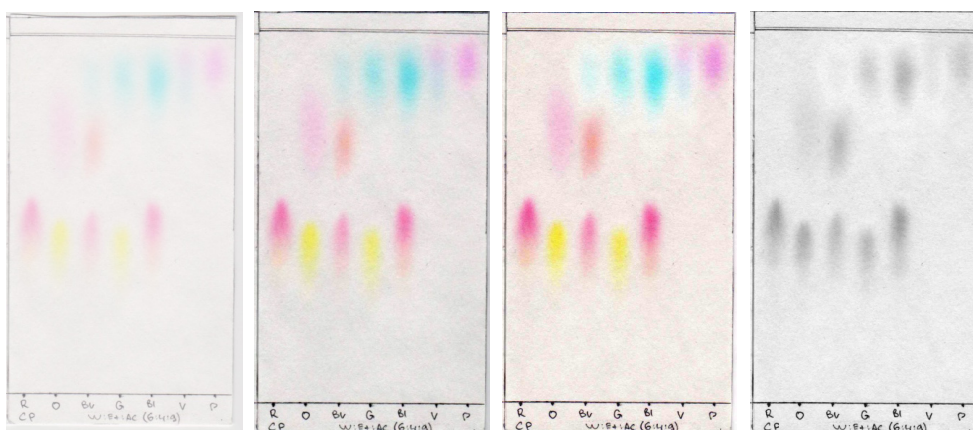


Рис. 4. Этапы цифровой обработки плоской хроматограммы (слева направо): сканирование, авторегулировки, вычитание фона, отброс цветовой информации

Статистическая обработка результатов проводилась с помощью пакета программ *Statistica for Windows*. Уровень шума базовой линии статистически оценивали по величине стандартного отклонения ( $\sigma$ ) от среднего значения оптической плотности базовой линии. Отчетливость хроматографического пика оценивали по значению  $t$ -критерия для зависимых переменных при уровне достоверности ( $p < 0,05$ ) отличия средних значений оптической плотности пика и шума базовой линии. Для установления связи между переменными использовали коэффициент линейной корреляции Пирсона ( $r$ ).

### Результаты и обсуждение

**Шум базовой линии.** Диаграмма разброса шума базовой линии денситограмм, полученных при различных последовательностях операций оцифровки, представлена на рис. 5.

Как видно из диаграммы, наилучшими с точки зрения снижения шума базовой линии являются последовательности № 8 и 9, исключаящие авторегулировку яркости и контрастности изображения. В то же время последовательности № 10 и 11, исключаящие вычитание фона, характеризуются мак-

симальными уровнями шума базовой линии. Это указывает на то, что применение авторегулировок яркости и контрастности повышает шум базовой линии (фона) хроматограммы. Уровень шума базовой линии недостаточен для объективной оценки пригодности денситограммы для количественного анализа. Качество денситограммы в большей степени определяется отчетливостью хроматографического пика.

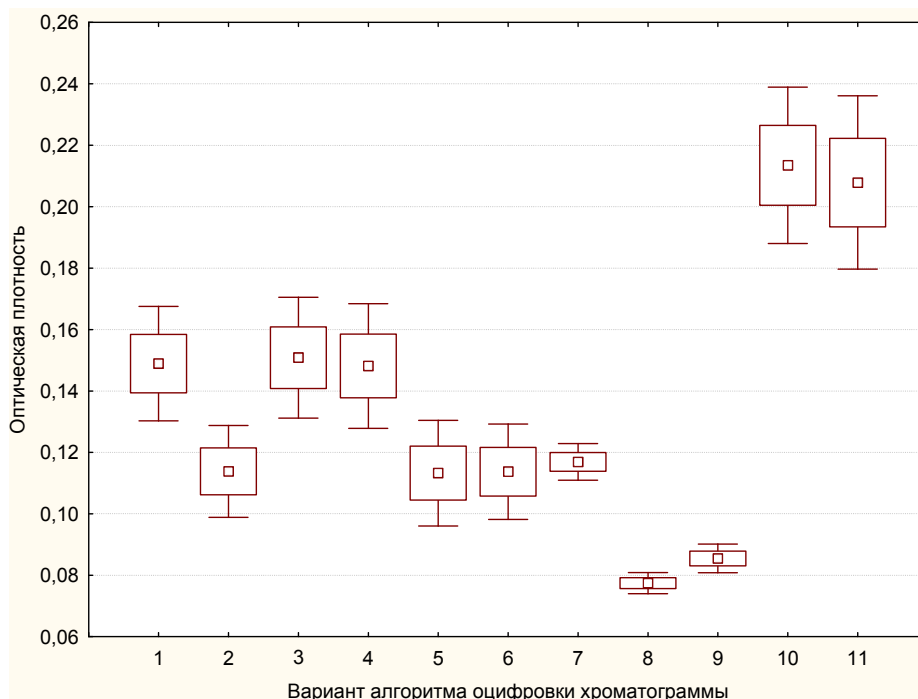


Рис. 5. Диаграмма размаха значений оптической плотности базовых линий денситограмм, полученных при различных последовательностях операций оцифровки цветных хроматограмм

**Отчетливость пика.** На рис. 6 представлены диаграммы размаха значений оптической плотности базовой линии и хроматографических пиков на денситограммах, построенных при различных последовательностях операций оцифровки.

Значения  $t$ -критерия, представленные в диаграмме на рис. 7, свидетельствуют о том, что максимальная отчетливость хроматографического пика достигается в последовательностях операций оцифровки № 1 и 9, а близкая к минимальной – в последовательностях № 2 и 8 (отличаются отсутствием у коротких алгоритмов № 8 и 9 операции авторегулировки). Это указывает на то, что для обеспечения отчетливости хроматографического пика важна последовательность таких операций, как вычитание фона и отброс цветовой информации.

**Основание хроматографического пика** является одной из линейных характеристик, позволяющих косвенно оценить полноту отображения пигментного пятна хроматограммы на денситограмме. Диаграмма значений величины основания хроматографического пика в зависимости от алгоритма



оцифровки изображения представлена на рис. 8. Уменьшение основания пика при использовании отдельных алгоритмов оцифровки свидетельствует о потере части экспериментальных данных и ведет к ошибкам анализа. Наиболее высокие значения величины основания достигаются в алгоритмах № 9 и 4, наиболее низкие – в алгоритмах № 8 и 2. Последовательность операций в алгоритмах указывает на то, что высокие значения исследуемого параметра зависят от порядка применения вычитания фона и отброса цветовой информации и не зависят от авторегулировок яркости/контраста.

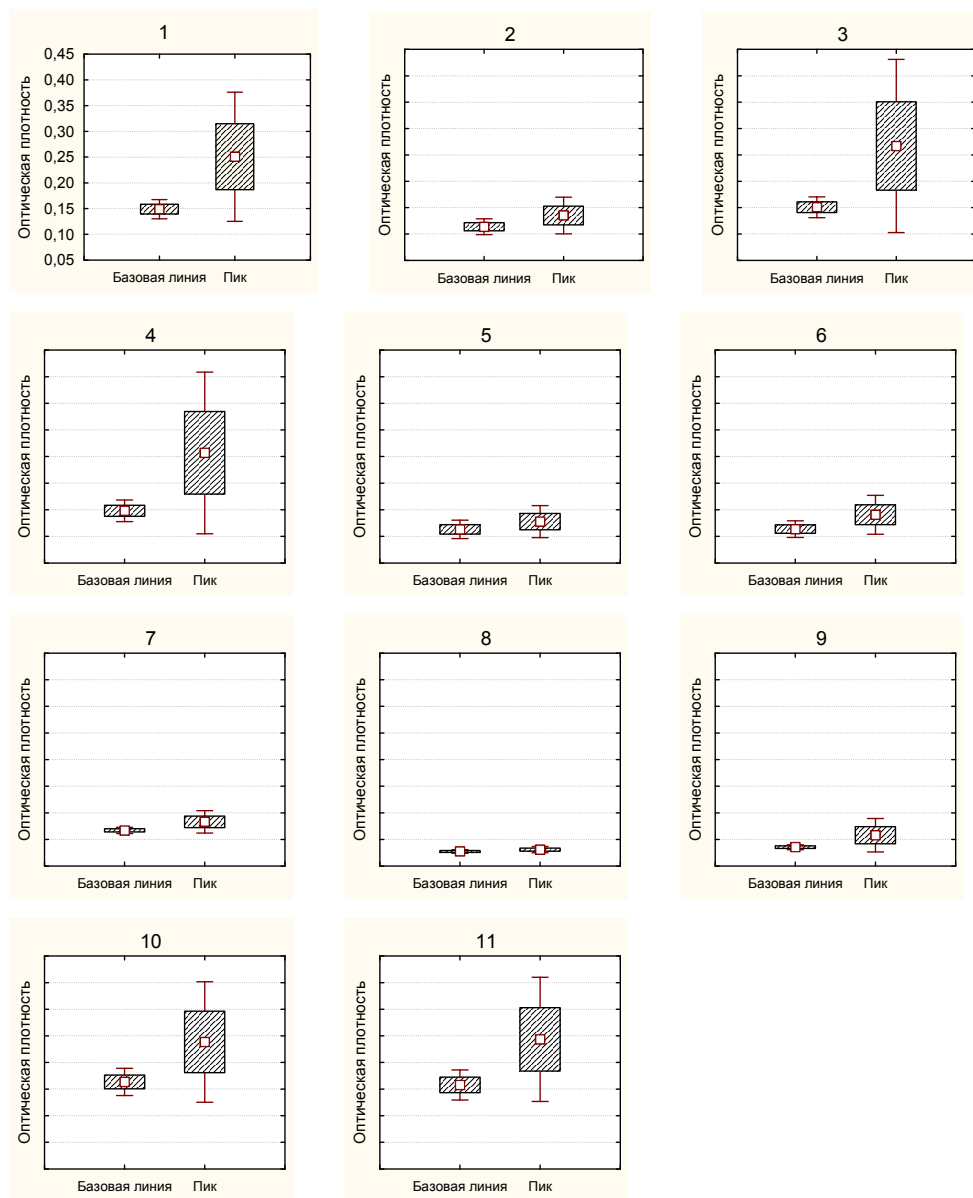


Рис. 6. Диаграммы размаха значений оптической плотности базовой линии и хроматографических пиков на денситограммах, полученных при различной последовательности операций оцифровки хроматограмм (построены в едином масштабе оптической плотности)

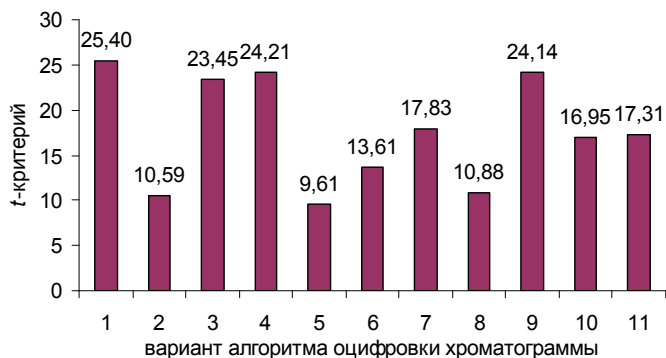


Рис. 7. Диаграмма значений  $t$ -критерия отличия средних значений оптической плотности базовой линии и хроматографического пика на денситограммах, полученных при различных последовательностях операций оцифровки

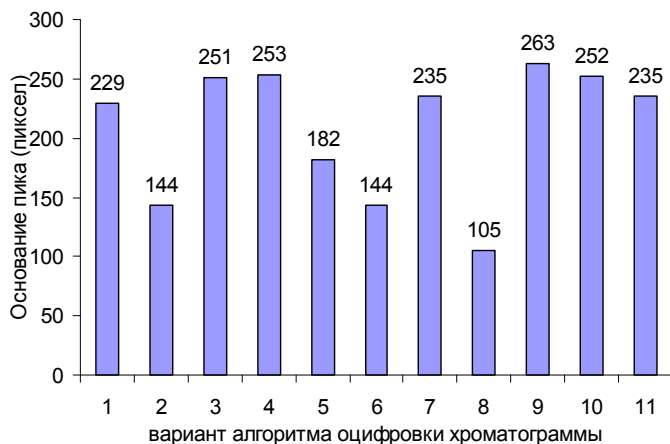


Рис. 8. Диаграмма значений величины основания хроматографического пика при различных алгоритмах оцифровки изображения

Примечательно, что между величиной основания пика и значением  $t$ -критерия (т.е. отчетливостью пика) обнаружена достоверная линейная корреляция (коэффициент линейной корреляции Пирсона  $r = 0,8067$ ,  $p = 0,027$ , рис. 9). Объяснение полученной закономерности кроется в природе зависимых параметров. И величина основания, и отчетливость пика (при первом приближении выражающаяся в его высоте на денситограмме) являются линейными характеристиками хроматографического пика.

Таким образом, качество денситограмм обнаруживает сложную зависимость от последовательности операций оцифровки. Операция авторегулировки яркости/контрастности или ухудшает качество денситограмм, повышая шум базовой линии, или действует нейтрально. Вычитание фона и отброс цветности важны не столько сами по себе, сколько в комплексе, с приоритетом операции вычитания фона изображения.

Итогом работы стала оригинальная пошаговая методика цифровой обработки плоских хроматограмм с использованием бесплатного программного обеспечения *ImageJ*, обеспечивающая по сравнению с известными алгоритмами оцифровки изображений получение отчетливых пятен пигментов неяр-

кого (например, желтого) цвета (табл. 1). Предложенная методика позволяет оперативно, без использования дорогостоящего оборудования и специализированного программного обеспечения преобразовывать качественную информацию тонкослойной хроматографии в объективные количественные данные, необходимые для определения содержания компонентов в разделяемых смесях.

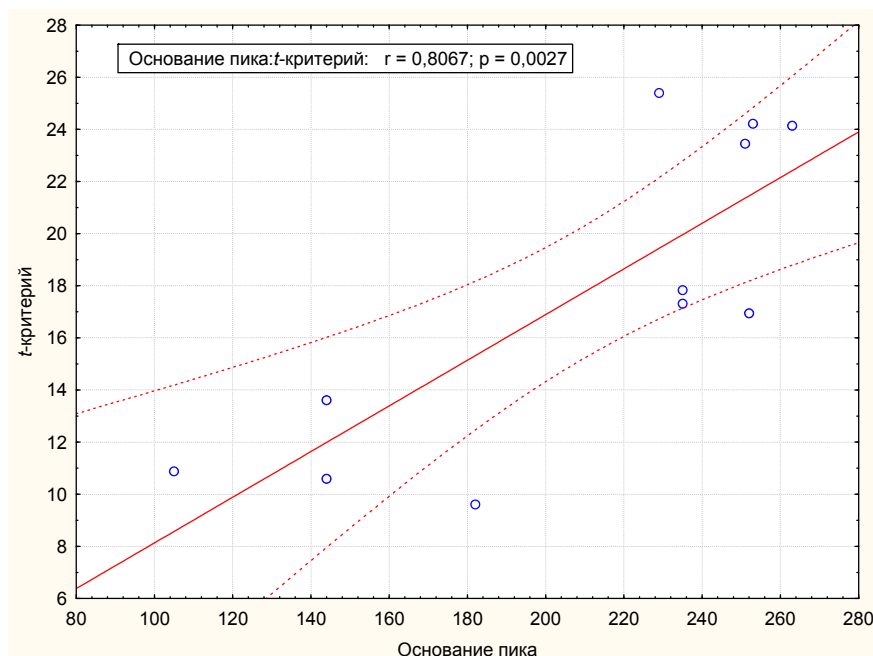


Рис. 9. График корреляции между значениями величин основания хроматографического пика и  $t$ -критерия отличия средних высот пика и базовой линии

Таблица 1

## Алгоритм цифровой обработки цветной хроматограммы

Шаги оцифровки	Примечания
1	2
1. Отсканировать хроматограмму в виде цветного изображения с разрешением не менее 300 dpi. Сохранить в форматах <i>.tiff</i> или <i>.jpg</i>	Важно не менять значения настроек яркости и контрастности при сканировании. Это необходимо для максимальной передачи естественных цветов изображения
2. Открыть файл с изображением в <i>ImageJ</i>	—
3. Открыть файл градиентной калибровочной шкалы	Пройти по web-адресу <a href="http://imagej.nih.gov/ij/docs/examples/calibration/">http://imagej.nih.gov/ij/docs/examples/calibration/</a> и кликнуть на ссылку «ZIP compressed TIFF file» для загрузки файла
4. Провести калибровку, следуя инструкциям на открытой в п. 3 странице интернет-браузера	Следует обратить внимание, что калибровку надо проводить каждый раз при открытии программы. Для сохранения калибровки на всю рабочую сессию необходимо поставить галочку напротив <i>Global calibration</i>

1	2
5. Применить <i>Process</i> → <i>Subtract Background</i> . В открывшемся окне оставить предложенный по умолчанию радиус в 50.0 пикселей, поставить галочку напротив <i>Light background</i> , кликнуть кнопку <i>Ok</i>	Программа выполняет вычитание фона согласно установленным опциям для минимизации шума базовой линии
6. Применить <i>Image</i> → <i>Type</i> → <i>8 bit</i>	Программа отбрасывает цветовую информацию изображения
7. Применить <i>Image</i> → <i>Adjust</i> → <i>Brightness/Contrast</i> . В появившемся окне кликнуть кнопки <i>Auto</i> , затем <i>Apply</i>	Программа отбрасывает значения в темных и светлых участках изображения, привязывает оставшиеся самые светлые и самые темные пиксели изображения к абсолютно белому (значение 255) и абсолютно черному (значение 0) цветам. Светлые участки становятся светлее, а темные – темнее [13]
8. Применить <i>Image</i> → <i>Adjust</i> → <i>Window/Level</i> . В появившемся окне кликнуть кнопки <i>Auto</i> , затем <i>Apply</i>	В каждом из цветовых каналов программа придвигает правый движок к правой границе гистограммы, а левый – к левой границе, т.е. делает цвета в снимке после сканирования более чистыми [14]
9. Ориентировать изображение хроматограммы горизонтально, выделить прямоугольную область, соответствующую распределению компонентов одной пробы	Узкая прямоугольная область ограничивается линиями старта разделения и фронта растворителя
10. Применить <i>Analyze</i> → <i>Plot Profile</i>	В новом окне отображается денситограмма – график в координатах «пиксели – оптическая плотность»
11. Нажать в окне денситограммы кнопку <i>Save</i>	Программа предлагает сохранить координаты графика в формате <i>.xls</i>
12. Открыть полученный файл в табличном редакторе	Файл представляет собой таблицу, состоящую из двух столбцов. Первый столбец – координаты оси абсцисс, второй – координаты оси ординат. При этом разделителем целой и дробной частей чисел является точка
13. Заменить точки в значениях координат на запятые	Числовой формат данных в программе подразумевает использование запятой для отделения целой части числа от дробной
14. Построить точечный график в координатах «пиксели» – «оптическая плотность»	–

#### Список литературы

1. **W. Young, Forrest.** Quantifying Qualitative Data / Forrest W. Young, Jan de Leeuw, Yoshio Takane // Similarity and Choice / H. Feger. – Bern : Hans Huber, 1980.
2. **Rosenfeld, Azriel.** Picture Processing by Computer / Azriel Rosenfeld. – New York : Academic Press, 1969. – 198 p.
3. **Герасимов, А. В.** Применение цветной компьютерной обработки хроматограмм при ТСХ-анализе тартразина / А. В. Герасимов // Журнал аналитической химии. – 2003. – Т. 58, № 3. – С. 241.

4. Герасимов, А. В. Применение программной обработки сканированных изображений хроматограмм в количественной планарной хроматографии / А. В. Герасимов // Журнал аналитической химии. – 2004. – Т. 59, № 4. – С. 392–397.
5. Герасимов, А. В. Применение планшетных сканеров и специализированного программного обеспечения для определения цветности сахарного песка в цветовом режиме CIE XYZ / А. В. Герасимов, Я. С. Бурьгина // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2002. – № 10. – С. 62.
6. Gerasimov, A. V. Application of planar chromatography with the computer processing of chromatograms to the analysis of flavoring materials using the determination of 4-(4-hydroxyphenyl)-2-butanone (raspberry ketone) as an example / A. V. Gerasimov // Journal of Analytical Chemistry. – 2001. – Vol. 56, № 4. – P. 370–375.
7. Gerasimov, A. V. Identification of colored substances in thin-layer chromatography by computer processing / A. V. Gerasimov, I. I. Malakhova, V. D. Krasikov // Russian Journal of Applied Chemistry. – 2000. – Vol. 73, № 10. – P. 1722–1725.
8. Кузьмин, А. А. Количественная оценка критериев эффективности разделения смесей методом бумажной хроматографии / А. А. Кузьмин, С. В. Зиновьев, А. А. Блинковатов, Д. Е. Борисков // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего. – Пенза : ПензГТУ, 2015. – № 5 (27). – С. 89–95.
9. Touchstone, J. C. Densitometry in thin layer chromatography, practice and applications / J. C. Touchstone, J. Sharma. – New York : Wiley, 1979. – P. 241–250.
10. Ламберт, И. Г. Феноменология, или Учение о видимости / И. Г. Ламберт ; пер. К. А. Волковой // Историко-философский ежегодник. – М. : Наука, 2006. – С. 105–113.
11. Burger, Wilhelm. Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction Using Java / Wilhelm Burger, Mark J. Burge. – Springer, 2007. – 107 p.
12. Perez, J. M. M. Image Processing with ImageJ / J. M. M. Perez, J. Pascau. – Packt, 2013. – 140 p.
13. Nixon, Mark S. Feature Extraction and Image Processing / Mark S. Nixon, Alberto S. Aguado. – Boston : Academic Press, 2008. – P. 88.
14. Jähne, Bernd. Digital Image Processing / Bernd Jähne. – Springer, 2002. – 608 p.

### References

1. W. Young Forrest, Jan de Leeuw, Yoshio Takane. *Similarity and Choice*. Bern: Hans Huber, 1980.
2. Rosenfeld Azriel. *Picture Processing by Computer*. New York: Academic Press, 1969, 198 p.
3. Gerasimov A. V. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [The journal of analytical chemistry]. 2003, vol. 58, no. 3, p. 241.
4. Gerasimov A. V. *Zhurnal analiticheskoy khimii* [The journal of analytical chemistry]. 2004, vol. 59, no. 4, pp. 392–397.
5. Gerasimov A. V., Burygina Ya. S. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya* [Storing and processing of agricultural raw products]. 2002, no. 10, p. 62.
6. Gerasimov A. V. *Journal of Analytical Chemistry*. 2001, vol. 56, no. 4, pp. 370–375.
7. Gerasimov A. V., Malakhova I. I., Krasikov V. D. *Russian Journal of Applied Chemistry*. 2000, vol. 73, no. 10, pp. 1722–1725.
8. Kuzmin A. A., Zinovev S. V., Blinokhvatov A. A., Boriskov D. E. *XXI vek: itogi proshlogo i problemy nastoyashchego* [XXI century: results of the past and problems of the present]. Penza: PenzGTU, 2015, no. 5 (27), pp. 89–95.
9. Touchstone J. C., Sharma J. *Densitometry in thin layer chromatography, practice and applications*. New York: Wiley, 1979, pp. 241–250.
10. Lambert I. G. *Istoriko-filosofskiy ezhegodnik* [Historical and philosophical yearbook]. Moscow: Nauka, 2006, pp. 105–113.
11. Burger Wilhelm, Burge Mark J. *Digital Image Processing: An Algorithmic Introduction Using Java*. Springer, 2007, 107 p.

12. Perez J. M. M., Perez J. Pascau. *Image Processing with ImageJ*. Packt, 2013, 140 p.  
13. Nixon Mark S., Aguado Alberto S. *Feature Extraction and Image Processing*. Boston: Academic Press, 2008, p. 88.  
14. Jähne Bernd. *Digital Image Processing*. Springer, 2002, 608 p.
- 

***Кузьмин Антон Алексеевич***

кандидат биологических наук, доцент,  
кафедра биотехнологий и техносферной  
безопасности, Пензенский  
государственный технологический  
университет  
(Россия, г. Пенза, проезд Байдукова /  
ул. Гагарина, 1а/11)

E-mail: kuzmin-puh@yandex.ru

***Kuzmin Anton Alekseevich***

Candidate of biological sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology  
and technosphere security, Penza State  
Technological University  
(1a/11 Baydukova lane / Gagarina street,  
Penza, Russia)

***Борисков Дмитрий Евгеньевич***

кандидат сельскохозяйственных наук,  
доцент, кафедра биотехнологий  
и техносферной безопасности,  
Пензенский государственный  
технологический университет  
(Россия, г. Пенза, проезд Байдукова /  
ул. Гагарина, 1а/11)

E-mail: boriskovde1965@gmail.com

***Boriskov Dmitriy Evgenyevich***

Candidate of agricultural sciences, associate  
professor, sub-department of biotechnology  
and technosphere security, Penza State  
Technological University  
(1a/11 Baydukova lane / Gagarina street,  
Penza, Russia)

---

УДК 543.087.9, 543.544

**Кузьмин, А. А.**

**Методика количественной обработки результатов планарной хроматографии с использованием неспециализированного программного обеспечения / А. А. Кузьмин, Д. Е. Борисков // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 59–70.**

## ЛАНДШАФТНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ АНТРОПОГЕННОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ ПРИРОДНОЙ СРЕДЫ БЕЛОРУССИИ

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Ландшафтная структура территории напрямую обуславливает территориальную дифференциацию ее антропогенной трансформации. В этой связи изучение ландшафтной структуры наиболее и наименее нарушенных территорий позволяет определить ландшафты, наиболее подверженные антропогенному освоению с целью взятия под особую охрану эталонные участки таких ландшафтов и предотвращения деградации характерных для них типов экосистем. Цель работы заключалась в раскрытии взаимосвязей между ландшафтной структурой территории и уровнем ее антропогенной трансформации и выделении ландшафтов, тяготеющих к территориям с сильной и слабой нарушенностью.

*Материалы и методы.* Материалом для исследований являлась ландшафтная карта Белоруссии, Государственный земельный кадастр; методы включали расчет коэффициентов, характеризующих экологическое состояние природной среды, классификацию административных районов по уровню нарушенности, а также определение ландшафтной структуры выделенных классов средствами ГИС-технологий.

*Результаты.* С увеличением степени нарушенности административных районов увеличивается доля в них возвышенных и средневысотных ландшафтов, холмисто-моренно-эрозионных, вторичноморенных, лессовых ландшафтов и ландшафтов речных долин. Уменьшается доля холмисто-моренно-озерных, камово-моренно-озерных, аллювиально-террасированных, озерно-аллювиальных, пойменных и озерно-болотных ландшафтов. По литологии подстилающих пород для сильно нарушенных территорий характерны ландшафты с покровом лессовидных и водно-ледниковых суглинков, для слабо нарушенных – ландшафты с аллювиальными и водно-ледниковыми песками. По характеру мезорельефа к более нарушенным территориям тяготеют ландшафты с большей степенью расчлененности (холмистые, платообразные), а к менее нарушенным – с меньшей (плоские, плосковолнистые).

*Выводы.* Исследование позволило выделить ландшафты, относящиеся к различным классификационным единицам, которые в силу их благоприятности для антропогенного освоения и нарушения должны стать объектом охраны в рамках особо охраняемых природных территорий для сохранения характерных для них типов экосистем, а следовательно, и биологического разнообразия страны в целом.

**Ключевые слова:** экологические коэффициенты, ландшафтная структура, трансформация природной среды, подстилающие породы, структура землепользования.

## LANDSCAPE REGULARITIES OF ANTHROPOGENIC TRANSFORMATION OF NATURAL ENVIRONMENT OF BELARUS

### **Abstract.**

*Background.* Territory's landscape structure directly stipulates territorial differentiation of its anthropogenic transformation. In this connection, studying of landscape structure of the most and the least disturbed territories allows to define the landscapes most subjected to anthropogenic development with the purpose of taking standard areas of such landscapes under special protection and prevention of degradation of types of ecosystems typical for them. The aim of the work is to establish interconnections between the territory's landscape structure and the level of its anthropogenic transformation and to single out the landscapes typical for territories with strong and weak disturbance.

*Materials and methods.* As the research materials the author used a landscape map of Belarus, the State land cadaster; the methods included calculation of coefficients characterizing the ecological state of natural environment, administrative district classification by the level of disturbance, and detection of landscape structure of the distinguished classes by facilities of GIS-technologies.

*Results.* With an increasing of degree of ecological disturbance at administrative districts, a part of elevated and medium-height landscapes, hilly-moraine-erosive, secondary-moraine, loess landscapes and landscapes of river valleys in their structure is also increasing. A part of hilly-moraine-lacustrine, kame-moraine-lacustrine, alluvial-terrace, lacustrine-alluvial, flood-landsand lacustrine-bog landscapes is diminished. According to the lithology of bedrocks, landscapes with the cover of loesslike and water-glacial loams are typical for the strongly disturbed territories, for the weakly disturbed – landscapes with alluvial and water-glacial sands. As for mesorelief features, landscapes with a greater degree of unevenness of ground (hilly, plateau-like) are typical for more disturbed territories and landscapes with a lesser degree (flat, flat-wavy) – to less disordered.

*Conclusions.* The research has allowed to distinguish landscapes relating to different classification units that, due their favourability for anthropogenic development and disturbance, must become an object of protection within the framework of the protected areas for preserving types of ecosystems typical for them, and, consequently, the country's biological diversity on the whole.

**Key words:** ecological coefficients, landscape structure, natural environment transformation, bedrocks, land use structure.

Современное состояние природной среды, характеризующееся возрастанием интенсивности и разнообразия видов антропогенного воздействия на нее, требует разработки и совершенствования методов ее комплексной оценки и охраны на всех иерархических уровнях ее организации. Белоруссия, представляющая собой длительно осваиваемый регион с развитой промышленностью и сельским хозяйством, испытала многообразные преобразования своей природной среды, обусловившие формирование сложных природно-антропогенных комплексов, характеризующихся различной степенью трансформации природного компонента. Непосредственным реципиентом антропогенных воздействий является ландшафт, и ландшафтная структура территории напрямую обуславливает территориальную дифференциацию ее ант-



ропогенной трансформации. В этой связи необходимо выяснить, какие ландшафты, относящиеся к различным классификационным единицам, слагают наиболее нарушенные регионы, с целью взятия под особую охрану эталонных участков таких ландшафтов и предотвращения деградации характерных для них типов экосистем.

Цель работы заключалась в раскрытии взаимосвязей между ландшафтной структурой территории и уровнем ее антропогенной трансформации и выделении ландшафтов, тяготеющих к территориям с сильной и слабой нарушенностью. К задачам относились:

– оценка степени антропогенной трансформации административных районов Белоруссии путем расчета отдельных индексов, а на их основе вычисления интегрального индекса трансформации;

– классификация административных районов по степени трансформации их природной среды и расчет основных показателей воздействия на природную среду и структуры землепользования выделенных классов;

– определение ландшафтной структуры выделенных классов и установление закономерностей ее изменения на территориях с различным уровнем антропогенной трансформации.

### Материал и методика

Источником информации о структуре землепользования административных районов стал Государственный земельный кадастр [1], содержащий информацию о площади всех категорий земель по административным районам (площади лесов, лугов, сельскохозяйственных земель, пастбищ, пашни, застроенных, под дорогами и коммуникациями, осушаемых и орошаемых и т.д.). По его данным были определены набор видов землепользования территории районов и площади, занятые каждым из этих видов. Полученные данные легли в основу определения численного значения антропогенной преобразованности или экологического состояния районов. Для определения ландшафтной структуры районов и вычисления соотношения классификационных единиц ландшафтов в каждом районе использовалась ландшафтная карта Белоруссии [2]. Для каждого административного района были рассчитаны следующие коэффициенты:

– коэффициент относительной напряженности ( $K_0$ ) эколого-хозяйственного баланса Б. И. Кочурова [3]:

$$K_0 = \frac{АН_4 + АН_5 + АН_6}{АН_1 + АН_2 + АН_3}, \quad (1)$$

где  $АН_1$  – земли с очень низкой антропогенной нагрузкой (природоохранные и неиспользуемые, т.е. экологический фонд),  $АН_2$  – земли с низкой нагрузкой (сенокосы, леса, используемые ограниченно),  $АН_3$  – земли со средней нагрузкой (многолетние насаждения, рекреационные земли),  $АН_4$  – земли с высокой нагрузкой (пахотные земли; ареалы интенсивных рубок; пастбища и сенокосы),  $АН_5$  – земли с очень высокой нагрузкой (орошаемые и осушаемые земли),  $АН_6$  – земли с высшей нагрузкой (земли промышленности, транспорта, городов, поселков, инфраструктуры);

– коэффициент абсолютной напряженности ( $K_A$ ) эколого-хозяйственного баланса Б. И. Кочурова [3]:

$$K_A = \frac{AH_6}{AH_1}; \quad (2)$$

– коэффициент естественной защищенности ( $K_{ЕЗ}$ ) Б. И. Кочурова [3]:

$$K_{ЕЗ} = \frac{AH_1 + 0,8AH_2 + 0,6AH_3 + 0,4AH_4}{S}, \quad (3)$$

где  $S$  – общая площадь территории;

– геоэкологический коэффициент ( $K_G$ ) И. С. Аитова [4]:

$$K_G = \frac{C_p}{C_d}, \quad (4)$$

где  $C_p$  – процент площади ненарушенных (коренных) геосистем на той или иной территории, в ландшафтном районе, ландшафте;  $C_d$  – процент предельно допустимой площади ненарушенных (коренных) геосистем (для зоны смешанных и широколиственных лесов принимается равным 30 [5]).

Для включения рассчитанных показателей в показатель интегральной оценки трансформации природной среды административных районов они были нормированы, т.е. к каждому из них было применено такое преобразование, в результате которого все они стали измеряться в  $N$ -балльной (безразмерной) шкале. Для этого использовался метод линейного масштабирования [6].

В результате значение каждого коэффициента было приведено к единому виду и стало выражаться через значение его по десятибалльной шкале. Таким образом, возникает возможность сравнения этих показателей между собой, а также нахождения суммы всех показателей, которая и будет отражать экологическое состояние изучаемых территорий.

### **Результаты и их обсуждение**

Расчет интегрального показателя позволил провести классификацию административных районов по уровню нарушенности, определить площадь, занимаемую каждым классом, и проживающее в его пределах количество населения (рис. 1, табл. 1). При составлении картограммы использовался метод естественной группировки. Этот метод находит широкое применение для разбиения значений на диапазоны при экологическом картографировании, так как соответствует процессу кластеризации и позволяет выявить отчетливые кластеры данных [7, 8].

Всего было выделено пять уровней нарушенности: слабо нарушенный (значение интегрального балла – от 0,1 до 7,4), умеренно нарушенный (7,4–11,6), средне нарушенный (11,6–15,7), сильно нарушенный (15,7–22,7), очень сильно нарушенный (22,7–33). В табл. 1, 2 даны показатели площади и населения, а также доля отдельных категорий земель и индексы экологического состояния регионов с различным уровнем нарушенности.

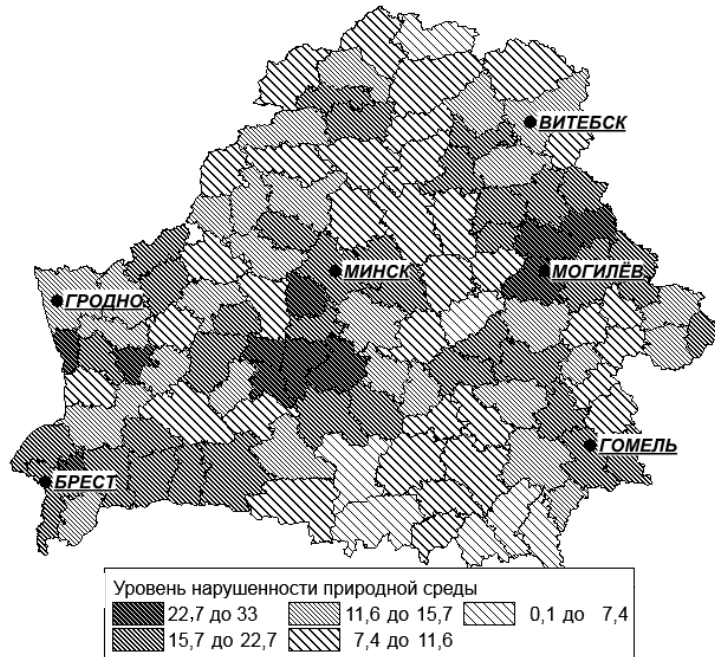


Рис. 1. Интегральный показатель нарушенности природной среды районов Белоруссии

Таблица 1

Площадь и население районов с различным уровнем нарушенности

Уровень нарушенности	Площадь, %	Население		Городское население		Сельское население		Отношение доли площади к доле населения
		%	чел./км <sup>2</sup>	%	чел./км <sup>2</sup>	%	чел./км <sup>2</sup>	
Слабый	7,4	1,4	8,8	1,0	4,5	2,9	4,3	5,3
Умеренный	32,2	15,4	21,9	20,1	13,9	23,7	8,0	2,1
Средний	25,1	20,5	37,7	19,7	27,6	36,6	10,1	1,2
Сильный	28,7	54,3	87,2	48,2	71,8	10,9	15,4	0,5
Очень сильный	6,6	8,4	58,7	11,0	42,9	25,9	15,8	0,8
<b>В целом по стране</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>45,7</b>	<b>100</b>	<b>34,9</b>	<b>100</b>	<b>10,8</b>	<b>1</b>

Сопоставление картограммы нарушенности с ландшафтной и физико-географической картами показало, что районы с наиболее высокими значениями показателя сконцентрированы преимущественно в пределах Белорусской возвышенной провинции холмисто-моренно-эрозионных и вторичноморенных ландшафтов. В физико-географическом отношении здесь наиболее нарушенные районы расположены в пределах возвышенных форм рельефа – Минской, Волковысской, Новогрудской, Ошмянской возвышенностей, Копыльской гряды. Заметна достаточно четкая приуроченность наиболее трансформированных районов востока страны к Восточно-Белорусской провинции вторичноморенных и лессовых ландшафтов, а именно к той ее части, которая

также занята возвышенностями – Оршанской, Смоленско-Московской, Горецко-Мстиславской. Третья группа районов с повышенным значением интегрального показателя нарушенности расположена на крайнем юго-западе республики, в западной части Полесской ландшафтной провинции озерно-аллювиальных, болотных и вторичных водно-ледниковых ландшафтов преимущественно в пределах Прибугской равнины и Загородья.

Таблица 2

Структура землепользования и геоэкологическое состояние районов с различным уровнем нарушенности

Уровень нарушенности	Пашня, %	Луга, %	Леса, %	Особо охраняемые природные территории, %	Сильно нарушенные, %	Осушенные, %	К <sub>А</sub>	К <sub>О</sub>	К <sub>ЕЗ</sub>	К <sub>Г</sub>
Слабый	11,1	8,0	63,4	24,7	2,7	14,1	0,13	0,24	0,72	2,11
Умеренный	20,0	12,9	50,2	10,2	3,6	13,7	0,73	0,44	0,62	1,68
Средний	27,1	15,3	40,9	5,7	4,0	17,0	1,31	0,67	0,55	1,36
Сильный	33,9	17,0	31,3	2,5	5,3	19,4	2,34	0,97	0,50	1,04
Очень сильный	46,5	18,2	21,7	0,1	5,7	17,5	10,5	1,74	0,44	0,73
<b>В целом по стране</b>	<b>26,8</b>	<b>14,6</b>	<b>41,5</b>	<b>7,3</b>	<b>4,3</b>	<b>16,4</b>	<b>0,88</b>	<b>0,72</b>	<b>0,59</b>	<b>1,4</b>

Крупнейшие регионы наименее нарушенных территорий сконцентрированы преимущественно в центральных частях Полесской и Поозерской низменностей.

С помощью ландшафтной карты Белоруссии была подсчитана доля каждой группы родов, рода и подрода ландшафтов в общей ландшафтной структуре территорий с различным уровнем нарушенности (табл. 3). Все ландшафты Белоруссии относятся к бореально-суббореальным (на севере и в центре) и суббореальным (на юге) восточноевропейским лесным равнинным ландшафтам. В системе классификации ландшафтов Белоруссии [9] группы родов выделяются по гипсометрическому положению (возвышенные – 200–346 м, средневысотные – 150–200 м, низменные – 100–150 м); роды – в зависимости от генезиса рельефа, подроды – по литологии поверхностных отложений, виды – по мезорельефу и характеру растительности. Это позволило выявить ряд закономерностей антропогенной преобразованности ландшафтов, относящихся к различным классификационным единицам.

Так наблюдается отчетливое увеличение доли возвышенных и средневысотных ландшафтов и снижение доли низменных ландшафтов от слабо к очень сильно нарушенным территориям. Если для слабо нарушенных регионов их соотношение составляет соответственно 1:6:14, то для средне нарушенных – уже 2:5:3, а для очень сильно нарушенных – 3:6:1.

Таблица 3

Ландшафтная структура территорий, различающихся  
по уровню нарушенности природной среды

Группы родов, роды и подроды ландшафтов	Уровень нарушенности природной среды				
	Слабый	Умеренный	Средний	Сильный	Очень сильный
1	2	3	4	5	6
<b>ВОЗВЫШЕННЫЕ</b>	5,5	16,2	16,7	17,2	26,5
<b>Холмисто-моренно-озерные</b>	–	<b>6,7</b>	<b>3,3</b>	<b>1,6</b>	–
– с поверхностным залеганием супесчано-суглинистой морены	–	3,3	0,4	–	–
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	–	2,0	1,4	1,4	–
– с прерывистым покровом лессовидных суглинков	–	1,4	1,5	0,2	–
<b>Холмисто-моренно-эрозионные</b>	–	<b>4,7</b>	<b>11,4</b>	<b>8,6</b>	<b>21,0</b>
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	–	3,1	6,9	2,6	6,1
– с покровом водно-ледниковых суглинков	–	0,9	2,6	3,4	8,0
– с покровом лессовидных суглинков	–	0,7	2,0	2,6	6,8
<b>Камово-моренно-озерные</b>	<b>5,5</b>	<b>2,2</b>	<b>0,7</b>	–	–
– с поверхностным залеганием водно-ледниковых песков и супесчано-суглинистой морены	5,5	2,2	0,7	–	–
<b>Камово-моренно-эрозионные</b>	–	<b>2,6</b>	<b>1,3</b>	<b>0,4</b>	–
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	–	2,6	1,3	0,4	–
<b>Лессовые</b>	–	–	–	<b>6,6</b>	<b>5,5</b>
– с покровом лессовидных суглинков	–	–	–	6,6	5,5
<b>СРЕДНЕВЫСОТНЫЕ</b>	28,5	45,2	48,0	52,5	60,5
<b>Моренно-озерные</b>	–	<b>3,0</b>	<b>6,8</b>	<b>4,7</b>	–
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	–	0,9	3,5	1,9	–
– с поверхностным залеганием супесчано-суглинистой морены	–	2,1	3,8	2,8	–
<b>Вторичноморенные</b>	–	<b>9,8</b>	<b>12,0</b>	<b>19,8</b>	<b>39,0</b>
– с покровом водно-ледниковых супесей	–	6,6	8,6	12,9	11,9
– с покровом водно-ледниковых суглинков	–	2,6	3,3	4,6	4,3
– с покровом лессовидных суглинков	–	0,7	0,1	2,4	22,9
<b>Моренно-зандровые</b>	<b>5,6</b>	<b>10,1</b>	<b>5,8</b>	<b>10,8</b>	<b>0,5</b>
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	3,9	9,1	4,3	5,8	0,5
– с покровом водно-ледниковых суглинков	1,7	0,7	1,5	3,1	–
– с покровом лессовидных суглинков	–	0,3	–	2,0	–
<b>Водно-ледниковые с озерами</b>	<b>3,1</b>	<b>5,4</b>	<b>4,8</b>	<b>0,6</b>	–
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	–	3,8	1,1	0,5	–
– с поверхностным залеганием водно-ледниковых песков	3,1	1,6	3,7	0,1	–

1	2	3	4	5	6
<b>Вторичные водно-ледниковые</b>	<b>19,8</b>	<b>16,9</b>	<b>18,6</b>	<b>16,6</b>	<b>21,0</b>
– с покровом лессовидных суглинков	3,3	–	1,1	3,0	8,9
– с покровом водно-ледниковых супесей	0,5	–	1,6	1,7	1,3
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	1,6	9,4	8,7	4,8	7,9
– с поверхностным залеганием водно-ледниковых песков	14,3	7,5	7,3	6,9	3,0
<b>НИЗМЕННЫЕ</b>	<b>66,0</b>	<b>37,9</b>	<b>35,1</b>	<b>30,3</b>	<b>13,0</b>
<b>Озерно-ледниковые</b>	<b>3,3</b>	<b>6,8</b>	<b>7,7</b>	<b>1,9</b>	<b>–</b>
– с поверхностным залеганием озерно-ледниковых суглинков и глин	0,8	2,5	3,9	1,3	–
– с поверхностным залеганием озерно-ледниковых песков и супесей	2,5	4,3	3,8	0,6	–
<b>Аллювиально-террасированные</b>	<b>27,6</b>	<b>7,3</b>	<b>5,2</b>	<b>6,5</b>	<b>2,8</b>
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	9,2	2,1	1,5	3,5	1,4
– с поверхностным залеганием аллювиальных песков	18,8	3,3	3,7	2,3	0,4
– с покровом водно-ледниковых суглинков	0,6	1,8	–	0,4	–
<b>Озерно-аллювиальные</b>	<b>13,2</b>	<b>5,9</b>	<b>4,6</b>	<b>6,4</b>	<b>0,1</b>
– с прерывистым покровом водно-ледниковых супесей	7,6	3,8	1,9	2,1	–
– с поверхностным залеганием аллювиальных песков	5,7	2,1	2,7	4,3	0,1
<b>Пойменные</b>	<b>8,1</b>	<b>3,4</b>	<b>3,5</b>	<b>4,6</b>	<b>0,4</b>
– с поверхностным залеганием аллювиальных песков	8,1	3,4	3,5	4,6	0,4
<b>Озерно-болотные</b>	<b>12,2</b>	<b>10,3</b>	<b>8,9</b>	<b>6,3</b>	<b>2,2</b>
– с поверхностным залеганием торфа	3,8	3,9	4,3	3,8	2,2
– с поверхностным залеганием торфа и песком	8,4	6,4	4,6	2,5	–
<b>Ландшафты речных долин</b>	<b>1,9</b>	<b>5,3</b>	<b>5,2</b>	<b>4,6</b>	<b>7,5</b>
– с поверхностным залеганием аллювиальных песков	1,9	5,3	5,2	4,6	7,5

Доля холмисто-моренно-озерных ландшафтов постепенно снижается в 4,2 раза от умеренно нарушенных до сильно нарушенных регионов. В противоположность им доля холмисто-моренно-эрозионных ландшафтов значительно увеличивается с возрастанием нарушенности, составляя 1/5 всех ландшафтов в сильно нарушенных регионах. Особенно заметно это на уровне подродов: доля подродов с покровом водно-ледниковых суглинков и с покровом лессовидных суглинков возрастает почти в десять раз.

Камово-моренно-озерные и камово-моренно-эрозионные ландшафты занимают небольшую часть в регионах преимущественно слабой нарушенности и практически исчезают уже на сильном уровне нарушенности. В противоположность им лессовые ландшафты характерны только для территорий с высоким и очень высоким уровнем нарушенности.

Для вторичноморенных ландшафтов характерно отсутствие в условиях слабой нарушенности природной среды и существенное возрастание по мере ее увеличения – до 2/5 площади всех сильно нарушенных территорий. Темпы увеличения доли при этом сильно различаются между различными подродами. Так, если подрод с покровом моренных суглинков составлял 7,1 % ландшафтов этого рода на умеренно нарушенных территориях, то в условиях сильной нарушенности он уже составляет 58,7 %. Доля же подрода с покровом водно-ледниковых супесей составляет соответственно 67,3 и 30,5 %.

Вторичные водно-ледниковые ландшафты в регионах с разным уровнем нарушенности занимают сопоставимую долю, однако соотношение подродов существенно различается. Так, подрод с поверхностным залеганием водно-ледниковых песков неуклонно снижает свою долю в общей площади рода от территорий со слабым (72,2 %) к территориям с очень сильным уровнем нагрузки (14,3 %). Подрод с покровом лессовидных суглинков, наоборот, увеличивает свою долю с 16,7 до 42,4 % соответственно.

Роды ландшафтов, относящихся к группе низменных, практически все непрерывно снижают свое присутствие с увеличением уровня нарушенности. Особенно ярко это выражено для аллювиально-террасированных ландшафтов, которые уже на стадии умеренной нарушенности уменьшают свою долю в 3,8 раза (в том числе подрод с поверхностным залеганием аллювиальных песков – в 5,7 раза). Исключение составляют ландшафты речных долин, приуроченные к относительно молодым ландшафтам со слабо разработанными молодыми речными долинами, имеющими сравнительно неширокую (< 1 км) пойму, сопровождаемую узкими прерывистыми площадками надпойменных террас [9], т.е. к тем рекам, где еще не сформировались широкие надпойменные террасы, с покровом аллювиальных песков, зачастую полугидроморфными и гидроморфными почвами, не способствующими хозяйственному освоению.

Если рассматривать изменения в структуре подстилающих пород территорий с различным уровнем нарушенности (рис. 2), то на всех территориях, различающихся уровнем нарушенности, высокую долю занимают ландшафты с покровом или прерывистым покровом водно-ледниковых суглинков, однако на слабо нарушенных территориях доминируют ландшафты с покровом аллювиальных песков (доля которых снижается с увеличением нарушенности), а на сильно нарушенных – с покровом лессовидных суглинков (увеличивающиеся с увеличением нарушенности). Также уменьшается доля ландшафтов с поверхностным залеганием торфа и с покровом водно-ледниковых песков.



Рис. 2. Доли территорий с различными подстилающими породами в пределах районов с различным уровнем нарушенности природной среды

Анализ изменения структуры видов ландшафтов (рис. 3) показал, что ландшафты с более расчлененной поверхностью увеличивают свою долю по мере увеличения уровня нарушенности: доля плоских и плосковолнистых и им подобных ландшафтов уменьшается (в совокупности с 66,3 % в слабо нарушенных до 8,7 % в очень сильно нарушенных регионах, доля холмистых, холмисто-волнистых и т.п. и платообразных ландшафтов увеличивается соответственно с 3,7 до 45,4 %).



Рис. 3. Доли территорий с различным характером рельефа в пределах районов с различным уровнем нарушенности природной среды

### Заключение

В ходе проведенных исследований были установлены взаимосвязи между ландшафтной структурой территории и уровнем ее антропогенной нарушенности. Выделены группы родов, роды, подроды и виды ландшафтов, которые тяготеют к регионам с определенным уровнем нарушенности. Так, с увеличением этого уровня, увеличивается доля возвышенных и средневысотных ландшафтов, холмисто-моренно-эрозионных, вторичноморенных, лесовых ландшафтов и ландшафтов речных долин. Уменьшается доля холмисто-моренно-озерных, камово-моренно-озерных, аллювиально-террасированных, озерно-аллювиальных, пойменных и озерно-болотных ландшафтов. По литологии подстилающей поверхности для сильно нарушенных ландшафтов характерны ландшафты с покровом лессовидных и водно-ледниковых суглинков, для слабо нарушенных – ландшафты с аллювиальными и водно-ледниковыми песками. По характеру мезорельефа к более нарушенным территориям тяготеют ландшафты с большей степенью расчлененности (холмистые, платообразные), а к менее нарушенным – с меньшей (плоские, плосковолнистые).

Результаты позволяют выделить ландшафты, относящиеся к различным классификационным единицам, которые в силу их благоприятности для ант-



ропогенного освоения и нарушения должны стать объектом охраны в рамках особо охраняемых природных территорий для сохранения характерных для них типов экосистем, а следовательно, и биологического разнообразия страны в целом.

### Список литературы

1. Государственный земельный кадастр Республики Беларусь (по состоянию на 1 января 2013 года) / Гос. ком. по имуществу РБ. – Минск, 2013. – URL: [www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK\\_2012.doc](http://www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK_2012.doc) (дата обращения: 28.03.2014).
2. Ландшафтная карта Белорусской ССР / под ред. А. Г. Исаченко. – М. : ГУГК, 1984.
3. **Кочуров, Б. И.** Геоэкология: экодиагностика и эколого-хозяйственный баланс территории / Б. И. Кочуров. – Смоленск : СГУ, 1999. – 154 с.
4. **Аитов, И. С.** Геоэкологический анализ для регионального планирования и системной экспертизы территории (на примере Нижневартковского региона) : автореф. дис. ... канд. геогр. наук : 25.00.36 «Геоэкология» / Аитов И. С. – Барнаул, 2006. – 18 с.
5. **Реймерс, Н. Ф.** Охрана природы и окружающей человека среды : словарь-справочник / Н. Ф. Реймерс. – М. : Просвещение, 1992. – 320 с.
6. **Бакуменко, Л. П.** Интегральная оценка качества и степени экологической устойчивости окружающей среды региона (на примере Республики Марий Эл) / Л. П. Бакуменко, П. А. Коротков // Прикладная эконометрика. – 2008. – № 1. – С. 73–92.
7. Медико-экологический атлас Воронежской области : моногр. / С. А. Куролап, Н. П. Мамчик, О. В. Клепиков, В. И. Федотов, Ю. А. Нестеров. – Воронеж : Истоки, 2010. – 167 с.
8. **Коновалова, Н. В.** Методология создания карты геоэкологического районирования в среде ГИС на примере Ненецкого автономного округа / Н. В. Коновалова, Ю. Н. Шумилова // Вестник Северного (Арктического) федерального университета. Серия: Естественные науки. – 2008. – № 2. – С. 70–75.
9. **Марцинкевич, Г. И.** Ландшафтоведение : учеб. пособие / Г. И. Марцинкевич, И. И. Счастливая. – Минск : БГУ, 2013. – 252 с.

### References

1. *Gosudarstvennyy zemel'nyy kadastr Respubliki Belarus' (po sostoyaniyu na 1 yanvarya 2013 goda)* [The state land cadaster of the Republic of Belarus (as for 1<sup>st</sup> January 2013)]. Minsk, 2013. Available at: [www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK\\_2012.doc](http://www.gki.gov.by/upload/new%20structure/press%20service/GZK_2012.doc) (accessed 2014, March 28).
2. *Landshafinaya karta Belorusskoy SSR* [Landscape map of the Belarus SSR]. Ed. by A. G. Isachenko. Moscow: GUGK, 1984.
3. Kochurov B. I. *Geoekologiya: ekodiagnostika i ekologo-khozyaystvennyy balans territorii* [Geoeology: ecodiagnosics and ecological-economic balance of territories]. Smolensk: SGU, 1999, 154 p.
4. Aitov I. S. *Geoekologicheskij analiz dlya regional'nogo planirovaniya i sistemnoy ekspertizy territorii (na primere Nizhnevartovskogo regiona): avtoref. dis. kand. geogr. nauk: 25.00.36* [Geoeological analysis for regional planning and system expert review of territories (by the example of Nizhnyartovsk region): author's abstract of dissertation to apply for the degree of the candidate of geographical sciences ]. Barnaul, 2006, 18 p.
5. Reymers N. F. *Okhrana prirody i okruzhayushchey cheloveka sredy: slovar'-spravochnik* [Protection of environment and human-surrounding media: a reference dictionary]. Moscow: Prosveshchenie, 1992, 320 p.

6. Bakumenko L. P., Korotkov P. A. *Prikladnaya ekonometrika* [Applied econometrics]. 2008, no. 1, pp. 73–92.
7. Kurolap S. A., Mamchik N. P., Klepikov O. V., Fedotov V. I., Nesterov Yu. A. *Mediko-ekologicheskij atlas Voronezhskoy oblasti: monogr.* [A medical and ecological atlas of Voronezh region: monograph]. Voronezh: Istoki, 2010, 167 p.
8. Konovalova N. V., Shumilova Yu. N. *Vestnik Severnogo (Arkticheskogo) federal'nogo universiteta. Seriya: Estestvennye nauki* [Bulletin of Northern (Arctic) Federal University. Series: Natural sciences]. 2008, no. 2, pp. 70–75.
9. Martsinkevich G. I., Schastnaya I. I. *Landshaftovedenie: ucheb. posobie* [Landscape science: tutorial]. Minsk: BGU, 2013, 252 p.

---

**Соколов Александр Сергеевич**

ассистент, кафедра экологии,  
Гомельский государственный  
университет имени Франциска Скорины  
(Белоруссия, г. Гомель, ул. Советская, 104)

E-mail: alsokol@tut.by

**Sokolov Aleksandr Sergeevich**

Assistant, sub-department of ecology,  
Francisk Skorina Gomel State University  
(104 Sovetskaya street, Gomel, Belarus)

---

УДК 911.5:502.3

**Соколов, А. С.**

**Ландшафтные закономерности антропогенной трансформации природной среды Белоруссии / А. С. Соколов // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 71–82.**

УДК 502.335;504.052

*А. Г. Розенберг, Н. В. Костина, Г. С. Розенберг*

## ПРОГНОЗ ИЗМЕНЕНИЯ ЛЕСИСТОСТИ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ СЦЕНАРИЕВ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ<sup>1</sup>

### **Аннотация.**

*Актуальность и цели.* Сценарный анализ все чаще используется для целей планирования, оценки и реализации решений, касающихся вопросов окружающей среды и устойчивого развития. Цель настоящего исследования – прогноз изменения лесистости Самарской области при различных вариантах развития.

*Материалы и методы.* Информационную основу составили данные из открытых источников, результаты социологических опросов, в том числе полученные авторами. Исследование проводилось методом сценарного анализа с использованием функции Кобба – Дугласа экспоненциального типа.

*Результаты.* Проведенные исследования позволили рассмотреть четыре варианта развития системы «природа – общество» на основе проведенных социологических опросов. На примере Самарской области был дан прогноз изменения лесистости территории в рамках концепции устойчивого развития.

*Выводы.* Прогноз изменения лесистости Самарской области до 2100 г. по синтезированной модели с учетом результатов эколого-социологического анализа сценариев развития человечества показал, что в худшем варианте лесистость уменьшится до 0,5 % от площади области, при неизменных условиях – до 8 %. При реализации наиболее адекватного сценария лесистость увеличится до 18 %, а при самом «утопическом» сценарии вернется к уровню 1700 г.

**Ключевые слова:** сценарный анализ, устойчивое развитие, лесистость, Самарская область.

*A. G. Rozenberg, N. V. Kostina, G. S. Rozenberg*

## FORECAST OF FOREST COVER CHANGES IN SAMARA REGION AT SUSTAINABLE DEVELOPMENT SCENARIOS

### **Abstract.**

*Background.* The scenario analysis is being used more often now for planning, evaluation and implementation of decisions relating to environment and sustainable

---

<sup>1</sup> Авторы выражают благодарность Российскому гуманитарному научному фонду «Волжские земли в истории и культуре России» (грант № 15-12-63006) и Российскому фонду фундаментальных исследований (грант РФФИ № 15\_44\_02160 p\_поволжье\_a), а также Программе фундаментальных исследований Президиума РАН «Биоразнообразие природных систем. Биологические ресурсы России: оценка состояния и фундаментальные основы мониторинга» за частичную финансовую поддержку данной работы.

development. The purpose of this study is to forecast changes in the forest cover of Samara region at various development ways.

*Materials and methods.* The research data was taken from open sources, results of opinion polls, including those conducted by the authors. The study was conducted by the method of scenario analysis using the Cobb – Douglas function of exponential type.

*Results.* The conducted research considered four development options of the “nature – society” system on the basis of opinion polls. There was given a forecast of forest cover changes in the framework of sustainable development by the example of Samara region.

*Conclusions.* The forecast of forest cover changes in Samara region until 2100 based on the synthetic model taking into account ecological and sociological analysis of human development scenarios showed that the percentage of forest cover in the worst case scenario would be reduced to 0,5 % of the region’s area, but under unaltered conditions – to 8 %. At the most appropriate scenario the forest cover would be increased to 18 %, while the “utopian” scenario would bring it back to the level of the year 1700.

**Key words:** scenario analysis, sustainable development, forest cover, Samara region.

### Введение

Сценарии – это истории о том, что могло бы быть [1]. Они все чаще используются для целей планирования, оценки и реализации решений, касающихся вопросов окружающей среды и устойчивого развития.

Четыре футуристических сценария устойчивого развития системы «природа – общество» предложил американский эко-энвайронменталист Р. Костанца [2]. За основу он взял сценарии Х. Боссея [3] и некоторые идеи из «Пределов роста» Д. Медоуз с соавторами [4]. Предлагаемые им футуристические сценарии (табл. 1) развиваются на протяжении 100 лет (с 2000 по 2100 г.), они включают желательные и нежелательные аспекты, надежды и опасения, устойчивые и неустойчивые состояния, что позволяет респонденту осуществить сознательный выбор среди заданных альтернатив.

Таблица 1

Сценарии развития системы «природа – общество»  
по Костанце [2] (авторский перевод)

Сценарий	Описание
1	2
<b>Star trek – Путь к звездам</b>	Описывается мир, в котором природные ресурсы практически иссякли, а численность населения продолжает стремительно увеличиваться. Парниковый эффект вызывает серьезные проблемы. К 2050 г. удается нивелировать проблему изменения климата и загрязнения воздуха благодаря использованию термоядерной энергии и водородного топлива. Из-за перенаселения планеты человечество отправляется колонизировать космос. К 2100 г. человеческая цивилизация насчитывает более 40 млрд чел., проживающих как на планете Земля, так и на иных планетах.

Окончание табл. 1

1	2
<b>Mad Max – Безумный Макс</b>	В этом сценарии человечество исчерпало все мировые запасы ископаемого топлива. Парниковый эффект и глобальное загрязнение полностью нарушили все климатические и экологические системы Земли. Финансовые рынки рухнули. К 2020 г. население Земли насчитывало 10 млрд чел., а потом резко пошло на спад из-за голода, вспышек болезней и войн за воду и другие природные ресурсы. Национальные правительства более не имеют реальной власти. Миром в течение некоторого времени правят транснациональные корпорации в условиях жесткой конкуренции за исчезающие ресурсы. Распределение богатства становится все более и более асимметричным.
<b>Big government – Большое правитель- ство</b>	Этот сценарий описывает мир, в котором правительства и общественность имеют гораздо больше контроля над корпорациями. Высокие налоги на ископаемое топливо способствуют снижению выбросов CO <sup>2</sup> и сдерживают парниковый эффект. Население Земли не превышает 8 млрд чел. Тем не менее правительства придерживаются политики медленного роста, или «нероста», предпочитая сконцентрироваться на обеспечении экологической устойчивости и более справедливого распределения богатства.
<b>Ecotopia – Экотопия</b>	Этот сценарий описывает мир, в котором люди наконец нашли практические пути достижения устойчивого развития. Общественность резко выступает против потребительского образа жизни. Добыча природных ресурсов облагается колоссальными налогами, что поощряет использование альтернативных источников энергии. Люди живут небольшими поселениями. Снижается необходимость в платном труде из-за сокращения уровня потребления, что приводит к стиранию границ между богатыми и бедными слоями населения.

### Результаты и их обсуждение

Р. Костанца провел оценку этих сценариев путем социологических опросов студентов США (316 чел.; университеты штатов Мэриленд и Айова) и Швеции (102 чел.; университеты в Упсале и Стокгольме). Всем им предлагалось оценить по шкале [-10, +10] «комфортность» их проживания в одном из описанных сценариев миров.

Мы провели аналогичные опросы среди, в основном, студентов вузов некоторых городов Самарской области (Самара, Тольятти; сравнение с результатами наших же аналогичных опросов в г. Нижневартовске обсуждалось ранее [5–7]); всего было охвачено 356 респондентов, и получены следующие результаты (табл. 2).

Таблица 2

Результаты опросов жителей США, Швеции и России

Сценарий	США (n = 316)	Швеция (n = 102)	Всего (n = 418)	Россия (n = 356)
«Путь к звездам»	2,38 (±5,03)	2,48 (±5,45)	2,48 (±5,13)	2,28 (±5,04)
«Безумный Макс»	-7,78 (±3,41)	-9,12 (±2,30)	-8,12 (±3,23)	-7,04 (±3,48)
«Большое правительство»	0,54 (±4,44)	2,32 (±3,48)	0,97 (±4,29)	1,12 (±3,63)
«Экотопия»	5,32 (±4,10)	7,33 (±3,11)	5,81 (±3,97)	3,94 (±3,01)

Эта таблица наглядна и не требует подробного комментария. Заметим только, что сценарий «Экотопия» стал лидером (правда, шведы оценили его почти в два раза выше, чем наши соотечественники); сценарий «Безумный Макс» всеми был воспринят хуже всего; «умеренные» в своих футуристических прогнозах сценарии «Большое правительство» и «Путь к звездам» оказались в центре предпочтений.

Эколого-экономическая система должна быть устойчивой, а для этого должен соблюдаться баланс между устойчивостью и эффективностью (для экосистем под эффективностью понимается биоразнообразие, для экономических систем – коэффициент полезного действия; повышение эффективности системы влечет уменьшение устойчивости, и наоборот, рост устойчивости означает уменьшение эффективности [8–9]). Как ни парадоксально, современная мировая экономика сегодня достаточно хрупка именно потому, что стала слишком эффективной [10]. Эту ситуацию иллюстрирует рис. 1, который выполнен нами по аналогии с [8, 10].

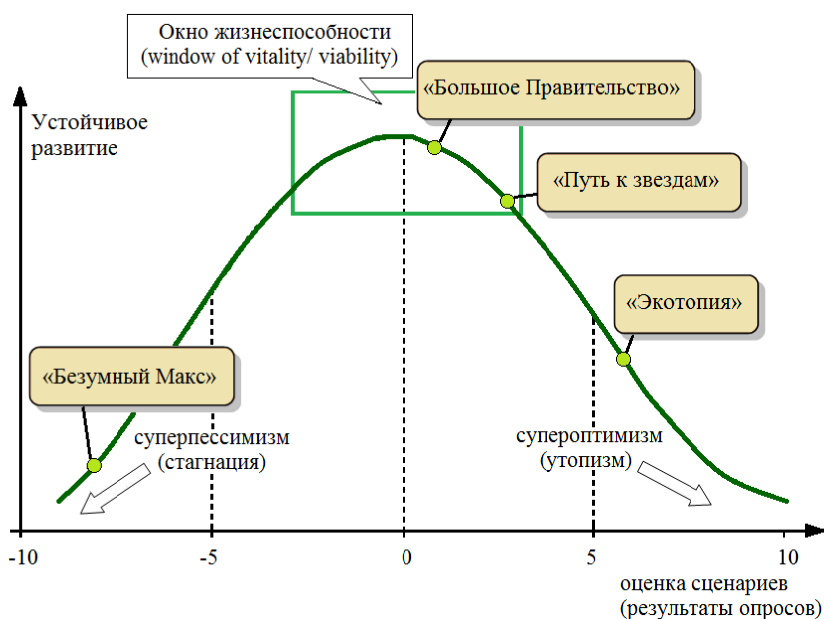


Рис. 1. Ранжирование сценариев устойчивого развития ([8], в нашей интерпретации)

Здесь «окно жизнеспособности» – это зона устойчивости, в пределах которой функционируют все природные экосистемы. Так, два близких сценария («Большое правительство» и «Путь к звездам») как раз и попадают в зону «окна жизнеспособности», что интерпретируется нами как состояние, которое наиболее близко к устойчивому развитию региона.

Проведенный нами анализ позволяет прийти к еще одному неоспоримому выводу: «при любом сценарии развития следует принимать “экологический императив” – всеми возможными способами сохранять и улучшать состояние природной среды» [11].

Результаты эколого-социологические опросов дают нам информацию для синтеза простых (эмпирико-статистических) моделей для прогнозирования изменений (в большей степени качественного – в каком направлении

пойдут изменения) стоимости некоторых экосистемных услуг (нечто похожее можно найти в работах [12–13]).

Устойчивое развитие представляет собой объединение социальной, экономической и экологической сфер жизни сообществ людей. И экономическая, и социальная составляющие устойчивого развития могут быть описаны с использованием функции Кобба – Дугласа [14] экспоненциального типа:

$$GWP = HK^{\alpha_1} SK^{\alpha_2} BK^{\alpha_3} W^{\alpha_4} \prod_{i=1}^7 NK_i^{\alpha_{i+4}} ; \quad (1)$$

$$SSW = BK^{\beta_1} C^{\beta_2} \prod_{i=1}^7 NK_i^{\beta_{i+2}} HK^{\beta_{10}} SK^{\beta_{11}} W^{\beta_{12}} M^{\beta_{13}} ,$$

где  $GWP$  – «отдача» производства (production of conventional economic goods and services; экономическая составляющая),  $SSW$  – показатель устойчивости социального обеспечения (sustainable social welfare; социальная составляющая);  $\alpha_i$  и  $\beta_i$  – положительные коэффициенты «эластичности» (если сумма коэффициентов эластичности равна единице, то функция Кобба – Дугласа является линейно однородной, т.е. она демонстрирует постоянную отдачу при изменении масштабов воздействий),  $HK$  – человеческий капитал (технологии и труд),  $SK$  – социальный капитал (социальные сети и институты),  $BK$  – созданный капитал (здания, дороги и др.),  $W$  – отходы,  $C$  – расход (помимо производства),  $NK$  – природный капитал (разбит на 11 экосистемных товаров и услуг, т.е. социальная составляющая включает и экологическую) и  $M$  – смертность [12]. Естественно, что отходы ( $W$ ) и смертность ( $M$ ) влияют на  $GWP$  и  $SSW$  отрицательно (в частности, в работе [12] смертность для разных сценариев входит в уравнения Кобба – Дугласа с отрицательным знаком [ $\beta_{13} = -0,20$ ]). Заметим, что статистика не по всем параметрам уравнения Кобба – Дугласа нам доступна при оценке экосистемных услуг по Самарской области, что приводит к необходимости редукции этих соотношений.

Допустим, что изменение параметра во времени происходит по экспоненциальному закону с параметрами  $a$ ,  $b$ ,  $c$ , которые определяются по регрессионным уравнениям, причем в дальнейшем  $b$  считается зависящим от сценария устойчивого развития ( $S_i$ ; прогноз делается на «глубину» 100 лет):

$$y = f(t) = a \exp(b \{S_i\} t) + c \text{ или } \ln(Y) = \ln(a) + b \{S_i\} t, \quad (2)$$

$$b \{S_i\} = b \beta_{i \text{ нормир.}} .$$

В нашем случае мы имеем четыре сценария возможного развития ситуации (см. табл. 1, 2). Если перевести результаты опроса в шкалу  $\{0 \div +2\}$ , то получим оценки в последнем столбце табл. 3.

Таблица 3

## Результаты опросов жителей России

Сценарий	Россияне (n = 356)	$\tilde{\beta}_i \text{ нормир.}$
«Безумный Макс»	-7,04 (±3,48)	1,4
«Большое правительство»	1,12 (±3,63)	1,0
«Путь к звездам»	2,28 (±5,04)	0,9
«Экотопия»	3,94 (±3,01)	0,8

Такая нормировка шкалы представляется удобной, так как один из сценариев («Большое правительство»), признанный «удовлетворительным» практически всеми категориями опрошенных, является как бы усредненным и  $\tilde{\beta}_{i \text{ нормир.}} = 1$ , а  $b\{S_i\} = b$ .

Рассмотрим такой параметр, как «лесистость территории Самарской области»; его динамика представлена на рис. 2.

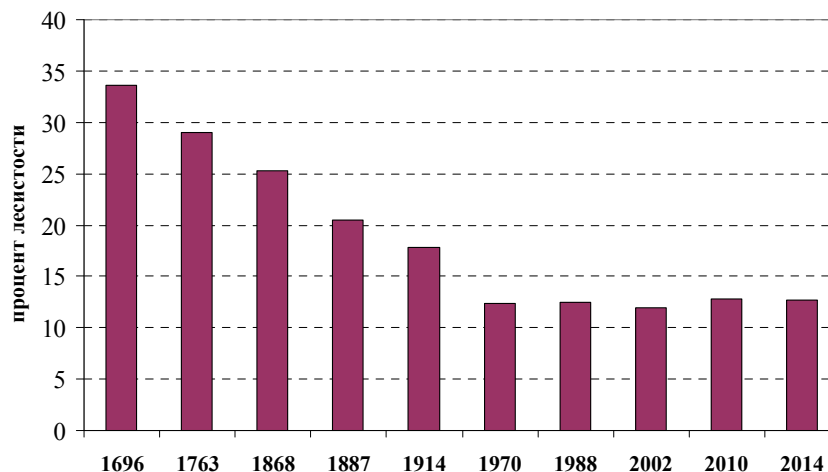


Рис. 2. Изменение лесистости Самарской области за последние 300 лет

**Примечание.** Лесистость за 1696–1914 гг. приведена по данным М. А. Цветкова, за 1970 г. – по данным «Атласа лесов СССР», за 1988–2014 гг. – по данным Госкомстата России [15].

Эта 300-летняя динамика описывается уравнением

$$y = 14000 \exp(-0,0035t). \quad (3)$$

В этом случае коэффициент  $b\{S_i\} = -0,0035 \tilde{\beta}_{i \text{ нормир.}}$ . Для различных сценариев  $\tilde{\beta}_{i \text{ нормир.}}$  приведены в табл. 3.

Используя уравнение  $y = f(t)$  и подставляя различные значения  $\tilde{\beta}_{i \text{ нормир.}}$ , получим прогнозы изменения лесистости Самарской области при реализации сценария  $i$  (рис. 3).

Две крайние ситуации – оптимистическая («Экотопия») и пессимистическая («Безумный Макс») – дают весьма нереалистические прогнозы: в первом случае через 100 лет лесистость должна превысить лесистость начала 1700 г. и составить примерно 39 % (рост к современному состоянию на 300 %), во втором – уменьшиться до 0,5 %. Более адекватные оценки дают два других сценария: «Большое правительство» (все остается, как есть сегодня) ведет к уменьшению лесистости до 9 %, а «Путь к звездам» увеличивает лесистость до 18 % (уровень начала XX в.).

Мы отдаем себе отчет в том, что предложенная экспоненциальная модель весьма груба и требует дальнейшего совершенствования, но и она позволяет «ранжировать» сценарии устойчивого развития и удовлетворительно оценить (в большей степени качественно) ее прогностические способности.



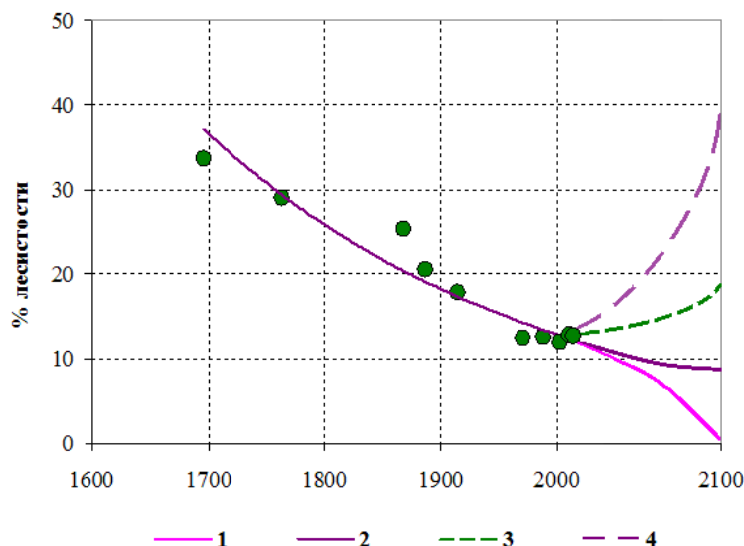


Рис. 3. Реальные значения (точки), аппроксимирующая кривая лесистости Самарской области за 300 лет и прогнозируемые изменения лесистости при реализации сценария *i*: 1 – «Безумный Макс»; 2 – «Большое правительство» и прогноз по исходному уравнению; 3 – «Путь к звездам»; 4 – «Экотопия»

Сценарный анализ с его качественными и количественными компонентами является полезным методом организации информации, видения и обсуждения альтернативных путей развития региона в будущем. Он также ценен для выявления масштабов проблем, которые еще предстоит решить. Сценарии поднимают фундаментальные вопросы о цели развития, а также намечают вероятные пути достижения желаемого устойчивого будущего.

### Заключение

Результаты эколого-социологического анализа сценариев развития человечества показали, что два близких сценария («Большое правительство» и «Путь к звездам») попадают в зону «окна жизнеспособности», что интерпретируется нами как состояние, которое наиболее близко к устойчивому развитию региона.

Прогноз изменения лесистости Самарской области на 2100 г. по синтезированной модели с учетом результатов эколого-социологического анализа сценариев развития человечества показал, что в худшем варианте (сценарий «Безумный Макс») лесистость уменьшится до 0,5 % от площади области, при неизменных условиях («Большое правительство») – до 8 %, при оптимистическом сценарии («Экотопия») – увеличится до уровня 1700 г. Сценарий «Путь к звездам» представляется наиболее адекватным сценарием общественного развития, при котором уровень лесистости увеличивается до 18 %.

### Список литературы

1. **Nemarundwe, N.** Future Scenarios as an Instrument for Forest Management: Manual for Training Facilitators of Future Scenarios / N. Nemarundwe. – Bogor, Indonesia, 2003.
2. **Costanza, R.** Four visions of the century ahead: Will it be Star Trek, Ecotopia, Big Government or Mad Max? / R. Costanza // *Futurist*. – 1999. – Vol. 33, № 2. – P. 23–28.

3. **Bossel, H.** *Earth at a Crossroads: Paths to a Sustainable Future* / H. Bossel. – Cambridge (UK) : Cambridge University Press, 1998. – 356 p.
4. **Meadows, D. H.** *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind* / D. H. Meadows, D. L. Meadows, J. Randers, W. W. Behrens. – New York : Universe Books, 1972. – 205 p.
5. **Розенберг, Г. С.** Эколого-социологический анализ сценариев устойчивого развития / Г. С. Розенберг, А. Г. Розенберг // *Вестник Волжского университета им. В. Н. Татищева*. – 2006. – № 6. – С. 103.
6. **Розенберг, А. Г.** Экотопия: к чему стремиться? (Сценарии устойчивого развития – сравнительные социологические опросы студентов, школьников и научных сотрудников-экологов) / А. Г. Розенберг, Н. Ф. Рянский, Г. С. Розенберг // *Вестник Нижневартковского государственного университета*. – 2009. – № 1. – С. 68–86.
7. **Кудинова, Г. Э.** Сценарии устойчивого развития / Г. Э. Кудинова, А. Г. Розенберг, В. С. Юрина, С. С. Зибарев, М. Н. Иванов // *Современные исследования социальных проблем*. – 2011. – Т. 8, № 4. – С. 74–83.
8. **Goerner, S. J.** Quantifying economic sustainability: implications for free-enterprise theory, policy and practice / S. J. Goerner, B. Lietaer, R. E. Ulanowicz // *Ecol. Economics*. – 2009. – Vol. 69. – P. 76–81.
9. **Lydenberg, S.** *The Potential Use of Sustainability Scenarios as a Supplement to Stock Price in Equity Valuation by Long-term Investors* / S. Lydenberg. – New York : Domini Social Investments LLC, 2014. – 52 p.
10. **Ulanowicz, R. E.** *The Third Window: Natural Life Beyond Newton & Darwin* / R. E. Ulanowicz. – West Conshohocken : Templeton Foundation Press, 2009. – 196 p.
11. **Моисеев, Н. Н.** «Устойчивое развитие» или «Стратегия переходного периода» / Н. Н. Моисеев // *Заслон средневековью* / Н. Н. Моисеев. – М. : Тайдекс Ко, 2003. – С. 281–299.
12. **De Groot, R. S.** A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services / R. S. de Groot, M. A. Wilson, R. M. J. Boumans // *Ecol. Econ.* – 2002. – Vol. 41, № 3. – P. 393–408.
13. **De Vries, B. J. M.** *Scenarios: guidance for an uncertain and complex world* / B. J. M. de Vries // *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth* / ed. by R. Costanza, L. J. Graumlich, W. Steffen. – Cambridge (USA) : MIT Press, 2006. – P. 379–398.
14. **Шараев, Ю. В.** *Теория экономического роста* / Ю. В. Шараев. – М. : ГУ ВШЭ, 2006. – 254 с.
15. **Розенберг, Г. С.** *Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию* / Г. С. Розенберг. – Тольятти : ИЭВБ РАН ; Кассандра, 2009. – 477 с.

### *References*

1. Nemarundwe N. *Future Scenarios as an Instrument for Forest Management: Manual for Training Facilitators of Future Scenarios*. Bogor, Indonesia, 2003.
2. Costanza R. *Futurist*. 1999, vol. 33, no. 2, pp. 23–28.
3. Bossel H. *Earth at a Crossroads: Paths to a Sustainable Future*. Cambridge (UK): Cambridge University Press, 1998, 356 p.
4. Meadows D. H., Meadows D. L., Randers J., Behrens W. W. *The Limits to Growth: A Report for the Club of Rome's Project on the Predicament of Mankind*. New York: Universe Books, 1972, 205 p.
5. Rozenberg G. S., Rozenberg A. G. *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V. N. Tatishcheva* [Bulletin of Tatishchev Volga University]. 2006, no. 6, p. 103.
6. Rozenberg A. G., Ryanskiy N. F., Rozenberg G. S. *Vestnik Nizhnevartovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Bulletin of Nizhnevartovsk State University]. 2009, no. 1, pp. 68–86.

7. Kudinova G. E., Rozenberg A. G., Yurina V. S., Zibarev S. S., Ivanov M. N. *Sovremennye issledovaniya sotsial'nykh problem* [Modern research of social problems]. 2011, vol. 8, no. 4, pp. 74–83.
8. Goerner S. J., Lietaer B., Ulanowicz R. E. *Ecol. Economics*. 2009, vol. 69, pp. 76–81.
9. Lydenberg S. *The Potential Use of Sustainability Scenarios as a Supplement to Stock Price in Equity Valuation by Long-term Investors*. New York: Domini Social Investments LLC, 2014, 52 p.
10. Ulanowicz R. E. *The Third Window: Natural Life Beyond Newton & Darwin*. West Conshohocken: Templeton Foundation Press, 2009, 196 p.
11. Moiseev N. N. *Zaslony srednevekov'yu* [A screen from the Middle Ages]. Moscow: Taydeks Ko, 2003, pp. 281–299.
12. De Groot R. S., Wilson M. A., Boumans R. M. J. *Ecol. Econ*. 2002, vol. 41, no. 3, pp. 393–408.
13. De Vries B. J. M. *Sustainability or Collapse? An Integrated History and Future of People on Earth*. Cambridge (USA): MIT Press, 2006, pp. 379–398.
14. Sharaev Yu. V. *Teoriya ekonomicheskogo rosta* [The territory of economic growth]. Moscow: GU VShE, 2006, 254 p.
15. Rozenberg G. S. *Volzhskiy basseyn: na puti k ustoychivomu razvitiyu* [The Volga basin: towards sustainable development]. Tolyatti: IEVB RAN; Kassandra, 2009, 477 p.

**Розенберг Анастасия Геннадьевна**

младший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН (Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: chicadivina@yandex.ru

**Rozenberg Anastasia Gennadyevna**

Junior staff scientist, Institute of the Volga River Basin Ecology of RAS (10 Komzina street, Togliatti, Russia)

**Костина Наталья Викторовна**

кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Институт экологии Волжского бассейна РАН (Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: knva2009@yandex.ru

**Kostina Natalia Viktorovna**

Candidate of biological sciences, senior staff scientist, Institute of the Volga River Basin Ecology of RAS (10 Komzina street, Togliatti, Russia)

**Розенберг Геннадий Самуилович**

доктор биологических наук, профессор, член-корреспондент РАН, директор, Институт экологии Волжского бассейна РАН (Россия, г. Тольятти, ул. Комзина, 10)

E-mail: genarozenberg@yandex.ru

**Rozenberg Gennady Samuilovich**

Doctor of biological sciences, professor, corresponding member of RAS, director, Institute of the Volga River Basin Ecology of RAS (10 Komzina street, Togliatti, Russia)

УДК 502.335;504.052

**Розенберг, А. Г.**

**Прогноз изменения лесистости Самарской области при реализации сценариев устойчивого развития / А. Г. Розенберг, Н. В. Костина, Г. С. Розенберг // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки. – 2016. – № 1 (13). – С. 83–91.**

## **Внимание 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, химии, географии, экологии, 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 дополнить 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**.

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 подрисовочными 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 сотовые).

Обращаем внимание авторов на то, что перевод имен собственных на английский язык в списке литературы осуществляется автоматически с использованием программы транслитерации в кодировке BGN (сайт translit.ru). Для обеспечения единообразия указания данных об авторах статей во всех реферируемых базах при формировании авторской справки при подаче статьи необходимо представить перевод фамилии, имени, отчества каждого автора на английский язык, или он будет осуществлен автоматически в программе транслитерации в кодировке BGN.

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.**