

СПЕЦИАЛЬНЫЙ ВЫПУСК

УЧРЕДИТЕЛИ ЖУРНАЛА

Сибирское отделение Российской академии наук  
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН

Главный редактор

доктор географических наук В.М. ПЛЮСНИН

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Акад. *П.Я. Бакланов* (заместитель главного редактора), д-р геогр. наук *Л.М. Корытный* (заместитель главного редактора), канд. геогр. наук *Н.В. Власова* (ответственный секретарь), д-р геогр. наук *О.И. Баженова*, д-р геогр. наук *Л.А. Безруков*, д-р геогр. наук *Е.В. Безрукова*, д-р геогр. наук *И.Н. Владимиров*, д-р биол. наук *В.И. Воронин*, канд. геогр. наук *В.В. Ермошин*, акад. *Н.С. Касимов*, д-р геогр. наук *В.А. Колосов*, акад. *М.И. Кузьмин*, д-р геогр. наук *А.Н. Махинов*, чл.-корр. РАН *А.В. Панин*, профессор *Ж. Радвани* (Франция), проф. *М. Радованович* (Сербия), д-р геогр. наук *Ю.М. Семёнов*, акад. *Сунь Цзюлинь* (Китай), д-р геогр. наук *Н.М. Сысоева*, проф. *П.Е. Тарасов*, акад. *А.К. Тулохонов*, проф. *Т. Петая* (Финляндия), д-р биол. наук *Л.Л. Убугунов*, д-р геол.-мин. наук *А.П. Федотов*, д-р геогр. наук *Т.В. Ходжер*, д-р биол. наук *В.В. Чепинога*, д-р геогр. наук *Д.В. Черных*, акад. *А.А. Чибилёв*, д-р геогр. наук *К.В. Чистяков*, д-р геогр. наук *М.Н. Шимараев*, акад. *М.И. Эпов*

Адрес редакции: 664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1.  
Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, тел. (395-2) 42-64-35.  
E-mail: geogjournal@irigs.irk.ru

СОДЕРЖАНИЕ

<b>Плюснин В.М.</b> От главного редактора . . . . .	5
<b>Софронов А.П., Преловский В.А.</b> История развития картографического изучения биоты в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН . . . . .	6
<b>Безрукова Е.В., Решетова С.А., Волчатова Е.В., Кулагина Н.В., Щетников А.А., Крайнов М.А., Филинов И.А.</b> Субрегиональные особенности формирования растительности юга Восточной Сибири в среднем—позднем голоцене . . . . .	16
<b>Юдкин В.А.</b> Принципиальные различия в содержании зоогеографических и геозоологических карт . . . . .	27
<i>Общие вопросы картографирования растительного покрова</i>	
<b>Ермаков Н.Б.</b> Геоботаническая карта Алтае-Саянской горной области: эколого-географические закономерности формирования растительного покрова . . . . .	37
<b>Сафронова И.Н., Каримова Т.Ю., Степанова Н.Ю.</b> Современный растительный покров Северо-Западного Прикаспия и его картографическое отображение . . . . .	45
<b>Смирнова М.А., Галанина О.В.</b> Крупномасштабное картографирование пойменной и болотной растительности ключевых участков Архангельской области для природоохранных целей . . . . .	52

<b>Фролов А.О., Машук И.М., Уранбилэг Л.</b> Распространение и разнообразие папоротников рода <i>Coniopteris</i> (Dicksoniaceae) в Северной Евразии в ранне- и среднеюрскую эпохи . . .	62
<b>Атутова Ж.В.</b> Анализ послепожарной восстановительной динамики сосновых лесов урочища Бадары (Республика Бурятия) . . . . .	71
<b>Холбоева С.А., Кобылкин Д.В.</b> Пространственная структура растительности юго-западных предгорий Малханского хребта (Республика Бурятия) . . . . .	78
<i>Вопросы методов картографирования населения позвоночных животных</i>	
<b>Равкин Ю.С., Кокорина И.П., Богомолова И.Н.</b> Орнитогеографическое районирование Северной Евразии по летнему населению птиц . . . . .	84
<b>Мальшев Ю.С., Преловский В.А.</b> Териегеографическое районирование Байкальской Сибири	93
<b>Емельянова Л.Г.</b> Картографический метод в исследовании структуры ареалов видов млекопитающих . . . . .	100
<b>Хляп Л.А.</b> Динамика ареалов инвазионных млекопитающих . . . . .	108
<b>Симонов С.Б., Симонов П.С.</b> Карта населения мышевидных грызунов Приморского края . . .	115
<b>Будаев С.Б., Преловский В.А., Софронов А.П.</b> Опыт составления крупномасштабной карты населения млекопитающих Амурской котловины (Северо-Восточное Прибайкалье) . . . .	122
<i>Картографические методы исследования населения беспозвоночных животных</i>	
<b>Сергеев М.Г., Ким-Кашменская М.Н., Молодцов В.В., Ефремова О.В., Попова К.В., Соколова Н.С.</b> Картографирование и экомоделирование распространения редких видов насекомых на юге Сибири и в сопредельных регионах (на примере надсемейства саранчовых) . . . . .	129
<b>Софронова Е.В., Аненхонов О.А., Чепинога В.В., Софронов А.П.</b> Картографирование ценологических групп полужесткокрылых насекомых реликтовых вязовых рощ в составе пойменной растительности долины р. Селенги (Республика Бурятия). . . . .	136
<b>Волкова Е.С., Керчев И.А., Кривец С.А., Мельник М.А.</b> Опыт картографирования инвазий чужеродных насекомых-вредителей леса в Западной Сибири средствами ГИС . . . . .	146
<b>Балязин И.В.</b> Применение картографического метода при оценке таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных. . . . .	154



# GEOGRAPHY AND NATURAL RESOURCES (GEOGRAFIYA I PRIRODNYE RESURSY)

SIBERIAN BRANCH  
OF THE RUSSIAN ACADEMY OF SCIENCES

**Vol. 44, N 5**

FOUNDED IN JANUARY, 1980  
QUARTERLY

**2023**

SPECIAL ISSUE

## CONTENTS

<b>Plyusnin V.M.</b> From the Editor-in-Chief . . . . .	5
<b>Sofronov A.P., Prelovskii V.A.</b> The history of cartographic study of the biota in V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS . . . . .	6
<b>Bezrukova E.V., Reshetova S.A., Volchatova E.V., Kulagina N.V., Shchetnikov A.A., Krainov M.A., Filinov I.A.</b> Subregional vegetation formation patterns in the south of Eastern Siberia in the Mid- to Late Holocene . . . . .	16
<b>Yudkin V.A.</b> Fundamental differences in the zoogeographical and geozoological map contents . . . . .	27
<i>General questions of mapping of vegetation cover</i>	
<b>Ermakov N.B.</b> The geobotanical map of the Altai-Sayan mountainous region: ecologo-geographical regularities of vegetation cover formation . . . . .	37
<b>Safronova I.N., Karimova T.Yu., Stepanova N.Yu.</b> Modern vegetation cover of the North-Western Caspian Sea region and its cartographic representation . . . . .	45
<b>Smirnova M.A., Galanina O.V.</b> Large-scale mapping of floodplain and mire vegetation from the key areas of Arkhangelsk oblast for environmental purposes . . . . .	52
<b>Frolov A.O., Mashchuk I.M., Uranbileg L.</b> Distribution and diversity of <i>Coniopteris</i> (Dicksoniaceae) ferns in Northern Eurasia during the Early and Middle Jurassic . . . . .	62
<b>Atutova Zh.V.</b> Analysis of the post-fire restoration dynamics in pine forests of the Badary tract (Republic of Buryatia) . . . . .	71
<b>Kholboeva S.A., Kobylkin D.V.</b> Spatial structure of vegetation in the southwestern foothills of the Malkhan Ridge (Republic of Buryatia) . . . . .	78
<i>Questions related to mapping of vertebrate population</i>	
<b>Ravkin Yu.S., Kokorina I.P., Bogomolova I.N.</b> Ornithogeographical zoning of Northern Eurasia from the summer assemblage of birds . . . . .	84
<b>Malyshev Yu.S., Prelovsky V.A.</b> Theriogeographical zoning of Baikal Siberia . . . . .	93
<b>Emelyanova L.G.</b> Cartographic method in investigating the structure of ranges of mammal species . .	100
<b>Khlyap L.A.</b> Dynamics of distribution ranges of invasive mammals . . . . .	108
<b>Simonov S.B., Simonov P.S.</b> The population map of myomorphic rodents in Primorskii krai . . . . .	115
<b>Budaev S.B., Prelovskii V.A., Sofronov A.P.</b> Experience of compiling a large-scale map for the mammal population in the Amut Depression (Northeastern Cisbaikalia) . . . . .	122
<i>Cartographic methods o investigating invertebrate population</i>	
<b>Sergeev M.G., Kim-Kashmenskaya M.N., Molodtsov V.V., Yefremova O.V., Popova K.V., Sokolova N.S.</b> Mapping and ecomodeling of the distribution of rare insect species in the south of Siberia and in neighboring regions (a case study of the superfamily Acridoidea) . . . . .	129
<b>Safronova E.V., Anenkhonov O.A., Chepinoga V.V., Sofronov A.P.</b> Mapping of coenotic groups of true bugs from relict elm forests forming the part of floodplain vegetation along the Selenga River valley (Republic of Buryatia) . . . . .	136

<b>Volkova E.S., Kerchev I.A., Krivets S.A., Melnik M.A.</b> Experience of mapping invasions by forest alien pest insects in Western Siberia using GIS tools. . . . .	146
<b>Balyazin I.V.</b> Using the cartographic method in assessing taxonomic diversity of soil invertebrate communities. . . . .	154

Журнал на английском языке издается международной компанией  
PLEIADES PUBLISHING, Ltd (Плеадес Паблишинг, Лтд)  
Дистрибьютор – издательство «Шпрингер»

© Siberian Branch of the RAS, 2023  
© Sochava Institute of Geography, SB RAS, 2023

Подготовлено к печати Сибирским отделением РАН

---

Заведующая редакцией *Е.В. Хлебникова*  
Художественный редактор *Н.Ф. Суранова*  
Электронная верстка *Н.М. Райзвих*

---

Подписано в печать 00.00.2023. Дата выхода в свет 00.00.2024. Формат 60×84<sup>1</sup>/<sub>8</sub>.  
Бумага офсетная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 00,0. Уч.-изд. л. 00,0. Тираж 000 экз. Свободная цена. Заказ № 000.  
Регистрационный номер ПИ № ФС77-80765 от 07.04.2021  
выдано Федеральной службой по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций

---

Адрес издателя: 664033 Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1. Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.  
Тел. (395-2) 42-64-35, e-mail: geogjournal@irigs.irk.ru  
Отпечатано в Сибирском отделении РАН. 630090, Новосибирск, Морской проспект, 2.  
Тел.: (383) 330-84-66, e-mail: e.lyannaya@sb-ras.ru

### ОТ ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА

Специальный выпуск журнала содержит материалы Международной конференции «Картографирование биоты: традиции и актуальные вопросы развития», посвященной 85-летию со дня рождения доктора географических наук Алексея Васильевича Белова и доктора биологических наук Валерия Федоровича Лямкина.

На конференции рассмотрены теоретические и практические проблемы развития методов картографирования биоты, представлены достижения и обозначены перспективные направления развития тематического картографирования биоты в атласах разного уровня, освещен опыт разработки содержания и структуры баз данных биоты в регионах России, предложены основные структурные части курса картографирования биоты в вузах.

В статьях, вошедших в настоящий номер, рассматриваются этапы становления и развития метода картографического изучения биоты в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН, история распространения отдельных видов растительности в юрскую эпоху в Северной Евразии и региональные особенности формирования и динамики растительности на юге Восточной Сибири в среднем и позднем голоцене.

Ряд статей посвящен методическим вопросам отображения растительного и животного мира на тематических картах. Рассмотрены подходы к решению этих задач, связанные с териогеографическим районированием Байкальской Сибири и орнитогеографическим районированием Северной Евразии по летнему населению птиц. Представлены разработки по картографированию структуры ареалов видов млекопитающих, а также по динамике ареалов инвазионных млекопитающих. Освещены различия в содержании зоогеографических и геозоологических карт и опыт применения картографического метода в оценке таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных.

Интересны работы по картографированию растительного покрова в разных регионах России – пойменной и болотной растительности на ключевых участках в Архангельской области для природоохранных целей, послепожарной восстановительной динамики сосновых лесов в Республике Бурятия, эколого-географических закономерностей формирования растительного покрова в Алтае-Саянской горной области, на Малханском хребте в Забайкалье и в Северо-Западном Прикаспии.

Рассмотрены проблемы картографирования позвоночных и беспозвоночных животных в Приморье, Западной Сибири, на юге Сибири, в Северо-Восточном Прибайкалье и в долине р. Селенги.

Надеемся, что этот спецвыпуск будет полезен специалистам, занимающимся изучением растительности и животного мира, вопросами их картографического отображения.

*Главный редактор  
В.М. Плюснин*

**А.П. СОФРОНОВ, В.А. ПРЕЛОВСКИЙ**Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, alesofronov@yandex.ru, amadeo81@mail.ru**ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО ИЗУЧЕНИЯ БИОТЫ  
В ИНСТИТУТЕ ГЕОГРАФИИ ИМ. В.Б. СОЧАВЫ СО РАН**

В 2023 г. исполняется 85 лет со дня рождения двух выдающихся исследователей и разработчиков методик картографического изучения природы Сибири — А.В. Белова (1938–2017) и В.Ф. Лямкина (1938–2019), чья жизнь связана с Институтом географии им. В.Б. Сочавы. Им принадлежит главная роль в разработке методологических подходов и конкретных методик картографирования природных систем, развиваемых в рамках идей академика В.Б. Сочавы. Рассмотрены этапы становления картографирования биоты как особого направления картографических работ по исследованию основных компонентов природных комплексов — растительного и животного мира. Эти направления развивались в рамках сибирской (иркутской) школы регионального картографирования с 1960-х гг. и отвечали за научное сопровождение активного освоения территорий Сибири. Особое место отводилось изучению растительности регионов как источнику разнообразных ресурсов и как критическом компоненту природных комплексов, определяющему многие режимы их функционирования. В этих исследованиях А.В. Белов с коллегами отвечал за направление картографического изучения растительности геосистем, а В.Ф. Лямкин возглавлял коллектив, который занимался проблемами картографирования фаун и фаунистических комплексов. Под их руководством было составлено множество геоботанических и зоогеографических карт Байкальского региона и отдельных его территорий в виде обзорных мелкомасштабных вариантов и крупномасштабные произведения на ключевые участки. А.В. Белов и В.Ф. Лямкин часто выступали соавторами. Общее число их публикаций насчитывает более 300 научных работ, обозначивших вектор развития геоботанического и фаунистического картографирования в Институте географии им. В.Б. Сочавы СО РАН.

**Ключевые слова:** картографирование биоты, растительность, фаунистические комплексы, фитоценомеры, карты природы.

**A.P. SOFRONOV, V.A. PRELOVSKII**V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, alesofronov@yandex.ru, amadeo81@mail.ru**THE HISTORY OF CARTOGRAPHIC STUDY OF THE BIOTA  
IN V.B. SOCHAVA INSTITUTE OF GEOGRAPHY SB RAS**

The year 2023 marks the 85<sup>th</sup> anniversary of the birth of two outstanding researchers and developers of methods for cartographic study of the nature of Siberia: Dr. Sci. (Geogr.) A.V. Belov (1938–2017) and Dr. Sci. (Biol.) V.F. Lyamkin (1938–2019). Their life careers were intimately linked with V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS. They played the main role in devising methodological approaches and specific techniques for mapping natural systems as developed within the framework of the ideas of Academician V.B. Sochava. The article discusses the stages of formation of biota mapping as a special area of cartographic work on the study of the main components of natural complexes: flora and fauna. These areas have been pursued within the framework of the Siberian (Irkutsk) school of regional mapping since the 1960s and were related to the scientific support of active development of Siberian territories. Particular emphasis was placed on the study of vegetation in the regions as the source of various resources and as a critical component of natural complexes which determines many modes of their functioning. In those studies, A.V. Belov and his colleagues were responsible for the direction of the cartographic study of vegetation of geosystems, and V.F. Lyamkin headed the team that dealt with the problems of mapping faunas and faunistic complexes. Under their leadership, a large number of geobotanical and zoogeographic maps of the Baikal region and its individual territories were compiled in the form of survey small-scale versions and large-scale products for key areas. A.V. Belov and V.F. Lyamkin often acted as co-authors. The total number of their publications amounts to more than 300 scientific papers which implied the vector of development of geobotanical and faunistic mapping in V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS.

**Keywords:** biota mapping, vegetation, faunistic complexes, phytocenomes, nature maps.

## ВВЕДЕНИЕ

С момента основания Института географии Сибири и Дальнего Востока СО АН СССР (ИГСиДВ) в 1957 г. одной из главнейших задач, поставленных перед сотрудниками, была разработка методов картографирования природы, хозяйства и населения. Несмотря на значительный опыт, накопленный к тому времени в области картографического изучения природы, оставался еще широкий круг проблем фундаментального и прикладного характера, которые требовали своего решения. Вопросы картографического изучения природной среды имели важнейшее значение для познания принципов организации природных систем и возможности их использования в народном хозяйстве СССР.

Рост внимания к вопросам картографирования растительного покрова в мире наблюдался после Второй мировой войны, когда остро встали проблемы развития сельского хозяйства, добычи полезных ископаемых, здравоохранения и др. [1]. В своих трудах акад. В.Б. Сочава сформулировал основные принципы и подходы классификации растительности и природных систем [1, 2] которые активно разрабатывали и внедряли в научную сферу сотрудники ИГСиДВ СО РАН.

Зоогеографическое картографирование долгое время оставалось на периферии внимания исследователей. Невостребованность данного направления в отраслях народного хозяйства СССР при планировании и проведении практических мероприятий негативно сказывалась на развитии ее научных основ, методов и практических приемов картографирования. Прошло более 40 лет с момента обоснования необходимости использования картографического метода в зоогеографии Б.М. Житковым [3, 4], прежде чем он стал широко применяться специалистами в изучении животного мира, внедряться в различные отрасли хозяйства и преподаваться в вузах страны. Большая заслуга в этом принадлежит основоположникам развития зоогеографического картографирования в стране — Н.В. Тупиковой, А.М. Чельцову-Бebutову, В.Б. Вершинскому и их многочисленным ученикам.

В данной статье рассматривается вклад в развитие картографических методов исследования природы двух выдающихся ученых сибирской школы биогеографии — доктора географических наук Алексея Васильевича Белова (1938–2017) и доктора биологических наук Валерия Федоровича Лямкина (1938–2019).

## КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ИЗУЧЕНИЕ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Ко времени организации Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (тогда ИГСиДВ СО АН СССР) крупнейшим достижением в области картографирования растительного покрова, охватывающего территорию Сибири, являлась «Геоботаническая карта СССР» 1954 г. [5]. Карта была составлена под редакцией Е.М. Лавренко и В.Б. Сочавы в м-бе 1:4 000 000. На ней были отражены основные закономерности сложения растительного покрова страны — широтная зональность для равнинных территорий и высотная поясность для горных систем. Классификация растительности в легенде была построена на географо-типологическом подходе, в целом характерном для развития геоботанического картографирования в СССР того периода [6].

В процессе составления геоботанической карты СССР авторы осознавали необходимость разработки классификации на генетических принципах, однако для такой работы накопленных данных было недостаточно [6]. Развитие В.Б. Сочавой классификационных принципов, согласно которым растительные сообщества увязывались в единую генетико-динамическую общность с отображением реально существующих эколого-географических взаимосвязей в растительном покрове, продолжилось во вверенном ему институте. Разработанный В.Б. Сочавой фитоценогенетический подход [1] стал визитной карточкой сибирской (иркутской) школы геоботанического картографирования, наряду с двурядным принципом классификации растительного покрова (выделением ряда фитоценомер и фитохор) [1], что позволило проводить классификационные построения на совершенно новом уровне познания природы.

Развитием этих идей и подходов предстояло заниматься молодому выпускнику Ленинградского университета А.В. Белову, получившему в 1961 г. приглашение от своего учителя В.Б. Сочавы переехать в Иркутск. Коренной ленинградец, хорошо зарекомендовавший себя на кафедре геоботаники ЛГУ, А.В. Белов мог продолжить свою карьеру в более комфортных условиях, но он навсегда связал свою жизнь с Институтом географии Сибири и Дальнего Востока и природой Сибири. Возможно, на это решение повлияла атмосфера романтики, свойственная той эпохе и связанная с освоением бескрайних сибирских пространств, жгучее желание быть в каком-то смысле первооткрывателем нехоженых земель.



Устроившись в институт, А.В. Белов в качестве объекта изучения выбрал растительный мир Сибири, который на тот момент было исследован в самых общих чертах. Предстояли годы экспедиционных работ, в которых он и провел немалую часть своей жизни, побывав в отдаленных уголках Западной и Восточной Сибири, а также на Дальнем Востоке. В этот период сформировалась основная сфера его научных интересов — развитие методов картографирования растительного покрова.

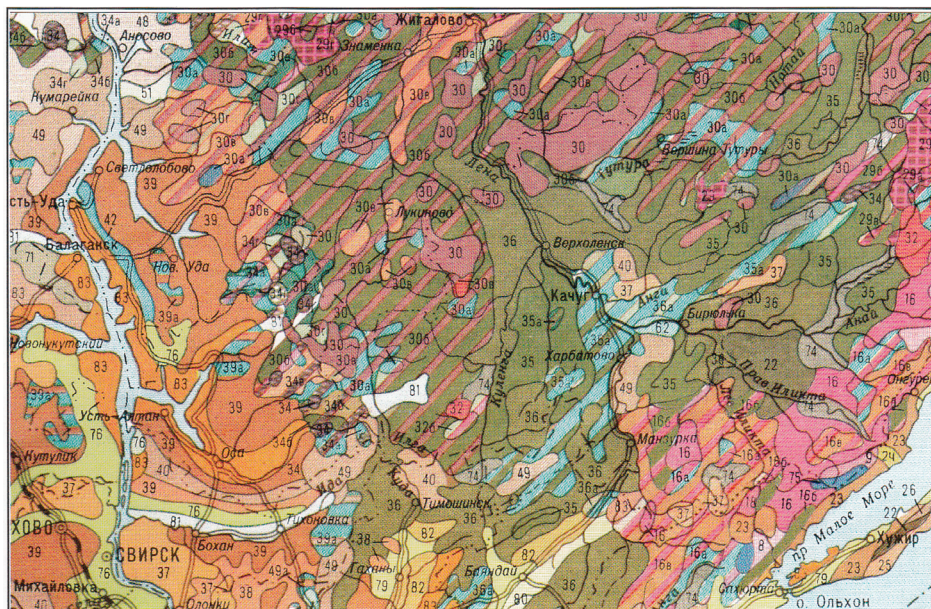
В 1966 г. А.В. Белов окончил аспирантуру с представлением диссертации на тему «Картография и география растительности юга Средней Сибири», защита которой состоялась в 1967 г. (руководитель В.Б. Сочава). После этого он был зачислен в сектор комплексных физико-географических проблем на должность младшего научного сотрудника. Несмотря на столь молодой возраст, с первых лет работы в институте ему было поручено проведение полевых исследований от Восточного Саяна, Среднего и Нижнего Приангарья до Эвенкии и северных районов Иркутской области, что говорит о признании его квалификации старшими коллегами. Следует отметить, что условия работы в те годы были несоразмерно более тяжелыми, чем в настоящее время. Деловые качества А.В. Белова позволяли решать задачи самого разного плана — от передвижения отряда по безлюдным территориям до организации быта в экспедиции. Не единожды бывало и напряженное общение с местными жителями в глухих уголках страны. Кроме этого, приходилось согласовывать свою работу с сотрудниками отделов КГБ, отслеживающих издание любых картографических материалов в те годы.

Итогом многолетних широкомасштабных исследований целого коллектива исполнителей стала выпущенная под редакцией В.Б. Сочавы в 1972 г. карта «Растительность юга Восточной Сибири», где в м-бе 1:1 500 000 была охвачена территория от Енисея до верховьев Амура [7]. Помимо флористического состава, при ее составлении большое внимание было уделено характеристике условий мест обитания, картографируемых ценозов, а также проявлениям динамических взаимосвязей между ними [7, 8]. Карта очень подробно (для выбранного масштаба) отразила ценотическое, динамическое и экотопическое разнообразие растительности региона [8]. Построенная на эволюционно-генетических, структурно-динамических и регионально-типологических принципах классификации растительности [1], она до сих пор не теряет своей актуальности и научного значения, а также является основой для составления различных карт для нескольких поколений исследователей.

В 1975 г. А.В. Белов возглавил организованную лабораторию биогеографии, которой бесценно руководил до ее реорганизации в 2014 г. Под его руководством сформировался коллектив первоклассных специалистов (В.Г. Волкова, Л.А. Выркина, А.В. Гарашенко, Н.Н. Лавренко, Ю.О. Медведев, Л.П. Соколова и др.), готовых решать поставленные перед ними задачи как в полевых, так и в камеральных условиях. За эти годы на основе выработанных принципов и методов картографирования ими было создано множество разномасштабных карт для различных территорий юга Восточной Сибири — зоны Байкало-Амурской железнодорожной магистрали (БАМ) [9], зоны Канско-Ачинского топливно-энергетического комплекса (КАТЭК) [10], побережья оз. Байкал [11], Иркутской области (рис. 1) [12], бассейна оз. Байкал [13]. При разработке карт растительности А.В. Белов особо подчеркивал, что в первую очередь идет речь об изучении растительности геосистем как об их важнейшем — критическом — компоненте [14], тем самым отдавая дань идеям своего учителя В.Б. Сочавы и определяя место своих собственных исследований в географической науке. Результаты исследований нашли важное прикладное применение при картографическом сопровождении территориальных комплексных схем охраны природы (ТерКСОП), а после 1990-х гг. при оценке воздействия на окружающую среду (ОВОС) многочисленных месторождений полезных ископаемых Сибири и строительства нефтепровода Восточная Сибирь — Тихий океан (ВСТО).

С 1990-х гг. совместно с сотрудниками лаборатории биогеографии Алексей Васильевич разрабатывает широкий спектр вопросов картографирования растительности — от оценки эстетических особенностей природных комплексов до экологического потенциала растительности геосистем. Так, например, крупномасштабная карта «Оценка эстетических особенностей природных комплексов Кочериковского ключевого участка» (м-б 1:25 000), выполненная совместно с В.Ф. Лямкиным и Л.П. Соколовой, отображает растительность трех зон — прибрежной, подгорной и горной, на которую нанесены внесмасштабными условными знаками характерные для этого района млекопитающие и птицы [15]. В легенде карты природные комплексы поделены на пять категорий с градацией от обычных до уникальных, а каждый выдел рассматривается по 50 эстетическим признакам. По мнению авторов карты, это позволяет дать объективную оценку эстетическим особенностям природных комплексов западного побережья оз. Байкал.

В свою очередь, оценка экологического потенциала растительности в работах А.В. Белова сформировалась из представлений о полифункциональной средоформирующей и средозащитной роли



**ТАЕЖНАЯ (БОРЕАЛЬНАЯ) РАСТИТЕЛЬНОСТЬ**  
**Южносибирские формации**

II. Темнохвойные редколесья

8 9 10

III. Темнохвойные леса

16 16а 16б 16в 16г

IV. Лиственничные и сосновые леса

22 23

V. Лиственничные и сосновые леса

24 25

**Среднесибирские формации**

II. Темнохвойные леса

29 29а 29б 29в 29г 30  
30а 30б 30в 30г 32 32а  
32б 34 34а 34б 34в 34г

III. Лиственничные леса

35 35а 36 36а

IV. Сосновые и лиственнично-сосновые леса

37 38 39 39а 40 42  
48 49 49а 51

**Байкало-Джугджурские формации**

III. Болота, ерники, луга заросли кедрового стланика

74 75

**СТЕПНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ**

Среднесибирские формации

76

Южносибирские формации

79 80 81

Центральноазиатские формации

82 83

Рис. 1. Фрагмент карты растительности Иркутской области [12].



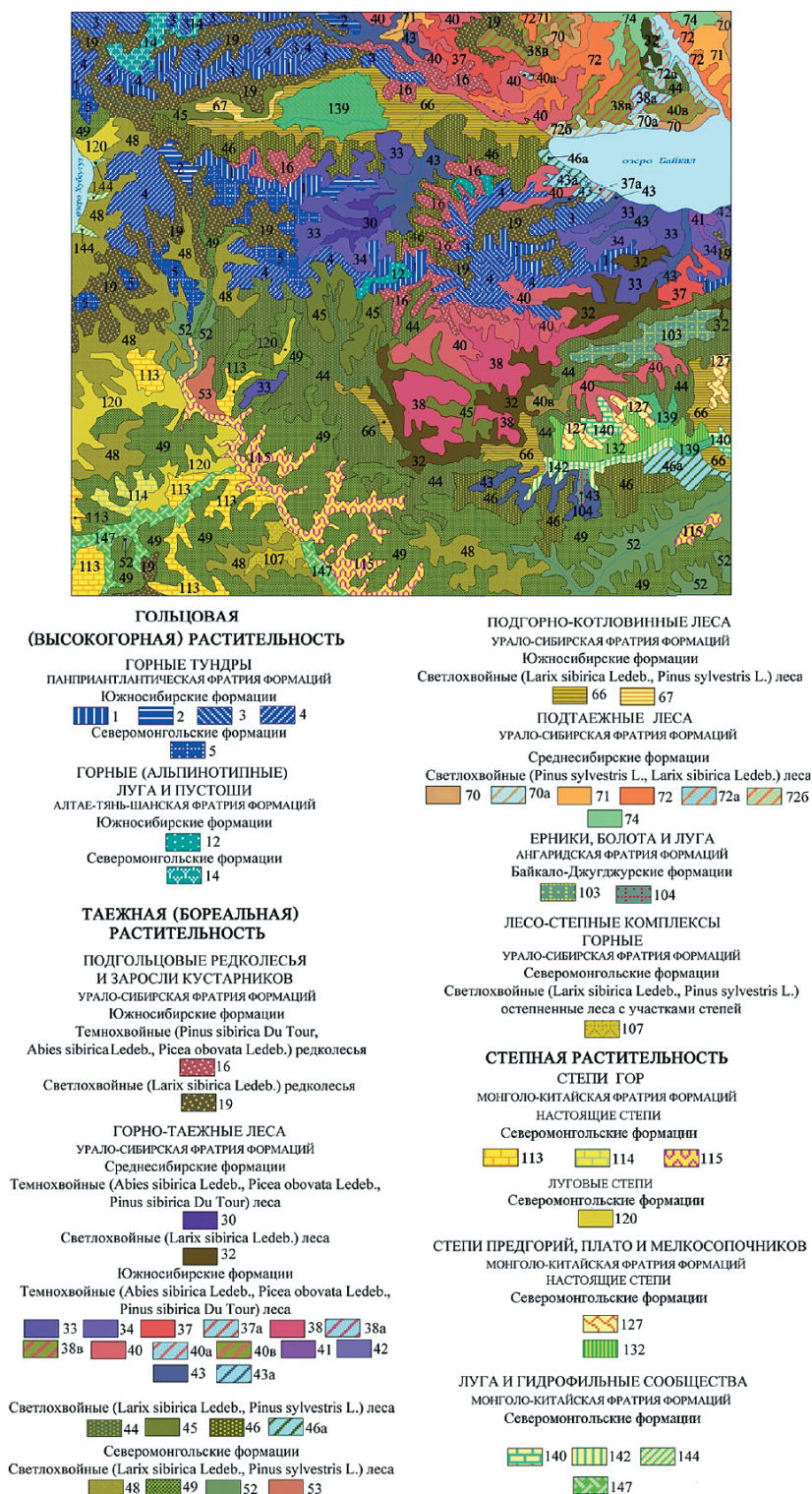


Рис. 2. Фрагмент карты растительности Байкальского региона [17].

растительных сообществ [16]. Исследования по картографическому выявлению экологического потенциала современной растительности Байкальской Сибири были использованы при составлении карты главных функций растительности зоны БАМ в м-бе 1:2 500 000 [9], а также для Предбайкальского ключевого участка [16]. Такие карты наглядно показывают, насколько сложен и разнопланов экологический потенциал растительности исследуемых районов, что, по мнению авторов, обязательно должно учитываться в системе рациональности природопользования как на уровне целевого использования ее ресурсных возможностей, так и при нецелевых деструктивных воздействиях различных хозяйственных мероприятий. Не менее важным направлением лаборатории было исследование устойчивости растительности к техногенной нагрузке в различных регионах Сибири — в зонах КАТЭКа, Иркутско-Черемховского промышленного узла, влияния Байкальского целлюлозно-бумажного комбината.

Важной вехой многолетней работы стала (до этого неоднократно откладываемая в силу разных причин) защита в 2003 г. докторской диссертации «Картографирование растительности и эколого-географические проблемы юга Восточной Сибири». Помимо научно-исследовательской деятельности, в эти годы он занимался административной, общественной и политической деятельностью, что лишний раз говорит о его активной жизненной позиции.

В последние годы жизни А.В. Белов успел подготовить важное фундаментальное картографическое произведение — карту растительности Байкальского региона в м-бе 1:2 500 000 (рис. 2) [17]. Новая карта подробно раскрывает пространственную флороценотическую структуру растительного покрова территории, его генезис и современную динамику. На ней были показаны регионально-географические особенности ценоценозического разнообразия с учетом зонально-подзональных и высотно-поясных условий развития. Карта по своей детальности превосходит многие геоботанические карты близких масштабов и содержит подробную информацию как о составе, структуре, генезисе и динамике растительности, так и по топологическим и региональным природным условиям ее формирования [17].

Несмотря на прогрессирующую болезнь, А.В. Белов продолжал активно работать и обобщать накопленные материалы многолетних полевых исследований. Его последняя статья [18] вышла в 2018 г., уже после его смерти, ставшей большой утратой для всего коллектива Института географии СО РАН (ИГ СО РАН).

### ЗООГЕОГРАФИЧЕСКОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ

Другой важной научной проблемой, стоящей перед сотрудниками института, было развитие зоогеографического картографирования в рамках комплексного картографирования природы и хозяйства, которое до середины XX в. оставалось наименее разработанным разделом в картографии. С первых лет существования института целым рядом специалистов (Б.В. Вершинский, Г.А. Воронов, Н.Ф. Реймерс, А.П. Шведов) прорабатывались методологические вопросы картографирования населения позвоночных и беспозвоночных животных Средней Сибири и Забайкалья. По всей видимости, интерес к зоогеографическому картографированию В.Ф. Лямкину еще в начале его научного пути привил начальник экспедиционного отряда В.Б. Вершинский, а позже развил научный руководитель кандидатской диссертации крупный специалист в данной области доктор геогр. наук, проф. МГУ А.М. Чельцов-Бебутов.

В 1958 г., после окончания Иркутского пушного техникума, В.Ф. Лямкин поступает в Сельскохозяйственный институт, но вскоре переводится на биолого-почвенный факультет Иркутского государственного университета, который окончил в 1963 г. На производственной практике он знакомится с Н.Ф. Реймерсом и Г.А. Вороновым, будущими известными учеными, а пока еще молодыми, но активными исследователями ИГСидВ СО РАН. Вместе они несколько лет проработали в Верхоленье, где В.Ф. Лямкин и приобрел полевой опыт. После окончания университета он поступил на работу в сектор медицинской географии института, и уже в 1966 г. был назначен начальником комплексного медико-географического отряда.

В первые годы работы в сфере его научных интересов находились проблемы изучения структуры предпосылок болезней, связанных с природной очаговостью и биотой ландшафтов. В 1966 г. выходит первая картографическая работа, составленная на основе полевых исследований 1963 г., — «Картограмма населения мелких млекопитающих восточной части Муйской котловины» [19]. В 1967 г. в «Атласе Забайкалья» опубликована карта «Млекопитающие — хранители и прокормители возбудителей и переносчиков болезней», где в м-бе 1:5 000 000 была охвачена вся территория Бурятии и Читинской области [20]. На карте показано распространение, ландшафтная приуроченность, количественная

характеристика млекопитающих, участвующих в циркуляции возбудителей природноочаговых болезней, а также находки возбудителей или следов их в организме животных, случаи заболевания людей, связанные с эпизоотиями.

После защиты в 1973 г. кандидатской диссертации по теме «Наземные позвоночные Баргузинской котловины и их роль в формировании болезней с природной очаговостью» научные интересы Валерия Федоровича от вопросов медико-географического характера обращаются в сторону изучения зоогеографии, экологии и структуры населения мелких млекопитающих межгорных котловин Байкальской рифтовой зоны. Этому также способствовал и переход в только что созданную лабораторию зоогеографии. Следует также отметить, что его научные интересы были связаны не только с териофауной. С неменьшим интересом он изучал эктопаразитов позвоночных животных, герпетофауну и орнитофауну Верхоленья, побережья Байкала и горных котловин Забайкалья. Его обширная статья «Зоогеография млекопитающих и птиц Баргузинской котловины» [21] до сих пор является примером классического зоогеографического анализа слабоизученной территории и одним из первых опытов составления карт населения птиц и млекопитающих на основе карты геосистем.

В новой лаборатории за В.Ф. Лямкиным было закреплено зоологическое направление исследований, а начало строительства Байкало-Амурской магистрали во многом предопределило географию исследований на многие годы. Совместно с сотрудниками института Ю.С. Малышевым, В.М. Пузановым, В.А. Толчиным, С.В. Хорошуним им были исследованы Верхнеангарская, Муйская, Чарская и Среднекаларская котловины. На основе собранного обширного материала были составлены как крупномасштабные планы (м-б 1:5 000–1:10 000), позволяющие моделировать пространственное распределение отдельных особей в местах их обитания, так и среднемасштабные карты, использовавшиеся для оценки дифференциации видового населения или сообществ млекопитающих в границах отдельных районов, при разработке планов районов, ТерКСОПов и т. п. [22]. Накопленные за эти годы данные по экологии и распространению млекопитающих Байкальской котловины послужили для составления обзорной карты «Население млекопитающих побережья озера Байкал» (м-б 1:2 500 000) в атласе «Байкал» [23]. На карте изображено четыре типа населения млекопитающих и 27 подтипов, что говорит о весьма сложной структуре населения млекопитающих котловины, ее дифференциации в зависимости от рельефа, экспозиции макросклонов, типа растительности и прочих факторов среды.

Со второй половины 1990-х гг. В.Ф. Лямкин большое внимание уделяет мониторингу животного мира при проведении оценки воздействия на окружающую среду вследствие разработки месторождений полезных ископаемых и строительства трубопровода ВСТО, в рамках российско-немецкого сотрудничества участвует в разработке методических основ ландшафтного планирования как инструмента управления устойчивым развитием территории, где активно применяет навыки зоогеографического картографирования. В 2004 г. он защищает диссертацию по теме «Зоогеография и экология млекопитающих межгорных котловин Байкальской рифтовой зоны».

В.Ф. Лямкиным проделана значительная работа по составлению и редактированию карт при подготовке атласа «Иркутская область: экологические условия развития», куда вошло более 30 карт зоогеографической тематики. В атласе впервые приведена карта эколого-фаунистических комплексов Иркутской области [24], где выделено семь типов комплексов: горно-тундровый (гольцовый), таежный, степной, лугово-болотно-ерниковый, приводный, синантропный и комплекс агроценозов (рис. 3). Легенда к карте представлена списками птиц, млекопитающих, пресмыкающихся и земноводных, которые приведены в систематическом порядке.

Помимо классических направлений зоогеографического картографирования, им разрабатывались и разномасштабные оценочные карты, часть из которых была подготовлена для вышеупомянутого атласа. Так, мелкомасштабная карта «Нарушенность животного мира» (м-б 1:2 500 000) дает представление о современном состоянии сообществ животных в связи с антропогенной преобразованностью ландшафтов [25]. Легенда к карте отражает три степени нарушения эколого-фаунистических комплексов и ихтиофауны в процентном отношении. На карте «Интродукция и реакклиматизация диких животных в Иркутской области» (м-б 1:7 000 000) приведена информация об объеме выполненных работ по обогащению фауны наземных позвоночных на территории области [26]. Внемасштабными знаками показаны места, годы выпуска и количество выпущенных животных. Карта «Виды и биотопы Ольхонского района» (м-б 1:200 000), составленная в рамках ландшафтного планирования района, позволяет оценить современное состояние растительного и животного мира и является обобщением сведений о пространственном группировании биотопов по значимости и чувствительности [27].

Промежуточные итоги многолетнего картографического изучения природной среды А.В. Беловым и В.Ф. Лямкиным были подведены в их совместной монографии «Картографическое изучение биоты»



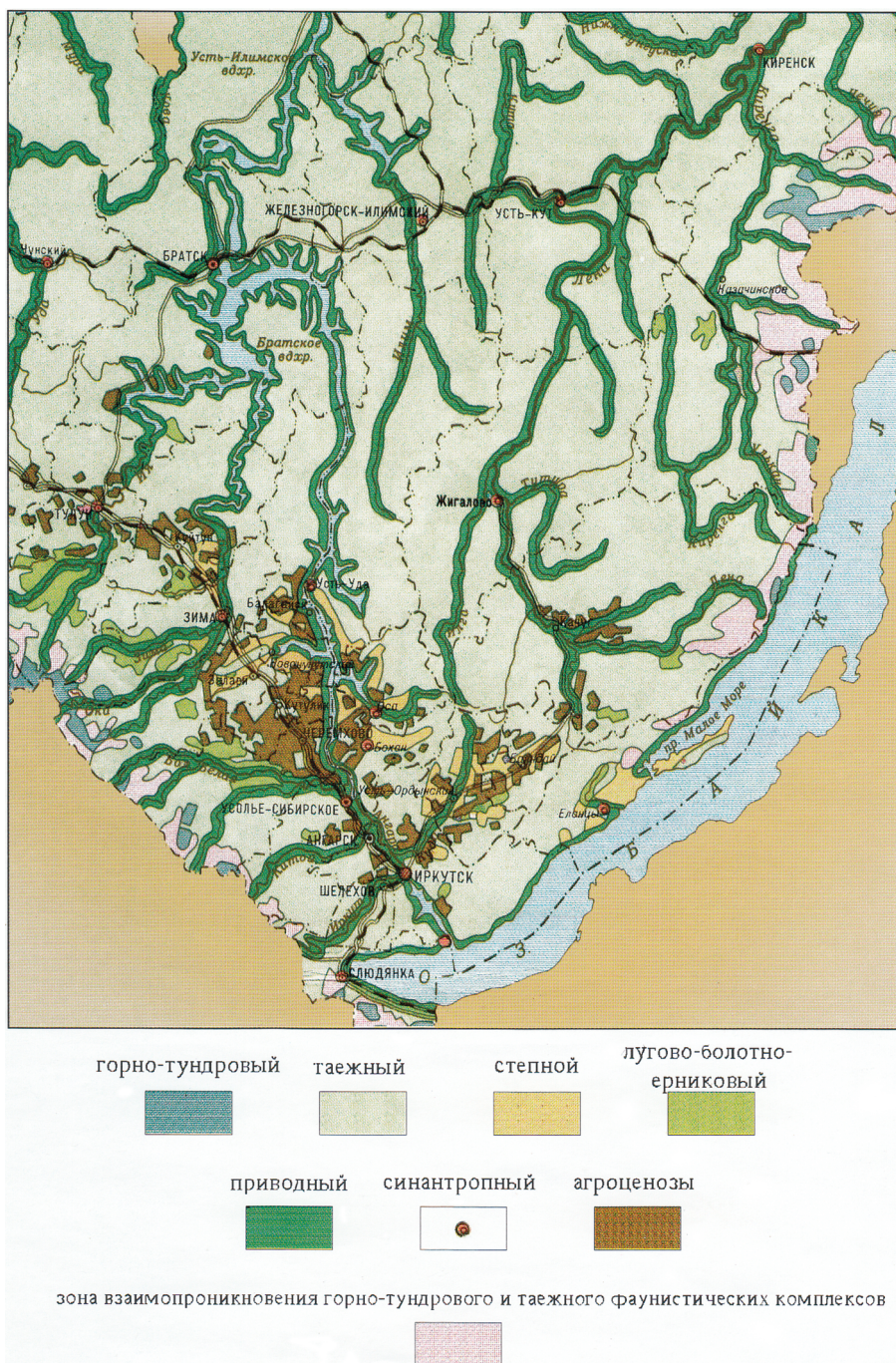


Рис. 3. Фрагмент карты фаунистических комплексов Иркутской области [24].

[28], где на тот момент нашли полное отражение методологические и методические подходы, разработанные в иркутской школе тематического картографического изучения биоты. Общее же их научное наследие составляет более 300 публикаций, значительная часть из которых посвящена картографическим методам изучения природной среды. В рамках данной статьи невозможно осветить весь спектр вопросов и проблем, который был раскрыт в их работах.

Несмотря на значительный вклад этих ученых в картографическое изучение биоты, все же остается целый ряд сложных вопросов и задач, которые еще ждут своего решения. Таким до сих пор не разрешенным вопросом, поставленным еще В.Б. Сочавой, остается создание комплексных биологических карт, которые бы отражали особенности животного населения в границах почвенно-расти-

тельных выделов [29]. По его мнению, смысл такой карты заключается в расширенной легенде, экспликациях и в особенности дополнительных знаков, характеризующих распространение различных биоценологических и экологических показателей, где важно было бы привести данные количественного учета животного и растительного населения.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Многолетняя и плодотворная научная деятельность А.В. Белова и В.Ф. Лямкина внесла значительный вклад в развитие картографических методов изучения природы Сибири. Основные методологические подходы и идеи, разработанные в иркутской школе тематического картографического изучения биоты, были опубликованы в совместной монографии, многочисленных статьях и картах. Научное наследие корифеев отечественной науки еще только предстоит оценить их последователям, но уже сейчас ясно прослеживаются обозначенные ими векторы развития геоботанического и зоогеографического картографирования не только в родном для них институте, но и в целом в нашей стране.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (АААА-А2-121012190059-5).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сочава В.Б. Растительный покров на тематических картах. — Новосибирск: Наука, 1979. — 189 с.
2. Сочава В.Б. Введение в учение о геосистемах. — Новосибирск: Наука, 1978. — 319 с.
3. Житков Б.М. О зоогеографическом делении суши и зоологической картографии // Сборник памяти акад. М.А. Мензбира. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. — С. 129–148.
4. Житков Б.М. О некоторых элементах зоогеографических карт // Землеведение. — 1940. — Т. 41, № 1. — С. 116–126.
5. Геоботаническая карта СССР. М-б 1:4 000 000 / Под ред. Е.М. Лавренко, В.Б. Сочавы. — М.: ГУГК, 1954. — 8 л.
6. Лавренко Е.М., Сочава В.Б. Растительный покров СССР: Пояснительный текст к «Геоботанической карте СССР». М-б 1:4 000 000. — М.; Л., 1956. — Т. 1. — 460 с.
7. Белов А.В. Карта растительности юга Восточной Сибири. М-б. 1:1 500 000. — Иркутск, 1972. — 4 л.
8. Белов А.В. Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления // Геоботаническое картографирование. — Л., 1973. — С. 16–29.
9. БАМ. Растительность, главные функции растительности: Карта м-ба 1:2 500 000. — М.: ГУГК, 1983. — 2 л.
10. Белов А.В., Волкова В.Г. Растительный покров // Канско-Ачинский топливно-энергетический комплекс: Атлас. — М.: Госгеодезия СССР, 1991. — С. 16.
11. Белов А.В., Моложников В.Н. Растительность // Атлас Байкала. — М., 1993. — С. 114–115.
12. Белов А.В., Соколова Л.П. Растительность Иркутской области: Карта м-ба 1:2 500 000 // Иркутская область: экологические условия развития: Атлас. — М.; Иркутск, 2004. — С. 47.
13. Белов А.В., Соколова Л.П. Растительность: Экологический атлас бассейна озера Байкал. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2015. — С. 34–37.
14. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Медведев Ю.О., Соколова Л.П., Фишер Е.Э. Геосистемный подход при картографическом изучении биоты юга Средней Сибири и Прибайкалья // География и природ. ресурсы. — 2007. — № 3. — С. 173–184.
15. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П. Картографирование эстетических особенностей природных комплексов Западного Прибайкалья // География и природ. ресурсы. — 2001. — № 3. — С. 29–33.
16. Белов А.В., Соколова Л.П. Экологический потенциал растительности как фактор природопользования в Байкальской Сибири // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 53–60.
17. Белов А.В., Соколова Л.П. Новая обзорно-справочная карта растительности Байкальского региона // Геоботаническое картографирование. — СПб., 2015. — С. 22–41.
18. Белов А.В., Безрукова Е.В., Соколова Л.П. Эволюционно-генетическая основа структурно-ценотического разнообразия современной растительности Предбайкалья // География и природ. ресурсы. — 2018. — № 1. — С. 92–102. — DOI: 10.21782/GIPR0206-1619-2018-1(92-102).
19. Лямкин В.Ф. Картографирование населения мелких млекопитающих Муйской котловины в целях медицинской географии // Научный поиск в современной географии: Материалы II конференции молодых географов Сибири и Дальнего Востока. — Иркутск: Вост.-Сиб. кн. из-во, 1966. — С. 217–224.
20. Лямкин В.Ф. Млекопитающие — хранители возбудителей природноочаговых болезней: Карта м-ба 1:1 500 000 // Атлас Забайкалья. — Иркутск; М.: ГУГК, 1967. — С. 116.
21. Лямкин В.Ф. Зоогеография млекопитающих и птиц Баргузинской котловины // Региональное биогеографическое исследование в Сибири. — Иркутск: Ирк. обл. типография, 1977. — С. 111–176.

22. **Лямкин В.Ф.** Экология и зоогеография млекопитающих межгорных котловин Байкальской рифтовой зоны. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 132 с.
23. **Лямкин В.Ф.** Население млекопитающих побережья озера Байкал: Карта м-ба 1:2 500 000 // Байкал: Атлас. — М.: ОКФ, 1993. — С. 112–113.
24. **Дурнев Ю.А., Лямкин В.Ф.** Эколого-фаунистические комплексы: Карта м-ба 1:500 000 // Иркутская область: экологические условия развития: Атлас. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — С. 47.
25. **Лямкин В.Ф.** Нарушенность животного мира: Карта м-ба 1:2 500 000 // Иркутская область: экологические условия развития: Атлас. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — С. 85.
26. **Бояркин И.В., Бояркин В.М., Лямкин В.Ф.** Акклиматизация и реакклиматизация диких животных: Карта м-ба 1:7 500 000 // Иркутская область: экологические условия развития: Атлас. — М.; Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2004. — С. 85.
27. **Медведев Ю.О., Лямкин В.Ф.** Виды и биотопы // Экологически обоснованное планирование землепользования в Байкальском регионе. Ольхонский район. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 1998. — С. 11–12.
28. **Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П.** Картографическое изучение биоты. — Иркутск: Облмашинформ, 2002. — 160 с.
29. **Сочава В.Б.** Комплексное картографирование географической среды // Сиб. геогр. сборник. — М.; Л.: Наука, 1964. — № 3. — С. 5–18.

*Поступила в редакцию 24.07.2023*

*После доработки 10.08.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*



**Е.В. БЕЗРУКОВА\*, С.А. РЕШЕТОВА\*, Е.В. ВОЛЧАТОВА\*, Н.В. КУЛАГИНА\*\*, А.А. ЩЕТНИКОВ\*\*,  
М.А. КРАЙНОВ\*, И.А. ФИЛИНОВ\*\***

\*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Фаворского, 1А,  
bezrukova@igc.irk.ru, srescht@mail.ru, volchatova@igc.irk.ru, susel\_usel@mail.ru

\*\*Институт земной коры СО РАН, 664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128,  
kulagina@crust.irk.ru, shch@crust.irk.ru, filinov@crust.irk.ru

## **СУБРЕГИОНАЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮГА ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ В СРЕДНЕМ–ПОЗДНЕМ ГОЛОЦЕНЕ**

*Представлены результаты реконструкции растительности юга Восточной Сибири по меридиональному профилю, проходящему через палеогеографически слабо изученные субрегионы: Хандинскую котловину, юг Ангаро-Ленского плато, среднегорнотаежный пояс Окинского плато (Восточный Саян). Установлены закономерности и особенности субрегионального и локального развития растительности в среднем-позднем голоцене. Выявлена метахронность максимального развития в изученных субрегионах таежной растительности, подчеркивающая определяющую роль субрегиональных природно-климатических факторов в трансформации регионального климата голоцена. Предположено, что глубина залегания многолетнемерзлых пород может быть одним из определяющих факторов, ограничивающим синхронное распространение древесных растений, задерживая его на несколько столетий по сравнению с субрегионами вне зоны многолетней мерзлоты. Показано, что в изученных субрегионах закономерностью реконструированной динамики биомов является постепенное расширение лесного биома и сокращение тундрового. Роль степного биома в низкогорных субрегионах оказалась незначительной, а в среднегорном субрегионе Окинского плато — более значимой. Пыльцевые записи свидетельствуют о формировании в последнее тысячелетие в Хандинской котловине и на юге Ангаро-Ленского плато вторичных березовых лесов, что, вероятно, следует рассматривать как начало антропогенного влияния на субрегиональную растительность — пожаров или вырубок. Отчетливых индикаторов деятельности человека в бассейне оз. Саян-Нур (Окинское плато) не обнаружено. Сравнение реконструированной динамики лесного биома в изученных субрегионах с избранными записями климата Северного полушария в среднем–позднем голоцене показало, что постепенное расширение лесного биома происходило вслед за снижением континентальности климата Северного полушария, получившим отражение в снижении летней и повышении зимней инсоляции.*

**Ключевые слова:** голоценовые торфяники, озерные отложения, палинология, датированные записи природной среды, динамика растительности, Байкальский регион.

**E.V. BEZRUKOVA\*, S.A. RESHETOVA\*, E.V. VOLCHATOVA\*, N.V. KULAGINA\*\*, A.A. SHCHETNIKOV\*\*,  
M.A. KRAINOV\*, I.A. FILINOV\*\***

\*Vinogradov Institute of Geochemistry, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Favorskogo, 1A, Russia,

bezrukova@igc.irk.ru, srescht@mail.ru, volchatova@igc.irk.ru, susel\_usel@mail.ru

\*\*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 128, Russia, kulagina@crust.irk.ru, shch@crust.irk.ru, filinov@crust.irk.ru

## **SUBREGIONAL VEGETATION FORMATION PATTERNS IN THE SOUTH OF EASTERN SIBERIA IN THE MID- TO LATE HOLOCENE**

*This article presents results from reconstructing vegetation in the south of Eastern Siberia along the meridional profile passing through paleogeographically poorly studied subregions: Khandinskaya depression, the south of the Angara-Lena plateau, and the middle mountain taiga belt of the Oka plateau (Eastern Sayan). Patterns and features of subregional and local vegetation development in the Mid- to Late Holocene have been established. The metachronism of maximum development of taiga vegetation, which underlines the determining role of subregional climatic factors in the transformation of the regional climate of the Holocene, has been revealed in the subregions under study. It is suggested that the depth of penetration of permafrost may be one of the determining factors limiting the synchronous spread of arboreal plants, delaying it for several centuries compared to subregions*

© 2023 Безрукова Е.В., Решетова С.А., Волчатова Е.В., Кулагина Н.В.,  
Щетников А.А., Крайнов М.А., Филинов И.А.



lying outside the permafrost zone. It is shown that in the subregions under study, the regularity in the reconstructed biome dynamics is a gradual expansion of the forest biome and a reduction of the tundra biome. The role of the steppe biome in the low–mountain subregions turned out to be insignificant, while in the middle–mountain subregions of the Oka plateau it is becoming more significant. Pollen records show the formation of secondary birch forests both in the Khandinskaya depression and in the south of the Angara-Lena plateau during the last millennium, which should be regarded as the onset of the anthropogenic influence of forest fires or deforestation on subregional vegetation. No distinct indicators of human activity within the watershed of Lake Sagan-Nur (Oka plateau) have been detected. A comparison of the reconstructed dynamics of the forest biome from the subregions under study with the climatic records of the northern hemisphere during the Mid- to Late Holocene showed that a gradual expansion of the forest biome followed a decrease in the continentality of the climate in the northern hemisphere, which is evidenced by a decrease in summer and an increase in winter insolation.

**Keywords:** Holocene peatlands, lacustrine sediments, palynology, dated records of the natural environment, vegetation dynamics, Baikal region.

## ВВЕДЕНИЕ

Подгорно-равнинные и горные экосистемы юга Восточной Сибири (юг ВС), особенно зоны распространения многолетнемерзлых пород, чутко реагируют на изменения климата, находясь в состоянии, близком к таянию. Результатом прогнозируемого потепления может стать, например, сокращение площади многолетней мерзлоты, ее протаивание, что должно изменить облик ландшафтов и иметь различные, в том числе негативные, последствия для растительности, биоты и человека. Поэтому оценка ландшафтно-климатических условий формирования экосистем бореальной зоны в голоцене важна для понимания их длительной динамики и верификации прогнозных моделей реакции таких экосистем на ожидаемые климатические изменения.

Среди множества методов реконструкции природной среды, особенно состава растительности и структуры ландшафтов, пыльцевой анализ занимает важное место. В последние десятилетия для юга ВС был получен ряд пыльцевых записей из отложений голоценового возраста (например, [2]). Результаты этих работ показали, что реконструкция природной среды на основе отложений оз. Байкал представляет собой осредненный сигнал динамики растительности и климата большого водосборного бассейна со сложной топографией. Данные исследования подчеркивают важность субрегиональных палеоэкологических исследований и высокую потребность в репрезентативной сети датированных осадочных архивов для лучшего понимания изменений природной среды юга ВС.

Цель настоящей статьи — реконструкция особенностей формирования растительности юга ВС по меридиональному профилю, проходящему через слабо изученные в палеогеографическом аспекте субрегионы: от низкогорной Хандинской депрессии до среднегорной котловины оз. Саган-Нур (Восточный Саян), а также выявление закономерностей и особенностей субрегионального развития растительности.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объектами исследования стали Хандинская котловина, ур. Хендыркул и Окинское плато.

**Хандинская котловина.** Разрез торфяных отложений Ханда-1 вскрыт в Хандинской котловине, лежащей на высоте 700 м над ур. моря, с превышением бортов над днищем до 250 м. Днище котловины слабоборослабленное, заболоченное, с аккумулятивными террасами, поймой р. Ханды и ее притоков [3]. Климат территории континентальный с холодной продолжительной зимой и теплым коротким летом.

В котловине почти повсеместно распространены многолетнемерзлые песчано-глинистые породы кайнозоя, залегающие близко от дневной поверхности [3]. На западном склоне котловины доминируют елово-кедровые (ель сибирская (*Picea obovata*)-сосна сибирская (*Pinus sibirica*)) и кедрово-еловые с лиственницей сибирской (*Larix sibirica*), на восточном — кедрово-лиственничные и сосново-лиственничные (сосна обыкновенная (*P. sylvestris*)-лиственница сибирская) с березой кустарниковой (*Betula sect. nanae*) сообщества. В самой котловине развиты лиственнично-сосновые или редкостойные кедровые леса [5]. Значительные площади коренных лесов уничтожены пожарами и зарастают лиственницей и березой древовидной (*B. sect. albae*). Растительность поверхности торфяника представлена лиственничным редколесьем с березкой кустарниковой, в напочвенном покрове произрастают осоки (Cyperaceae) и сфагновые мхи (*Sphagnum* sp.).

**Урочище Хендыркул.** Разрез торфяных отложений Хендыркул находится в южной части Ангаро-Ленского плато (рис. 1), в верхнем течении долины р. Илги. Район характеризуется редкоостровным распространением мерзлых пород, заболоченностью. Климат здесь резко континентальный. В растительности района преобладают леса из сосны, лиственницы, березы, часть из которых является производными на месте темнохвойной тайги. Локальную растительность формирует березняк разнотравный, а поверхность торфяника занята осоково-злаковыми сообществами с березой кустарниковой.

**Окинское плато.** Озеро Саган-Нур находится в междуречье рек Оки и Сорок в межгорной котловине, окруженной горами высотой до 1824 м над ур. моря [5] (см. рис. 1). Климат Очинского плато резко континентальный. Погоду в зимнее время формирует Сибирский антициклон, летом — западный атмосферный перенос. В ландшафтной структуре плато доминируют лиственничные леса и редколесья, степная растительность занимает южные склоны. В водосборном бассейне и на берегах оз. Саган-Нур преобладают лугово-болотная растительность, лиственничные кустарниковые, а также лиственничные с редким участием ели, березы или сосны сибирской леса и редколесья [5].

Методика опробования и стратиграфия торфяников Ханда (мощность 232 см) и Хендыркул (мощность 230 см) описана в работе [6]. Для детализации палинологической информации полученные ранее результаты спорово-пыльцевого анализа были дополнены новыми образцами из этих кернов (11 в разрезе Ханда и 15 в разрезе Хендыркул) [6].

Донные отложения оз. Саган-Нур были пробурены гравитационным керноотборным устройством UWITEC (Австрия), с ПВХ-трубками диаметром 63 мм. Длина керна составила 187 см. В его литологическом составе преобладают биогенно-терригенные илы с хорошо выраженной ритмичной слоистостью в нижней (187–45 см) части отложений [7]. Для палинологического анализа опробован каждый второй сантиметр в керне.

**Радиоуглеродное датирование.** Возрастные модели торфяных разрезов базируются на 11 радиоуглеродных датах ( $^{14}\text{C}$ ), полученных по массе торфа сцинтилляционным методом датирования в Институте геологии и минералогии СО РАН (г. Новосибирск).  $^{14}\text{C}$ -значения возраста были откалиброваны, а модели «возраст-глубина» рассчитывались и строились с использованием программного обеспечения «Vacon» [8].



Рис. 1. Карта расположения торфяников (Ханда, Хендыркул) и озер (Каскадное, Хикушка, Саган-Нур, Очаул, Котокель) [4].

1 — положение изученных осадочных разрезов; 2 — государственная граница.

Возраст донных отложений оз. Саган-Нур определен радиоуглеродным методом по массе осадка из пяти образцов с использованием ускорительной масс-спектрометрии УМС в ЦКП «Лаборатория радиоуглеродного датирования и электронной микроскопии» Института географии РАН и Центре прикладных изотопных исследований Университета Джорджии (США).

Калибрование радиоуглеродных дат выполнено с использованием R package clam [9] и калибровочной кривой IntCal20 [10]. Далее в статье используются калиброванные значения возраста.

**Палинологический анализ.** Рассчитать концентрацию пыльцы и спор технически представилось возможным только для отложений оз. Саган-Нур с использованием маркерных спор рода плаунов (*Lycopodium*) (партия № 177745), согласно [11]. Расчет процентного содержания таксонов, построение диаграмм, шкал биомов (рис. 2–5), выделение локальных пыльцевых зон (ЛПЗ) выполнены в программе TILIA 1.7.16 с использованием кластерного анализа CONISS [12].

Пыльцевые таксоны из палинологических записей были отнесены к соответствующим биомам с использованием матрицы, уже применявшейся для юга ВС [3]. Шкалы биомов характеризуются высокочастотными изменениями, поэтому длительные тенденции в динамике биомов выражены полиномом третьего порядка (пунктирные линии).

### ОПИСАНИЕ И ИНТЕРПРЕТАЦИЯ ПЫЛЬЦЕВЫХ ДИАГРАММ

Результаты палинологических исследований, полученные по изученным разрезам, представлены в таблице.

**Пыльцевая летопись торфяника Ханда** (см. рис. 2) позволяет реконструировать состав и структуру растительности в Хандинском субрегионе Прибайкалья за последние ~5900 лет.

#### Описание и сравнение спорово-пыльцевых данных в разрезах Ханда, Хендыркул и Саган-Нур

Ханда (Хн) зона / возраст границ зоны / описание	Хендыркул (Хнд) зона / возраст границ зоны / описание	Саган-Нур (Сгн) зона / возраст границ зоны / описание
Хн-1. Последние ~1050 лет. Снижение количества пыльцы представителей елово-пихтовых ( <i>Picea-Abies</i> ) сообществ, сосны обыкновенной; повышение — представителей лиственнично-сосновых, березовых и и вересково-березовых (вереск ( <i>Ericaceae</i> )-береза карликовая ( <i>Betula nana</i> -type)) сообществ; снижение доли пыльцы представителей семейства осоковых ( <i>Cyperaceae</i> ), повышение — семейства злаков ( <i>Poaceae</i> ), спор рода сфагнум ( <i>Sphagnum</i> )	Хнд-1. Последние ~1000 лет. Снижение содержания пыльцы пихты и ели, а также сосны сибирской, повышение количества пыльцы сосны обыкновенной, <i>Betula alba</i> -type; понижение количества пыльцы злаковых и осоковых; максимум — вересковых	Сгн-1. Последние ~3200 лет. Повышение количества пыльцы лиственнично-березово-кедровых сообществ; рост значений пыльцы рода полыни ( <i>Artemisia</i> ), злаковых, осоковых, снижение содержания пыльцы представителей душиево-ерниковых (береза карликовая) сообществ
Хн-2а. 2600–1050 л. н. Елово-пихтовые сообщества, повышение содержания пыльца сосны сибирской, снижение — сосны обыкновенной, душиево-ерниковых (душикия ( <i>Duschekia</i> )-береза карликовая) сообществ; повышение доли пыльцы представителей семейства осоковых, спор рода сфагнум	Хнд-2. 3900–1000 л. н. Пихтово-еловые сообщества, снижение количества пыльцы сосны сибирской, повышение — сосны обыкновенной; береза карликовая; снижение доли пыльцы злаковых и осоковых	Сгн-2. 7500–3200 л. н. Повышение содержания пыльцы представителей лиственнично-кедрово-сосновых сообществ; понижение количества пыльцы ели, березы карликовой, душиекии, повышение — злаковых и осоковых
Хн-2б. 4600–2600 л. н. Елово-пихтовые сообщества, снижение содержания пыльцы сибирской, повышение — сосны обыкновенной, березы карликовой; повышение доли пыльцы представителей семейства осоковых, спор рода сфагнум	Хнд-3. 5300–3900 л. н. Повышение доли пыльцы елово-кедрово-сосновых сообществ; ерниково- (береза карликовая)-ивовые, злаково-осоково-разнотравные сообщества; хвощовые ( <i>Equisetaceae</i> ) сообщества	Сгн-3. 8600–7500 л. н. Елово-кедрово-сосновые сообщества. Максимум содержания пыльцы представителей ерниково-душиевых сообществ. Лугово-степное разнотравье
Хн-3. 5900–4600 л.н. Елово-пихтово-кедровые сообщества, повышение доли пыльцы сосны обыкновенной; вересково-ивово-ерниковые (береза карликовая) сообщества, представители семейства злаковых и разнотравье		





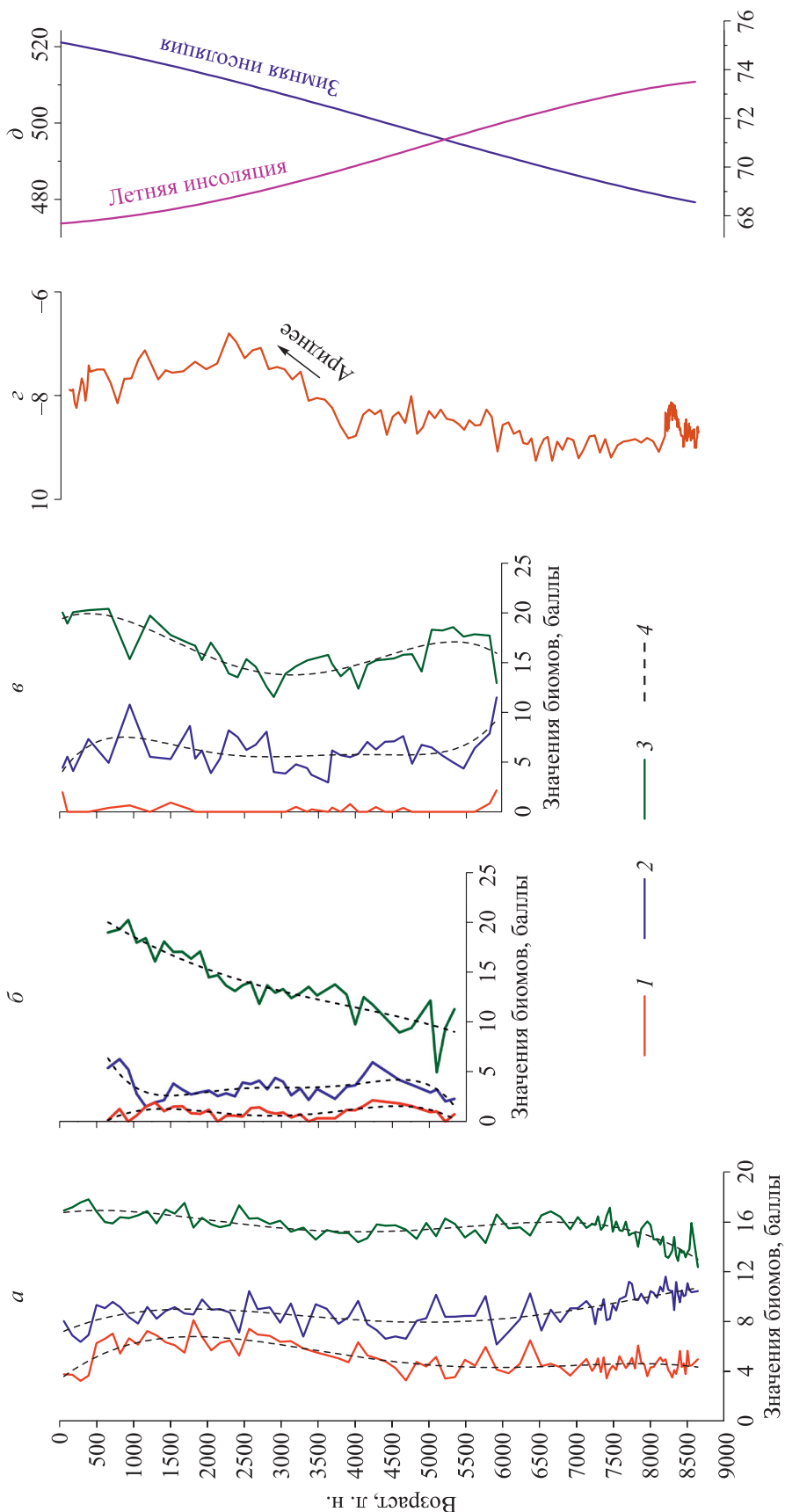


Рис. 3. Динамика биомов в изученных разрезах (а — Саган-Нур, б — Хендыркул, в — Ханда), изотопов кислорода ( $\text{Dongle } \delta^{18}\text{O}$ ) из китайских сталагмитов как индикатора интенсивности тихоокеанского летнего муссона [14] и средних значений зимней (декабрь–февраль) и летней (июнь–август) инсоляции на  $55^\circ$  северной широты по [13] (д).

Биомы: 1 — степной, 2 — тундровый, 3 — лесной, 4 — линии трендов (полиномы третьего порядка).

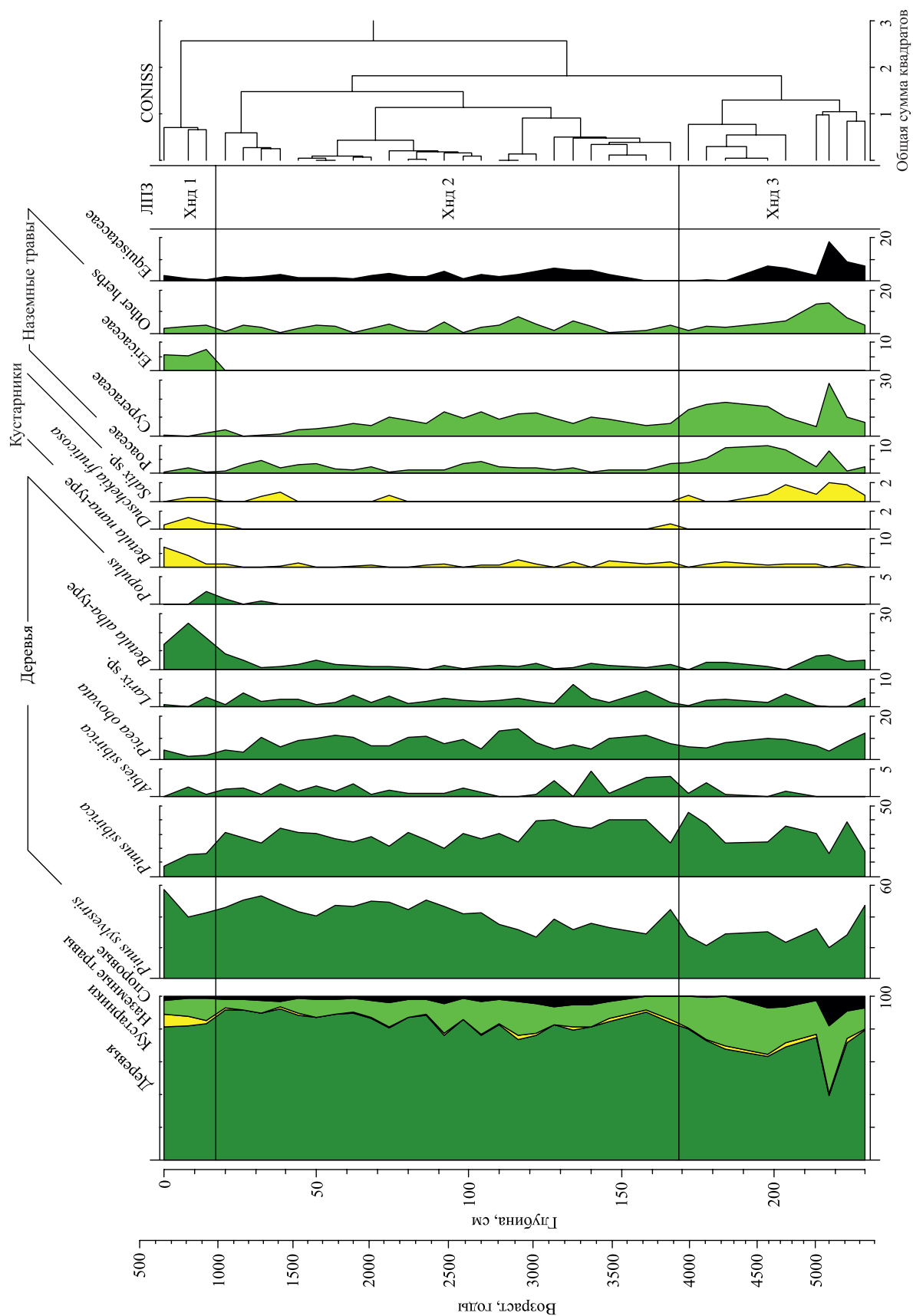


Рис. 4. Содержание основных пыльцевых таксонов в разрезе торфяника Хендыркул по отношению к глубине и возрасту отложений, %.





Во время формирования (5900–5800 л. н.) базального слоя заиленного речного аллювия основу субрегиональной растительности составляли темнохвойные леса из сосны сибирской, пихты и ели (ЛПЗ Хн-1-3). В локальной растительности долины р. Ханды господствовали ивово-ерниковые группировки. Заболачивание этого участка долины и формирование болота лесного типа, покрытого вересковыми кустарничками и сфагновыми мхами, началось около 5800 л. н. (см. рис. 2, ЛПЗ Хн 3).

В субрегиональном растительном покрове во временном интервале 5900–4600 л. н. возросло участие сосны обыкновенной (см. рис. 2), а в пределах котловины доминировали лиственнично-сосновые леса с участием кедра. Реконструкция биомов показывает преобладание таежного типа растительности (5900–4600 л. н.), за которым следует тундровый (рис. 3).

Во временном интервале 4600–2600 л. н. в субрегиональной растительности (см. рис. 2, ЛПЗ Хн 2б) преобладали леса из кедра, пихты и ели. Однако в структуре лесного покрова произошло максимальное за весь изученный интервал времени расширение площадей с сосной обыкновенной. Известно, что естественное распространение этого эвритерного хвойного дерева ограничено вечной мерзлотой, близкое залегание слоя которой может привести к повреждению корней [15]. Ранее было отмечено [3], что более высокая, чем современная, летняя инсоляция в раннем голоцене способствовала деградации мерзлоты и распространению сосны обыкновенной в Восточной Сибири. Однако палинологическая запись из торфяника Ханда свидетельствует о наступлении самых благоприятных условий для сосны в конце среднего – начале позднего голоцена. Вероятной причиной этого могла быть более поздняя деградация многолетнемерзлых пород в этом субрегионе, где мерзлота и сейчас играет важную роль. Реконструкция биомов в бассейнах озер Очаул и Котокель [16] также показывает преобладание таежного типа растительности с его незначительным сокращением в диапазоне 4000–3000 л. н.

В интервале времени от 2600 до 1050 л. н. (см. рис. 2, ЛПЗ Хн 2б) происходили неоднократные изменения гидрологического режима болота, что способствовало распространению осоковых и/или сфагновых ассоциаций. В пределах котловины и ее бортов произрастали елово-кедровые с пихтой, сосной и лиственницей леса, но доля сосны в них снизилась. На протяжении последних ~1050 лет в субрегиональной растительности Хандинской котловины реконструировано продолжающееся снижение роли сосны и повышение — кедра, березы, лиственницы (см. рис. 2, Хн 1). В последние примерно 300 лет болото, вероятно, перешло в верховую стадию с преобладанием на его поверхности ерников и сфагнумов. Максимальное расселение лиственницы произошло в последние ~100 лет. Этот вывод следует из установленной закономерности оседания массы пыльцы лиственницы вблизи продуцирующих ее деревьев [2].

**Пыльцевая летопись торфяника Хендыркул** позволяет реконструировать состав и структуру растительности южной части Ангаро-Ленского плато Прибайкалья за последние 5300 лет. В локальной растительности урочища Хендыркул в диапазоне от 5300 до 3900 л. н. (см. рис. 4, ЛПЗ Хнд 3) преобладали кедрово-елово-лиственничные леса. Растительный покров болотного массива в интервале 5300–4700 л. н. был представлен мозаичным сочетанием осоково-хвошевых и ивово-ерниковых группировок, а в интервале 4700–3900 л. н. — злаково-осоковым разнотравьем (см. рис. 4). В составе субрегиональной растительности юга Ангаро-Ленского плато господствовали леса из лиственницы, сосны и кедра с участием ели, реже — пихты. Реконструкция биомов показывает преобладание таежного типа, которому сопутствовал тундровый (см. рис. 3).

Во временном интервале 3900–1000 л. н. (см. рис. 4, Хнд 2) расширяются площади таежных биомов за счет повышения доли сосны в структуре субрегиональных лесов. Учитывая особенности рассеивания пыльцы ели и лиственницы, можно сказать, что эти породы продолжали доминировать вблизи болотного массива [17].

Повышение обилия пыльцы березы ок. 1000–600 л. н. (см. рис. 4, Хнд 1), вероятно, отражает формирование березовых насаждений на месте кедрово-елово-лиственничных лесов. Поверхность болота в это время становится сухой, что способствовало расселению вересковых кустарничков и ерников. Продолжающееся повышение значений таежного биома (см. рис. 3) отражает усиливающуюся роль лесной растительности в субрегиональном плане. Отсутствие верхнего слоя отложений не позволило реконструировать характер растительности юга Ангаро-Ленского плато за последние 600 лет.

**Пыльцевая летопись из донных отложений оз. Саган-Нур** характеризует динамику растительности водосборной территории озера и центральной части Окинского плато за последние 8600 лет.

В диапазоне 8600–7500 л. н. (см. рис. 5, ЛПЗ Сгн 3) вблизи водоема произрастали кустарниковые ассоциации из ольховника, ерников и ив. Хорошо прогреваемые склоны горной котловины занимали разнотравно-марево-полынные остепенные сообщества. В наиболее благоприятных местах обитания

встречались лесные участки с елью, лиственницей и березой (см. рис. 5). Относительно низкое обилие пыльцы кедра (около 10 %) и сосны (менее 40 %) свидетельствует о редком присутствии этих деревьев в структуре локальных лесов. С другой стороны, учитывая постоянное присутствие пыльцы сосны и кедра и то, что пыльца этих видов разносится ветром на значительные расстояния (>80 км) от мест произрастания [18], следует предположить, что леса с их участием формировали субрегиональную растительность центральной части Окинского плато на более низких гипсометрических уровнях. Результаты биомизации показывают преобладание таежного и тундрового биомов (см. рис. 3).

Во временном интервале 7500–3200 л. н. (см. рис. 5, ЛПЗ Сгн 2) повышение обилия пыльцы древесных, включая сосну и кедр, свидетельствует о расширении лесных площадей в центральной части Окинского плато и предполагает потепление климата. Подъем верхней границы леса с участием сосны в Восточном Саяне с ~7500 л. н. происходил синхронно с ее экспансией в горах юга Сибири и других регионах Северной Азии [7, 19]. Вместе с тем в составе локальной растительности бассейна оз. Саган-Нур преобладали лиственничные леса с участием кедра, с ерниками, ольховником, ивами. На рассматриваемом отрезке времени реконструировано сокращение ельников, возможно, из-за общей перестройкой гидрографической сети в центральной части Окинского плато [7, 20]. В последние 3200 лет (см. рис. 5, ЛПЗ Сгн 1) отмечено повышение обилия пыльцы полыни, злаковых, маревых и осоковых, что указывает на разреженность лесного покрова, а реконструкция биомов — на расширение степных пространств (см. рис. 3). Рост значений пыльцы лиственницы предполагает локальное и субрегиональное доминирование лиственничных лесов в более холодном, чем ранее, климате.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты палеогеографических реконструкций позволили выявить особенности формирования современной структуры растительного покрова в различных субрегионах юга Восточной Сибири в среднем-позднем голоцене. В пределах изученных территорий была установлена гетерохронность максимального развития как темнохвойной, так и светлохвойной тайги, что подчеркивает определяющую роль субрегиональных природно-климатических факторов в трансформации регионального климата голоцена. Вероятно, одним из таких важнейших факторов является положение верхней границы многолетнемерзлых пород, ограничивающей распространение некоторых древесных, задерживая его на несколько столетий по сравнению с субрегионами вне зоны многолетней мерзлоты.

Общая черта динамики биомов в изученных субрегионах — это постепенное расширение лесного биома с некоторым его сокращением в интервале времени 4000–3000 л. н. (см. рис. 3). Ослабление роли бассейна озер Очаул и Котокель (см. рис. 1). Роль степного биома оказалась заметной только в бассейне оз. Саган-Нур. Повышение обилия пыльцы березы, скорее всего, соответствует формированию вторичных березовых насаждений на месте хвойных лесов и связано с деятельностью человека (пожары, вырубки).

Динамика степного биома на Окинском плато в среднем-позднем голоцене показывает существенную синхронность с изменениями интенсивности влагонесущего летнего муссона, записанной в сталагмитах из Китая (см. рис. 3). Постепенное расширение лесного биома происходило вслед за снижением континентальности климата Северного полушария, получившей отражение в снижении летней и повышении зимней инсоляции.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (23-17-00067, часть палинологического анализа из керн донных отложений оз. Саган-Нур) и в рамках темы государственного задания Института геохимии СО РАН (0284-2021-0003).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Kobe F., Bezrukova E.V., Leipe C., Shchetnikov A.A., Goslar T., Wagner M., Kostrova S.S., Tarasov P.E. Holocene vegetation and climate history in Baikal Siberia reconstructed from pollen records and its implications for archaeology // *Archaeological Research in Asia*. — 2020. — Vol. 23. — <https://doi.org/10.1016/-j.ara.2020.100209> (дата обращения 02.05.2023).
2. Bezrukova E.V., Shchetnikov A.A., Kulagina N.V., Amosova A.A. Lateglacial and Holocene vegetation and environmental change in the Jom-Bolok volcanic region, East Sayan Mountains, South Siberia, Russia // *Boreas*. — 2021. — Vol. 50 (4). — P. 935–947.

3. **Выркин В.Б.** Котловины Среднесибирского плоскогорья: расположение, морфология и современное рельефообразование // Изв. Иркутск. ун-та. Сер. «Науки о Земле». — 2020. — Т. 32. — С. 20–31.
4. **Jarvis A., Reuter H.I., Nelson A., Guevara E.** Hole-filled Seamless SRTM data V4 // International Centre for Tropical Agriculture, Scientific Research, An Academic Publisher (CIAT). — 2008 [Электронный ресурс]. — <https://srtm.csi-cgiar.org> (дата обращения 12.04.2023).
5. **Vladimirov I.N., Vyrkin V.B., Ilyicheva E.A., Kobylkin D.V., Pavlov M.V., Zehong Li.** Natural Conditions and Ecological Potential of Geosystems in the Central Part of the Oka Plateau (Eastern Sayan) // Geography and Natural Resources. — 2019. — Vol. 40, N 3. — P. 264–274.
6. **Безрукова Е.В., Белов А.В., Летунова П.П., Кулагина Н.В.** Отклик природной среды Ангаро-Ленского плато на глобальные изменения климата в голоцене // Геология и геофизика. — 2014. — Т. 55, № 4. — С. 594–604.
7. **Безрукова Е.В., Решетова С.А., Волчатова Е.В., Кузьмин М.И.** Первые реконструкции ландшафтно-климатических изменений в центральной части Окинского плато (Восточный Саян) в среднем-позднем голоцене // Докл. РАН. Науки о Земле. — 2022. — № 506 (1). — С. 104–110.
8. **Blaauw M., Christen J.A.** Flexible paleoclimate age-depth models using an autoregressive gamma process // Bayesian Analysis. — 2011. — N 6. — P. 457–474.
9. **Blaauw M., Christen J.A., Vazquez J.E., Goring S.** Classical Age-Depth Modelling of Cores from Deposits. R Package Version 2.5.0. — 2022 [Электронный ресурс]. — <https://CRAN.R-project.org/package=clam> (дата обращения 27.02.2023).
10. **Heaton T.J., Blaauw M., Blackwell P.J., Bronk Ramsey Ch., Reimer P.J., Marian Scot E.** The IntCal20 Approach to Radiocarbon Calibration Curve Construction: A New Methodology Using Bayesian Splines and Errors-invariables // Radiocarbon. — 2020. — N 62 (4). — P. 821–863.
11. **Stockmarr J.** Tablets with spores used in absolute pollen analysis // Pollen et Spores. — 1971. — N 13. — P. 615–621.
12. **Grimm E.C.** Tilia 1.7.16 Software. — Springfield, IL: Illinois State Museum // Research and Collection Center. — 2011.
13. **Laskar J., Robutel P., Joutel F., Gastineau M., Correia A.C.M., Levrard B.** A long-term numerical solution for the insolation quantities of the earth // Astronomy Astrophysics. — 2004. — Vol. 428. — P. 261–285.
14. **Wang Y., Cheng H., Edwards R.L., He Y., Kong X., An Z., Wu J., Kelly M.J., Dykoski C.A., Li X.** The Holocene Asian monsoon: Links to solar changes and North Atlantic climate // Science. — 2005. — Vol. 308. — P. 854–857.
15. **Шумилова Л.В.** Основные черты естественного растительного покрова Сибири и его географическое распространение // Изв. Томск. ун-та. — 1960. — № 148. — С. 171–182.
16. **Kobe F., Hoelzmann P., Gliwa J., Olschewski P., Peskov S., Shchetnikov A.A., Danukalova G., Goslar T., Leipe C., Wagner M., Bezrukova E.V., Tarasov P.E.** Lateglacial–Holocene environments and human occupation in the Upper Lena region of Eastern Siberia derived from sedimentary and zooarchaeological data from Lake Ochaul // Quaternary International. — 2022. — Vol. 623. — P. 139–158.
17. **Bezrukova E.V., Abzaeva A.A., Letunova P.P., Kulagina N.V., Vershinin K.E., Belov A.V., Orplova L.A., Danko L.V.** Post-glacial history of Siberian Spruce (*Picea obovata*) in the Lake Baikal Area and the significance of this species as paleo-environmental indicator // Quaternary International. — 2005. — Vol. 136. — P. 18–32.
18. **Ma Y.Z., Liu K.-B., Feng Z.D., Sang Y.L., Wang W., Sun A.Z.** A Survey of modern pollen and vegetation along a southenorth transect in Mongolia // Journ. of Biogeography. — 2008. — Vol. 35. — P. 1512–1532.
19. **Zhang D., Feng Z.** Holocene climate variations in the Altai Mountains and the surrounding areas: A synthesis of pollen records // Earth-Science Reviews. — 2018. — Vol. 185. — P. 847–869.
20. **Безрукова Е.В., Кулагина Н.В., Решетова С.А., Щетников А.А., Крайнов М.А., Филинов И.А.** Природная среда Окинского плато (горы Восточного Саяна) в позднем ледниковье и голоцене: пример палинологической летописи из отложений озера Хикушка // Геоморфология. — 2022. — Т. 53 (3). — P. 61–73.

*Поступила в редакцию 08.06.2023*

*После доработки 21.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

В.А. ЮДКИН\*, \*\*

\*Институт систематики и экологии животных СО РАН,  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, Россия, yudkin\_v@mail.ru  
\*\*Новосибирский государственный университет,  
630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия, yudkin\_v@mail.ru

## ПРИНЦИПИАЛЬНЫЕ РАЗЛИЧИЯ В СОДЕРЖАНИИ ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИХ И ГЕОЗООЛОГИЧЕСКИХ КАРТ

*Все тематические карты с зоологическим содержанием предложено разделить на зоогеографические и геозоологические по характеру объектов, которым посвящены карты. Выполнен обзор подготовки таких карт. На зоогеографических картах основными объектами являются части земной поверхности, а признаками объектов — любые параметры населения животных. Для построения таких карт вначале создается тематическая карта-основа на базе административной, ландшафтной или растительной карты. Она изначально не зависит от параметров популяций животных. Зоологическая характеристика дается каждому выделу легенды карты-основы уже после ее создания. В результате определенных обобщений этой легенды готовые зоогеографические карты отражают сходство и различия выделов карты-основы по их определенным зоологическим признакам. Приведен анализ структуры и содержания легенд таких карт. Рассмотрен наиболее частый случай их некорректного прочтения. Объектами геозоологических карт выступают виды животных или их популяции. Признаками вида (популяции) здесь являются отдельные участки земной поверхности с характеристиками вида на них. Эти карты формируют представления о пространственной разнородности плотности вида, его морфологии или жизнедеятельности. При создании геозоологических карт во многих случаях проводится предварительное деление территории на наименьшие единицы рассмотрения. Эти единицы должны быть равновеликими для наиболее объективного изображения явления. Чем мельче единицы, тем более полно можно отразить уникальность пространственного распределения вида и изменений его жизнедеятельности. Показана нецелесообразность использования ландшафтных или растительных карт в качестве основы для создания геозоологических карт.*

**Ключевые слова:** географическая зоология, картография, легенда карты, население животных, распределение животных.

V.A. YUDKIN\*, \*\*

\*Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
630091, Novosibirsk, ul. Frunze, 11  
\*\*Novosibirsk State University,  
630090, Novosibirsk, ul. Pirogova, 2, Russia, yudkin\_v@mail.ru

## FUNDAMENTAL DIFFERENCES IN THE ZOOGEOGRAPHICAL AND GEOZOOLOGICAL MAP CONTENTS

*It is suggested that thematic maps with zoological contents should all be differentiated into zoogeographical and geozoozoological by the essence of the objects to which the maps are devoted. A review of the creation of such maps is made. On zoogeographical maps, parts of the earth's surface are the main objects, and animal assembly parameters are features of objects. To create such maps, a thematic base map (drawing base) is first prepared on the basis of an administrative, landscape or plant map. This base map initially does not depend on the parameters of animal populations. Zoological characteristics will be given to each unit of the legend of the base map upon its creation. As a result of certain generalizations of this legend, the prepared zoogeographic maps reflect the similarity and differences in the territorial divisions of the base map according to their zoological features. An analysis is made of the structure and contents of legends of such maps. The most common cases of their incorrect reading were considered. The objects of geozoozoological maps are animal species or their populations. In this case, the features of a species (a population) are represented by individual areas of the earth's surface with the characteristics of the species on them. These maps generate ideas of the spatial heterogeneity of the density of a species, its morphology or vital activity. When creating geozoozoological maps, a preliminary division of the territory into the elementary spatial units under consideration is carried out in*



*many instances. These units should be of equal magnitude for the most objective image of the phenomenon. The smaller are the elementary spatial units, the more fully can the uniqueness of the spatial distribution of the species and the changes in its vital activity be reflected. The inexpediency of using landscape or plant maps as the basis for creating geozoological maps has been demonstrated.*

**Keywords:** *geographic zoology, cartography, map legend, animal assemblage, animal distribution.*

## ВВЕДЕНИЕ

Многочисленные обсуждения взаимоотношений двух дисциплин — географической зоологии и зоологической географии — долгое время имели чисто теоретическое дискуссионное значение, в целом не влияющее на интерпретацию результатов исследований. Однако в последние несколько десятилетий, особенно после широкого внедрения ГИС-технологий в тематическое картографирование, стали в значительном количестве появляться различные тематические карты с количественным зоологическим содержанием. Многие из таких карт вызывают критику со стороны зоологов. В большинстве случаев критика порождена, с одной стороны, некорректными декларациями авторов относительно целей и задач создаваемых ими картографических произведений, а с другой — неправильным чтением и интерпретацией содержания карт оппонентами. Истоки противоречий между авторами карт и их пользователями кроются чаще всего в том, что при внешнем визуальном и терминологическом сходстве такие карты с зоологической компонентой отображают объекты, относящиеся к разным научным дисциплинам. Поэтому есть необходимость в разделении карт, где представлено зоологическое содержание, по их сути. Разные понятия, выявленные в результате этого деления, необходимо обозначить адекватными терминами.

Цель данной работы — упорядочение представлений о содержании зоологических и зоогеографических карт. Задачи исследования — определить принципиальные различия в объектах исследования и картографирования в областях знания, где совместно присутствуют пространственная и зоологическая компоненты; определить ключевые термины и понятия; выявить сходные элементы в построении зоогеографических и геозоологических карт и принципиальные различия в их подготовке.

## ГЕОЗООЛОГИЯ И ЗООГЕОГРАФИЯ

Прежде чем рассматривать особенности содержания зоогеографических и геозоологических карт, следует уточнить различия двух научных направлений — зоологической географии и географической зоологии. Эти два понятия впервые ввел Е. Циммерман [1]. Первая наука, по его мнению, изучает различные части земного шара с точки зрения их животного населения, а вторая занимается установлением причин распространения видов и других таксонов животных. Это весьма логичное определение, из которого следует, что объектом зоологической географии являются части поверхности земли, а объектами географической зоологии — животные и организация их пространственного распространения. А.Р. Уоллес использовал эти два понятия в своем труде, посвященном распространению животных на планете [2], но позже Ф.Е. Беддарт [3] в учебнике зоогеографии все эти задачи включил в одну область — зоогеографию (zoogeography). В современной англоязычной литературе термин «географическая зоология» практически не используется, фигурирует только «зоогеография», но чаще используется термин «биогеография» (biogeography). После А.Р. Уоллеса и до наших дней исследователи в англоязычной литературе не разделяют географическую зоологию и зоологическую географию. Определения зоогеографии, приводимые в современных изданиях, таковы, что все проблемы, решаемые этими двумя направлениями, рассматриваются в рамках зоогеографии [4].

В то же время в русскоязычном сегменте литературы с середины XX в. обсуждается разделение всей совокупности рассматриваемых задач между указанными дисциплинами. Подробный анализ различных взглядов на взаимоотношения этих двух направлений изложен в книге А.М. Косарева [5]. Здесь же целесообразно рассмотреть лишь результат данного анализа. Так, одни исследователи предлагают все задачи с пространственным аспектом и с зоологической компонентой объединить в зоогеографию или считают названия этих двух дисциплин синонимами [6, 7]. Многие все же полагают, что это разные дисциплины, но провести границу между ними чрезвычайно трудно [8]. А.П. Кузякин рассматривал обе дисциплины в качестве составных частей географии животных, а А.А. Лиховид рассматривает геозоологию как составную часть зоогеографии [9]. При этом суть двух понятий, предложенных еще в XIX в. Е. Циммерманом, в целом сохраняется в трудах некоторых современных исследователей [5].

Для принципиального определения этих терминов по сути научных дисциплин, а следовательно, и содержания тематических карт целесообразно обратиться к этимологии этих слов. В термине «геозоология» основной частью сложного слова является «зоология», а «гео» придает пространственный оттенок (географическая зоология). По определению, зоология — наука о животных... изучающая животный мир, строение и жизнедеятельность животных, их распространение. Таким образом, объектом зоологии являются животные (различные стороны их жизни). Поэтому геозоология — это раздел зоологии, изучающий различные стороны жизнедеятельности животных в пространственном разрезе.

Термин «зоогеография» также состоит из двух слов, главным из которых является «география». Все определения термина «география» начинаются с прямого перевода с греческого: землеописание (даже не изучение — *λόγος*, а описание — *γραφία*). В то же время дальнейшее раскрытие содержания данного термина не лишает географию функций изучения. Объектом географии является поверхность земли со всеми живыми и косными ее элементами. Таким образом, зоогеография (зоологическая география) — это раздел географии, описывающий (изучающий) различные части земной поверхности по специфической группе признаков — наличию или количеству там тех или иных животных.

Если следовать этой логике, то геозоология и зоогеография — составные части разных наук. Данные названия не являются синонимами, а сами эти дисциплины не могут быть как составными частями друг друга, так и какой-либо третьей дисциплины.

### ЗООГЕОГРАФИЧЕСКИЕ КАРТЫ

При создании зоогеографических карт авторы ставят целью отображение пространственных особенностей каких-либо зоологических характеристик территории. Для этого проводится предварительное деление территории на элементарные единицы рассмотрения. Эти единицы или их последующие объединения и будут в дальнейшем элементами объекта создаваемой карты. Часто встречающимися единицами рассмотрения выступают административные выделы (районы, субъекты Федерации). Как правило, для их характеристики интересны не все животные, а только хозяйственно важные виды [5, 10, 11]. Административные единицы различны по площади и форме, поэтому их совокупность не может дать объективных представлений о распределении вида животного. Карты на данной основе позволяют увидеть только особенности административных единиц по ресурсам определенного вида на их территории.

Для различных вариантов фаунистического районирования создаются предварительные карты деления с учетом физико-географических особенностей территории. В качестве примеров такого деления в наиболее мелком масштабе можно привести карту-бланковку на сайте «Биодат» [12]. Там территория бывшего СССР разделена на 600 природных районов. Эти районы тоже имеют разную форму, а их площади могут иногда различаться в 300 раз. Можно на карте сопоставлять эти районы по их зоологическим характеристикам, но мозаика элементарных участков разного размера не позволит создать корректные представления о распределении вида.

Для создания карт более крупного масштаба (на отдельные физико-географические страны и регионы более низкого ранга) чаще за основу зоогеографических карт берется карта растительности. Предварительно проводится объединение таксонов легенды этой карты. При этом известны два принципа этого объединения. Первый — на основе карты растительности по определенным критериям авторов выделяются более крупные территориальные единицы, часто называемые местообитаниями [13–15]. Часто подобная карта становится основой для создания целой серии однотипных зоогеографических карт в составе одного атласа. Второй принцип объединения растительных таксонов легенды выполняется на основе предварительной их классификации по характеристикам населения животных в них [16, 17 (карта-вкладка)]. В обоих случаях принятие за основу карт растительности является оптимальным решением, например в рамках каких-либо ценотических работ.

Именно совокупность всех перечисленных объединений выделов карты растительности становится объектом создаваемой зоогеографической карты. Выделы сопровождаются характеристиками животного населения, т. е. определяются признаки этого объекта. Карты отображают пространственные особенности объединенных растительных таксонов легенды по описаниям животного населения в них. И в этом случае ни одна из подобных карт не может характеризовать пространственные особенности распределения отдельных видов животных.

Нередко исследователи декларируют объектами таких карт не трансформированные таксоны карты растительности, а «сообщества» животных, по аналогии с растительными сообществами. По-

добные аналогии не оправданы, поскольку использование понятия «сообщество» в зоогеографических картах некорректно. Наиболее логичное толкование сообщества (community) дал П. Джиллер [18], определив его как совокупность взаимодействующих популяций. Иными словами — это многовидовая система со значительной составляющей внутренней организации (за счет внутренних взаимодействий). В растительных системах такие взаимодействия известны. Исследователи, изучающие многовидовые комплексы животных, за очень редким исключением, не рассматривают взаимодействия между популяциями. Эти комплексы рассматриваются только внутри каких-либо заранее ограниченных частей пространства. Для таких совокупностей разных видов, выделяемых только по принадлежности к части территории, П. Джиллер [18] предложил термин *assembly*. В русскоязычной литературе для данной категории давно и широко используется понятие «население» (определенной группы видов). Наиболее простое и логичное определение населения — это совокупность особей всех видов одного таксона, находящиеся в определенное время в пределах пространственного выдела [17].

Таким образом, население и сообщества — это разные понятия. Если геоботаник проводит границы между выделяемыми им сообществами, глядя на растительность, то зоогеограф территориальные границы животного населения проводит без учета популяций животных, а главным образом по ландшафтными или растительным выделам. И лишь потом он наполняет выделенные территории зоологическими характеристиками. Поэтому население не может быть само по себе объектом картографирования, так как это всего лишь характеристика участка пространства. Она будет зависеть от того, где исследователь провел границу участка. Без конкретной отграниченной части пространства нет и конкретного населения.

Легенды к зоогеографическим картам обычно насыщены информацией и представляют собой отдельные произведения. Там, где превалирует строгий количественный подход к зоологическим данным, названия выделов легенды даются по ландшафтными и растительным характеристикам (рис. 1, а). Каждому таксону легенды соответствуют усредненные значения параметров населения по выборочным данным. Обычно в эти параметры входят средние показатели обилия наиболее многочисленных видов и средние суммарных параметров населения (см. рис. 1, б).

В то же время многие читатели зоогеографических карт пытаются на них найти информацию о распределении какого-либо конкретного вида. Нецелесообразность этого иллюстрируется на следующем примере. На карте населения животных, внесенных в Красную книгу Новосибирской области [19], в качестве основы приведена карта групп растительных сообществ (рис. 2, а). В легенде для каждой из этих групп даны расчетные значения абсолютной численности видов (см. рис. 2, б). Подавляющая часть (99 %) особей малой крачки (*Sterna albifrons*) отнесена к выделу карты № 3, поскольку в большинстве своем особи встречены на территориях, занятых входящими туда растительными сообществами. Попытка из содержания легенды вычленив информацию о распределении этого вида приведет к представлениям, что вид обитает на обширных пространствах от западной до восточной границы региона в пределах территорий, занятых выделом № 3 (см. рис. 2, в). Фактические данные о встречах птиц в регионе говорят о том, что малая крачка обитает только в восточной его части и приурочена к долине и руслу р. Оби [20] (см. рис. 2, г).

При характеристике территории по ее животному населению более сложная подача информации в легенде может отчасти исключить подобные недоразумения. Весьма удачной оказалась матричная форма легенды, предложенная Л.Г. Емельяновой [21]. Так, например, в легенде к карте населения охотничьих птиц Западно-Сибирской равнины показатели обилия каждого вида даны в форме доверительных интервалов по выборочным данным [17 (карта-вкладка)]. Дополнительными обозначениями показан характер встречаемости видов (см. рис. 1, в, г). Следует еще раз подчеркнуть, цель данной карты не отобразить распределение того или иного вида, а показать разные участки пространства с позиции их охотничьего использования.

Можно встретить зоогеографические карты, где авторы сами в их названиях декларируют в качестве объекта распределение отдельного вида животных. По сути же, приводится карта растительности с объединенными растительными выделами, а в легенде даются усредненные численные характеристики вида для каждого объединения [22]. При этом на примере сравнения карт распределения белой куропатки (*Lagopus lagopus*), выполненных для одной и той же территории, но на разных концептуальных основах, отчетливо видны значительные отличия содержания геоэкологических карт от содержания зоогеографических по сути, но декларируемых как геоэкологические. На рис. 3, а приведено изображение зоогеографической по своей сути карты, основой для которой является карта растительности [23]. Для каждой группы растительных выделов усреднены по выборкам с соответ-



- a*
- Типы, классы и подклассы населения**  
**1 – низкогорно-предгорный селитебно-аграрный**
- **1** 1.1 – пастбищно-селитебный (лугов-выпасов, залежей, поселков и предгорных, частично осушенных болот)
  - **2** 1.2 – полевой
- 2 – предгорно-низкогорный лугово-лесной**
- **3** 2.1 – предгорных лугов, перелесков и низкогорных пойменных лугов, чередующихся с ивняками

*б*

1. (лидируют по числу гнезд (%): *Lasius niger* 43, *Mirmica scabrinodis* 25, *M. rubra* 18, *Lasius flavus* 5, *Formica candida* 3, плотность населения – 4 гнезда/25кв м, всего встречено 17 видов / из них фоновых 3)  
 1.1 – (лугов-выпасов, залежей, поселков и предгорных частично осушенных болот; *Lasius niger* 42; *Mirmica scabrinodis* 26, *M. rubra* 18, *Lasius flavus* 5, *Formica candida* 3; 8; 14/3.  
 1.2 – *Lasius niger* 100; 0,4; 1.

*в*

СИСТЕМА НАСЕЛЕНИЯ	Тип и подтип населения	Группа и подгруппа вариантов населения	Обозначение	БОРОВАЯ			
				белая куропатка	рябчик	большая горлица	глухарь
УШИ КТИЧЕСКАЯ	Субарктический кустарниковый	Тундровая					
		Редколесная					
		Болотно-тундровая северная					

*г*

в а ю щ а я								Суммарные характеристики населения (интервал при 95% уровне значимости)		Ландшафтная приуроченность орнитокомплексов	
калуга черная	кряква	чирок-стрелунок	широконоска	красноглазый нырок	серая утка	лысуха	серый гусь	пеганка	обилие, особей / кв км		встречаемость, особей / кв км
									12 - 86	8 - 36	тундры и открытые болота с развитым ярусом высоких кустарников или кустарников без заметной участи водоемов и водотоков
									10 - 20	5 - 11	редкостойные низкорослые лиственные леса, редколесья и елочно-болотные редкостойные низкорослым древостоем без водоемов
									47 - 93	11 - 45	различные тундры без развитого яруса кустарников и кустарничков (моховые, лишайниковые)

*д*

**Характер распределения вида:**

- встречен более, чем в 75% обследованных выделов, площадью 5 кв км;
- в 50 - 75%;
- в 25 - 50%;
- в 12,5 - 25%.

если знак - означает в верхней части степки, не все значения предназначены для северной территории, если в центре - не для степки

**Обилие, особей / кв км:**

- < 4;
- 4 - 10;
- 10 - 30;
- 30 - 100;
- > 100.

Показатели даны для лет со средним и

**Рис. 1.** Варианты структуры легенды зоогеографических карт на примере карт населения муравьев Северо-Восточного Алтая (*a, б*) и населения охотничьих птиц Западно-Сибирской равнины (*в-д*).

Классическая структура: *a* – классификация выделов по их населению, обозначения и названия выделов карты (фрагмент [15]); *б* – текстовая характеристика населения муравьев в выделах карты (для фрагмента в части *a* [15]); матричная структура легенды: *в* – верхний левый фрагмент матрицы с классификацией выделов по населению, названием выделов карты, их обозначением и начало характеристик обилия и встречаемости каждого вида в выделах карты [17]; *г* – верхний правый фрагмент матрицы с характеристиками обилия и встречаемости каждого вида в выделах, суммарными характеристиками населения и ландшафтной приуроченностью выделов [17]; *д* – условные обозначения обилия и встречаемости вида, все количественные характеристики в легенде даны в виде доверительных интервалов эмпирических данных [17].





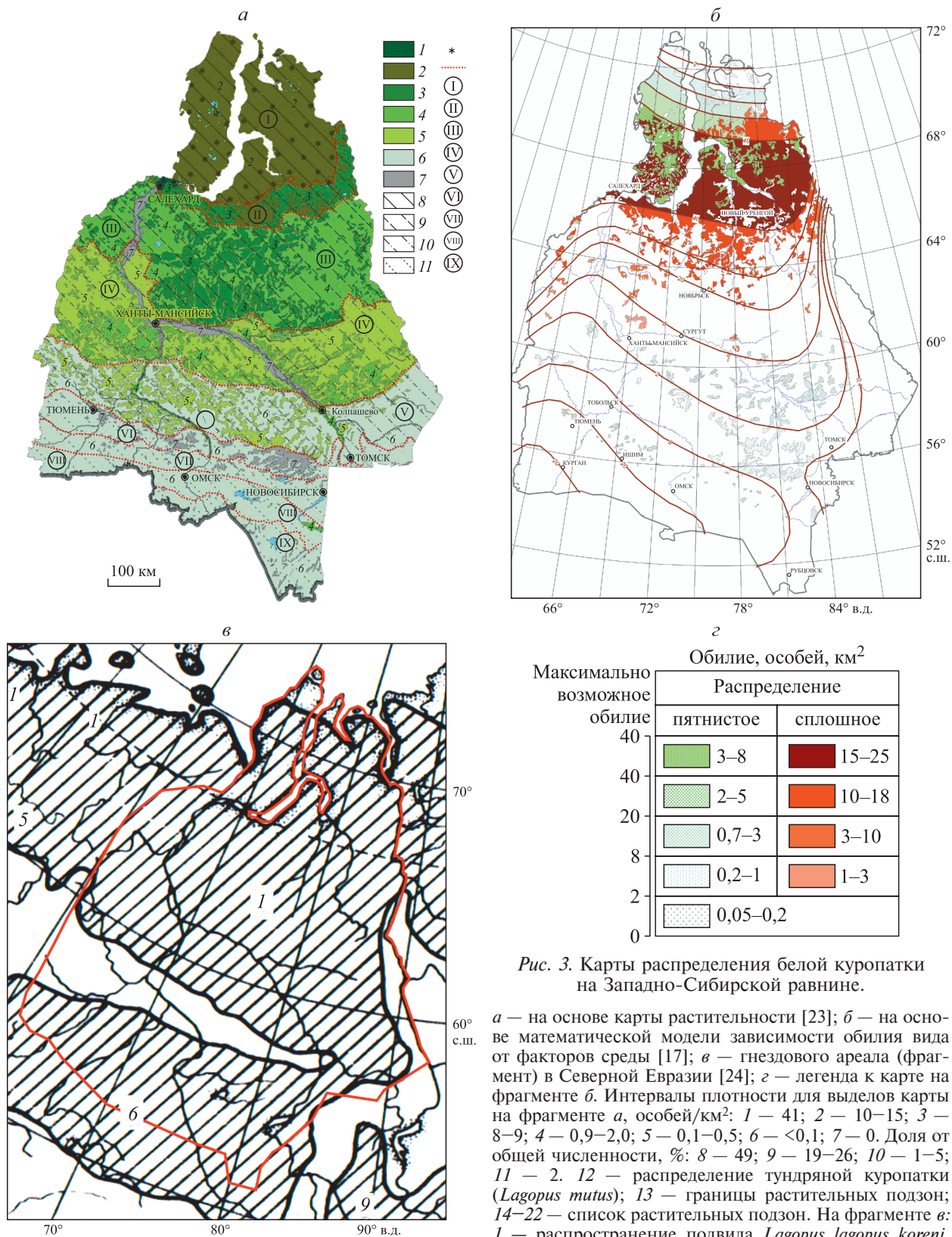


Рис. 3. Карты распределения белой куропатки на Западно-Сибирской равнине.

*a* — на основе карты растительности [23]; *б* — на основе математической модели зависимости обилия вида от факторов среды [17]; *в* — гнездового ареала (фрагмент) в Северной Евразии [24]; *г* — легенда к карте на фрагменте *б*. Интервалы плотности для выделов карты на фрагменте *a*, особей/км<sup>2</sup>: 1 — 41; 2 — 10–15; 3 — 8–9; 4 — 0,9–2,0; 5 — 0,1–0,5; 6 — <0,1; 7 — 0. Доля от общей численности, %: 8 — 49; 9 — 19–26; 10 — 1–5; 11 — 2. 12 — распределение тундрной куропатки (*Lagopus mutus*); 13 — границы растительных подзон; 14–22 — список растительных подзон. На фрагменте *в*: 1 — распространение подвида *Lagopus lagopus koreni*, 6 — *L.l. major*, 9 — *L.l. brevirostris*. Штриховкой показан ареал вида, красной линией обведена площадь, отображенная на картах с фрагментов *a* и *б*.

ствующих территорий показатели плотности вида и рассчитана абсолютная численность для суммы всех площадей этого выдела. На рис. 3, б дано изображение геоэкологической карты распределения вида на той же территории. Она создана на основе математической модели зависимости плотности от экологических и географических факторов [17]. Карта построена на том же количественном материале. Легенда к этой карте изображена на рис. 3, г. Сопоставление выявляет разный характер распределения вида. Для сравнения на рис. 3, в дан фрагмент геоэкологической карты распространения белой куропатки в Северной Евразии на основе имеющейся на тот момент информации о встречах ее особей [24]. Обе геоэкологические карты (см. рис. 3, б, в), хотя и существенно различаются по своей структуре, по масштабу и информационной основе, принципиально не противоречат друг другу и имеющимся знаниям об особенностях распространения вида. На обеих картах показано, что на самой северной периферии равнины вид почти не встречается. Есть заметный разрыв в распространении в юго-западной части равнины, между районами обитания подвидов *Lagopus lagopus major* и *L.l. koreni* [25]. Разрыв в распространении имеется и на самом востоке равнины. Всем этим обе геоэкологические карты отличаются от первой (зоогеографической), на которой указанных принципиальных элементов распределения вида не видно.

### ГЕОЭКОЛОГИЧЕСКИЕ КАРТЫ

На геоэкологических картах основным объектом является вид животного или популяция, точнее, пространственные аспекты их характеристик (плотность, репродуктивные, морфологические параметры и т. д.). Способы изображения информации на них различны. Самый простой — с использованием значков, показывающих локацию встреч вида (целесообразен для редких и исчезающих видов). Способ ареалов весьма информативен при больших объемах информации [11, 26]. Однако наиболее современные геоэкологические карты содержат в себе большой объем количественной информации. Наиболее общие пространственные тренды характеристик вида можно изобразить на карте с помощью псевдо-изолиний (см. рис. 3, б). Более детально количественная информация может быть представлена с применением количественного фона и картограммы (см. рис. 3, в) [5, 27]. Для построения таких карт, как и в зоогеографии, часто требуется предварительное деление территории на наименьшие единицы рассмотрения, но требования к этим единицам здесь иные. Они должны быть одинаковыми по форме и размеру. Для минимизации потери информации желательно, чтобы единицы рассмотрения были как можно более мелкими (соответственно, их количество увеличится). Чем больше таких единиц на территории, тем объективнее можно отобразить уникальность пространственных изменений плотности, морфологических или физиологических характеристик вида. Ни ландшафтные, ни растительные карты не могут обеспечить подобного деления. Чаще всего зоологи выбирают простые градусные поля [17, 28].

Только в редких случаях в распоряжении геоэколога появляются весьма большие объемы количественных данных с обширной площади, что позволяет построить карты неоднородности распределения вида с помощью пространственной интерполяции без предварительного деления территории [27]. Однако из-за трудоемкости сбора фактических данных обеспеченность ими территории обычно очень мала. Поэтому для построения карт приходится предварительно разрабатывать математические модели зависимости плотности от внешних факторов [29]. Следует напомнить, что построенные таким образом геоэкологические карты имеют какую-либо ценность только в случае, если выполнена их корректная верификация на эмпирических данных.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Если принять предложенное разделение задач между зоогеографией и геоэкологией по главному объекту их рассмотрения, то и в содержании карт, создаваемых в рамках каждой из этих дисциплин, удастся избежать заметных противоречий. Объектом зоогеографических карт является поверхность земли или ее часть, первичными элементами этого объекта — территориальные выделы, определенные заранее, а признаками этих выделов выступают характеристики животного мира. После загрузки элементарных пространственных единиц зоологическим содержимым и проведения ряда обобщений на карте изображается полученная концепция разнородности административной, ландшафтной или геоботанической структуры по выбранным зоологическим признакам.



Объекты геоэкологических карт — виды животных или их популяции. Участки земной поверхности с различными характеристиками вида на них — это признаки вида или популяции. Совокупность таких участков на карте показывает неоднородность размещения объекта или его жизнедеятельности в пространстве. Внешнее сходство геоэкологических карт с зоогеографическими проявляется не только в использовании общих терминов, которые фигурируют в названиях и легендах карт. Во многих случаях для создания геоэкологических карт тоже используется предварительное деление территории. Однако принцип такого деления совершенно иной. Наименьшие пространственные единицы должны быть равновеликими и многочисленными. Попытка уложить уникальную информацию о распределении вида в прокрустово ложе сторонней типологии среды приведет к неадекватному представлению явления.

*Исследование выполнено в рамках программы ФНИ государственных академий на 2021–2025 гг. (проект FWGS-2021-0002)*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бобринский Н.А.** География животных: курс зоогеографии. — М.: Учпедгиз, 1951. — 385 с.
2. **Wallace A.R.** The Geographical Distribution of Animals: In 2 vol. — New York: Harper & Brothers Publishers, 1876. — Vol. 1. — 603 p.; Vol. 2. — 650 p.
3. **Beddard F.E.** A Text-book of Zoogeography. — Cambridge: University Press, 1895. — 246 p.
4. **DeMers M.N.** Zoogeography // International Encyclopedia of Geography: People, the Earth, Environment and Technology. — Malden: John Wiley & Sons, Ltd, 2016. — P. 7797–7800.
5. **Косарева А.М., Ганагина И.Г.** Геоинформационное картографирование численности и распределения позвоночных животных. — Новосибирск: Изд-во Сиб. гос. ун-та геосистем и технологий, 2019. — 160 с.
6. **Тупикова Н.В., Комарова Л.В.** Принципы и методы зоологического картографирования — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 97 с.
7. **Крыжановский О.Л.** К вопросу о предмете зоогеографии и методах зоогеографических исследований // Журн. общ. биологии. — 1976. — Т. 37, № 5. — С. 762–769.
8. **Равкин Ю.С., Лукьянова И.В.** География позвоночных южной тайги Западной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1976. — 360 с.
9. **Лиховид А.А.** Современная зоогеография: структура, междисциплинарные парадигмы и место геоэкологии в ней // Вестн. Ставропол. ун-та. — 2001. — № 28. — С. 130–141.
10. **Косарева А.М., Черный В.В., Юдкин В.А.** Визуализация и пространственный анализ в среде ГИС ведомственных оценок численности диких парнокопытных (на примере Новосибирской области) // Вестн. Сиб. гос. ун-та геосистем и технологий. — 2012. — Вып. 2 (18). — С. 106–114.
11. **Экологический атлас бассейна озера Байкал** / Под ред. В.М. Плюснина. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2014. — 145 с.
12. **Ареалы животных и растений** // Биодат [Электронный ресурс]. — <http://www.biodat.ru/db/areal/index.htm> (дата обращения 14.05.2023).
13. **Конева И.В., Байбородин В.Н., Кулябцева Т.А.** Грызуны и зайцеобразные: Карта-вкладка. М-б 1:7 500 000 // Картографирование населения грызунов и зайцеобразных Азиатской России. — Иркутск, 1988. — 59 с.
14. **Даниленко А.К., Румянцев В.Ю.** Принципы создания специализированной картографической основы для карт населения наземных позвоночных // Вестн. Моск. ун-та. Сер. География. — 2000. — № 3. — С. 9–14.
15. **Северо-Восточный Алтай: животный мир и среда** (аннотированный атлас) / Отв. ред. Л.Г. Вартапетов. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2009. — 154 с.
16. **Равкин Ю.С., Юдкин В.А., Вартапетов Л.Г., Ливанов С.Г., Богомолова И.Н., Цыбулин С.М., Куранова В.Н., Стариков В.П., Покровская И.В., Бердюгин К.И.** Население наземных позвоночных (летнее распределение): Карта. М-б 1:5 000 000 // Атлас Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Т. 2: Природа, экология. — Ханты-Мансийск; М., 2004. — С. 107–109.
17. **Юдкин В.А.** Экологические аспекты географии птиц Северной Евразии — Новосибирск: Наука, 2009. — 416 с.
18. **Джиллер П.** Структура сообществ и экологическая ниша. — М.: Мир, 1988. — 184 с.
19. **Численность животных**, включенных в Красную книгу Новосибирской области: Карта. М-б 1:4 000 000 // Атлас Новосибирской области. — М.: Федер. служба геодезии и картографии России, 2002. — С. 25–27.
20. **Красная книга Новосибирской области: Животные, растения и грибы.** — 2-е изд., перераб. и доп. — Новосибирск: Арта, 2008. — 528 с.
21. **Емельянова Л.Г.** Принципы и основные этапы создания карты населения млекопитающих Северной Евразии // Общая и региональная териогеография. — М.: Наука, 1987. — С. 87–102.
22. **Равкин Ю.С., Кокорина И.П.** Картографическое отображение распределения тетерева и рябчика на Западно-Сибирской равнине // Сиб. экол. журн. — 2011. — Т. 18, № 4. — С. 527–533.

23. **Кокорина И.П., Кацко С.Ю., Равкин Ю.С., Богомолова И.Н.** Оценка распределения и картографирование ресурсов по тундряной и белой куропаткам (*Lagopus mutus* (Mont.) и *L. lagopus* (L.)) на Западно-Сибирской равнине // Принципы экологии. — 2016. — № 4. — С. 26–32.
24. **Птицы СССР.** Курообразные, журавлеобразные. — Л.: Наука, 1987. — 528 с.
25. **Коблик Е.А., Редькин Я.А., Архипов В.Ю.** Список птиц Российской Федерации. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2006. — 256 с.
26. **Лаппо Е.Г., Томкович П.С., Сыроечковский Е.Е.** Атлас ареалов гнездящихся куликов Российской Арктики. — М.: Вако, 2012. — 448 с.
27. **Мазуров Б.Т., Юдкин В.А., Косарева А.М.** Пространственная интерполяция в картографировании распределения охотничьих млекопитающих // Изв. высш. учеб. заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 2013. — № 4. — С. 117–123.
28. **The EBCC Atlas of European Breeding Birds: Their Distribution and Abundance** / Ed. W.J.M. Hagemeijer, M.J. Blair. — London: T & AD Poyser, Ltd, 1997. — 903 p.
29. **Юдкин В.А.** Опыт использования математической модели распределения птиц в картографировании и мониторинге их ресурсов // Вестн. Кемеров. ун-та. — 2015. — Т. 5, № 2 (62). — С. 31–37.

*Поступила в редакцию 30.05.2023*

*После доработки 17.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

## ОБЩИЕ ВОПРОСЫ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

УДК 581.52(235.222/235.224)

DOI: 10.15372/GIPR20230504

**Н.Б. ЕРМАКОВ\***, \*\*, \*\*\*

\*Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН,  
298648, Республика Крым, Ялта, Спуск Никитский, 52, Россия, brunnera@mail.ru

\*\*Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова,  
655017, Республика Хакасия, Абакан, ул. Ленина, 90, Россия, brunnera@mail.ru

\*\*\*Майкопский государственный технологический университет,  
385000, Республика Адыгея, Майкоп, ул. Первомайская, 191, Россия, brunnera@mail.ru

### ГЕОБОТАНИЧЕСКАЯ КАРТА АЛТАЕ-САЯНСКОЙ ГОРНОЙ ОБЛАСТИ: ЭКОЛОГО-ГЕОГРАФИЧЕСКИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ РАСТИТЕЛЬНОГО ПОКРОВА

*Система высших пространственных категорий растительного покрова Алтае-Саянской горной области разработана и представлена на мелкомасштабной геоботанической карте в масштабе 1:1 000 000. Исследование выполнено на основе методологии В.Б. Сочавы о размерности растительного покрова и иерархии ведущих эколого-географических факторов, а также на базе результатов классификации растительных сообществ с использованием метода Браун–Бланке. Иерархия легенды карты отражает четыре уровня пространственных единиц. Первый уровень представляет главные закономерности растительности горных территорий — высотные пояса. Второй включает наиболее крупные фитогеографические подразделения: фитоохоры (сочетания классов растительности) с преобладанием евросибирских и североазиатских типов и фитоохоры с преобладанием восточносибирско-центральноазиатских типов. Экологическое содержание этих фитоохор в Алтае-Саянской горной области обусловлено взаимодействием орографии и ведущих климатических процессов — западного переноса влаги и Азиатского антициклона, приводящих к эффектам «дождевого барьера» и «дождевой тени», а также к градиенту океаничности-континентальности климата. Последний фактор, наряду с условиями гумидности-аридности климата, обусловил выделение четырех фитоохор биоклиматического содержания: растительность циклонического избыточно-влажного, циклонического влажного, антициклонического недостаточно влажного, антициклонического сухого биоклиматических секторов. Каждому сектору соответствует характерное сочетание союзов разных типов растительности: степного, лесного и высокогорного. Третий уровень легенды карты отражает внутривысотные различия в пределах каждого биоклиматического сектора. Четвертый характеризует различающиеся региональные географические сочетания единиц (мезокомбинаций) ранга ассоциаций растительности в пределах каждого из подпоясов. В качестве примера реализации описанных закономерностей представлен сокращенный фрагмент легенды (ограниченный четырьмя высшими иерархическими категориями), характеризующий лесной пояс Алтайской горной системы и отраженный на карте-схеме (1:1 000 000) этого региона.*

**Ключевые слова:** растительность, фитоценоохоры, геоботаническое картографирование, биоклиматические закономерности, ботаническая география, Южная Сибирь.

**N.B. ERMAKOV\***, \*\*, \*\*\*

\*Nikita Botanical Garden – National Scientific Center, Russian Academy of Sciences,  
298648, Republic of Crimea, Yalta, Spusk Nikitskii, 52, Russia, brunnera@mail.ru

\*\*N.F. Katanov Khakassian State University,  
655017, Republic of Khakassia, Abakan, ul. Lenina, 90, Russia, brunnera@mail.ru

\*\*\*Maikop State Technological University,  
385000, Republic of Adygea, Maikop, ul. Pervomaiskaya, 191, Russia, brunnera@mail.ru

**THE GEOBOTANICAL MAP OF THE ALTAI-SAYAN MOUNTAINOUS REGION:  
ECOLOGO-GEOGRAPHICAL REGULARITIES OF VEGETATION COVER FORMATION**

*The system of higher spatial categories of vegetation cover of the Altai-Sayan mountainous region has been developed and presented on a small-scale geobotanical map at a scale of 1:1 000 000. The study is based on V.B. Sochava's methodology of the dimensionality of vegetation cover and the hierarchy of leading ecological and geographical factors as well as on results of classification of plant communities using the Brown-Blanquet method. The hierarchy of the map legend reflects four levels of spatial units. The first level represents the main patterns of vegetation of mountainous areas, i. e. altitudinal belts. The second belt includes the largest phytogeographic subdivisions: phytochors (combinations of vegetation classes), dominated by Euro-Siberian and North Asian types and phytochors with a predominance of East Siberian—Central Asian types. The ecological content of these phytochors in the Altai-Sayan mountain region is conditioned by the interaction of orography and the leading climatic processes: westerly moisture transport and the Asian anticyclone, leading to the effects of the “rain barrier” and “rain shadow” as well as the oceanic-continental climate gradient. The latter factor, along with the conditions of humidity-aridity of the climate, determined the allocation of four phytochors of bioclimatic content: vegetation of cyclonic excessively humid, cyclonic humid, anticyclonic insufficiently humid, and anticyclonic dry bioclimatic sectors. Each sector corresponds to a characteristic combination of alliances of different vegetation types: steppe, forest, and highland. The third level of the map legend reflects intra-belt differences within each bioclimatic sector. The fourth level characterizes different regional geographical combinations of units (mesocombinations) of the rank of vegetation associations within each sub-belt. As an example of the implementation of the regularities described above, an abbreviated fragment of the legend (limited to the four highest hierarchical categories) characterizing the forest belt of the Altai mountain system and reflected on the map-scheme (1:1 000 000) of this region is presented.*

**Keywords:** *vegetation, phytocenochors, geobotanical mapping, bioclimatic regularities, plant geography, Southern Siberia.*

**ВВЕДЕНИЕ**

Геоботанические карты дают синтезированное представление о разнообразии растительного покрова любой территории и служат основой рационального природопользования. Наиболее известные в настоящее время карты, составленные для территории Алтае-Саянской горной области, представляют «классические» мелкомасштабные карты растительности на отдельные горные системы Алтая и прилегающих территорий, а также Восточного Саяна, которые выполнены под руководством А.В. Куминовой [1], Е.И. Лапшиной [2], Г.Н. Огуреевой [3] и А.В. Белова [4]. При этом до сих пор отсутствует мелкомасштабная обзорная карта на весь Алтае-Саянский регион, и ее разработка — одна из наиболее актуальных фундаментальных научных и прикладных задач фитоценологов. В настоящее время тематические картографические работы немислимы без широкого использования современных информационных технологий, открывающих дополнительные возможности для исследования пространственной организации растительности и создания геоботанических карт нового поколения. Это, прежде всего, формирование тематических географических информационных систем (ГИС), максимально объединяющих и связывающих все типы геоботанической и эколого-географической информации, а также использование баз данных первичной геоботанической информации и результатов дешифрирования разнообразных данных дистанционного зондирования.

Цель данного исследования — представить результаты отражения в структуре легенды мелкомасштабной карты «Растительность Алтае-Саянской горной области» важных эколого-географических закономерностей формирования растительного покрова.

**ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ**

Исследование пространственной организации растительного покрова Алтае-Саянской горной области выполнено на основе методологии системного анализа, сформулированного В.Б. Сочавой [5, 6]. Она ориентирована на формирование представления о растительном покрове как о сложной иерархически организованной открытой мегасистеме и предполагает двурядную систему классификации (фитоценомеров и фитоценохор), определение многоуровневой организации растительного покрова и раскрытие организующей роли эколого-географических факторов на разных уровнях его организации. Базовым материалом в проведенном исследовании выступили около 270 единиц классификации растительности с использованием метода Браун—Бланке [7, 8], опубликованные для разных регионов Алтае-Саянской горной области [9—16]. Все синтаксоны организованы в базу данных на основе европейского пакета Turboveg [17]. В работе применялись названия как синтаксономических единиц, так и соответствующих им аналогов в эколого-фитоценотической классификации. Также были использованы полученные нами результаты биоклиматического ординационного моделирования



лесной и степной растительности [18, 19]. Выявление пространственных категорий растительности было осуществлено методом дешифрирования космических снимков Landsat-7 с разрешением 30 м. Представление результатов исследования пространственной организации лесного покрова осуществлено в виде ГИС (на базе ArcGis-9.0).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В соответствии с принципами, изложенными В.Б. Сочавой [6, 7], о размерности растительности на планетарном и региональном уровнях и иерархии экологических факторов, ее определяющих (зональность, океаничность – континентальность климата, рельеф), в созданной карте растительности Алтае-Саянской горной области реализованы четыре уровня иерархии легенды.

**Уровень 1.** На высшем первом уровне иерархии пространственной организации растительного покрова представлена его обобщенная высотно-поясная структура, включающая четыре основных пояса растительности, выявленных по результатам дешифрирования серии космических снимков Landsat-7: высокогорный, лесной, лесостепной и степной.

**Уровень 2.** Растительность эколого-географических и биоклиматических секторов отражает крупные фитохории, формирующиеся в условиях фундаментальных взаимодействий рельефа Алтае-Саянской горной страны и ведущих климатических процессов (западного переноса влаги и Азиатского антициклона), приводящих к эффектам «дождевого барьера» и «дождевой тени», которые, в свою очередь, обуславливают градиенты важных факторов для формирования пространственной структуры растительного покрова – гумидности–аридности и океаничности–континентальности климата. Определены два фитогеографических типа высших категорий растительности, тесно связанных с влиянием этих макроклиматических факторов в современном и историческом аспектах.

Первый фитогеографический тип включает высшие единицы растительности, в ценофлорах которых преобладают евросибирские и североазиатские элементы, а их макроэкологические особенности определяются остаточным влиянием западного переноса влаги (приводящего к эффекту «дождевого барьера») на северном макросклоне Алтае-Саянской горной системы. В составе лесной растительности присутствуют евросибирские мезофильные мелколиственные и мелколиственно-сосновые травяные гемибореальные (подтаежные) леса (класс *Brachypodio–Betuletea pendulae* Ermakov et al. 1991), мелколиственно-темнохвойные субнеморальные (черневые) леса (класс *Asaro europaei–Abietetea sibiricae* Ermakov et al. in Willner et al. 2016), темнохвойно-таежные леса (класс *Vaccinio–Piceetea* Вг.-Вl. in Вг.-Вl. et al. 1939; порядок *Piceo obovatae–Pinetalia sibiricae* Ermakov 2013). В составе степной растительности – евросибирские перистоковыльные и разнотравно-злаковые степи (класс *Festuco–Brometea* Вг.-Вl. et Тх. ex Klika et Nadač 1944), а также западно-палеарктические мезофильные разнотравные луга (класс *Molinio–Arrhenatheretea* Тх. 1937) и евросибирские высокотравные субальпийские луга (класс *Mulgedio–Aconitetea* Nadač et Klika in Klika et Nadač 1944).

Второй фитогеографический тип включает сообщества с преобладанием центрально-азиатских и восточносибирско-центральноазиатских географических элементов и связан с формированием устойчивого Азиатского антициклона на южном макросклоне Алтае-Саянской горной области и четко выраженного эффекта «дождевой тени». Здесь в составе господствующего степного пояса абсолютно преобладают сообщества восточносибирско-центральноазиатских мелкодерновинно-злаковых степей (класс *Cleistogenetea squarrosae* Mirkin et al. 1986). Леса представлены также восточносибирско-центральноазиатскими типами – лиственничными травяными остепненными гемибореальными лесами (класс *Rhytidio–Laricetea sibiricae* Korotkov et Ermakov 1999) и лиственничными (кедрово-лиственничными) таежными влажными кустарничково-зеленомошными и таежными разнотравно-бруснично-зеленомошными остепненными лесами (класс *Vaccinio–Piceetea*, порядки *Lathyro humilis–Laricetalia cajanderi* Ermakov, Cherosov et Gogoleva 2002 и *Ledo palustris–Laricetalia gmelinii* Ermakov 2022). В высокогорном поясе преобладают умеренно восточносибирско-центральноазиатские влаголюбивые криофитные кобрезиевые тундры (класс *Carici rupestris–Kobresietea belardii* Ohba 1974).

Каждый из рассмотренных выше эколого-географических типов растительного покрова подразделяется на две фитохории биоклиматических секторов, формирующихся в разных условиях влажности–аридности климата, которые наблюдаются вдоль градиента фактора океаничности–континентальности. Полученные нами ранее результаты ординационного моделирования [18, 19] демонстрируют особенности формирования высших единиц растительности в связи с количественными показателями температур, осадков и индекса континентальности (по Конраду). Эти результаты позволили обосновать для Алтае-Саянской горной области макроэкологический ряд из четырех категорий ведущих типов

лесной и степной растительности (в ранге союзов системы классификации Браун–Бланке), которые хорошо соответствуют спектру четырех биоклиматических секторов, предложенных Д.И. Назимовой и др. [20], Н.П. Поликарповым и др. [21] для гор Южной Сибири: 1 — циклонического избыточно-влажного; 2 — циклонического влажного; 3 — антициклонического недостаточно влажного; 4 — антициклонического сухого режимов климата. Циклонический избыточно влажный биоклиматический сектор характеризуется формированием в зональных (поясно-зональных) условиях южносибирских влажных мелколиственно-сосновых гемибореальных лесов (союз *Lathyro gmelinii–Pinion sylvestris* Ermakov in Ermakov et al. 1991), алтае-саянских мелколиственно-темнохвойных субнеморальных (черневых) лесов (союзы *Milio effusi–Abietion sibiricae* Zhitlukhina ex Ermakov, Dring et Rodwell 2000 и *Filipendulo ulmariae–Populion tremulae* Ermakov in Ermakov et al. 2000), урало-сибирских горно-таежных темнохвойных высокотравно-кустарничково-зеленомошных лесов (союз *Aconito rubicundi–Abietion sibiricae* Anenkhonov et Chytry 1998). Степной тип в зональных местообитаниях отсутствует. Для циклонического умеренно-влажного биоклиматического сектора характерно широкое распространение южносибирских умеренно влажных и умеренно сухих мелколиственных и мелколиственно-светлохвойных гемибореальных лесов (союзы *Vicio unijugae–Pinion sylvestris* Ermakov et al. 1991 и *Caricion pediformis–Laricion sibiricae* Ermakov 1991), североазиатских кустарничково-зеленомошных горно-таежных лесов (союз *Pino sibiricae–Abietion sibiricae* Ermakov in Ermakov et Lapshina 2013). Степи (формирующие вместе с гемибореальными лесами лесостепной пояс) представлены сообществами алтае-саянских мезоксерофильных злаково-разнотравных и стоповидноосоково-злаковых петрофитных сообществ (союзы *Aconito barbati–Poion transbaicalicae* Korolyuk et Makunina 2001 и *Veronico incanae–Helictotrichion desertori* Korolyuk et Makunina 2007). Антициклонический недостаточно влажный биоклиматический сектор характеризуется усилением позиций южносибирских мезоксерофильных злаково-осоковых и мелкотравных петрофитных степей (союзы *Festuco valesiacaе–Caricion pediformis* Ermakov et al. 2012 и *Galio coriacei–Selaginellion sanguinolentae* Ermakov et al. 2006), а также южносибирско-центральноазиатских умеренно сухих лиственных гемибореальных лесов (союзы *Irido ruthenicae–Laricion sibiricae* Ermakov 2000 и *Festuco altaicae–Laricion sibiricae* Korotkov et Ermakov ex Ermakov et al. 2000), южносибирско-восточноазиатских горно-таежных умеренно влажных лиственных лесов (союз *Rhododendro daurici–Laricion* Ermakov in Krestov et al. 2009) и южносибирско-центральноазиатских влажных кедровых и кедрово-лиственных лесов (союз *Pino sibiricae–Laricion* Ermakov 2022). Антициклонический сухой ультраконтинентальный сектор характеризуется абсолютным преобладанием южносибирско-центральноазиатских опустыненно-степных и криофитно-степных сообществ (союзы *Kochio–Stipion krylovii* Ermakov 2012, *Stipion orientalis* Korolyuk et Makunina 2009, *Allion polyrrhizi* Hilbig 2000, *Festucion tschujensis* Korolyuk et Namzalov 1994). Леса в данном секторе представлены фрагментами южносибирско-центральноазиатских криоксерофитных лиственных гемибореальных лесов (союз *Pachypleuro alpini–Laricion sibiricae* Ermakov 2000). Помимо перечисленных союзов поясно-зональной растительности для каждого из биоклиматических секторов определены специфичные синтаксоны луговой, петрофитно-степной, галофитной, высокогорной растительности.

**Уровень 3.** Представляет сочетание синтаксонов (союзов-подсоюзов), характеризующих высотные подпояса растительности в пределах каждого из четырех биоклиматических секторов.

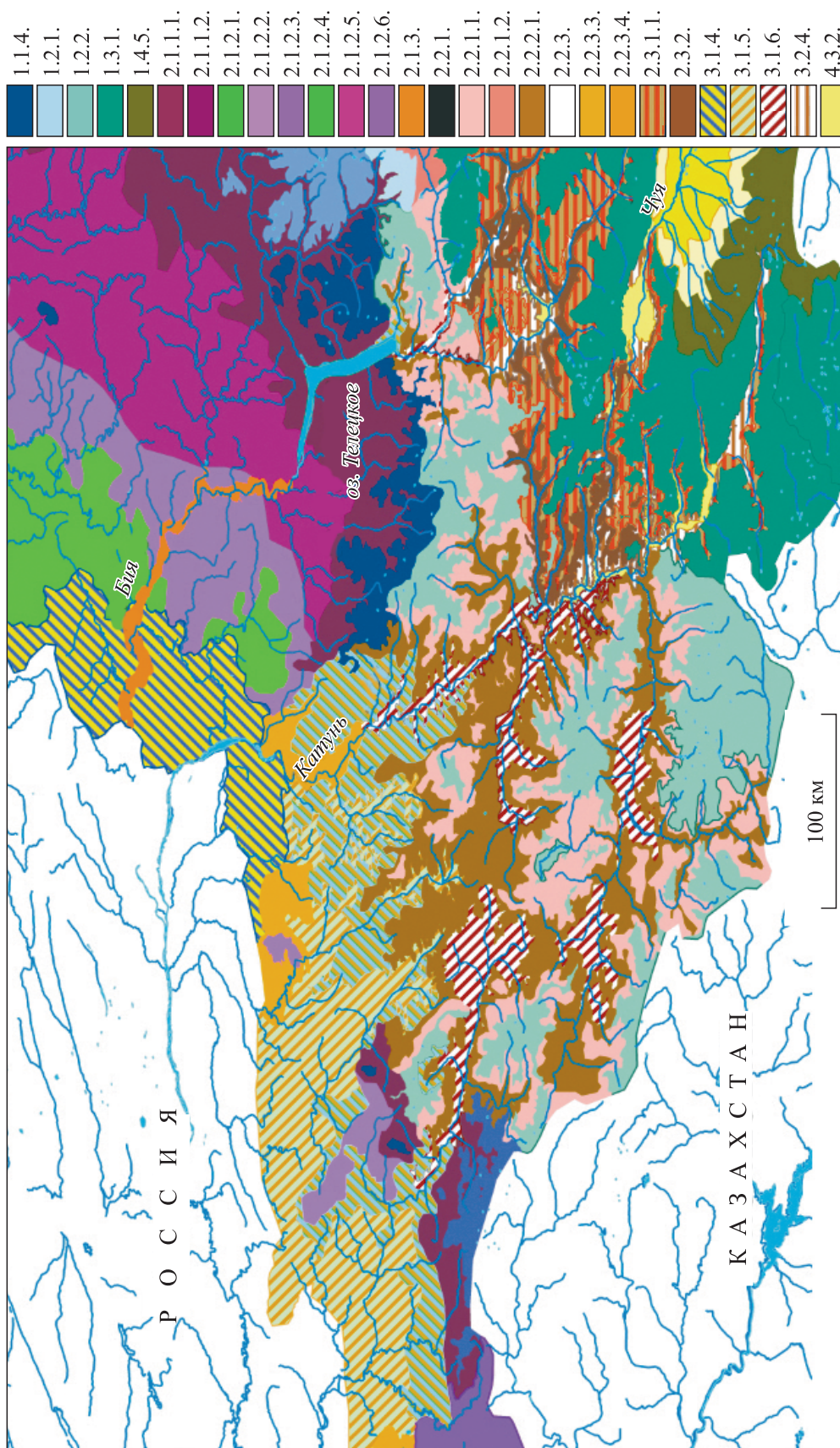
**Уровень 4.** Содержит различающиеся региональные географические сочетания единиц ранга ассоциаций растительности в пределах каждого из подпоясов. Эти пространственные категории ранга мезокомбинаций являются переходными от региональных к топологическим и выступают базовыми для картографирования растительности в масштабе 1:1 000 000.

**Сокращенный фрагмент легенды к карте «Растительность Алтае-Саянской горной области»  
(м-б 1:1 000 000) (с использованием категорий эколого-фитоценологической классификации)  
на примере лесного пояса Горного Алтая**

**1. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ВЫСОКОГОРНОГО ПОЯСА**

- 1.1. Растительность высокогорного пояса циклонического избыточно влажного биоклиматического сектора.
  - 1.1.4. Северо-Алтайский тип. Травянисто-дриадовые тундры, альпийские водосборные луга, подгольцовые ерники и субальпийские высокотравья.
- 1.2. Растительность лесного пояса циклонического влажного (умеренно-влажного) биоклиматического сектора.
  - 1.2.1. Восточно-Алтайско-Саянский тип. Овсяницево-лишайниковые, дриадовые, шикшевые, кашкарниковые и лишайниково-моховые ерниковые тундры.
  - 1.2.2. Центрально-Алтайский тип. Разнотравно-дриадовые, кладониево-дриадовые, ерниковые мохово-лишайниковые, травянистые тундры, субальпийские высокотравья и травяные ерники.





Карта-схема растительного покрова Алтайской горной системы  
(как часть карты «Растительность Алтай-Саянской горной области» в масштабе 1:1 000 000).

Коды в условных обозначениях карты-схемы на рисунке соответствуют кодам в легенде карты «Растительность Алтай-Саянской горной области» (см. текст).

1.4. Растительность высокогорного пояса ультраконтинентального недостаточно влажного биоклиматического сектора.

1.4.5. Юго-Восточно-Алтайско-Западно-Тувинский тип. Овсяницево-кустарничковые тундры, криофитные подушечники, мелкодерновинно-злаковые криофитные степи, ерниково-лишайниковые тундры и альпинотипные луга.

## 2. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСНОГО ПОЯСА

### **Растительность лесного пояса наветренного макросклона Алтае-Саянской горной области с преобладанием евро-сибирских и урало-сибирских сообществ.**

2.1. Растительность лесного пояса циклонического избыточно влажного биоклиматического сектора.

2.1.1. Подпояс темнохвойных папоротниково-зеленомошных горно-таежных лесов.

2.1.1.1. Алтайско-Кузнецко-Алатауский тип. Кедрово-пихтовые и пихтовые высокотравно-папоротниково-зеленомошные леса в сочетании с пихтовыми чернично-осочковыми, бадановыми лесами и высокотравными лугами. Пихтово-кедровые высокотравные субальпийские и ерниковые редколесья.

2.1.1.2. Прителецко-Западно-Саянский тип. Пихтовые высокотравно-зеленомошные леса и борцово-гераниевые высокотравные луга.

2.1.2. Подпояс мелколиственно-темнохвойных черневых лесов.

2.1.2.1. Салаирско-Кузнецкий-Северо-Алтайский тип. Осиновые низкогорные широколиственные черневые леса. Высокотравные лесные луга.

2.1.2.2. Кузнецко-Северо-Алтайский тип. Осиново-пихтовые широколиственные черневые леса низкогорий. Высокотравные лесные луга.

2.1.2.3. Западно-Алтайский тип. Осиново-пихтовые и березово-пихтовые широколиственные черневые леса низкогорий.

2.1.2.4. Западно-Саянский тип. Осиновые и пихтово-осиновые широколиственные черневые леса низкогорий.

2.1.2.5. Кузнецко-Северо-Алтайский тип. Березово-кедрово-пихтовые папоротниково-широколиственные черневые леса, высокотравные луга и пихтовые широколиственно-осочковые леса.

2.1.2.6. Производные заросли кустарников и орляково-вейниковых полей с возобновлением мелколиственных пород на месте вырубок черневых лесов.

2.1.3. Подпояс мелколиственно-сосновых и мелколиственных мезофитных травяных гемибореальных (подтаежных) лесов.

2.1.3.1. Северо-Алтайский тип. Сосновые и березово-сосновые орляково-осочковые мезофильные леса в сочетании с настоящими суходольными лугами.

2.2. Растительность лесного пояса циклонического влажного (умеренно-влажного) биоклиматического сектора.

2.2.1. Растительность верхнего подпояса темнохвойных (кедровых и лиственнично-кедровых лесов).

2.2.1.1. Алтайский тип. Кедровые и лиственнично-кедровые кустарничково-зеленомошные леса. Кедровые с участием лиственницы ерниковые редколесья.

2.2.1.2. Восточно-Алтайско-Саянский тип. Кедровые с лиственницей кустарничково-зеленомошные, бадановые леса. Кедровые и лиственнично-кедровые подгольцовые ерниковые и рододендроновые редколесья.

2.2.2. Растительность нижнего подпояса горно-таежных смешанных мелколиственно-хвойных (кедрово-елово-лиственничных) лесов.

2.2.2.1. Алтайский тип. Березово-кедрово-лиственнично-еловые разнотравно-бруснично-зеленомошные леса, лесные и настоящие луга.

2.2.3. Растительность подпояса смешанных мелколиственно-светлохвойных подтаежных лесов.

2.2.3.3. Алтайско-Салаирско-Кузнецкий тип. Березово-сосновые папоротниково-осочковые леса, луговые, петрофитные степи и лесные луга.

2.2.3.4. Северо-Алтайский тип. Сосновые травяные леса по долинам рек.

### **Растительность лесного пояса макросклона дождевой тени Алтае-Саянской горной области с преобладанием восточносибирско-центральноазиатских сообществ.**

2.3. Растительность лесного пояса континентального умеренно сухого климатического сектора.

2.3.1. Растительность верхнего подпояса горно-таежных кедрово-лиственничных лесов на переувлажненных длительно-мерзлотных почвах.

2.3.1.1. Алтайский тип. Кедрово-лиственничные и лиственничные ольховниково-багульниково-голубично-моховые леса в сочетании с петрофитными хвойными баданово-моховыми лесами.

2.3.2. Растительность нижнего подпояса горно-таежных лиственничных кустарничково-зеленомошных и разнотравно-зеленомошных лесов. Алтайский тип. Лиственничные, елово-лиственничные с участием кедра мелколиственно-бруснично-зеленомошные горно-таежные леса. Лиственничные



бруснично-разнотравные и кустарниковые (рододендроновые, спиреевые) леса, заросли ксерофитных кустарников и фрагментов луговых степей.

### 3. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ЛЕСОСТЕПНОГО ПОЯСА

- 3.1. Растительность лесостепного пояса циклонического влажного биоклиматического сектора.
  - 3.1.4. Северо-Алтайская предгорная лесостепь. Сочетание разнотравно-осоковых и ковыльных луговых степей, кустарниковых степей, березовых и сосново-березовых разнотравных лесов.
  - 3.1.5. Северо-Алтайская низко-среднегорная лесостепь. Сочетание злаково-разнотравных и петрофитных луговых степей, остепненных лугов, березово-лиственничных и лиственничных травяных лесов.
  - 3.1.6. Центрально-Алтайская лесостепь. Сочетание злаково-разнотравных, дерновинно-злаковых настоящих степей и лиственничных травяных лесов.
- 3.2. Растительность лесостепного пояса континентального умеренно сухого биоклиматического сектора.
  - 3.2.4. Чуйско-Курайская лесостепь. Сочетание мелкодерновинных, крылово-ковыльных настоящих степей, лиственничных остепненных лесов и ксерофитных зарослей кустарников.

### 4. РАСТИТЕЛЬНОСТЬ СТЕПНОГО ПОЯСА

- 4.3.2. Подпояс настоящих мелкодерновинно-злаковых степей. Юго-Восточно-Алтайский тип.

Фрагмент карты «Растительность Алтае-Саянской горной области (на территории Алтайской системы)» представлен на рисунке.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Содержательная часть легенды к Карте растительности Алтае-Саянской горной области основана на результатах современной классификации растительных сообществ, разработанных ординационных моделях, раскрывающих закономерности ее организации на разных пространственных уровнях в связи с факторами тепло- и влагообеспеченности, океаничности—континентальности климата и рельефа. В структуре легенды карты на высшем уровне иерархии фитоценозов показаны как традиционные для горных территорий высотно-поясные категории растительного покрова, так и система фитоценозов биоклиматических секторов, отражены крупные ботанико-географические особенности высших единиц. Исползованные методологические подходы позволили установить и продемонстрировать на геоботанической карте соответствие размерности фитоценологических категорий и иерархии эколого-географических факторов, обуславливающих разнообразие и пространственную структуру растительности на региональном уровне.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (22-17-20012), а также при патетной финансовой поддержке Правительства Республики Хакасия.*

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Куминова А.В.** Растительный покров Алтая. — Новосибирск: Изд-во СО АН СССР, 1960. — 450 с.
2. **Лапшина Е.И.** Карта растительности юго-востока Западной Сибири. М-6 1:1 000 000. — М.: ГУГК, 1963. — 2 л.
3. **Огуреева Г.Н.** Ботаническая география Алтая. — М.: Наука, 1980. — 188 с.
4. **Белов А.В.** Карта растительности юга Восточной Сибири. Принципы и методы составления // Геоботаническое картографирование. — Л.: Наука, 1973. — С. 16–30.
5. **Сочава В.Б.** Растительный покров на тематических картах. — Новосибирск: Наука, 1979. — 190 с.
6. **Сочава В.Б.** Географические аспекты сибирской тайги. — Новосибирск: Наука, 1980. — 256 с.
7. **Westhoff V., van der Maarel E.** The Braun-Blanquet Approach. Ordination and classification of communities. — Dordrecht: Dr. W. Junk, 1973. — P. 617–626.
8. **Theurillat J.-P., Willner W., Fernández-González F., Bültmann H., Čarni A., Gigante G., Mucina L., Weber H.** International Code of Phytosociological Nomenclature // Applied Vegetation Science. — 2020. — Vol. 24, N 1. — P. 1–62. DOI: 10.1111/avsc.12491
9. **Королюк А.Ю., Намзалов Б.Б.** Ксерофитные степи гор юга Сибири // Сиб. эколог. журнал. — 1994. — Т. 1, № 5. — С. 475–481.
10. **Ermakov N., Dring J., Rodwell J.** Classification of continental hemiboreal forests of North Asia // Braun-Blanquetia. — 2000. — Vol. 28. — P. 131.
11. **Королюк А.Ю., Макунина Н.И.** Луговые степи и остепненные луга Алтае-Саянской горной области. Порядок *Stipetalia sibiricae*, союз *Aconito barbati-Poion transbaicalicae* // Krylovia. — 2001. — Т. 3, № 2. — С. 35–49.

12. **Ермаков Н.Б.** Разнообразие бореальной растительности Северной Азии. Континентальные гемибореальные леса. Классификация и ординация. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2003. — 232 с.
13. **Королюк А.Ю., Макунина Н.И.** Настоящие степи Алтае-Саянской горной области (порядок *Stipetalia krylovii* Kопонов, Gogoleva et Mironova 1985) // Растительный мир Азиатской России. — 2009. — Т. 4, № 2. — С. 43–53.
14. **Ермаков Н.Б.** Синтаксоны темнохвойно-таежных лесов с хребта Кузнецкий Алатау (южная Сибирь) // Вестн. Новосиб. ун-та. Сер. Биология, клиническая медицина. — 2013. — Т. 11, вып. 1. — С. 83–90.
15. **Телятников М.Ю.** Синтаксономия альпийских лугов, лиственничных редколесий, ерниковых и лишайниковых тундр высокогорий Восточного Саяна // Растительный мир Азиатской России. — 2015. — Т. 19, № 3. — С. 49–64.
16. **Ermakov N.B., Zibzeev E.G.** Alpine vegetation of the Altai (Preliminary overview of the higher syntaxa) // Reinhold-Tuxen-Gesellschaft. — 2012. — N 24. — P. 15–35.
17. **Hennekens S.M., Schaminée J.H.J.** TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data // Journ. of Vegetation Science. — 2001. — Vol. 12, N 4. — P. 589–591. DOI: 10.2307/3237010
18. **Ермаков Н.В.** Ordination of forest vegetation in the mountains of southern Central Siberia // Russian Journ. of Ecology. — 2015. — Vol. 46, N 5. — P. 411–416. DOI: 10.1134/S1067413615050082.
19. **Ермаков Н.Б., Ларионов А.В., Полякова М.А., Плугатарь Ю.В.** Экологическая интерпретация высших единиц степной растительности в горах юга Средней Сибири методом количественной ординации // Журнал общей биологии. — 2016. — Т. 77, № 4. — С. 293–302. DOI: 10.1134/S2079086417030033.
20. **Назимова Д.И., Коротков И.А., Чередникова Ю.С.** Основные высотно-поясные подразделения лесного покрова в горах Южной Сибири и их диагностические признаки // Структура и функционирование лесных биогеоценозов Сибири. Пятые чтения памяти академика В.Н. Сукачева. — М.: Наука, 1987. — С. 30–64.
21. **Поликарпов Н.П., Чебакова Н.М., Назимова Д.И.** Климат и горные леса Южной Сибири. — Новосибирск: Наука, 1986. — 225 с.

*Поступила в редакцию 24.05.2023*

*После доработки 30.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

**И.Н. САФРОНОВА\***, **Т.Ю. КАРИМОВА\*\***, **\*\*\***, **Н.Ю. СТЕПАНОВА\*\*\*\***

\*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН,  
197022, Санкт-Петербург, ул. Профессора Попова, 2, литера В, Россия, irasafronova@yandex.ru

\*\*Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
119071, Москва, Ленинский пр., 33, Россия, katayur@gmail.com

\*\*\*Институт водных проблем РАН,  
119333, Москва, ул. Губкина, 3, Россия, katayur@gmail.com

\*\*\*\*Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН,  
127276, Москва, ул. Ботаническая, 4, Россия, ny\_stepanova@mail.ru

## СОВРЕМЕННЫЙ РАСТИТЕЛЬНЫЙ ПОКРОВ СЕВЕРО-ЗАПАДНОГО ПРИКАСПИЯ И ЕГО КАРТОГРАФИЧЕСКОЕ ОТОБРАЖЕНИЕ

*Создана карта современной растительности в м-бе 1:200 000 в программе ArcGIS на территорию потенциального обитания популяции сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L., 1766) при увеличении его численности в Северо-Западном Прикаспии. Закартирована территория площадью 220 × 145 км<sup>2</sup>, которая лежит в пределах степной и пустынной зон. Современный покров региона характеризуется чрезвычайной неоднородностью, которая отражает как природную сложность, обусловленную наличием солонцов и солончаков, так и динамику растительности на залежах и пастбищах. В степной зоне, наряду с ковыльными и плотнoderновиннозлаковыми сообществами, большие площади занимают полкустарничковые, которые являются либо галофитным вариантом степей, либо одной из стадий зарастания залежей. Они придают равнинам «пустынный» вид. В пустынной зоне растительность представлена пастбищными вариантами, различающимися степенью интенсивности выпаса. Местами на песках из-за выпаса разрастаются и аспектируют ковылы, при этом равнины приобретают «степной» вид. Динамические процессы, происходящие в Северо-Западном Прикаспии, создают большие трудности для отражения растительности на карте. В легенде к карте заголовками самого высокого ранга показано зональное деление территории на степную и пустынную зоны. Следующими иерархическими единицами отражены формационное разнообразие степной и пустынной растительности и пространственная неоднородность покрова. Для степной зоны выделено пять таких единиц (I–V), для пустынной — шесть (VI–XI). Они расположены по степени увеличения засоления почв и усиления сбоя. Низшие картируемые единицы легенды, вероятно, надо рассматривать как ряды трансформации, однако данных о длительности и давности распахи, степени пастбищной нагрузки, времени пожаров для построения рядов недостаточно.*

**Ключевые слова:** степная и пустынная зоны, динамика растительности, залежи, пастбища, единицы картографирования.

**I.N. SAFRONOVA\***, **T.Yu. KARIMOVA\*\***, **\*\*\***, **N.Yu. STEPANOVA\*\*\*\***

\*Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences,  
197022, St. Petersburg, ul. Professora Popova, 2, litera V, Russia, irasafronova@yandex.ru

\*\*A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,  
119071, Moscow, Leninskii pr., 33, Russia, katayur@gmail.com

\*\*\*Water Problems Institute, Russian Academy of Sciences,  
119333, Moscow, ul. Gubkina, 3, Russia, katayur@gmail.com

\*\*\*\*Tsitsin Main Botanical Garden, Russian Academy of Sciences,  
127276, Moscow, ul. Botanicheskaya, 4, Russia, ny\_stepanova@mail.ru

## MODERN VEGETATION COVER OF THE NORTH-WESTERN CASPIAN SEA REGION AND ITS CARTOGRAPHIC REPRESENTATION

*A map of modern vegetation at a scale of 1:200 000 was created in the ArcGIS program for the territory of the potential habitat of the Saiga tatarica tatarica population with an increase in its number in the North-Western Caspian Sea region. The mapped territory with an area of 220 × 145 km<sup>2</sup> lies within the steppe and desert zones. The modern cover of the region is characterized by extreme heterogeneity which reflects both the natural complexity caused by the existence of solonchaks and solonchaks,*

and the dynamics of vegetation on fallows and pastures. In the steppe zone, dwarf semishrub communities occupy large areas along with feather-grasses and firm-bunch grass communities. They are either halophytic variants of steppes or one of the stages of overgrowth of fallows. They give the plains a “desert” view. In the desert zone, vegetation is represented by pastures with varying degrees of grazing intensity. In places on the sands, because of grazing, the feather-grasses create an aspect, and the plains have a “steppe” appearance. The dynamic processes of vegetation in the North-Western Caspian Sea region create great difficulties for mapping. In the map legend, the division of the territory into the steppe and desert zones is shown by the headings of the highest rank. The diversity of formations of steppe and desert vegetation and spatial heterogeneity of vegetation cover are reflected by the following hierarchical units. Five such units (I–V) characterize the steppe zone, and six units (VI–XI) correspond to the desert zone. They are arranged according to the degree of increase in soil salinity and the degree of grazing. Probably, the lowest mapped units of the legend should be considered as transformation series. However, for the series there is not enough data on the time of plowing and its existence, on the degree of pasture load, on the time of fires. Signs out of scale are used to show features that are not expressed at the map scale.

**Keywords:** steppe and desert zones, vegetation dynamics, fallows, pastures, mapping units.

## ВВЕДЕНИЕ

К Северо-Западному Прикаспию относится часть Прикаспийской низменности между возвышенностью Ергени на западе и р. Волгой на востоке. Карта современной растительности в м-бе 1:200 000 на территории обитания популяции сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L., 1766) при потенциальном расширении ареала из-за увеличения его численности в Северо-Западном Прикаспии (в пределах Калмыкии) [1] была создана в рамках договора, заключенного между Ботаническим институтом РАН (Санкт-Петербург) и Всемирным фондом дикой природы (Москва).

Площадь закартированной территории составила  $220 \times 145 \text{ км}^2$ , между  $47^{\circ}15'–45^{\circ}45'$  с. ш. и  $45^{\circ}00'–47^{\circ}00'$  в. д., и лежит в пределах степной и пустынной зон.

Пространственная структура растительного покрова Северо-Западного Прикаспия очень неоднородна, что связано как с условиями природной среды (частой сменой элементов рельефа), так и с деятельностью человека (сильным антропогенным воздействием), из-за которой современная растительность значительно изменена (доминируют динамически неустойчивые группировки и сообщества).

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Карта составлена на основе полевых материалов, полученных авторами в ходе многолетних (2015–2022 гг.) маршрутных исследований территории общей протяженностью 8500 км. В ходе работы использовались существующие топографические (м-б 1:100 000) и тематические (почвенные, ландшафтные) карты, а также спутниковые снимки Landsat и Sentinel-2. На космических снимках отражается современное геоэкологическое состояние территории — наличие полей и залежей, места перевыпаса на пастбищах около поселков и кошар, многочисленные оросительные каналы, что помогло нам понять масштаб изменений растительного покрова Северо-Западного Прикаспия, но степная и пустынная растительность не читается [2]. Карта создана в м-бе 1:200 000 в программе ArcGIS.

Треки маршрутов записывались с помощью GPS-навигатора. Проводилась привязка координат точек геоботанических описаний (250), сборов гербария (более 1000 листов) и фотографий (более 10 000). Геоботанические описания выполнены по стандартной методике на площадках размером  $10 \times 10 \text{ м}^2$  [3, 4]. При анализе геоботанических описаний использована эколого-фитоценотическая классификации сообществ [5]. Названия видов растений даны по С.К. Черепанову [6].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В геологическом отношении Прикаспийская низменность представляет собой молодое образование, сложенное морскими осадками четвертичных трансгрессий Каспия [7, 8]. Равнины на севере исследуемого региона представляют собой морские аккумулятивные равнины раннехвалынского моря, сложенные шоколадными глинами и суглинками, залегающими почти горизонтально. Их рельеф плоский, с относительными колебаниями высот 1–1,5 м, с постепенными переходами от понижений к повышениям. Характерны разнообразные формы мезо- и микрорельефа: высохшие лиманы (вытянутые понижения площадью 1–10 км<sup>2</sup>, глубиной 2–7 м, использующиеся под сенокосы, иногда под пашни), соленые озера (соры), западины (понижения округлой или овальной формы диаметром 5–100 м, глубиной 0,3–2 м, с плоским дном и пологими склонами), бугры (образованы рыхлыми выбросами из нор сусликов, высотой 0,5–0,7 м, диаметром 1–1,5 м).



Примерно по нулевой горизонтали проходит смена равнин раннехвалынского моря на морские аккумулятивные равнины позднехвалынского моря, сложенные песками и супесями. Рельеф равнин волнистый, увалистый, грядовый, бугристый, с относительными высотами 2–4 м. На юго-востоке региона, близ дельты Волги, распространены гряды, вытянутые почти в широтном направлении, так называемые бэровские бугры. Их высота 7–10 м, длина 0,5–8 км, ширина 200–300 м. Межгрядовые понижения имеют ширину 400–500 м. В одних случаях бугры сложены позднехвалынскими песками, в других – в их ядре лежат раннехвалынские глины, которые равномерно перекрыты песками.

В Северо-Западном Прикаспии речная сеть отсутствует, но территория пересечена сетью ирригационных каналов различного назначения. Большая часть региона лежит ниже уровня Мирового океана, его абсолютная высота постепенно понижается от 15–20 м над ур. моря на севере до 27 м ниже нуля у побережья Каспийского моря. Климат Северо-Западного Прикаспия характеризуется малым количеством осадков (150–250 мм), высокой испаряемостью (800–900 мм) и большими годовыми и летними суточными амплитудами температуры воздуха. Лето теплое (средняя температура июля 24–26 °С), зима умеренно мягкая (средняя температура января от –5 до –9,5 °С). Почвенный покров представлен двумя подзональными типами почв – светло-каштановыми степными (в северной части низменности) и бурыми пустынными (на остальной территории). Характерны засоленные почвы (солонцы, солончаки) и пески [9].

Небольшая, северная часть закартированной территории лежит в южной подзоне степной зоны, остальная – в северной подзоне пустынной зоны [10–13]. Граница между степной и пустынной зонами в Северо-Западном Прикаспии проходит с северо-востока на юго-запад: от 47°40' с. ш. у сел Никольское и Пришиб на р. Волге на пос. Первомайский (немного восточнее его), на пос. Белоозерский (чуть западнее поселка), на пос. Алтн-Булг, затем идет несколько севернее сел Шарва и Чонта и приближается к восточному макросклону возвышенности Ергени примерно на 46°35' с. ш.

В степной зоне рельеф волнистый и слабоволнистый, распространены светло-каштановые, в основном супесчаные почвы, часто засоленные, образующие комплексы с солонцами и солончаками [14]. Пустынная зона занята грядовыми и бугристо-грядовыми песчаными массивами, увалистыми и волнистыми равнинами с бурыми песчаными, местами засоленными, почвами. Характерны соленые озера (соры).

Растительный покров Северо-Западного Прикаспия в настоящее время очень изменен под влиянием распашки, перевыпаса, сенокосов, пожаров, создания ирригационных систем, проведения фитомелиоративных работ, техногенных воздействий [15, 16]. Его структура очень неоднородная – комплексная, пятнистая, мозаичная. По своему облику покров на больших пространствах не отвечает его зональному статусу в соответствии с традиционными представлениями и понятиями о степной и пустынной растительности.

Специфика Прикаспийской низменности заключается в том, что засоленные почвы с формирующимися на них полукустарничковыми сообществами (главным образом из видов рода *Artemisia* подрода *Seriphidium*), которые отдельные исследователи относят к пустынному типу растительности, занимают большие площади в степной зоне. Они придают территории «пустынный» вид, но представляют собой либо галофитный вариант степей, либо одну из стадий залежной растительности, либо пастбищный вариант.

В степной зоне между возвышенностью Ергени и р. Волгой в настоящее время доминируют сообщества тырсовой (*Stipa sareptana*), мятливой (*Poa bulbosa*), типчаковой (*Festuca valesiaca*), пустынножитняковой (*Agropyrum desertorum*) формаций. Характерны также сообщества ковылковой (*Stipa lessingiana*), вострцевой (*Leymus ramosus*), пырейной (*Elytrigia repens*) формаций.

Типчаковые и пустынножитняковые степи – показатели солонцеватости почв, как и сообщества корневищного злака вострца. На пастбищах формируются сообщества мятливой формации, часто с участием полыни Лерха (*Artemisia lerchiana*), полыни черной (*A. pauciflora*), ромашника (*Tanacetum achilleifolium*), итсигека (*Anabasis aphylla*).

Большие площади на солонцах занимают сообщества полукустарничков: ромашниковые, камфоросмовые (*Camphorosma monspeliaca*), лерхопопынные, таврическопопынные (*Artemisia taurica*), чернопопынные, сантоникопопынные (*A. santonica*). Часто полукустарнички обильны на залежах и вокруг кошар (из-за сбоя). На залежах разрастаются однолетники – костер кровельный (*Anisantha tectorum*), ропоплодник (*Ceratocarpus arenarius*) и др.

Растительный покров пустынной зоны представлен пастбищными вариантами, различающимися степенью интенсивности выпаса. Широко распространены псаммофитные мятликово-лерхопопынные и лерхопопынно-мятликовые пустыни. В Северо-Западном Прикаспии в составе естественных лер-

хополойных пустынных сообществ на песчаных почвах принимают участие злаки: ковыли (тырсики и ковылок), житняк ломкий (*Agropyron fragile*). При восстановлении покрова после перевыпаса они разрастаются и аспектируют, но не доминируют (только создают «степной» вид). Сомкнутый покров под ними образуют мятлик или однолетники: бурачок (*Alyssum desertorum*), костер кровельный, рогоплодник, жабник полевой (*Filago arvensis*), пажитник пряморогий (*Trigonella orthoceras*) и др.

Сильный сбой на песках выражается в формировании на больших пространствах покрова из мятлика, полевички (*Eragrostis minor*), спороболуса (*Sporobolus cryptandrus*) или из дву- и однолетних травянистых растений: лагозериса священного (*Lagoseris sancta*), курая (*Salsola tragus*), гулявника высокого (*Sisymbrium altissimum*), гулявника Лезеля (*S. loeseli*); у кошар — из многолетних травянистых растений: верблюжьей колючки (*Alhagi pseudalchagi*), гармалы (*Peganum harmala*). Местами встречаются пески, лишенные растительности. Кое-где их закрепляют посадками джугуна безлистного (*Calligonum aphyllum*).

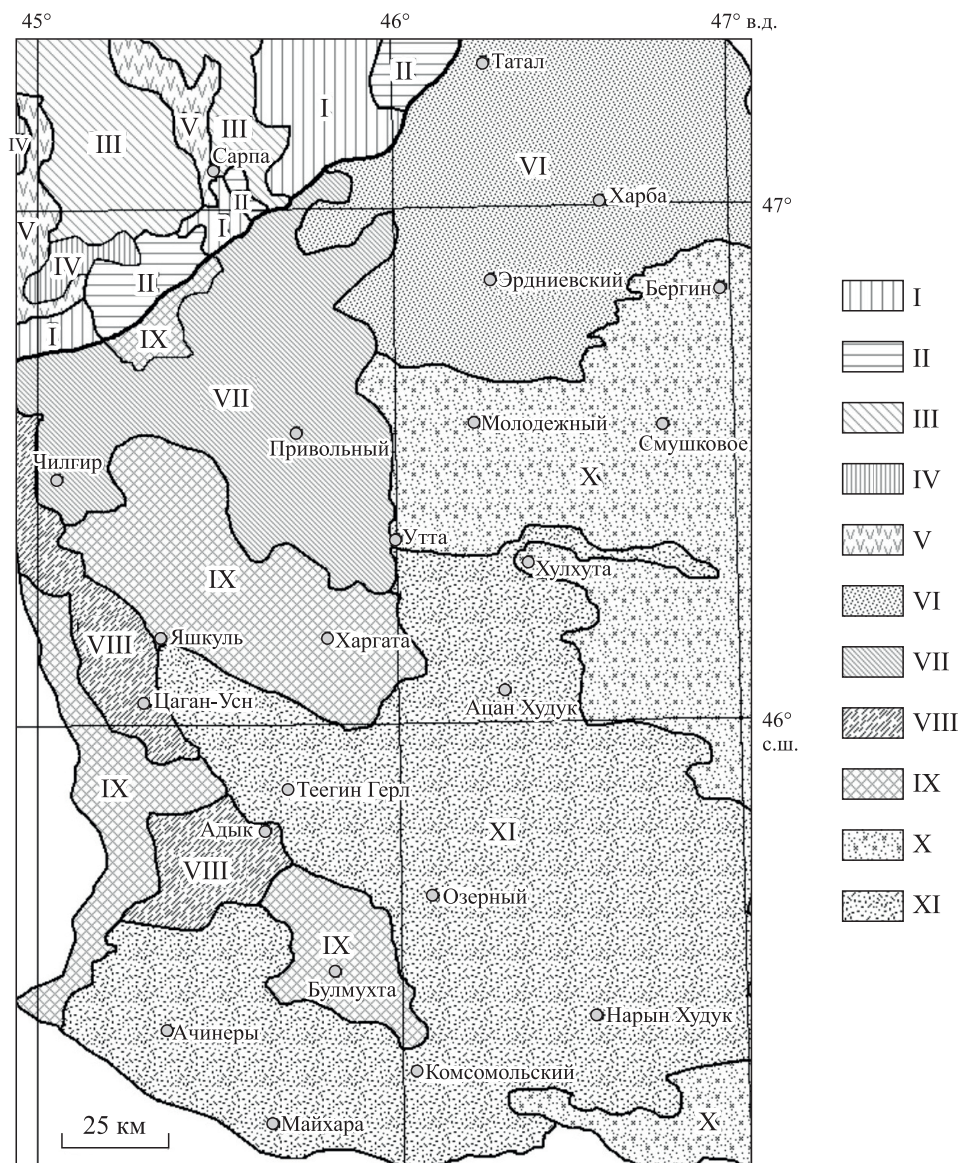
Хотя динамические процессы, присущие растительному покрову Северо-Западного Прикаспия, нивелируют и делают менее отчетливыми зональные и экологические закономерности, при картографировании они довольно отчетливо выявляются (см. рисунок). В легенде к карте современного формационного разнообразия Северо-Западного Прикаспия (в пределах Калмыкии) (см. рисунок) заголовками самого высокого ранга определяется зональное положение территории, выделением степной и пустынной зон. Следующие иерархические единицы (всего их 11) отражают формационное разнообразие степной и пустынной растительности и пространственную неоднородность покрова. Для степной зоны таких единиц пять (I–V). Они расположены по степени возрастания засоления почв. В пустынной зоне на Прикаспийской низменности доминируют лерхопопынники. В легенде к карте растительности Северо-Западного Прикаспия они объединены в пять групп ассоциаций: VI–IX — расположены по степени возрастания засоления почв и усиления сбоя, X — характеризует растительность на песках. На сильно сбитых пастбищах на месте лерхопопынников формируются разнообразные злаковые (мятликовые, спороболусовые, полевичковые) и однолетниковые (рогоплодниковые, амарантусовые и др.) сообщества, они объединены в одну группу ассоциаций (XI).

#### Легенда

#### к карте современного формационного разнообразия Северо-Западного Прикаспия (в пределах Калмыкии) м-ба 1:1 250 000

- I. Лерхопопынно-тырсиковые (*Stipa sareptana*, *Artemisia lerchiana*) сообщества на светло-каштановых суглинистых и супесчаных почвах в комплексе с лерхопопынными (*Artemisia lerchiana*) и злаковыми (*Leymus ramosus*, *Poa bulbosa*, *Agropyron desertorum*) на солонцах.
- II. Полукустарничково-злаково-ковыльные (*Stipa sareptana*, *S. lessingiana*, *Festuca valesiaca*, *Agropyron desertorum*, *Poa bulbosa*, *Artemisia lerchiana*, *Tanacetum achilleifolium*) сообщества на светло-каштановых суглинистых и супесчаных почвах в комплексе с полукустарничковыми (*Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *Tanacetum achilleifolium*) на солонцах.
- III. Лерхопопынно-злаковые (*Festuca valesiaca*, *Agropyron desertorum*, *Stipa sareptana*, *Leymus ramosus*, *Artemisia lerchiana*) сообщества на светло-каштановых суглинистых и супесчаных солонцеватых почвах в комплексе со злаково-полукустарничковыми (*Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *Tanacetum achilleifolium*, *Poa bulbosa*, *Leymus ramosus*) на солонцах.
- IV. Полукустарничково-злаковые (*Poa bulbosa*, *Agropyron desertorum*, *Stipa sareptana*, *Leymus ramosus*, *Artemisia lerchiana*, *A. taurica*, *Tanacetum achilleifolium*) сообщества на светло-каштановых суглинистых и супесчаных солонцеватых почвах в комплексе с попынными (*Artemisia lerchiana*, *A. pauciflora*, *A. taurica*) на солонцах.
- V. Злаково-попынные (*Artemisia lerchiana*, *A. austriaca*, *Festuca valesiaca*, *Agropyron desertorum*, *Leymus ramosus*) и попынно-злаковые (*Festuca valesiaca*, *Poa bulbosa*, *Artemisia austriaca*) сообщества на светло-каштановых суглинистых и супесчаных засоленных почвах в комплексе с попынными (*Artemisia pauciflora*, *A. santonica*) на солонцах.
- VI. Мятликово-лерхопопынные (*Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*) и лерхопопынно-мятликовые (*Poa bulbosa*, *Artemisia lerchiana*) сообщества на бурых пустынных песчаных и супесчаных почвах.
- VII. Мятликово-лерхопопынные (*Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*) и лерхопопынно-мятликовые (*Poa bulbosa*, *Artemisia lerchiana*) сообщества на бурых пустынных засоленных почвах легкого гранулометрического состава в комплексе с чернопопынными и мятликово-чернопопынными (*Artemisia pauciflora*, *Poa bulbosa*) на солонцах.
- VIII. Комплексы мятликово-лерхопопынных (*Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*), мятликово-попынных (*Artemisia lerchiana*, *A. taurica*, *Poa bulbosa*) и мятликово-таврическопопынных (*Artemisia taurica*, *Poa bulbosa*) сообществ на бурых пустынных засоленных почвах легкого гранулометрического состава.





Карта современного формационного разнообразия Северо-Западного Прикаспия (в пределах Калмыкии).

I–XI — см. легенду. Утолщенной черной линией показана граница степной и пустынной зон.

- IX. Комплексы лерхопопынно-мятликовых (*Poa bulbosa*, *Artemisia lerchiana*) и таврическопопынно-мятликовых (*Poa bulbosa*, *Artemisia taurica*) сообществ на бурых пустынных засоленных почвах легкого гранулометрического состава.
- X. Мятликово-лерхопопынные (*Artemisia lerchiana*, *Poa bulbosa*) сообщества на увалистых и грядовых песках, джугуновы (*Calligonum aphyllum*) на бугристо-грядовых песках.
- XI. Мятликовые (*Poa bulbosa*), злаково-мятликовые (*Poa bulbosa*, *Stipa sareptana*, *Agropyron fragile*, *Stipa caspia*), спороболусово-мятликовые (*Poa bulbosa*, *Sporobolus cryptandrus*), однолетниковые (*Ceratocarpus arenarius* и др.) сообщества на сбитых пастбищах с бурыми пустынными песчаными почвами.

Основной проблемой при создании карты исследуемого региона стало определение и формулировка низших картируемых единиц легенды [1]. Несмотря на то что экологические условия Калмыкии мало разнообразны (территория равнинная, с преобладанием почв легкого гранулометрического состава), очень мало пространств, характеризующихся однородным растительным покровом. В связи с этим в легенде фитоценомеры использованы редко, основная картируемая единица — комплекс и сочетание. Часто многообразие растительных сообществ Северо-Западного Прикаспия объясняется

динамическим состоянием покрова на разновозрастных залежах и пастбищах разной степени сбитости. Вследствие этого наблюдается частая смена сообществ, местами — на каждом километре маршрута. Вероятно, надо было применить и такую единицу картографирования, как ряд трансформации [17]. Однако у нас нет данных о длительности и давности распашки, пастбищной нагрузке, пожарах, сенокосах и других режимах природопользования, которые позволили бы построить эти ряды.

Для отображения особенностей, не выражающихся в масштабе карты, применены внесматштабные знаки, подчеркивающие своеобразие выделов [18].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современный растительный покров Северо-Западного Прикаспия очень изменен и характеризуется неоднородностью, которая объясняется природными условиями (наличием солонцов, солончаков, лиманов), но в большей степени антропогенным воздействием (распашкой, сенокосами, мелиорацией, пожарами, выпасом). В последние десятилетия режимы землепользования изменились.

Еще недавно в степной зоне огромные площади на залежах занимали полынные. В настоящее время на 85 % этой территории наблюдается восстановление злаковых степей, причем 40 % приходится на ковыльные комплексные степи. Из них 25 % занимают комплексы тырсовых степей с лерхополынными (см. рисунок). Тырсовые степи являются зональным типом степей южной подзоны. Почти вдвое меньшую площадь (15 %) занимают ковыльные (ковылково-тырсовые) степи (II) в комплексе с лерхо-, чернополынными и ромашниковыми сообществами на солончаках. Злаковыми комплексными степями занято 45 % площади. В их составе обильны типчак, пустынный житняк, встречается и тырсок, а местами развит вострец (III и IV). Трудно точно определить, это залежная стадия какого-то определенного времени или эти злаки доминируют из-за того, что почвы засоленные? Возможен и тот, и другой вариант. На оставшихся 15 % площади преобладают галофитные комплексы с доминированием полукустарничковых полыней на засоленных почвах (V).

В пустынной зоне Северо-Западного Прикаспия одинаковые площади (примерно по 35 %) занимают лерхополынные (VI, X) и антропогенные растительные сообщества на их месте (XI). Остальные 30 % характеризуются комплексами лерхополынных с чернополынными (около 12 %, VII) и таврическополынными (18 %, VIII, IX). Комплексы с таврическополынными в значительной степени являются результатом деятельности человека, и появились они из-за распашки земель и строительства оросительных систем.

Необходимо отметить, что в настоящее время как в степной, так и в пустынной зоне Северо-Западного Прикаспия идут процессы не только деградации, но и демуляции растительного покрова.

*Работа выполнена по договору НИР № 1/71 от 30 апреля 2021 г. Ботанического института РАН с Всемирным фондом дикой природы «Оценка местообитаний сайгака Северо-Западного Прикаспия», при финансовой поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (15-05-06773), в рамках плановой темы Ботанического института РАН (121032500047-1), государственного задания Главного ботанического сада РАН (122042700002-6), при поддержке Минобрнауки ЦКП «Гербарий ГБС РАН» (075-15-2021-67), в рамках темы государственного задания Института проблем экологии и эволюции РАН (AAAA-A18-118042490055-7, 0089-2021-0010), темы НИР Института водных проблем РАН за 2022-2024 гг. (FMWZ-2022-0002, AAAA-A18-118022090104-8).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сафронова И. Н., Степанова Н.Ю., Каримова Т.Ю., Калмыкова О.Г., Уланова С.С., Федорова Н.Л., Горяев И.А., Полуэктов С.А., Поляков Д.Г. Карта современной растительности на территорию распространения популяции сайгака (*Saiga tatarica tatarica* L., 1766) в Северо-Западном Прикаспии // Аридные экосистемы. — 2023. — Т. 29, № 3 (96). — С. 46–56.
2. Уланова С.С., Чемидов М.М., Кондышев О.Ю., Никитенко Е.В., Машгыков К.В., Федорова Н.Л., Горяев И.А. Геоинформационные системы в региональных исследованиях: теория, методология, практика (на материалах Республики Калмыкия). — Элиста: Изд-во Ин-та комплекс. иссл. арид. территорий, 2019. — 168 с.
3. Нешатаев Ю.Н. Методы анализа геоботанических материалов. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1987. — 192 с.
4. Тиходева М.Ю., Лебедева В.Х. Практическая геоботаника (анализ состава растительных сообществ): Учеб. пособие. — СПб.: Изд-во С.-Петербург. ун-та, 2015. — 166 с.



5. **Александрова В.Д.** Классификация растительности. — Л.: Наука, 1969. — 275 с.
6. **Черепанов С.К.** Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). — СПб.: Мир и семья, 1995. — 495 с.
7. **Бадюкова Е.Н.** Возраст хвалыньских трансгрессий Каспийского моря // Океанология. — 2007. — Т. 47, № 3. — С. 432–438.
8. **Свиточ А.А.** Большой Каспий: строение и история развития. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2014. — 270 с.
9. **Биота** и природная среда Калмыкии. — М.; Элиста: ТОО «Коркис», 1995. — 280 с.
10. **Зоны** и типы пояности растительности России и сопредельных территорий» для высших учебных заведений: Карта м-ба 1:8 000 000 / Под ред. Г.Н. Огуревой — М.: ТОО «ЭКОР», 1999. — 2 л.
11. **Зоны** и типы пояности растительности России и сопредельных территорий: пояснительный текст и легенда к карте м-ба 1:8 000 000 / Под ред. Г.Н. Огуревой. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1999. — 64 с.
12. **Map** of the Natural Vegetation of Europe. Scale 1:2 500 000 / Compiled and revised by U. Bohn, G. Gollub, Ch. Hettwer. — Bonn; Bad-Godesberg: Federal Agency for Nature Conservation, 2000. — 9 sheets.
13. **Map** of the Natural Vegetation of Europe. Scale 1:2 500 000 / Compiled and revised by U. Bohn, G. Gollub, Ch. Hettwer. — Bonn; Bad-Godesberg: Federal Agency for Nature Conservation, 2000. — 153 p.
14. **Борликов Г.М., Бакинова Т.И., Зеленская Е.А.** Почвенно-земельные ресурсы аридных территорий. Состояние, использование, оценка. — Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2009. — 200 с.
15. **Бананова В.А., Сафронова И.Н., Лазарева В.Г., Нгуен Ван Зунг, Харитонов Ч.С.** Растительный покров Сарпинской низменности Республики Калмыкия: Пояснительный текст к геоботаническим картам. — Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2016. — 134 с.
16. **Джапова Р.Р.** Динамика пастбищ и сенокосов Калмыкии. — Элиста: Изд-во Калм. ун-та, 2008. — 176 с.
17. **Сочава В.Б.** Вопросы картографирования в геоботанике // Принципы и методы геоботанического картографирования. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. — С. 5–27.
18. **Грибова С.А., Исаченко Т.И.** Картирование растительности в съемочных масштабах // Полевая геоботаника. — Л.: Наука, 1972. — С. 137–324.

*Поступила в редакцию 30.05.2023*

*После доработки 01.06.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

М.А. СМИРНОВА\*, О.В. ГАЛАНИНА\*, \*\*

\*Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН, 197022, Санкт-Петербург,  
ул. Профессора Попова, 2, литера В, Россия, medvedetz@gmail.com, ogalanina@binran.ru

\*\*Санкт-Петербургский государственный университет,  
199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9, Россия, ogalanina@binran.ru

## КРУПНОМАСШТАБНОЕ КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ПОЙМЕННОЙ И БОЛОТНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ КЛЮЧЕВЫХ УЧАСТКОВ АРХАНГЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ ДЛЯ ПРИРОДООХРАННЫХ ЦЕЛЕЙ

*Представлены сведения о растительности ключевого участка в среднем течении р. Северная Двина (Архангельская область). Исследования пойменной растительности ведутся начиная с 2009 г., болотной растительности — с 2013 г. Приводятся оригинальные геоботанические данные о пойменной и болотной растительности создаваемой особо охраняемой природной территории «Природный парк Звозский», расположенной в уникальном для европейской части России ландшафте — Звозском карстовом районе. Здесь на дневную поверхность выходят гипсы и ангидриты пермского геологического периода и представлены разнообразные виды карста: воронки, лога, шелопняковые поля. Изучены пойменные и надпойменные террасы реки. Составлены две крупномасштабные геоботанические карты ключевого участка: карта растительности долины р. Северная Двина (м-б 1:25 000) с детальным показом пойменных сообществ (древесных, кустарниковых, луговых) и сообществ надпойменных террас; карта растительности болотного массива у д. Звоз (м-б 1:4 000). Легенда к карте долины р. Северная Двина построена на основе ландшафтных и эколого-фитоценологических приемов. Основные подразделения легенды соответствуют геоморфологическим элементам («Растительность поймы», «Растительность надпойменных террас»). Низшие подразделения легенды выделены на основе видов-доминантов и с учетом индикаторных групп видов. Подразделения легенды пойменной растительности построены от пионерных к условно-коренным сообществам. Карта болота и легенда к ней демонстрируют неоднородность горизонтальной структуры растительности и ее комплексность. Обсуждается связь закономерностей формирования структуры растительного покрова с современными проявлениями карста.*

**Ключевые слова:** картографирование растительности, пойма, Северная Двина, болота, карст.

М.А. SMIRNOVA\*, O.V. GALANINA\*, \*\*

\*Komarov Botanical Institute, Russian Academy of Sciences, 197376, St. Petersburg,  
ul. Professora Popova, 2, litera V, Russia, medvedetz@gmail.com, ogalanina@binran.ru

\*\*St. Petersburg State University,  
199034, St. Petersburg, Universitetskaya nab., 7–9, Russia, ogalanina@binran.ru

## LARGE-SCALE MAPPING OF FLOODPLAIN AND MIRE VEGETATION FROM THE KEY AREAS OF ARKHANGELSK OBLAST FOR ENVIRONMENTAL PURPOSES

*This paper presents new data on vegetation of the key area in the mid-flow of the Northern Dvina River (Arkhangelsk oblast). Studies of floodplain vegetation and mire vegetation have been conducted since 2009 and 2013, respectively. Original geobotanical data on floodplain and mire vegetation of the currently established Specially Protected Area, “Zvoz Nature Park”, are provided. The protected area is located in the Zvoz karst region known as a unique landscape of the European part of Russia. Gypsum and anhydrites of the Permian geological period emerge on the day surface and various types of karst such as sinkholes, ravines and silk fields occur there. The floodplain and above-floodplain river terraces were studied and mapped. Two large-scale vegetation maps of the key area were compiled: the vegetation map of the Northern Dvina River valley (at a scale of 1:25 000) with a detailed display of floodplain communities (trees, shrubs, meadows) and communities of above-floodplain terraces; and the vegetation map of the mire massif near the village of Zvoz (at a scale of 1:4 000). The legend to the map of the Northern Dvina River valley is based on the landscape and ecological-phytocoenotic methods. The main divisions of the legend correspond to geomorphological elements (“Vegetation of the floodplain”, and “Vegetation of the terraces above the floodplain”). The lower divisions of the legend are identified on the basis of dominant species and by taking into account the indicator groups*

of species. The legend divisions of floodplain vegetation are built from pioneer to primary plant communities. The mire map and its legend demonstrate the heterogeneity of the horizontal structure of vegetation and its complexity. The relationship between patterns of formation of the vegetation cover structure and modern karst processes is discussed.

**Keywords:** vegetation mapping, floodplain, Northern Dvina, mires, karst.

## ВВЕДЕНИЕ

Создаваемая особо охраняемая природная территория «Природный парк Звонский» располагается в центральной части Архангельской области в среднем течении р. Северная Двина. Исследуемая территория относится к Звонскому карстовому району, Звонско-Кировскому спелеомассиву [1]. Повсеместное распространение карста приводит к разнообразию карстовых форм рельефа, из пород характерны гипсы и ангидриты кулойской свиты нижней перми.

Наиболее закарстованной является полоса вдоль Северной Двины, где по обоим берегам обнажаются карстующиеся породы. Долина реки в данном месте имеет каньонообразное строение с вертикальными гипсовыми обнажениями мощностью до 20–28 м [2]. В пределах исследованного ключевого участка высота гипсовых стенок, образующих борта долины, колеблется от 7–8 до 20 м.

Абсолютные отметки поверхности водно-ледниковых террас левого берега составляют 22–37 м, правого берега — 26–36 м [2]. Поверхностный карст района представлен типичными для гипсово-ангидритового карста формами: воронками, колодцами, логами, цирками, шелошняковыми полями [3]. Прилегающая к реке территория перекрыта четвертичными отложениями и закарстована на глубину 10–15 м [4].

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Планируемая ООПТ «Природный парк Звонский», согласно геоботаническому районированию, лежит в пределах Северодвинско-Важского округа подзоны средней тайги Северодвинско-Верхнеднепровской подпровинции Североевропейской таежной провинции [5]. Округ занимает озерно-ледниковые низменности, в нем распространены заболоченные сосновые леса, нередко в сочетании со сфагновыми переходными и верховыми болотами и сосняками зеленомошными. Сосновые лишайниково- и кустарничково-зеленомошные леса исследованной территории располагаются на флювиогляциальных песчаных равнинах. Значительные площади занимают еловые черничные и кисличные леса, а заболоченные травяные ельники встречаются реже. Ельники развиты на моренных валунных суглинистых и озерно-ледниковых глинистых равнинах, по долинам малых рек, по склонам карстовых воронок. Березовые леса произрастают на валунных глинистых равнинах и представлены кустарничково-травяными типами, в которых помимо костяники встречаются виды бореального и неморального разнотравья: чина весенняя (*Lathyrus vernus*), герань лесная (*Geranium sylvaticum*), перловник поникший (*Melica nutans*), бор развесистый (*Milium effusum*). Сероольховые с ивой пятитычинковой (*Salix pentandra*) и черемухой обыкновенной (*Padus avium*) таволговые, крупнотравные леса распространены в местах бывших сельскохозяйственных угодий, также по склонам пойменных террас Северной Двины и в долинах малых рек.

Уникальность и разнообразие растительного покрова исследуемого участка обусловлены прежде всего геологическим и геоморфологическим строением территории. Многообразие карстовых форм рельефа создает условия для развития различных растительных сообществ. На участках открытого карста произрастают сосновые кустарничково-зеленомошные и еловые кустарничково-травяные леса с участием лиственницы сибирской (*Larix sibirica*), а также редких и занесенных в Красные книги РФ и Архангельской области видов — венерина башмачка (*Cypripedium calceolus*), астрагала Горчаковско-го (*Astragalus gorczakovskii*), дремлика темно-красного (*Epipactis atrorubens*).

Пойма Северной Двины хорошо выражена на левом берегу в районе д. Ныкола (рис. 1), где гипсовые отложения перекрыты толщей четвертичных отложений. Ширина русла реки здесь достигает 0,9–1,2 км, глубина — 3–5 м, скорость течения — 0,4 м/с. Общая протяженность обследованного участка поймы около 10 км, средняя ширина поймы варьирует от 20–40 м до 1,4 км.

Слабо всхолмленная высокая пойма, образованная песчаными и песчано-глинистыми отложениями, имеет сложную структуру (встречаются небольшие повышения-валы или гривы, понижения, сеть русел-водотоков, старичные протоки и озера, заливы). В прирусловой части поймы и на островах произрастают ивняки кострцово-разнотравные, в которых были найдены редкие виды: дремлик широколистный (*Epipactis helleborine*) и дремлик темно-красный. Для центральной части поймы характерны злаково-разнотравные и таволговые луга, достаточно распространены гераниево-таволгово-

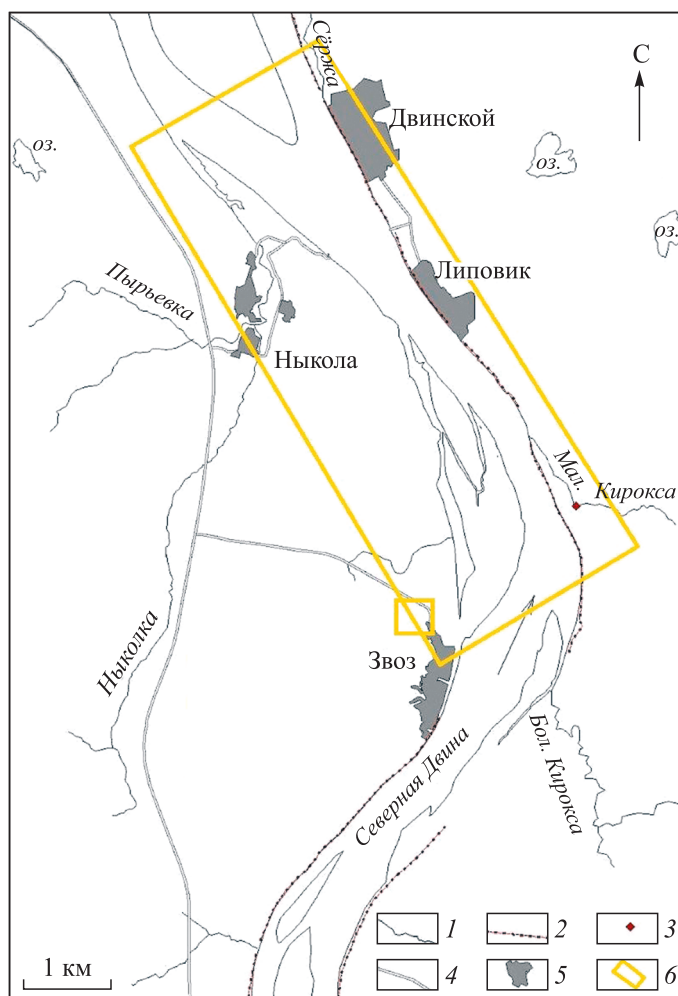


Рис. 1. Схема района исследования.

1 — реки; 2 — каньонообразные гипсовые обнажения; 3 — место ухода р. Малая Кирокса под землю через систему пещер в Северную Двину; 4 — автомобильные дороги; 5 — населенные пункты; 6 — ключевые участки.

сорнотравные луга. По понижениям и склонам глубоких стариц отмечаются старовозрастные ивняки крапивно-смородиновые, а в неглубоких старицах и по берегам заливов — остроосоковые и топяно-хвощовые сообщества [6]. Плоская низкая прирусловая часть поймы сложена крупнозернистыми песчаными молодыми аллювиальными отложениями. Здесь произрастают группировки видов белокопытника ложного (*Petasites spurius*), хвоща полевого (*Equisetum arvense*), отдельных ив, на повышениях отмечаются ивняки хвощово-белокопытниковые.

Пойменные леса образуют в основном ивняки из ивы трехтычинковой (*Salix triandra*), прутьевидной (*S. viminalis*), остролистной (*S. acutifolia*), шерстистопобеговой (*S. dacyclados*), пятитычинковой (*S. pentandra*). Также встречаются в виде примеси ольха серая (*Alnus incana*), березы пушистая (*Betula pubescens*) и повислая (*Betula pendula*), черемуха обыкновенная, рябина обыкновенная (*Sorbus aucuparia*), изредка ель финская (*Picea × fennica*) и сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*). В прирусловой части поймы на песчаных отмелях сначала появляются отдельные кусты ивы трехтычинковой и прутьевидной, а выше — на песчаных валах кусты ивы остролистной. Со временем кустарниковые ивняки перерастают в древесные, образуя лесные сообщества. Леса прирусловой части поймы формируются как заключительные стадии серийных рядов зарастания песчаных и песчано-глинистых субстратов. Чаще всего встречаются ивняки 20–30-, 40–50-, 60–70-летнего возраста. В понижениях прирусловой и центральной части поймы встречаются ивняки из ивы шерстистопобеговой возрастом до 90–100 лет. В притеррасной части поймы встречаются сероольховые и ивовые из ивы пятитычинковой, изредка заболоченные черноольховые (*Alnus glutinosa*) и ивово-черноольховые леса.



## СОЗДАНИЕ КАРТЫ РАСТИТЕЛЬНОСТИ

Установлением связей единиц картирования с ведущими ландшафтными факторами — геологическим строением и геоморфологическими процессами, в том числе карстовыми проявлениями, при создании крупномасштабных геоботанических карт занимались А.Н. Лукичева и Д.Н. Сабуров [7]. Целью наших исследований являлось изучение пространственной структуры пойменной и болотной растительности на гипсовых и известняковых отложениях Архангельской области с использованием геоботанического картографирования.

Для создания крупномасштабной карты растительности проводились полевые экспедиционные исследования, анализ и дешифрирование космических снимков и картографических материалов. Геоботанические описания пойменной растительности, выполненные авторами (преимущественно М.А. Смирновой (Макаровой) в период с 2009 по 2022 г.) были внесены в базу данных. База данных включает свыше 300 описаний растительных сообществ поймы.

Крупномасштабная карта растительности ключевого участка в среднем течении Северной Двины (м-б 1:25 000) отражает пространственное распределение древесной, кустарниковой, луговой, прибрежно-водной растительности поймы реки, а также лесной, луговой и болотной растительности надпойменных террас (рис. 2). Легенда к карте построена на основе ландшафтных и эколого-фитоценотических приемов. В легенде выделяются два основных подзаголовка, соответствующих геоморфологическим элементам: «Растительность поймы», «Растительность надпойменных террас». Внутри геоморфологических элементов были выделены подразделения более низкого ранга, например: «Кустарниковая растительность низких участков прирусловой поймы», «Лесная растительность центральной и притеррасной поймы», «Прибрежно-водная растительность пойменных озер и стариц». Низшие подразделения растительности, например: «8. Ивово (*Salix pentandra*)-черноольховые травяные леса», выделялись на основе доминирующих видов и с учетом индикаторных групп видов. Подразделения легенды пойменной растительности построены от пионерных к условно-коренным сообществам. На карте данного масштаба не всегда возможно отобразить сложную мозаичную структуру растительности долины реки. Для этого в легенде использовались либо генерализованные гомогенные единицы растительности, которые преобладали по площади в выделенном при дешифрировании контуре, либо гетерогенные единицы, такие как *сочетания сообществ*, включающие в себя несколько типов растительных сообществ. Показано 28 картографических единиц, из них 15 характеризуют пойменную часть и 13 — надпойменную.

Участок поймы левого берега реки между деревнями Ныкола и Звон обладает сложной горизонтальной структурой и включает в себя озера, старицы, песчаные отмели. Далеко не все описанные на местности растительные сообщества возможно показать на карте. Для отображения разнообразия и неоднородности растительного покрова поймы, ниже, кроме субтаксонов, указанных в легенде, приводятся также сообщества, не картируемые в заданном масштабе.

Прирусловая часть поймы представляет собой низкие песчаные отмели, аккумулятивные и эрозийные склоны-бечевники, прирусловые валы и понижения, старицы и протоки. Песчаные отмели наиболее динамичные элементы рельефа, ежегодно во время половодья меняющие свои очертания. На них начинают развиваться пионерные группировки видов: белокопытниковые, хвощово-белокопытниковые, побегоноснопольцевые (*Agrostis stolonifera*). Затем появляются всходы ив, которые увеличивают проективное покрытие на склонах-бечевниках. По низким участкам склонов формируются ивняки из ивы трехтычинковой и прутьевидной белокопытниковые, побегоноснопольцевые; на повышениях и прирусловых валах — ивняки из ивы остролистной кострцовые и кострцово-разнотравные с участием белокопытника ложного, вейника наземного (*Calamagrostis epigeios*), ястребинки зонтичной (*Hieracium umbellatum*).

В центральной части поймы наибольшие площади занимают луговые сообщества. Повышенные участки с намытыми в половодье аллювиальными песчаными наносами занимают белокопытниково-ястребинково-наземновейниковые луга. Участки выровненной части центральной поймы, на которых продолжается ежегодное сенокосение, покрыты крупнотраково-разнотравными лугами из овсяницы луговой (*Festuca pratensis*), ежи сборной (*Dactylis glomerata*), тимофеевки луговой (*Phleum pratense*), из разнотравья участвуют подмаренник северный (*Galium boreale*), кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*), астрагал датский (*Astragalus danicus*). На участках без сенокосения крупнотраково-разнотравные луга сменились на гераниево-таволгово-сорнотравные, из сорнотравья преобладают бодяк щетинистый (*Cirsium cetosum*), борщевик сибирский (*Heracleum sibiricum*) и купырь лесной (*Anthriscus sylvestris*).

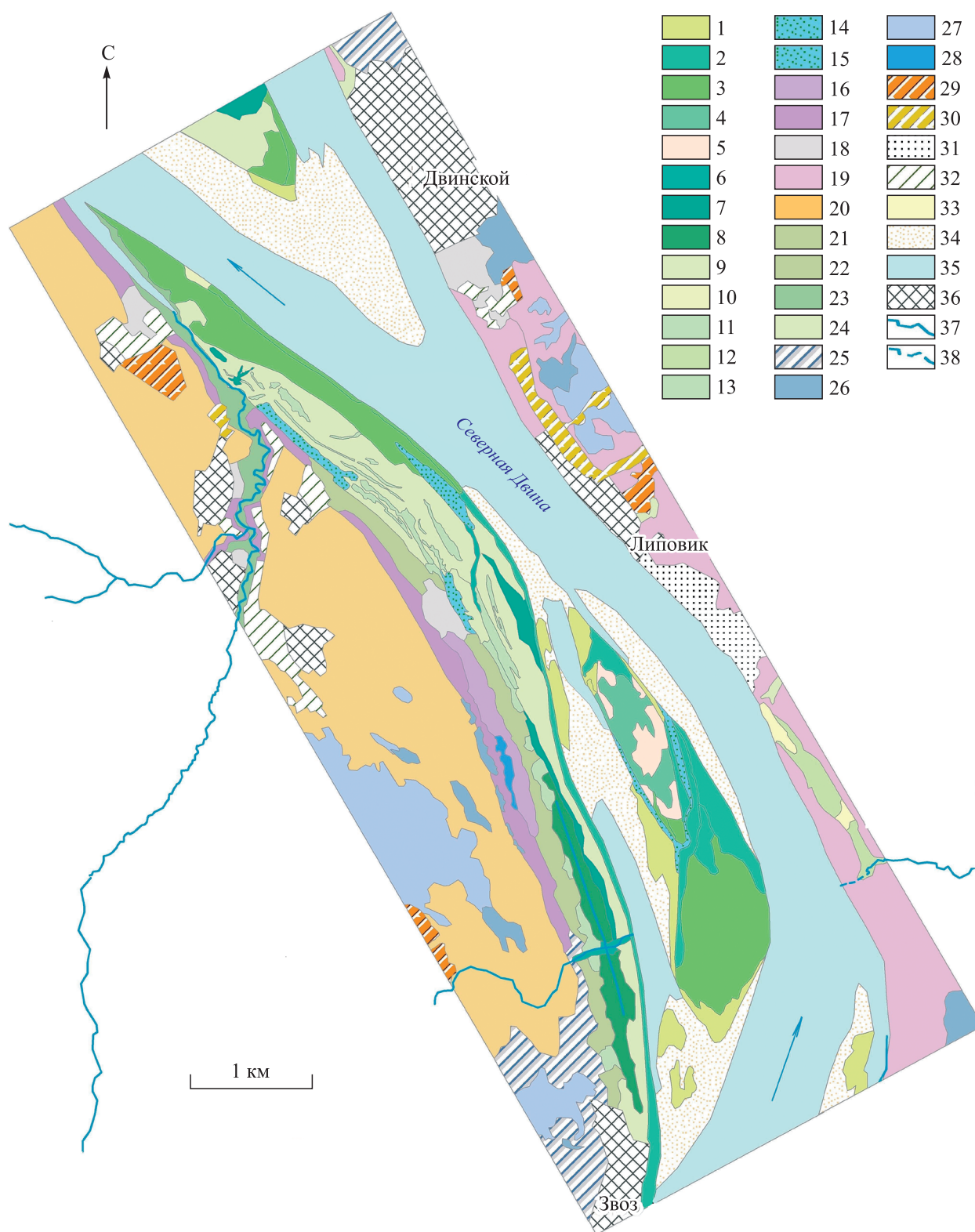


Рис. 2. Карта растительности ключевого участка в среднем течении реки Северная Двина (м-б 1:25 000).  
Усл. обозн. — см. легенду 1.

**Легенда 1**

**к карте растительности долины р. Северная Двина  
на отрезке д. Звоз – пос. Двинской (Архангельская область) м-ба 1:25 000**

**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ ПОЙМЫ**

**Травянистые сообщества песчаных отмелей**

1. Белокопытниковые (*Petasites spurius*).

**Кустарниковая растительность низких участков прирусловой поймы**

2. Ивняки кустарниковые (*Salix viminalis*, *S. triandra*) белокопытниково-травяные.

**Кустарниковая и лесная растительность высоких участков прирусловой поймы**

3. Ивняки (*Salix acutifolia*, *S. viminalis*) кострецово (*Bromopsis inermis*)-травяные.
4. Ивняки (*Salix acutifolia*) с сосной, березой, шиповником майским (*Rosa majalis*) кострецовые.
5. Сообщества шиповника майского.

**Лесная растительность центральной и притеррасной поймы**

6. Ивняки (*Salix dasyclados*) смородиново (*Ribes nigrum*, *R. spicatum*)-крапивные (*Urtica dioica*).
7. Ивняки (*Salix viminalis*, *S. dasyclados*, *S. pentandra*) таволговые (*Filipendula ulmaria*).
8. Ивово (*Salix pentandra*)-черноольховые травяные леса.

**Луговая растительность поймы**

9. Крупнозлаково-разнотравные луга в сочетании с гераниево (*Geranium pratense*)-таволгово-сорнотравными.
10. Мелкотравные луга из овсяницы красной (*Festuca rubra*), полевицы тонкой (*Agrostis tenuis*) с очитком едким (*Sedum acre*).
11. Остроосоковые (*Carex acuta*) луга.
12. Крестовниково (*Senesio tataricum*)-остроосоковые луга.
13. Дернистоосоково (*Carex cespitosa*)-вейниковые (*Calamagrostis phragmitoides*) луга.

**Прибрежно-водная растительность пойменных озер и стариц**

14. Жерушниковые (*Rohippa amphibia*) сообщества.
15. Гидрофитные (кубышка желтая *Nuphar lutea*, кувшинка *Nymphaea tetragona*, водокрас лягушачий *Hydrocharis morsus-ranae*) сообщества.

**РАСТИТЕЛЬНОСТЬ НАДПОЙМЕННЫХ ТЕРРАС**

**Лесная растительность**

16. Еловые (*Picea × fennica*) черничные (*Vaccinium myrtillus*) леса.
17. Еловые кисличные (*Oxalis acetosella*) леса.
18. Еловые таволговые леса.
19. Сосново-еловые с лиственницей сибирской костянично-травяные леса.
20. Сосновые кустарничково-зеленомошные леса.
21. Сероольховые таволговые леса.
22. Сероольховые дубравнозвездчатковые (*Stellaria nemorum*) леса.
23. Березово-сероольховые с елью кислично-травяно-таволговые леса.

**Луговая растительность**

24. Гераниевые луга.
25. Сочетание таволговых, иванчаевых (*Chamaenerion angustifolium*) лугов и сероольхово-березовых мелколесий на бывших сельскохозяйственных землях.

**Болотная растительность**

26. Сосново-кустарничково-сфагновые олиготрофные болота.
27. Пушицево (*Eriophorum vaginatum*)-кустарничково-сфагновые олиготрофные болота.
28. Вахтово (*Menyanthes trifoliata*)-травяно-сфагновые болота.

**УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ**

29. Новые вырубки.
30. Территории лесной промышленности.
31. Выработанные гипсовые карьеры.
32. Поля, пашни.
33. Осушенные долины рек из-за ухода вод в карстовые провалы.
34. Песчаные отмели.
35. Реки, озера.
36. Населенные пункты.
37. Реки, ручьи.
38. Подземные карстовые реки.

На слабопологих участках центральной поймы преобладают разнотравно-таволговые луга, из разнотравья присутствуют подмаренник северный, герань луговая, клевер луговой (*Trifolium pratense*), чина луговая (*Lathyrus pratense*) и другие. В неглубоких пониженных участках встречаются двукисточниковые (*Phalaroides arundinacea*), василистниковые (*Thalictrum flavum*) и двукисточниково-василистниковые луга. Ложбины стока заняты остроосоковыми лугами, местами с участием крестовника татарского, берега стариц — остроосоковыми и топянохвошовыми (*Equisetum fluviatile*) сообществами, в озерах встречаются сообщества с участием рдеста плавающего (*Potamogeton natans*), кубышки желтой (*Nuphar lutea*), кувшинки чисто-белой (*Nymphaea candida*). В сухих глубоких руслах центральной части поймы растут ивняки из ивы шерстистопобеговой смородиново-крапивные, по их бровкам местами отмечаются крапивно-таволговые заросли шиповника майского.

Притеррасная часть поймы не всегда хорошо выражена, сложена суглинистыми и глинистыми отложениями. Выровненные участки заняты сероольховыми и ивовыми таволговыми лесами, тростниковидновейниково (*Calamagrostis phragmitoides*)-таволговыми, топянохвошово-вербейниково (*Lysimachia vulgaris*)-тростниковидновейниковыми, дернистоосоково-тростниковидновейниковыми лугами. Также в притеррасной части на заболоченных участках были найдены редкие для Архангельской области ивово-черноольховые леса из ивы пятитычинковой таволгово-осоковые (*Carex vesicaria*, *C. caespitosa*, *C. rhynchophyza*) и черноольховые белокрыльниковые (*Calla palustris*) леса.

**Болота.** Для всей территории парка характерен высокий уровень заболоченности. Болотные массивы на территории планируемой особо охраняемой природной территории «Природный парк Звонский» представляют особый интерес, так как формируются в условиях карстопроявлений. Они находятся как на левом, так и на правом берегу Северной Двины. Подстилающими породами служат четвертичные отложения, залегающие на карстующихся гипсах пермского возраста [8]. Болота на данной территории изучались О.В. Галаниной и др. [9], составлены геоботанические карты [10]. Наиболее крупным болотным массивом является болото Осиновское, расположенное на левом берегу Северной Двины [11].

Согласно районированию Н.Я. Каца [12], болота на территории ООПТ относятся к зоне выпуклых олиготрофных торфяников, Печерско-Онежской провинции олиготрофных грядово-мочажинных торфяников. Данная провинция находится в пределах последнего оледенения, где после отступления ледника на обширных бессточных равнинах образовались крупные ледниковые озера. Выравненный эрозионный рельеф, осадки водоемов и подходящие климатические условия способствовали широкому развитию болот на данной территории. Преобладающий тип болот — олиготрофный, однако в местах близкого залегания известняков встречаются евтрофные гипновые болота.

Согласно предложенному М.С. Боч и В.В. Мазингом болотному районированию [13], создаваемый природный парк «Звонский» находится в пределах зоны выпуклых грядово-мочажинных болот Северо-Восточноевропейской провинции.

Натурное обследование болотных массивов выполнялось методом геоботанического профилирования и сопровождалось детальным описанием растительного покрова в точках профиля, дешифрированием данных дистанционного зондирования Земли (ДДЗ). Вблизи д. Звон располагается интересный болотный массив (63,279246° с. ш., 63,279246° в. д.). Он имеет небольшую площадь (16,21 га), однако его растительный покров охарактеризован восемью картографируемыми единицами, семь из которых являются комплексными (рис. 3).

Чрезвычайно сложная структура связана, по нашему мнению, с положением массива в пределах района широкого распространения карстовых проявлений. Грядово-озерковые, грядово-озерково-мочажинные, грядово-мочажинные и мочажинно-озерково-грядовые комплексы занимают около 80 % площади болота. На грядах произрастают морошково-кассандрово-сфагновые (*Sphagnum fuscum*) сообщества; в мочажинах шейцеригово-сфагновые (*Sphagnum lindbergii*) фитоценозы. Озерки обрамляют осока топяная (*Carex limosa*) и мочажинные сфагны (*Sphagnum jensensii*, *S. balticum*). Присутствие в составе сообществ осоки вздутой (*Carex rostrata*) и сфагнума берегового (*Sphagnum riparium*) свидетельствует о карстовом происхождении озерков.

К редко встречающимся на территории региона болотным видам относят пухонос дернистый (*Trichophorum cespitosum*) [14]. Этот вид был отмечен в краевой части болота в регрессионном комплексе с печеночниками, росянками и подбелом [15].

Интересен факт нахождения карстовых болот вблизи крупных олиготрофных болотных массивов. Наблюдается процесс увеличения площади болотных массивов за счет присоединения малых карстовых просадок [10].



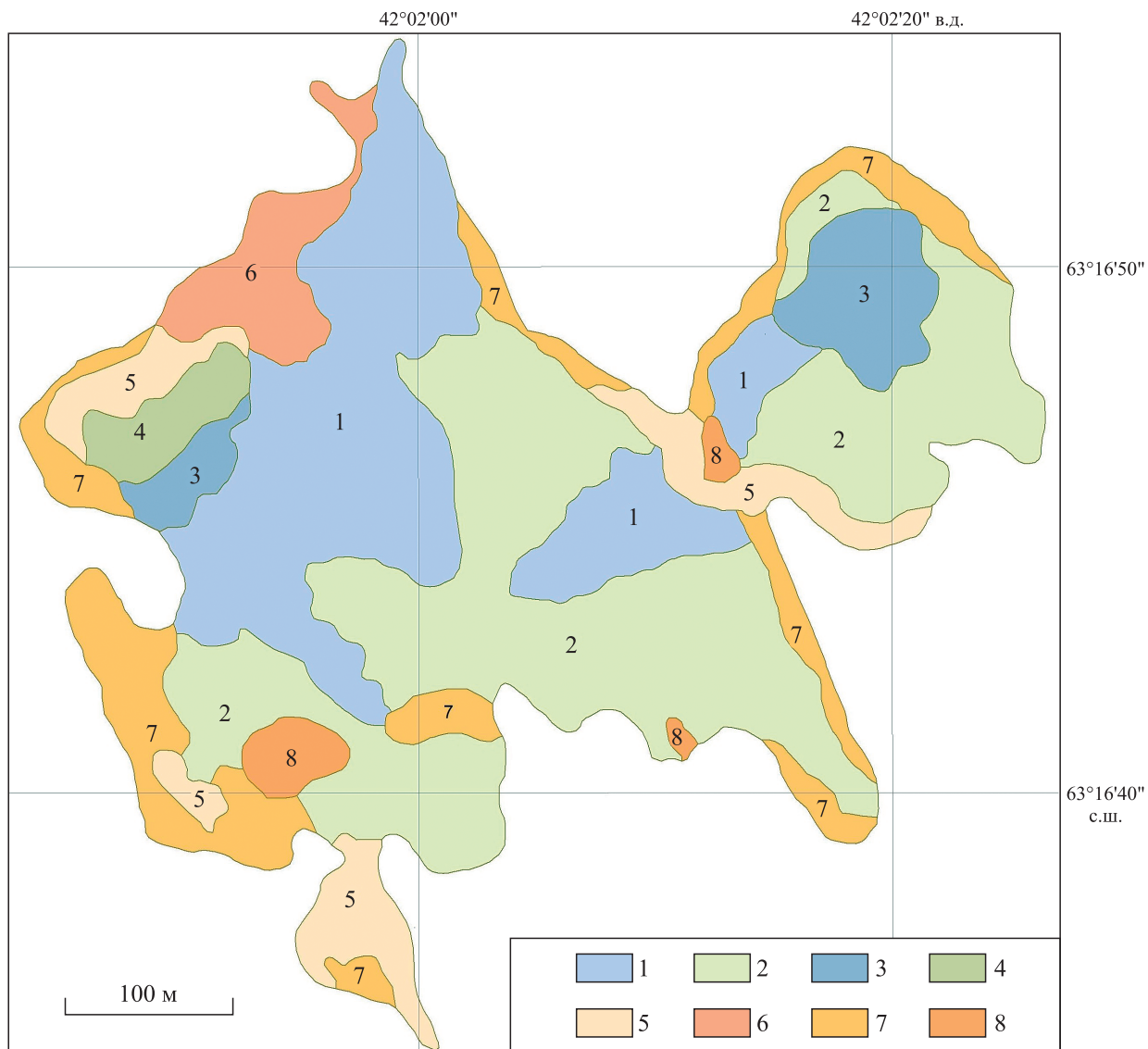


Рис. 3. Карта растительности болотного массива у д. Звоз (м-б 1:4 000).

Усл. обозн. — см. легенду 2.

### Легенда 2

к карте растительности болотного массива у д. Звоз (Архангельская область) м-ба 1:4 000

#### БОЛОТНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ

##### Комплексы сообществ

1. *Грядово-озерковые*: сосново-кустарничково-сфагново-зеленомошные гряды (морозка, голубика, багульник); по бордюру озера: топяноосоково-сфагновые с очеретником.
2. *Грядово-мочажинные*: шейхцериево-вздутоосоково-сфагновые мочажины; морошково-сфагновые гряды с низкой сосной.
3. *Грядово-озерково-мочажинные*: кассандрово-морошково-сфагновые гряды с сухостойной сосной; шейхцериево-сфагновые мочажины; озерки.
4. *Регрессионные*: андромедово-пухоносово-сфагновые с печеночниками и лишайниками; андромедово-пушицево-сфагновые.
5. *Грядово-ковровые*: кассандрово-сфагновые гряды с сосной; осоково-шейхцериево-сфагновые ковры.
6. *Мочажинно-озерково-грядовые*: очеретниково-сфагновые, вздутоосоково-шейхцериево-сфагновые мочажины; озерки; сосново-болотнокустарничково-сфагновые гряды (голубика, кассандра, багульник).

7. *Окраинные редколесные*: сосново-болотнокустарничково-сфагновые.

#### ЛЕСНАЯ РАСТИТЕЛЬНОСТЬ МИНЕРАЛЬНЫХ ОСТРОВОВ

8. Сосново-кустарничково-сфагново-зеленомошные сообщества (брусника, багульник).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Детально охарактеризована пойменная растительность, составлена крупномасштабная геоботаническая карта для проектируемой ООПТ «Природный парк Звонский».

На левом берегу реки пойма хорошо выражена. Ее структура включает прирусловую, центральную и притеррасную зоны. Ивняки из ивы остролистной с участием ивы прутьевидной разнотравно-кострецовые являются характерным элементом растительного покрова высоких прирусловых песчаных валов и повышений, для низких берегов типичны ивняки из ивы прутьевидной и трехтычинковой. Сухие русла центральной поймы заняты старовозрастными ивняками из ивы шерстистопобеговой. В притеррасной части обычны ивняки из ивы пятитычинковой и изредка отмечаются ивово-черноольховые леса, что является отличительной особенностью данного ключевого участка. В пойме Северной Двины ивняки получили большое пространственное и временное развитие.

Для Северной Двины отмечено значительное участие в составе лугов типичных пойменных видов, выдерживающих более длительное затопление: кострец безостый, двуклосточник тростниковидный, василисник желтый. Крупнозлаково-разнотравные луга центральной поймы при отсутствии сенокоса постепенно сменяются на гераниево-таволгово-сорнотравные. Луга притеррасной поймы представлены остроосоковыми, дернистоосоково-вейниковыми сообществами. Для поймы Северной Двины были описаны сообщества шиповника майского. Пойма на исследованном ключевом участке имеет мощные четвертичные и современные аллювиальные отложения, а легкорастворимые сульфатные отложения заглублены. В связи с этим современные процессы карстообразования здесь практически отсутствуют.

Выполнено картографирование болотной растительности в крупном масштабе болота, расположенного на надпойменной террасе у д. Звон. Конфигурация болотного массива, сосредоточение озерковых комплексов в краевых частях, их характерная округлая форма, отсутствие выраженной вершины и склона позволяют заключить, что наличие карстующихся подстилающих пород, перекрытых маломощными четвертичными отложениями, оказывает влияние на формирование пространственной структуры растительного покрова и дифференциации болотных комплексов.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания Ботанического института РАН «Растительность Европейской России и Северной Азии: разнообразие, динамика, принципы организации» (121032500047–1).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Малков В.Н., Гуркало Е.И. Спелеологическое районирование и распределение пещер Архангельской области // Пещеры: Межвуз. сб. науч. трудов. — Пермь, 1999. — С. 10–15.
2. Пучнина Л.В., Шаврина Е.В., Малков В.Н., Гук Е.В. Обоснование создания природного парка «Звонский»: Приложение к Отчету проекта «Био- и георазнообразии уникальных ландшафтов гипсового карста Архангельской области» (Конкурс по приоритетным направлениям развития науки в Архангельской области, 2007 г.). — Пинега, 2007. — 20 с. [Рукопись; архив ГПЗ «Пинежский»].
3. Божек А.Г., Ясенов Е.П. Звонский район // Пещеры Пинего-Северодвинской карстовой области: Сб. статей. — Л., 1974. — С. 94–96.
4. Гуркало Е.И., Бутаков О.В. Спелеологическая изученность Архангельской области на конец 2006 года // Северный спелеоальманах. — Архангельск, 2007. — С. 12–16.
5. Александрова В.Д., Юрковская Т.К. Геоботаническое районирование Нечерноземья европейской части. — Л.: Наука, 1989. — 64 с.
6. Макарова М.А. Структура и пространственное распределение растительности в пойменных ландшафтах среднего течения Северной Двины // Изучение и сохранение пойменных лугов: Материалы междунар. совещания (Калуга, 26–28 июня 2013 г.). — Калуга, 2013. — С. 90–100.
7. Лукичева А.Н., Сабуров Д.Н. Выявление ландшафтно-географических связей растительности при геоботаническом картографировании в крупном масштабе // Геоботан. картографирование. — Л.: Наука, 1969. — С. 33–42.

8. Атлас Архангельской области. — М., 1976. — 72 с.
9. Галанина О.В., Филиппов Д.А., Носкова М.Г. Изучение болот левобережья реки Северная Двина (Холмогорский район, Архангельская область) // Сохранение и изучение гео- и биоразнообразия на ООПТ Европейского Севера России: Материалы науч.-практ. конф., посвящ. 40-летию заповедника «Пинежский» (пос. Пинега, Архангельская область, 2–5 сентября 2014 г.). — Ижевск, 2014. — С. 65–69.
10. Галанина О.В., Тюсов Г.А. Опыт картографирования растительности болотных массивов, сформированных в условиях карстовых проявлений (Архангельская область) // Материалы конф. «VIII Галкинские чтения» (Санкт-Петербург, 2–3 февраля 2017 г.). — СПб., 2017. — С. 27–30.
11. Галанина О.В., Макарова М.А., Короткая Е.А. Болота ООПТ «Природный парк Звонский» (Архангельская область) // Исследования Русского Севера: экология, история, наследие: Материалы VII Всерос. науч.-практ. конференции с междунар. участием к 200-летию со дня рождения Н.Я. Данилевского (Вологда, 25–27 октября 2022 г.). — Вологда: Изд-во Вологод. ун-та, 2022. — С. 281–284.
12. Кац Н.Я. Типы болот СССР и Западной Европы и их географическое распространение. — М.: Географгиз, 1948. — 320 с.
13. Боч М.С., Мазинг В.В. Экосистемы болот СССР. — Л.: Наука, 1979. — 183 с.
14. Елина Г.А., Юрковская Т.К. Верховые болота на левобережье Северной Двины // Ботан. журн. — 1980. — Т. 65, № 7. — С. 958–970.
15. Пучнина Л.В., Головина Е.О., Филиппов Д.А., Галанина О.В., Макарова М.А., Кучеров И.Б. Местонахождения редких и охраняемых видов в проектируемом природном парке «Звонский» и его окрестностях (Архангельская область) // Вестн. Северного (Арктического) федерального университета. Сер. Естественные науки. — 2015. — № 4. — С. 100–110.

*Поступила в редакцию 11.06.2023*

*После доработки 31.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

А.О. ФРОЛОВ\*, И.М. МАЩУК\*, Л. УРАНБИЛЭГ\*\*

\*Институт земной коры СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Лермонтова, 128, Россия, frolov88-21@yandex.ru, samaropsis@yandex.ru\*\*Палеонтологический институт МАН,  
15160, Улан-Батор, ул. С. Данзанг, 3/1, Монголия, uranbilegl@mas.ac.mn**РАСПРОСТРАНЕНИЕ И РАЗНООБРАЗИЕ ПАПОРОТНИКОВ РОДА CONIOPTERIS (DICKSONIACEAE) В СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ В РАННЕ- И СРЕДНЕЮРСКУЮ ЭПОХИ**

Проведен анализ палеогеографического распространения папоротников рода *Coniopteris* на территории Европы, Центральной Азии и Сибири на протяжении семи веков (с геттангского по батский) ранне- и среднеюрской эпох. Установлено, что в геттангском веке род *Coniopteris* имел широкое распространение от Европы до Южной Сибири. Это может свидетельствовать о его поздне триасовом происхождении. Показано, что в раннеюрскую эпоху центры эволюции рода располагались в Сибирской палеофлористической области: в геттанге и синемюре — в Уральской субпровинции, в плинсбахе и тоаре — в Предъенисейской. Особое внимание уделено распространению *Coniopteris* во время раннеюрского климатического оптимума. Установлено, что в связи с потеплением климата центр эволюции рода сместился на север — в Западную Сибирь, в Предъенисейской и Ангаро-Вилуйской субпровинциях появились мигранты из Европы и Центральной Азии (*Coniopteris burejensis*, *C. maakiana*, *C. murrayana*). Основным путем миграции мог проходить через Тургайский прогиб, связывающий Сибирь и Центральную Азию. Выявлено, что виды *C. kirgisika*, *C. latifolia*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis* и *C. zindanensis* впервые появляются в плинсбахе в Предъенисейской субпровинции, а в Центральную Азию проникают не раньше аалена. Таким образом, данные папоротники не могут рассматриваться в качестве индикаторов раннеюрского потепления на территории Сибирской области, а их появление в аалене в Центральной Азии следует считать свидетельством похолодания. Установлено, что наиболее динамично процессы миграции и вымирания видов *Coniopteris* проявились на севере Сибирской палеофлористической области (Ангаро-Вилуйской субпровинция), где изменения климата сказались наиболее резко.

**Ключевые слова:** палеофитогеография, центры разнообразия, центры эволюции, миграции, Сибирская область, Евро-Синийская область.

A.O. FROLOV\*, I.M. MASHCHUK\*, L. URANBILEG\*\*

\*Institute of the Earth's Crust, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Lermontova, 128, Russia, frolov88-21@yandex.ru, samaropsis@yandex.ru\*\*Institute of Paleontology, Mongolian Academy of Sciences,  
15160, Ulaanbaatar, S. Danzan Street, 3/1, Mongolia, uranbilegl@mas.ac.mn**DISTRIBUTION AND DIVERSITY OF CONIOPTERIS (DICKSONIACEAE) FERNS IN NORTHERN EURASIA DURING THE EARLY AND MIDDLE JURASSIC**

An analysis is made of the paleogeographical distribution of *Coniopteris* ferns in Europe, Central Asia and Siberia over the course of seven ages (from the Gettangian to the Bathonian) of the Early and Middle Jurassic. It has been established that in the Gettangian the *Coniopteris* had a wide distribution from Europe to Southern Siberia. This may be indicative of its late Triassic origin. It is shown that in the Early Jurassic, the centers of evolution of the genus were located in the Siberian paleofloristic region: in the Hettangian and Sinemurian in the Ural subprovince, and in the Pliensbachian and Toarcian in the Cis-Yenisei subprovince. Particular attention is paid to the distribution of *Coniopteris* during the Early Toarcian climatic optimum. It has been established that due to climate warming, the center of evolution of the genus had shifted toward the north, i. e. to Western Siberia, and migrants from Europe and Central Asia (*Coniopteris burejensis*, *C. maakiana*, and *C. murrayana*) appeared in the Cis-Yenisei and Angara-Vilyui subprovinces. The main migration route could pass through the Turgai trough which connected Siberia and Central Asia. It was revealed that the *C. kirgisika*, *C. latifolia*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis* and *C. zindanensis* species first appear in the Pliensbachian in the Cis-Yenisei subprovince and penetrated into Central Asia no earlier than the Aalenian. Thus these ferns cannot be considered as indicators of the Early Toarcian warming in the territory of the Siberian region, and their appearance in the Aalenian in Central Asia should be regarded as evidence of a cooling. It has been established that



*the most dynamic processes of migration and extinction of Coniopteris species manifested themselves in the north of the Siberian paleofloristic region (Angara-Vilyui subprovince) where climate change had the most dramatic effect.*

**Keywords:** paleophytogeography, centers of diversity, centers of evolution, migrations, Siberian region, Euro-Sinian region.

**ВВЕДЕНИЕ**

Палеофитогеография представляет собой важный инструмент палеоклиматических исследований, а распространение древних растений помогает устанавливать былое единство разобщенных территорий. Данная работа посвящена биогеографии папоротников рода *Coniopteris* (Dicksoniaceae), остатки которых широко распространены в нижнем и среднем отделах юрской системы Европы, Центральной Азии и Сибири. Результаты палеофлористического районирования Евразии показали, что распространение *Coniopteris* связано с потеплением климата в раннем тоаре (~183 млн л. назад) [1, 2].

В статье предлагается детально (по векам) проследить распространение данного рода и динамику его разнообразия в ранне- и среднеюрскую эпохи. В это время в Евразии существовали две палеофлористические области: Евро-Синийская (ЕСО) и Сибирская (СО) (рис. 1). Первая располагалась в поясе субтропического климата и охватывала Европу, юг европейской России, Центральную Азию и Южный Китай. Она включала Европейскую (ЕП), Среднеазиатскую (СП) и Восточно-Азиатскую провинции [1].

СО располагалась в поясе умеренно теплого климата и включала Западно-Сибирскую и Северо-Китайскую провинции. Последняя охватывала Северный и Северо-Восточный Китай и северную часть

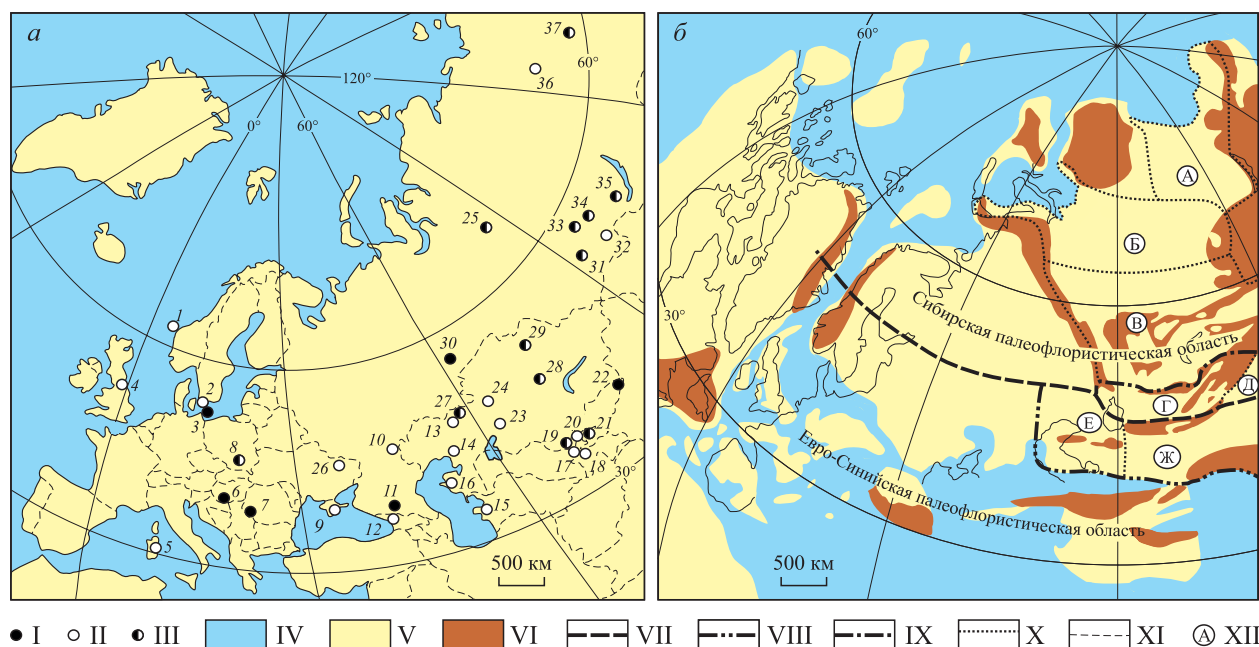


Рис. 1. Местонахождения рода *Coniopteris* (а) и палеофитогеографическое районирование Евразии в ранне- и среднеюрскую эпохи (б) [2].

Местонахождения *Coniopteris*: I — в нижнем отделе юрской системы; II — в среднем отделе юрской системы; III — в нижнем и среднем отделах юрской системы. IV — морские акватории; V — сухопутные равнины; VI — горы и плато. Границы между фитохориями: VII — СО и ЕСО, VIII — ЕП и СП, IX — Западно-Сибирской и Северо-Китайской провинциями, X — границы субпровинций; XI — политические границы, XII — субпровинции: А — Ангаро-Вилойская, Б — Предьенейская, В — Уральская, Г — Ферганская, Д — Ордосская, Е — Закаспийская, Ж — Гиссарская. 1 — Северное море; 2 — Сконе; 3 — о. Борнхольм; 4 — осадочный бассейн Кливленд; 5 — о. Сардиния; 6 — горы Мечек; 7 — угольный бассейн Резит; 8 — Краковская область; 9 — Горный Крым; 10 — Доно-Медведицкие поднятия; 11 — Баксан; 12 — Ткварчели; 13 — р. Илек; 14 — Прикаспийская низменность; 15 — Туаркыр; 16 — Мангышлак; 17 — Гиссарский хребет; 18 — Фан-Ягноб; 19 — Каратау; 20 — Ангрен; 21 — Ферганская впадина; 22 — Иссык-Кульская впадина; 23 — Южный Тургай; 24 — Северный Тургай; 25 — Западно-Сибирская низменность; угольные бассейны: 26 — Донецкий, 27 — Орский, 28 — Карагандинский, 29 — Майкубенский, 30 — Челябинский, 31 — Кузнецкий, 32 — Улугхемский, 33 — Ачинский, 34 — Канский, 35 — Иркутский, 36 — Ленский, 37 — Южно-Якутский.

Центральной Азии [3]. В составе данной провинции различают Ферганскую и Ордосскую субпровинции. Ферганская (ФС) объединяла территории Ферганской, Иссyk-Кульской впадин и хр. Каратау. Западно-Сибирская провинция разделена на Уральскую (УС), Предьенисейскую (ПС) и Ангаро-Вилуйскую субпровинции (АВС). УС охватывала территории Тургайского, Челябинского, Майкубенского, Карагандинского угольных бассейнов, Киндерлыкской и Алакольской впадин. ПС объединяла территории Западной Сибири, Кузнецкого, Улугхемского, Ачинского и Канского угольных бассейнов. АВС простиралась от Иркутского бассейна на юге до Ленского и Южно-Якутского бассейнов — на севере. При описании распространения рода *Coniopteris* мы оперировали указанными выше фитохориями [2].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Род *Coniopteris* характеризовался максимальным в семействе диксониевых (Dicksoniaceae) разнообразием и насчитывал в ранне- и среднеюрскую эпохи 37 видов. Широкое распространение рода в Европе, Центральной Азии и Сибири (см. рис. 1) делает его благоприятным объектом для биогеографического исследования. Данные о составе рода для каждой фитохории были распределены по семи временным срезам, соответствующим векам (с геттанга по бат). В исследование включены виды, изученные лично авторами статьи или хорошо описанные, изображенные и имеющие надежную привязку к ярусам (см. таблицу).

Топографической основой исследования послужили палеогеографические карты юрского периода [4], по которым отрисованы карты-схемы для семи веков, пригодные для изображения ареалов растений. Теоретической основой исследования стали фундаментальные работы по био-, фито- и палеобиогеографии [5, 6]. С применением точечного метода составлялись карты распространения ископаемого материала. Кроме присутствия вида (при наличии информации) учитывалась частота его находок. Затем проводилась реконструкция ареала вида, отображаемая посредством заливки тем или иным цветом. Она наносилась исходя из представления о целостности первичного ареала и того, что его расширение, связанное с расселением вида, совершается без нарушения этой целостности. Случаи дизъюнктивного распространения рассматривались как явление вторичное, возникающее вследствие локального вымирания соответствующих популяций [6]. Нанесение заливки в тех регионах, где фактических данных недостаточно, допускалось в случаях, когда присутствие здесь данного вида установлено в смежных веках. Отсутствие находок вида в какой-либо части его ареала на протяжении нескольких веков интерпретировалось как локальное вымирание.

Карты распространения рода *Coniopteris* (рис. 2) составлялись путем объединения ареалов видов. Для каждой фитохории строились графики динамики разнообразия рода, на которых, кроме общего количества видов, отражено количество вымерших и появившихся (рис. 3, а). Пространственная и временная локализация пиков разнообразия, отраженных на графиках, позволила выявить центры видового разнообразия. Отдельное место занял вопрос, каким образом формировались пики разнообразия: путем автохтонного видообразования или миграции видов из других фитохорий? Для этого строились графики, отражающие происхождение видов *Coniopteris* (см. рис. 3, б). Сопоставляя между собой данные графики (см. рис. 3), можно расшифровать природу динамики видового разнообразия. Фитохория или ее часть, в пределах которой выявлен пик разнообразия автохтонных видов, принимается в качестве центра эволюции рода. Пики видового разнообразия, образованные за счет появления аллохтонных элементов, указывают на флористические связи между фитохориями.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В первой половине раннеюрской эпохи (геттанг—синемюр) ареал папоротников рода *Coniopteris* охватывал ЕП ЕСО, ФС, УС и ПС СО. В это время он отсутствовал на севере СО (в АВС). В геттанге и синемюре в составе рода *Coniopteris* насчитывалось шесть видов, из которых *C. hymenophylloides* отличался широким распространением. Его находки известны от Восточной Европы до Южной Сибири (см. рис. 2, а). Оставшиеся пять видов — это эндемики: *C. murrayana* обитал в пределах современного угольного бассейна Резит (Румыния), *C. simplex* — в Ферганской впадине, *C. maakiana*, *C. burejensis*, *C. quinquiloba* — Майкубенской впадине. Наибольшее количество эндемиков приходится на Майкубенскую впадину — центр разнообразия рода и, возможно, центр его эволюции (см. рис. 2, а, б). Все указанные выше эндемики, за исключением *C. quinquiloba*, в последующие века расширили свои ареалы (см. таблицу).

С плинсбаха по тоар ареал рода расширился и занял ЕП и СП ЕСО и все субпровинции СО (см. рис. 2, в, г). Его разнообразие возросло до 22 видов. Причем, продолжили существовать все виды, ко-

Распространение представителей рода *Coniopteris* в Европе, Центральной Азии и Сибири в ранне- и среднеюрскую эпохи

Вид	Век						
	Геттанг	Синемюр	Плинсбах	Тоар	Аален	Байос	Бат
<i>C. acutipinnulata</i> Tesl.	—	—	—	—	—	Е	Е
<i>C. bella</i> Harris	—	—	—	—	Е	Е	Е
<i>C. burejensis</i> (Zal.) Sew.	У	У	У	У, П, А	Е, У, П, А	П, А	П, А
<i>C. caspica</i> Kiritch.	—	—	—	—	—	С	С
<i>C. concinna</i> (Heer) Chen, Li et Ren	—	—	—	—	С	С	С
<i>C. depensis</i> E. Leb.	—	—	—	П	П, А	П	П
<i>C. embensis</i> Pryn.	—	—	—	—	Ф, У, П	С, Ф, П	С, П
<i>C. fursenkoi</i> Pryn.	—	—	—	У	Е, С, Ф, У, П, А	С, Ф, У, П	С, У, П
<i>C. hymenophylloides</i> (Brongn.) Sew.	Е, У, П	Е, Ф, У, П	Е, Ф, У, П	Е, С, У, П, А	Е, С, Ф, У, П, А	Е, С, Ф, У, П, А	Е, С, У, П, А
<i>C. iniensis</i> Bistr.	—	—	П	П	—	—	—
<i>C. irkutensis</i> Pryn. emend. Kiritch.	—	—	—	А	А	—	—
<i>C. isfarensis</i> Brick	—	—	—	—	Ф, У	Ф	—
<i>C. jurensis</i> (Golova) Tesl.	—	—	—	—	П	П	П
<i>C. kalinoviensis</i> Bistr.	—	—	—	—	—	П	П
<i>C. kirgisika</i> Brick	—	—	П	П	У, Ф	Ф	—
<i>C. kumbelensis</i> Brick	—	—	—	—	Ф	Ф	—
<i>C. latifolia</i> Brick	—	—	П	П	Ф, У, П, А	С, Ф, П	С, П
<i>C. latilobus</i> Bistr.	—	—	—	—	—	П	П
<i>C. lobata</i> (Oldham) Halle	—	—	—	СА	С, Ф	С, Ф, У, П	Е, С, П
<i>C. maakiana</i> (Heer) Pryn. emend. Kiritch. et Trav.	У	У	У, П	У, П, А	П, А	П, А	П
<i>C. margaretae</i> Harris	—	—	П	П, А	С, П, А	Е, П	—
<i>C. murrayana</i> (Brongn.) Brongn.	Е	Е	Е	Е, П, А	Е, У, П, А	Е, У, П, А	Е, У, П
<i>C. nerifolia</i> Genkina	—	—	—	У, П	С, У, П	Е, С, Ф, У, П	Е, С, У, П
<i>C. obrutschewii</i> (Krasser) Pryn.	—	—	—	—	—	П	—
<i>C. perpolita</i> Aksarin	—	—	—	—	—	П	—
<i>C. porcina</i> Brick	—	—	П	У, П	С, Ф, У, П	С, Ф, У, П	С, У, П
<i>C. pulcherrima</i> Brick	—	—	—	П	С, Ф, У	Ф	Ф
<i>C. quinquiloba</i> (Phill.) Sew.	—	У	У	У	С, Ф, У	С	—
<i>C. sachsii</i> Tesl.	—	—	—	П	П, А	—	—
<i>C. sibirica</i> Pryn.	—	—	—	—	П	П	—
<i>C. simplex</i> (L. et H.) Harris	Ф	Ф, У	Ф, У, П	С, У, П	Е, С, Ф, У, П	Е, С, Ф, У, П	Е, С, У, П
<i>C. snigirevskiae</i> Tesl.	—	—	П	П, А	П	П	П
<i>C. spectabilis</i> Brick	—	—	П	П, А	С, Ф, У, П, А	С, Ф, П	С, П
<i>C. tomiensis</i> Bistr.	—	—	П	П	П	—	—
<i>C. vialovae</i> Tur.-Ket.	—	—	—	—	С	С, У, Ф, П	С, П
<i>C. vsevolodii</i> E. Leb.	—	—	—	—	П	П	П
<i>C. zindanensis</i> Brick	—	—	П	У, П	С, Ф	С, Ф	С

Примечание. Буквами обозначены провинции ЕСО: Е – Европейская, С – Среднеазиатская; субпровинции СО: Ф – Ферганская, У – Уральская, П – Предъенисейская, А – Ангаро-Виллюйская. Прочерк – в данный век указанный вид *Coniopteris* отсутствовал.

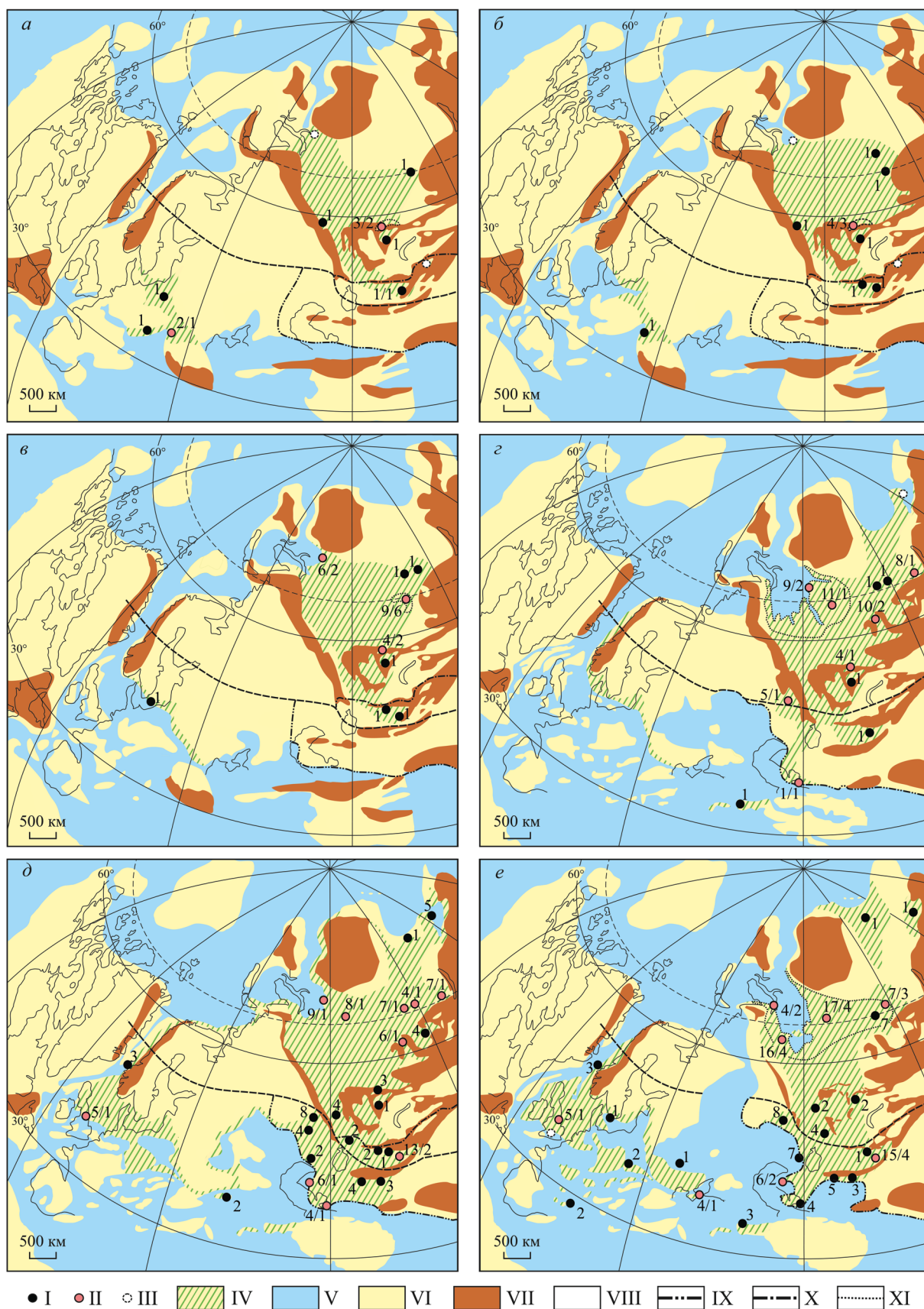




Рис. 2. Ареал рода *Coniopteris* в Европе, Центральной Азии и Сибири в геттанге (а), синемюре (б), плинсбах (в), тоаре (г), аалене (д), байосе–бате (е).

I — вид присутствует, II — вид представлен многочисленными находками, III — вид определен в открытой номенклатуре, IV — реконструкция ареала рода, V — морские акватории; VI — сухопутные равнины; VII — горы и плато. Границы между фитохориями: VIII — СО и ЕСО, IX — ЕП и СП, X — Западно-Сибирской и Северо-Китайской провинциями. XI — границы центров эволюции рода. Арабскими цифрами обозначено количество видов в каждом местонахождении; дроби: в числителе — общее количество видов, в знаменателе — количество эндемиков.

торые были известны до этого времени. Среди них *C. hymenophylloides* имел самое широкое распространение: от нынешнего о. Борнхольм (Дания) до Ангаро-Вилуйского прогиба. В ЕП род был представлен двумя видами: *C. hymenophylloides* и *C. murrayana*, но их ареалы несколько сократились, что связано с трансгрессией моря, охватившей значительные пространства суши, ранее занимаемые этими видами.

В плинсбахе максимальное разнообразие рода (12 видов) наблюдалось в ПС СО (см. рис. 3). Многие виды имели автохтонное происхождение: *C. porcina*, *C. zindanensis* — эндемики Западно-Сибирской равнины, *C. iniensis*, *C. kirgisika*, *C. latifolia*, *C. margaretae*, *C. snigirevskae*, *C. tomiensis* — эндемики Кузнецкого бассейна. Центром эволюции рода являлся Кузнецкий бассейн (см. рис. 2, в).

В тоаре произошло потепление климата, сказавшееся на распространении видов *Coniopteris*. Многие папоротники мигрировали в северном направлении вслед за потеплением. Так, ПС и АВС достигли выходцы из Европы (*C. murrayana*), Урала и Ферганы (*C. burejensis*, *C. maakiana*). В АВС проникли западно-сибирские виды: *C. margaretae*, *C. snigirevskae* и *C. spectabilis*. Увеличение разнообразия в УС (8 видов) и АВС (9 видов) обусловлено появлением мигрантов (см. рис. 3). Возникшие в тоаре эндемики *C. depensis*, *C. pulcherrima*, *C. sachsii* приурочены к Западной Сибири — центру эволюции рода (см. рис. 2, г).

На протяжении среднеюрской эпохи (аален–байос) разнообразие рода *Coniopteris* увеличилось и достигло максимума (см. рис. 3). В аалене максимумы разнообразия *Coniopteris*, наблюдаемые в ЕП (6 видов) и СП (13 видов) ЕСО, в ФС (14 видов) и УС (13 видов) СО, были связаны с похолоданием климата, приведшим к миграции видов с севера на юг. Так, ЕП и СП достигли выходцы из ФС (*C. simplex*) и УС (*C. burejensis*, *C. fursenkoi*, *C. quinquiloba*). Кроме них в СП, ФС и УП появились мигранты из ПС: *C. margaretae*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis*, *C. zindanensis*. В ПС в каждом бассейне существовал свой эндемичный вид: *C. vsevolodii* — в Западной Сибири, *C. tomiensis* — в Кузнецком, *C. jurensis* — в Ачинском, *C. sibirica* — в Канском бассейнах. Однако центры эволюции рода здесь не выделяются. В АВС, несмотря на похолодание, разнообразие рода достигло 11 видов (см. рис. 3) за счет западносибирских мигрантов: *C. depensis*, *C. sachsii* и *C. spectabilis*. Виды *C. hymenophylloides*, *C. burejensis*, *C. maakiana*, *C. latifolia* и *C. fursenkoi* впервые достигли приполярных районов субпровинции. Миграция видов сибирского происхождения на север говорит, что ааленское похолодание не препятствовало их расселению. Однако отсутствие Евро-Синийских видов указывает на вероятное существование климатического барьера.

В байосе повсеместно наблюдалось обновление состава рода *Coniopteris* за счет появления новых видов и вымирания прежних (см. рис. 3). Во второй половине раннего байоса произошло кратковременное потепление климата [7, 8], которое сказалось на распространении кониоптерисов в УС. Исчезли западносибирские виды *C. burejensis*, *C. embensis*, *C. isfarensis*, *C. kirgisika*, *C. latifolia*, *C. pulcherrima*, *C. quinquiloba*, *C. spectabilis*. На смену им из ЕСО пришли *C. lobata* и *C. vialovae*.

Во второй половине байоса климат изменился в сторону похолодания [7]. В это время в ЕСО на смену вымершим *C. fursenkoi*, *C. burejensis* и *C. pulcherrima* пришли *C. embensis*, *C. latifolia*, *C. margaretae* и *C. nerifolia* — мигранты из ПС. В СО так же произошло вымирание кониоптерисов (см. рис. 3). Ареалы ранее распространенных видов *C. kirgisika*, *C. pulcherrima*, *C. isfarensis* сократились, приобрели реликтовый характер и были сосредоточены в Ферганской впадине, ставшей центром разнообразия рода (см. рис. 2, е). В АВС вымерли выходцы из ПС и УС: *C. depensis*, *C. fursenkoi*, *C. latifolia*, *C. margaretae*, *C. sachsii*, *C. spectabilis*. Наблюдаемое здесь резкое снижение разнообразия с 11 до 4 видов (см. рис. 3) обусловлено прохладным климатом [1]. *Coniopteris burejensis*, *C. hymenophylloides*, *C. maakiana*, *C. murrayana* имели устойчивость к сезонным понижениям температуры, свойственным приполярным бассейнам Сибири. Только в ПС *Coniopteris* достиг своего расцвета — 23 вида (см. рис. 3). Такое разнообразие не встречается ни в одной из рассматриваемых фитохорий. Эти изменения связаны с появлением автохтонных видов *C. kalinoviensis*, *C. latilobus*, *C. obrutschewii*, *C. perpolita* и

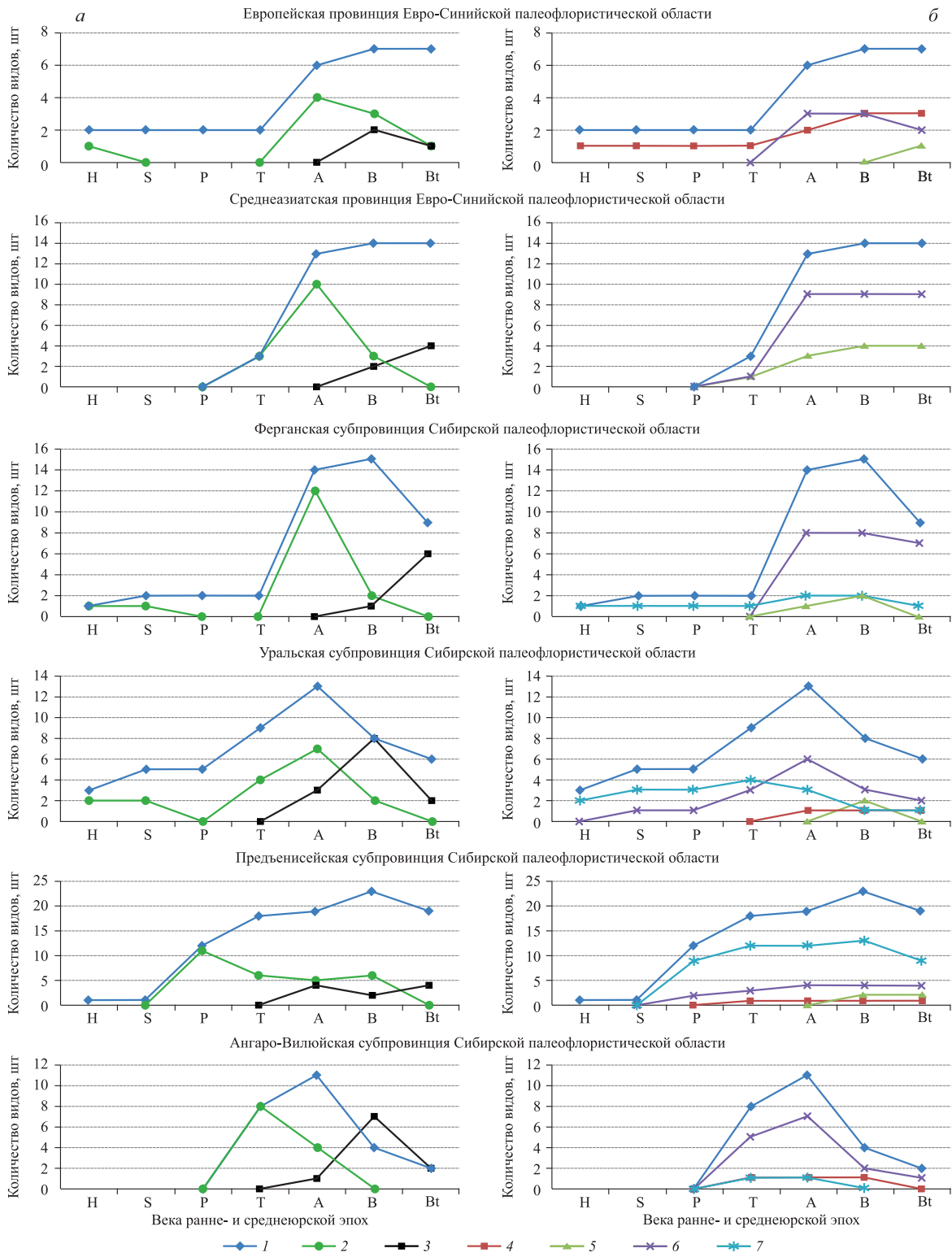


Рис. 3. Графики динамики (а) и генезиса (б) видового разнообразия рода *Coniopteris* в Европе, Центральной Азии и Сибири в ранне- и среднеюрскую эпохи.

Количество видов: 1 — общее, 2 — появившихся, 3 — вымерших; виды, возникшие: 4 — в ЕП ЕСО, 5 — в СП ЕСО, 6 — в СО, 7 — в рассматриваемой субпровинции СО. Века: Н — геттангский, S — синемюрский, P — плинсбахский, T — тоарский, А — ааленский, В — байосский, Bt — батский.

Канском бассейне и Западно-Сибирской низменности. На территории последней располагался центр видового разнообразия (см. рис. 2, e), где обитало 17 видов.

В бате в рассматриваемых фитохориях не было новых (в эволюционном смысле) видов *Coniopteris*, а процесс вымирания усилился (см. рис. 3). Наиболее ярко вымирание проявилось в СП ЕСО и ПС СО. В связи с аридизацией климата в Центральной Азии, начавшейся в бате [1], вымерли *C. kirgisika*, *C. isfarensis*, *C. kumbelensis*, *C. lobata*, *C. embensis*, *C. vialovae*, обитавшие во внутриконтинентальных бассейнах СП. Только в приморских районах СП (Прикаспийская низменность, Мангышлак) разнообразие рода оставалось относительно высоким (6–7 видов). Напротив, в ЕП вымирание было минимальным — исчез один вид *C. margaretae*. На территории СО снижение разнообразия *Coniopteris* связано с похолоданием климата, усиливавшимся в течение раннего–среднего бата [7]. В УС вымерли мигранты из Центральной Азии *C. lobata* и *C. vialovae*, в ПС — *C. margaretae*, *C. sibirica*, *C. obrutschewii* и *C. perpolita*. На приморской равнине Западной Сибири разнообразие рода снизилось несущественно, меньше, чем во внутриконтинентальных районах СП. В АВС вымерли *C. maakiana* и *C. murrayana*, но сохранились *C. burejensis* и *C. hymenophylloides*.

Принято считать, что род *Coniopteris* становится обычным в Евразии со второй половины раннеюрской эпохи [3, 9]. Однако его широкое распространение, наблюдаемое в геттанге (см. рис. 2, a), говорит о более древнем, вероятно поздне триасовом, происхождении. В ряде публикаций [8–10] присутствие в отложениях нижнего тоара ПС видов *C. kirgisika*, *C. latifolia*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis*, *C. zindanensis*, свойственных Центральной Азии, интерпретируется как свидетельство раннеюрского потепления. Если рассмотреть встречаемость этих видов по векам, окажется, что они впервые появляются в плинсбахе в ПС, а в Центральную Азию проникают не раньше аалена (см. таблицу). Очевидно, присутствие этих видов в Центральной Азии следует считать свидетельством ааленского похолодания. Среди кониоптерисов, известных в Сибири, настоящими выходцами из ЕСО являются *C. murrayana*, *C. simplex* и *C. vialovae* (см. таблицу).

Виды *C. hymenophylloides*, *C. latifolia*, *C. lobata*, *C. porcina*, *C. simplex*, *C. spectabilis* и *C. vialovae* имели обширные ареалы, пересекающие несколько климатических поясов, и обладали широкой экологической пластичностью. Виды *C. acutipinnula*, *C. bella*, *C. caspica*, *C. concinna*, *C. isfarensis* и *C. kumbelensis* обитали исключительно в субтропическом поясе, а *C. depensis*, *C. iniensis*, *C. irkutensis*, *C. jurensis*, *C. kalinoviensis*, *C. latilobus*, *C. sachsii*, *C. maakiana*, *C. obrutschewii*, *C. perpolita*, *C. sibirica*, *C. snigirevskiae*, *C. tomiensis* и *C. vsevolodii* приурочены к поясу высокоширотного умеренно теплого климата.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Род *Coniopteris* характеризуется высоким разнообразием и является одним из хорошо изученных и широко распространенных представителей юрской флоры. Это позволило детально (по векам) реконструировать распространение рода в Европе, Центральной Азии и Сибири, выявить центры видового разнообразия и эволюции, а также увязать миграции ряда видов с изменениями климата.

На протяжении ранне- и среднеюрской эпох центр эволюции рода располагался в СО. В геттанге и синемюре новые виды появились в УС, в плинсбахе–байосе — в ПС. Эти наблюдения позволили пересмотреть роль видов *Coniopteris kirgisika*, *C. latifolia*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis*, *C. zindanensis*, появление которых в Западной Сибири использовалось в качестве индикаторов раннеюрского потепления [8–10]. Данные виды впервые появились в плинсбахе в Западной Сибири и отсутствовали в Центральной Азии. На территорию последней они проникли в аалене. Таким образом, виды *Coniopteris kirgisika*, *C. latifolia*, *C. nerifolia*, *C. porcina*, *C. pulcherrima*, *C. spectabilis* и *C. zindanensis* не могут рассматриваться в качестве индикаторов раннеюрского потепления, а их миграция из Сибири в Центральную Азию была обусловлена ааленским похолоданием.

Предложенный в нашей работе подход к детальному (по векам) палеобиогеографическому изучению представителей юрских флор открывает возможности для совершенствования и уточнения имеющихся схем палеофлористического районирования Евразии в юрском периоде. Подобные исследования актуальны для выявления закономерностей динамики таксономического разнообразия, обнаружения центров эволюции таксонов, реконструкции путей их миграции и установления взаимосвязей эволюционных и миграционных процессов с климатическими и геоморфологическими изменениями.

*Работа выполнена в рамках темы государственного задания Института земной коры СО РАН (121042700218-2) и темы Палеонтологического института МАН (ШУСС-2020/46).*

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Вахрамеев В.А. Юрские и меловые флоры и климаты Земли. — М.: Наука, 1988. — 214 с.
2. Фролов А.О., Машук И.М. Юрская флора и растительность Иркутского угольного бассейна. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2018. — 541 с.
3. Киричкова А.И., Костина Е.И., Быстрицкая Л.И. Фитостратиграфия и флора юрских отложений Западной Сибири. — СПб.: Недра, 2005. — 378 с.
4. Scotese C.R. Atlas of Jurassic Paleogeographic Maps, PALEOMAP Atlas for ArcGIS // The Jurassic and Triassic, Maps 32–42, Mollweide Projection, PALEOMAP Project, Evanston, IL. — 2014. — Vol. 4. — P. 32–42. DOI: 10.13140/-2.1.4850.4321
5. Макридин В.П., Мейен С.В. Палеобиогеографические исследования. Т. 2: Современная палеонтология. Методы, направления, проблемы, практическое приложение. Справ. пособие. — М.: Недра, 1988. — С. 5–31.
6. Толмачёв А.И. Введение в географию растений. — Л.: Изд-во Ленинградского ун-та, 1974. — 244 с.
7. Ильина В.И. Палинология юры Сибири. — М.: Наука, 1985. — 237 с.
8. Шурыгин Б.Н., Никитенко Б.Л., Девятов В.П. Ильина В.И., Меледина С.В., Гайдебурова Е.А., Дзюба О.С., Казаков А.М., Могучева Н.К. Стратиграфия нефтегазоносных бассейнов Сибири. Юрская система. — Новосибирск: Изд-во СО РАН, филиал «ГЕО», 2000. — 480 с.
9. Могучева Н.К. Основные фитостратиграфические границы в юре Западной Сибири // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2014. — Т. 22, № 3. — С. 6–13. DOI: 10.7868/S0869592X14030090
10. Тесленко Ю.В. Климат Западной Сибири в юрском периоде // Тр. Института геологии и геофизики СО АН СССР. — Новосибирск, 1963. — Вып. 20. — С. 81–84.

*Поступила в редакцию 16.05.2023*

*После доработки 25.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*



**Ж.В. АТУТОВА**Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, atutova@mail.ru**АНАЛИЗ ПОСЛЕПОЖАРНОЙ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОЙ ДИНАМИКИ СОСНОВЫХ ЛЕСОВ  
УРОЧИЩА БАДАРЫ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)**

*В работе представлен опыт применения геоинформационных данных в оценке восстановления растительного покрова в сосновых лесах урочища Бадары после прошедших в 2010 г. пожаров. Данному исследованию предшествовал девятилетний период мониторинговых наблюдений за спецификой породного состава древостоя, кустарникового яруса и живого напочвенного покрова на гарях и в незатронутых возгораниями лесах. На основе сформированной базы геоботанических данных рассмотрено их соотношение с показателями вегетационных индексов NDVI и EVI, полученными в результате обработки геоинформационных материалов среднего пространственного разрешения. Были выявлены особенности динамики показателей NDVI и EVI как в пространстве, так и во времени. На гарях в период 2009–2019 гг. отмечена флуктуация значений вегетационных индексов почти в каждой сезонной группе, что соотносится с геоботаническими параметрами, имеющими восходящую динамику данных. В лесах, не затронутых пожарами, а значит находящимся в устойчивых экологических условиях, показатели NDVI и EVI оставались стабильными или имели небольшое колебание на протяжении всего многолетнего периода. Отмечено, что для NDVI характерно завышение значений, особенно в пик вегетации; показатели EVI отличаются большей достоверностью. Разновременный анализ продемонстрировал, что и натурные данные, и показатели NDVI и EVI указывают на успешность протекания процессов лесовосстановления. Однако изучение значений вегетационных индексов не может рассматриваться в качестве самостоятельного источника информации в оценке процессов демутации.*

**Ключевые слова:** вегетационный индекс, NDVI, EVI, гарь, мониторинг, лесовосстановление.

**Zh.V. ATUTOVA**V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, atutova@mail.ru**ANALYSIS OF THE POST-FIRE RESTORATION DYNAMICS IN PINE FORESTS  
OF THE BADARY TRACT (REPUBLIC OF BURYATIA)**

*This paper presents experience of using geoinformation data in the evaluation of vegetation cover restoration in the pine forests of the Badary tract after the fires that occurred in 2010. This study was preceded by a nine-year period of monitoring observations of the specificity of the species composition of the forest stand, shrub layer and living ground cover in burnt areas and in undamaged forests. The correlation of the generated geobotanical database with the vegetation indices NDVI and EVI obtained from processing medium spatial resolution geoinformation material is considered. The features of the dynamics of the NDVI and EVI indicators were identified both in space and in time. In the burnt areas in the period 2009–2019, a fluctuation of the values of vegetation indices was noted in almost every seasonal group, which correlates with geobotanical parameters that show an upward data dynamics. In forests not affected by fires and, hence, in stable ecological conditions, the NDVI and EVI indicators remained stable or showed a small fluctuation throughout the long-term period. It is noted that NDVI is characterized by an overestimation of values, especially at the peak of vegetation, whereas EVI indicators are more reliable. Multi-temporal analysis showed that both field data and NDVI and EVI indicators show the success of reforestation processes. However, the study of the values of the vegetation indices cannot be considered an independent source of information in the assessment of demutation processes.*

**Keywords:** vegetation index, NDVI, EVI, burnt area, monitoring, reforestation.

**ВВЕДЕНИЕ**

Выдающиеся исследователи биоты Алексей Васильевич Белов и Валерий Федорович Лямкин подчеркивали, что процесс лесовозобновления (в том числе на гарях) отражает стабилизирующую функцию динамики геосистем, необходимую для определения пределов устойчивости к внешним

воздействиям и, как следствие, позволяет дать прогнозную оценку ходу восстановления [1]. Сосновые леса урочища Бадары (Тункинский район, Республика Бурятия) — природный эталон горно-котловинных светлохвойных лесов юга Восточной Сибири, значительная часть которых в настоящее время трансформирована в результате многократного прохождения лесных пожаров. Риск утраты уникальных сосновых боров актуализировал направленность наблюдений, касающихся факторов возникновения, масштабов и последствий огневого поражения ландшафтов урочища [2–4].

Наши исследования охватывают девятилетний период мониторинговых геоботанических наблюдений, позволивших сделать предварительные выводы о перспективах возобновления сосновых лесов исключительно на основании натуральных данных [5]. В работе представлен анализ динамики послепожарного лесовосстановления с одновременным применением многолетних рядов полевых геоботанических и дистанционных данных с целью определения потенциала использования геоинформационных материалов в прогнозных оценках перспектив возобновления сосняков ур. Бадары. В качестве индикаторов, способных подтвердить наши прогнозы, выбраны показатели вегетационных индексов (ВИ), характеризующие запас фитомассы как ответную реакцию среды на изменение ландшафтно-экологических условий [6–13].

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В качестве ключевого района исследования выбран краевой участок гари, образованной после прохождения лесного пожара весной 2010 г., — площадка А (рис. 1, *а*). В ее пределах в период 2014–2020 гг. осуществлялись мониторинговые наблюдения за лесовосстановлением в сосняках ур. Бадары (см. рис. 1, *б*), подробное описание методов выполнения которых изложено в статье [5]. Для анализа успешности протекания процессов постпожарного восстановления была обозначена территория,



*Рис. 1.* Ландшафтно-экологическое состояние ключевых участков урочища Бадары.

Площадка А: *а* — октябрь 2011 г. (фото Е.А. Дюкарева), *б* — август 2020 г. (фото автора); *в* — фоновая площадка Б, июнь 2014 г. (фото автора).



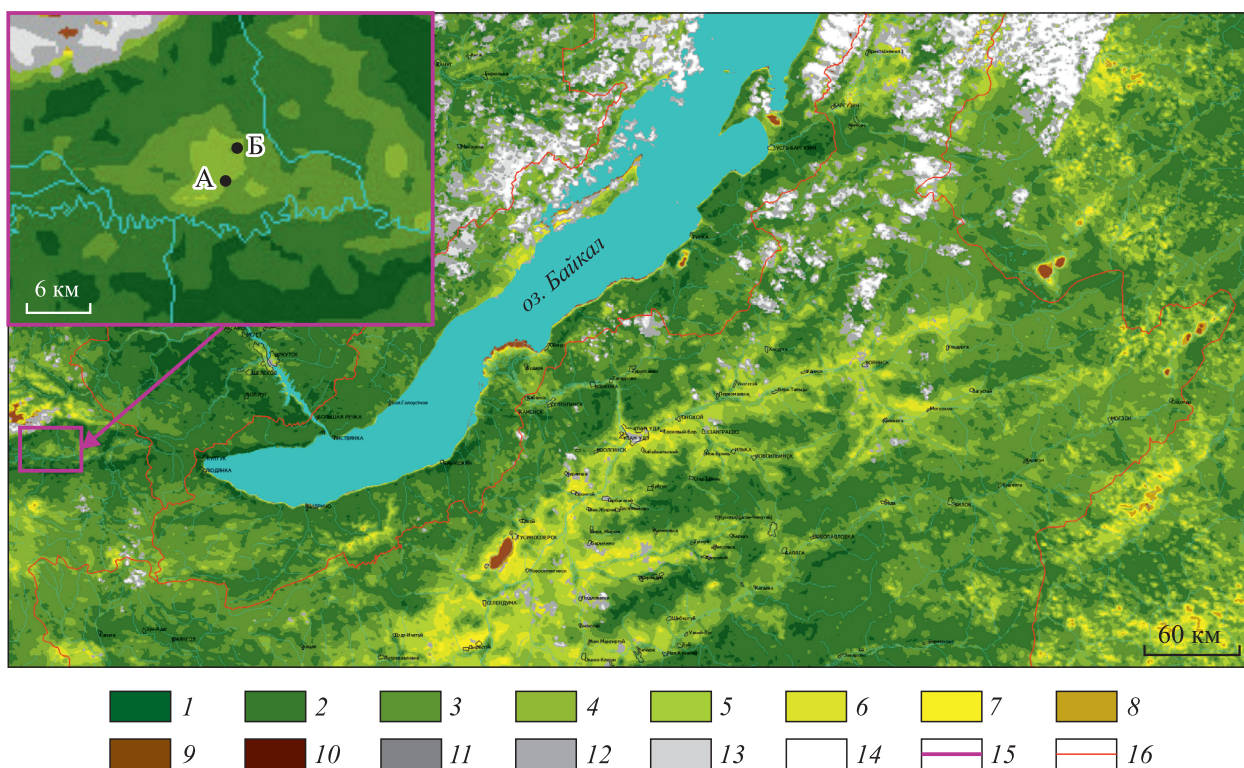


Рис. 2. Пример изображения вегетационного индекса NDVI за десятидневный период для Байкальской природной территории (дата 01.07.2009) [15].

NDVI: 1 – 0,7–1,0; 2 – 0,6–0,7; 3 – 0,5–0,6; 4 – 0,4–0,5; 5 – 0,3–0,4; 6 – 0,3–0,3; 7 – 0,2–0,3; 8 – 0,1–0,2; 9 – 0,04–0,1; 10 – 0,0–0,04. Облачность, %: 11 – 1–20; 12 – 20–60; 13 – 60–90; 14 – 90–100. Границы: 15 – ключевого района, 16 – центральной экологической зоны Байкальской природной территории. А, Б – ключевые участки.

геоботаническая характеристика которой представляет собой эталон возобновления. Это сосновый средневозрастной зеленомошно-травяно-кустарничковый лес, незатронутый недавними возгораниями и находящийся севернее, в 3,3 км от гари — фоновая площадка Б (см. рис. 1, в).

Натурные данные были сравнены с геоинформационными материалами портала sputnik.irk.ru [14], где представлены декадные композиты по безоблачным участкам Байкальской природной территории, характеризующие вегетационные индексы: нормализованный относительный индекс растительности (NDVI) и усовершенствованный вегетационный индекс (EVI). Базой композитов служат полученные с помощью спектрорадиометра MODIS снимки с пространственным разрешением 1000 м. Нами отобраны представленные в классифицированном виде изображения в формате PNG (рис. 2) с 01.01.2009 (за год до прохождения пожара пределах ключевого участка исследований) по 16.07.2019 (дата последнего размещенного на портале изображения).

Для каждого года анализировались изображения NDVI и EVI, полученные 1 января, 30 апреля, 1 июля и 30 сентября, т. е. в периоды начала, пика и конца вегетации, а также рассматривались зимние изображения с целью идентификации хвойных насаждений. Кроме того, принимались во внимание изображения, соответствующие датам рекогносцировочных и натурных геоботанических наблюдений. В целом было рассмотрено 95 геоинформационных продуктов.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

При интерпретации величин ВИ использовалась шкала показателей, зависящих от сезонов года: летние значения NDVI и EVI характеризуют степень развития зеленой биомассы при ее наличии, зимние — плотность покрытия хвойными лесами [7]. В летний период показатели в интервале 0,04–0,2 указывают на отсутствие растительности, 0,2–0,3 — на низкую степень развития зеленой биомас-

Таблица 1

## Показатели вегетационного индекса NDVI ключевого района урочища Бадары

Год	Площадка А (гарь)				Площадка Б (фон)			
	01.01	30.04	01.07	30.09	01.01	30.04	01.07	30.09
2009	0,2–0,3	0,3–0,4	0,4–0,5	0,3–0,4	0,1–0,2	0,3	0,6–0,7	0,3–0,4
2010	»	»	»	»	»	»	0,5–0,6	»
2011	0,1–0,2	0,3	0,3–0,4	0,3	»	»	»	»
2012	»	»	0,5–0,6	»	»	»	»	»
2013	0,04–0,1	0,2–0,3	0,4–0,5	»	»	»	»	»
2014	0,1–0,2	0,3	»	0,3–0,4	»	»	»	»
2015	»	»	»	»	»	»	»	»
2016	0,04–0,1	»	»	»	»	»	»	»
2017	0,1–0,2	»	»	»	»	»	»	»
2018	»	0,3–0,4	0,5–0,6	0,4–0,5	»	»	»	0,4–0,5
2019	0,2–0,3	»	»	Нет данных	»	»	»	Нет данных

сы, 0,3–0,6 — на среднюю степень развития, более 0,6 — на высокую степень развития зеленой биомассы. В зимний период значения 0,04–0,2 говорят об отсутствии хвойной растительности (в том числе из-за снежного покрова), 0,2–0,25 указывают на то, что плотность покрытия хвойными лесами составляет 10 %, 0,25–0,3 — 20, 0,3–0,35 — 30, ..., 0,8–0,9 — 100 %.

На фоновой территории заметна стабильность данных NDVI для каждой фазы вегетации в течение всего периода наблюдений (табл. 1). Значения зимних показателей указывают на заснеженность. Для начала вегетационного периода ежегодно характерен индекс, интерпретируемый как низкая степень развития фитомассы. Однако натурные наблюдения выявили высокое значение сомкнутости крон сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris*) (0,8), средняя высота которой составила 15 м (см. рис. 1, в). Средние высоты кустарников варьировали от 15–25 см до 40–60 см. Низкие значения ВИ при высоких показателях сомкнутости древостоя в пределах фоновой территории свидетельствуют о том, что либо ВИ не чувствительны к древесному ярусу растительности [16], либо интерпретация значений NDVI и EVI должна производиться с учетом эколого-географических особенностей развития биоценозов для каждой конкретно изучаемой территории [6, 11].

В пик вегетации и по ее завершении NDVI держался на уровне, указывающим на среднюю степень развития фитомассы, что можно считать соответствующим реальной природной обстановке. В ходе полевых наблюдений отмечен скудный напочвенный покров, проективное покрытие которого не превышало 30 %. Травянистые растения встречались рассеянно, в небольшом количестве.

Показатели EVI для фоновой территории в начале и по завершении вегетационного периода зафиксированы на уровне отсутствия растительности, а в середине — на уровне средней степени развития (табл. 2). Возможно, низкие значения обусловлены высокой сомкнутостью древостоя, препят-

Таблица 2

## Показатели вегетационного индекса EVI ключевого района урочища Бадары

Год	Площадка А (гарь)				Площадка Б (фон)			
	01.01	30.04	01.07	30.09	01.01	30.04	01.07	30.09
2009	0,04–0,1	0,1–0,2	0,2–0,3	0,04–0,1	0,04–0,1	0,04–0,1	0,3–0,4	0,04–0,1
2010	»	»	0,1–0,2	»	»	0,1–0,2	»	0,1–0,2
2011	»	0,04–0,1	»	»	»	»	»	»
2012	»	0,1–0,2	»	»	»	»	»	0,04–0,1
2013	»	0,04–0,1	»	»	»	0,04–0,1	»	»
2014	»	»	0,2–0,3	»	»	»	»	0,1–0,2
2015	»	»	0,1–0,2	»	»	0,1–0,2	»	»
2016	»	0,1–0,2	0,2–0,3	»	»	»	»	»
2017	»	»	»	»	»	»	»	0,04–0,1
2018	»	»	»	0,1–0,2	»	»	»	0,1–0,2
2019	»	»	0,3	Нет данных	»	»	»	Нет данных



ствующего обильному развитию травяного покрова. Январские данные указывали на заснеженность территории. В целом результаты подтверждают, что для территорий распространения хвойных присущ небольшой разброс значений ВИ и постоянный ход [11].

На выгоревшей площадке величины NDVI и EVI демонстрируют флуктуационную изменчивость. За год до пожара показатели NDVI в течение периода вегетации указывали на среднюю степень развития зеленой биомассы. Отмечено, что в год прохождения пожара все значения NDVI были аналогичны данным предыдущего года, что оправдано для допожарных январских и апрельских показателей, но труднообъяснимо для высоких значений в начале июля и конце сентября, т. е. для свежих гарей. В ходе рекогносцировочного обследования площадки А в октябре 2011 г. через год после прохождения пожара отмечено сохранение на корню основной части древостоя (см. рис. 1, а). Травяной сукостой свидетельствовал о возобновлении напочвенного покрова.

Значения EVI за год до пожара и в год его прохождения были аналогичны, за исключением июльских, т. е. были зафиксированы изменения, вызванные возгоранием 2010 г. В 2011 г. показатель NDVI на дату обследования (13.10.2011) указывал на низкую степень развития зеленой биомассы, EVI — на ее отсутствие, что в целом совпадает с реальностью. В сентябре 2012 г. наблюдалось активное усыхание и падение деревьев. Как и годом ранее, значения NDVI и EVI соответствовали природному состоянию (низкая степень развития растительности, открытая почва). В июне 2013 г., несмотря на начало вегетации и невысокие показатели высоты травостоя (15–20 см), а также его низкое проективное покрытие (20 %), значения NDVI указывали на среднюю степень развития растительности. EVI с величинами верхних пределов интервала отсутствия растительности можно считать более соответствующими реальной картине.

В июне 2014 г. отмечено возобновление березы повислой (*Betula pendula*), в виде редких экземпляров зафиксированы годовые всходы сосны обыкновенной. Проективное покрытие травяного покрова составило 40–50 %. Значение NDVI указывало на среднюю степень развития растительности, величина EVI (отсутствие растительности) — более реалистична. Повышение значений NDVI в середине вегетационного периода свидетельствует о влиянии увеличения проективного покрытия травостоя, что подтверждается снижением показателей ВИ по завершении вегетации. В июле 2016 г. на гари наблюдались обильные всходы сосны обыкновенной. Проективное покрытие древесного подроста составляло 20–30 %, напочвенного покрова — 50–60 %. NDVI соответствовал средней степени развития зеленой фитомассы, EVI был более близок к геоботаническим показателям — низкая степень развития. В июле 2017 г. незначительно увеличилось обилие кустарников. Проективное покрытие древесного подроста составило 30–40 %, напочвенного покрова — 50–60 %. Несмотря на небольшое увеличение геоботанических параметров, показатели ВИ остались на уровне прошлых лет. Значения NDVI по-прежнему оставались завышенными.

В июле 2018 г. отмечено увеличение средней высоты соснового подроста; проективное покрытие оценивалось в 40–50 %. Обилие, средняя высота и проективное покрытие кустарников увеличились. Показатели проективного покрытия травостоя остались на уровне прошлых лет, однако значения ВИ увеличились — NDVI был в верхних пределах интервала средней степени развития зеленой биомассы, EVI — в нижних пределах. Возможно, это связано с увеличением проективного покрытия соснового подроста и обилия кустарников.

В июле 2019 г. значения NDVI соответствовали верхним пределам интервала средней степени развития зеленой биомассы, EVI — верхним пределам низкой степени. База геоизображений вегетационных индексов после 16.07.2019 не пополнялась. Геоботанические наблюдения в 2019 г. не проводились. Годом позже, в августе 2020 г., на гари отмечено увеличение средней высоты соснового подроста до 1,5 м (см. рис. 1, б). Увеличилось проективное покрытие кустарникового и травяного ярусов — до 30 и 70 % соответственно. В отсутствие данных вегетационных индексов, ориентируясь на геоботаническое обследование, состояние растительности можно соотнести с нижними границами интервала средней степени развития фитомассы.

Разновременный ход значений ВИ для гари демонстрирует прогрессирующую динамику показателей NDVI и EVI в сторону восстановления уровней, характерных для периода, предшествующего возгоранию. При этом отмечено, что величины ВИ на завершающем этапе наблюдений были равны или даже превышали допожарные. Например, июльские значения индексов в допожарном 2009 г. для площадки А со средневозрастными сосняками и скудным травяным покровом были ниже показателей для безлесной выгоревшей территории с развитым травостоем и часто встречающимся древесным подростом в 2019 г. Это можно считать подтверждением отсутствия или очень слабой чувствитель-

ности ВИ к древесной растительности. Однако зимние величины NDVI для гари за весь период наблюдений демонстрируют нестабильность, что все-таки может свидетельствовать о возможности идентифицировать древесный ярус с помощью показателей ВИ.

Июльские значения NDVI не отражают чувствительность к смене экологических условий, вызванных пожаром. В ходе анализа 11-летних данных (см. табл. 1) отмечено небольшое снижение показателей только через год после пожара. Для свежих гарей значения были равны прошлогодним, а в 2012 г. и вовсе превышали допожарный индекс. Скорее всего, имеет место связь индекса с климатическими условиями.

Основываясь на данных натурных наблюдений, отмечено, что более реалистичную картину отражает EVI, значения которого чувствительны к сигналу вегетирующей растительности в районах с высоким уровнем растительной биомассы [8, 10, 12, 17]. Реагируя на смену растительных сообществ в ходе естественного развития, возгорания и последующего лесовосстановления, показатели EVI демонстрируют колебание значений в весенний и летний периоды. Восприимчивость этого показателя к естественным природно-климатическим условиям отражают весенние и осенние данные фоновой территории. Если июльские величины остаются стабильными на протяжении 2009–2019 гг., то в межсезонье заметна их неустойчивость.

В целом о благонадежности лесовосстановления должна свидетельствовать многолетняя устойчивая стабильность значений вегетационных индексов во все сезоны вегетации, что подтверждают показатели фоновой территории.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенный анализ динамики лесовосстановления на гарях ур. Бадары с применением данных NDVI и EVI, полученных на базе геоинформационных материалов с пространственным разрешением 1000 м, позволяет сделать вывод о том, что использование ВИ в качестве основного инструмента при анализе нарушенных территорий спорно. Не всегда их значения совпадают с реальной природной обстановкой. Участок геоизображения с определенным показателем ВИ при натурном исследовании может относиться к различным ландшафтным комплексам, поэтому для каждой отдельно взятой территории со своими ландшафтными особенностями требуется корректировка и индивидуальное ранжирование значений ВИ. Также нет уверенности в том, что экстраполяция данных на территории-аналоги покажет объективную ситуацию лесовосстановления на пирогенно трансформированных территориях. Остался нерешенным вопрос чувствительности геоданных среднего пространственного разрешения к древесной растительности.

В целом синтез натурных и геоинформационных материалов является информативным методом исследования трансформированных территорий. С привлечением метеорологических данных дальнейшие исследования могут способствовать пониманию реакции среды (через значения ВИ) на изменения природных условий, например, климатических явлений как таковых или климатических флуктуаций, обусловленных антропогенным воздействием (гари, вырубки, рекреационные нагрузки, промышленное освоение и т. п.).

*Работа выполнена в рамках государственного задания Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (АААА-А21-121012190017-5).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П. Картографическое изучение природы. — Иркутск: Изд-во «Облмашинформ», 2002. — 160 с.
2. Ахаржанова Т.В. Сосновый бор Бадары — особо ценный ландшафт Тункинского национального парка // Вестн. Бурят. ун-та. Сер. 3. География, геология. — 2004. — Вып. 3. — С. 207–212.
3. Иванько Я.М., Лазарева А.А., Столпова Ю.В. Моделирование изменчивости характеристик пожаров на территории национального парка «Тункинский» // Вестн. Красн. аграр. ун-та. — 2017. — № 7. — С. 44–50.
4. Лехатинов А.М., Лехатинова Э.Б. Состояние лесов и краснокнижных видов сосудистых растений Тункинской долины // Биоразнообразии, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: Материалы Второй междунар. конф. (20–24 сентября 2010 г.). — Горно-Алтайск: РИО ГАТУ, 2010. — С. 201–206.

5. **Атутова Ж.В.** Постпирогенное восстановление подтаежных светлохвойных геосистем Тункинской котловины, Юго-Западное Прибайкалье (на примере сосновых лесов урочища Бадары) // Геогр. вестник. — 2022. — № 4 (63). — С. 6–18.
6. **Братков В.В., Атаев З.В.** Vegetационные индексы и их использование для картографирования горных ландшафтов Российского Кавказа // APRIORI. Сер. Естественные и технические науки. — 2017. — № 1. — С. 3–23.
7. **Гребень А.С., Красовская И.Г.** Анализ основных методик прогнозирования урожайности с помощью данных космического мониторинга, применительно к зерновым культурам степной зоны Украины // Науково-технічний журнал. — 2013. — № 1 (7). — С. 105–119.
8. **Дунаева Е.А., Плотников Д.Е., Хвостиков С.А., Ёлкина Е.С., Барботкина Е.С., Вечерков В.В., Баргалева С.А.** Использование данных дистанционного зондирования для ранней диагностики наступления засушливых условий // Таврический вестн. аграр. науки. — 2019. — № 4 (20). — С. 28–45.
9. **Лобанов Г.В., Чарочкина А.Ю., Авраменко М.В., Дроздов Н.Н.** Ландшафтная интерпретация различий сезонной динамики вегетационного индекса EVI поверхности пахотных земель Брянской области // Вестн. Северо-Восточ. федерал. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2020. — № 3 (19). — С. 25–35.
10. **Пушкин А.А., Сидельник Н.Я., Ковалевский С.В.** Использование материалов космической съемки для оценки пожарной опасности в лесах // Тр. БГТУ. — 2015. — № 1 (174): Лесное хоз-во. — С. 36–40.
11. **Раджабова Р.Т., Алексеенко Н.А., Курамагомедов Б.М., Тажудинова З.Ш., Султанов З.М.** Использование индексных изображений при дешифрировании растительного покрова Внутригорного Дагестана // Юг России: экология, развитие. — 2020. — Т. 15, № 4. — С. 126–136.
12. **Va R., Song W., Lovallo M., Zhang H., Telesca L.** Informational analysis of MODIS NDVI and EVI time series of sites affected and unaffected by wildfires // Physica A: Statistical Mechanics and its Applications. — 2022. — Vol. 604. — P. 127911.
13. **Zongmei L., Zengxiang Z., Xiaoli Z., Xiao W., Qingke W., Lijun Z.** Forest restoration assessment based on NDVI from MODIS image under different burn intensity in the burned blank in discontinuous permafrost area of Northeast China // Proceedings of the 2013 the International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering (RSETE 2013). — Nanjing, China: AISR, 2013. — P. 366–369.
14. **Спутниковые данные дистанционного зондирования Земли [Электронный ресурс].** — <http://sputnik.irk.ru> (дата обращения 16.01.2023).
15. **Индекс растительности NDVI (10 дней) [Электронный ресурс].** — <http://www.-geol.irk.ru/dzz/bpt/ndvi10/090701/all.htm> (дата обращения 16.01.2023).
16. **Родионова Н.В., Вахнина И.Л., Желибо Т.В.** Оценка динамики послепожарного состояния растительности на территории Ивано-Арахлейского природного парка (Забайкальский край) по радарным и оптическим данным спутников Sentinel 1/2 // Исследование Земли из космоса. — 2020. — № 3. — С. 14–25.
17. **Lijun Z., Zengxiang Z., Tingting D., Xiao W.** Application of MODIS NDVI and MODIS EVI to extracting the information of cultivated land and comparison analysis // Transactions from the Chinese Society of Agricultural Engineering. — 2008. — Vol. 24. — P. 167–172.

*Поступила в редакцию 18.05.2023*

*После доработки 07.08.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

С.А. ХОЛБОВА\*, Д.В. КОБЫЛКИН\*\*

\*Бурятский государственный университет,  
670000, Улан-Удэ, ул. Смолина, 24а, Россия, kholboeva@mail.ru

\*\*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, agrebrandt@inbox.ru

## ПРОСТРАНСТВЕННАЯ СТРУКТУРА РАСТИТЕЛЬНОСТИ ЮГО-ЗАПАДНЫХ ПРЕДГОРИЙ МАЛХАНСКОГО ХРЕБТА (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)

*Представлены результаты исследования пространственной структуры растительности предгорий Малханского хребта (Кяхтинский район Республики Бурятия). На основе многолетних полевых исследований в сочетании с методами дистанционного зондирования была составлена карта растительности модельного участка в масштабе 1:12 500 с выделением гомогенных и гетерогенных единиц ландшафтно-топологического уровня. Установлено, что для юго-восточных предгорий Малханского хребта характерны горные экспозиционные лесостепи, в которых сосновые леса, кустарниковые заросли и степные сообщества разного состава формируют сложную пространственную структуру растительности. Сосновые травяные леса образуют макрокомбинации с березовыми спирейно-разнотравными лесами на теневых и полутеневых склонах отрогов. Склоны южных экспозиций имеют более сложную структуру растительности, здесь выделен экологический ряд литотопологического генезиса соответственно уровням катены. Специфику территории исследования составляют сообщества абрикоса сибирского (*Armeniaca sibirica*), занимающие наиболее теплые местообитания в ландшафте на транзитных позициях. На шлейфовых участках и днище распада описаны гомогенные фитоценозы дерновинно-злаковых и разнотравных степей, а также комплексы корневищнозлаковых и твердоватоосоковых степей. Установлено, что пространственная структура растительности предгорий Малханского хребта отражает его рубежную роль в формировании современных ареалов видов растений. Выявлено, что в условиях с особым микроклиматом, сформированных на южных предгорьях Малханского хребта, сохранились рефугиальные участки с высокой концентрацией дауро-маньчжурских и восточноазиатских видов растений.*

**Ключевые слова:** территориальные единицы растительного покрова, геоботаническое картографирование, пространственная организация растительности, фитоценохоры, данные дистанционного зондирования, горы Южной Сибири.

S.A. KHOLBOEVA\*, D.V. KOBYLKIN\*\*

\*Banzarov Buryat State University,  
670000, Ulan-Ude, ul. Smolina, 24a, Russia, kholboeva@mail.ru

\*\*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, agrebrandt@inbox.ru

## SPATIAL STRUCTURE OF VEGETATION IN THE SOUTHWESTERN FOOTHILLS OF THE MALKHAN RIDGE (REPUBLIC OF BURYATIA)

*Presented are the results from studying the spatial structure of vegetation in the foothills of the Malkhan Ridge (Kyakhta district of the Republic of Buryatia). On the basis of long-term field studies in combination with remote sensing methods, a vegetation map of the model site was compiled at a scale of 1:12 500 by highlighting homogeneous and heterogeneous units of landscape-topological level. It was found that the southeastern foothills of the Malkhan Range are characterized by mountainous expositional forest-steppes in which pine forests, shrub thickets and steppe communities of different composition form a complex spatial structure of vegetation. Pine herbaceous forests form macrocombinations with birch spirea-grass forests on shady and semi-shady slopes of spurs. The slopes of southern exposures have a more complex vegetation structure; here, an ecological series of litho-topological genesis is distinguished according to the catena levels. The specificity of the study area is formed by communities of Siberian apricot (*Armeniaca sibirica*), occupying the warmest habitats in the landscape at transit positions. Homogeneous phytocenoses of sod-grass (and forbs) steppes, and also complexes of rhizomatous-grass (and hard-sedge) steppes were described for the rear parts and the bottom of the creek valley. It is established that the spatial structure of vegetation of the foothills of the Malkhan Ridge reflects its boundary role in the formation of modern habitats of plant species. It is revealed that*



*in the conditions with special microclimate formed on the southern foothills of the Malkhan Ridge, refugial areas with high concentration of Dauro-Manchurian and East Asian plant species have persisted.*

**Keywords:** territorial units of vegetation cover, geobotanical mapping, spatial organization of vegetation, phytocenochors, remote sensing data, mountains of South Siberia.

## ВВЕДЕНИЕ

Традиции изучения пространственной структуры растительного покрова были заложены в классических трудах В.Б. Сочавы [1], Т.И. Исаченко [2], З.В. Карамышевой [3] и продолжены А.Е. Катениным [4], С.С. Холодом [5], А.Ю. Королюком [6] и другими исследователями. Разработанные авторами подходы к классификации фитоценозов отличаются разнообразием, при этом главной основой для выделения территориальных единиц служат элементы рельефа разного уровня. Особой сложностью пространственной организации растительности характеризуются экосистемы горных лесостепей, что отмечается в трудах Б.Б. Намзалова [7–9] и подтверждается крупномасштабным картографированием модельных участков на территории Южной Сибири. Актуальным направлением исследований является анализ соотношения территориальных единиц разного ранга и их генезиса в разных секторах гор Южной Сибири. Так, разнообразие типов структур и комбинаций экспозиционной лесостепи было изучено в Западном Забайкалье в Баргузинской и Тункинской котловинах, в долине р. Джиды [10–12]. Данная статья продолжает тематику исследований и посвящена изучению пространственной структуры растительности юго-западных предгорий Малханского хребта.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Малханский хребет, относящийся к южной части Селенгинского среднегорья, представляет собой сочетание плоских вершин, основных гребневых линий, ориентированных с юго-запада на северо-восток, пологих и средних по крутизне склонов [13]. Макросклоны плавно переходят к плоским долинам притоков р. Чикой и умеренно моделированы склоново-эрозионными процессами. Растительность Малаханского хребта представлена горно-таежными лесами в сочетании со степями, что соответствует положению в лесостепной зоне. Согласно ботанико-географическому районированию [14], территория относится к Хангайско-Даурской горно-лесостепной провинции. Лесная растительность представлена светлохвойными лесами (сосновыми и лиственничными с небольшим участием кедровых формаций), вторичными мелколиственными лесами [15]. Также на пологих южных склонах и на днищах распадков встречаются редкостойные ильмовники (ильм приземистый (*Ulmus pumila*)). По долинам рек широкое развитие получили луга. Степные участки располагаются на склонах солнечных экспозиций, переходя на полутеневые.

В ходе исследования был выбран репрезентативный участок, расположенный в долине правого притока р. Чикой — р. Тамир. Данный участок обладает яркими чертами растительного покрова, характерного для южных предгорий Малханского хребта (см. рисунок).

Полевые исследования проводились на протяжении нескольких полевых сезонов (1998, 2015, 2017, 2018 гг.). Было собрано более 500 листов гербария высших сосудистых растений, выполнено 43 геоботанических описания в пределах модельного участка одновременно с выявлением пространственной неоднородности растительного покрова.

Модельный участок выбран в местности Подзвонкая в 7 км к югу от с. Тамир в Кяхтинском районе Республики Бурятия на юго-западном макросклоне Малханского хребта. Абсолютные высоты местности колеблются в пределах от 752 до 981 м над ур. моря в пределах горно-степного пояса.

Для изучения пространственной структуры растительного покрова использовались разновременные космические снимки Landsat 1-5 MSS, 4-5 TM, 7 ETM+, 8 OLI с периодом съемки с 2011 до 2020 г. При составлении карты растительности активно применялись методы экспертного анализа космической и аэрофотосъемки, автоматическая классификация (ISODATA, ECHO и др.), проведенная в программном комплексе ENVI 4.8, в сочетании с полевыми исследованиями, проведенными в 2015 и в 2022 гг. В результате была составлена карта растительности масштаба 1:12 500.

Разработка легенды проведена согласно принципам геоботанического картографирования В.Б. Сочавы [16], Т.И. Исаченко [2] с выделением при крупномасштабном картографировании гомогенных и гетерогенных единиц растительного покрова топологического уровня. В качестве гомогенных единиц приняты ассоциации эколого-морфологической классификации. В качестве гетерогенных единиц

выделены макро-, мезо- и микрокомбинации [16–18]. Ведущими факторами организации территориальных единиц растительного покрова на рассматриваемых уровнях размерности являются геоморфологические условия мезо- и микрорельефа, дополненные флювиогенными и фитогенными факторами. Поскольку территория исследования издавна населена, нижние части склонов и выровненные поверхности должны были длительное время испытывать значительные антропогенные нагрузки. Пространственная структура растительности рассматривалась на модельном участке без учета луговых ценозов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В результате исследования была разработана легенда крупномасштабной карты репрезентативного участка (см. рисунок). Анализ пространственного распределения растительного покрова позволяет выявить основные закономерности распределения растительного покрова изучаемой территории. Характерной чертой являются макрокомбинации на макросклонах отрога: сочетания сосновых лесов разного состава на склонах теневой экспозиции, степей на солнечной экспозиции и днище распадка, кустарниковых зарослей на склоне исключительно южной ориентации.



Карта растительности урочища Подзвонкая.

1–18 — см. легенду.

**Легенда к карте «Растительность урочища Подзвонкая»**

**I. Леса гемибореальные травяные**

Сосновые травяные леса на теневых и полутеневых склонах

1. Сосновый кизильниковый разнотравный лес (сосна обыкновенная (*Pinus sylvestris*), кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*), василистник простой (*Thalictrum simplex*), горошек жилковатый (*Vicia nervata*)).
2. Сосновый бедноразнотравный лес (гарь 2 года) (сосна обыкновенная, осока стоповидная (*Carex pediformis*), рапонтикум одноцветковый (*Stemmacantha uniflora*)).

Мелколиственные травяные леса на теневых склонах

(береза плосколистная (*Betula platyphylla*))

3. Березовый спирейный-разнотравный лес (береза плосколистная, спирея средняя (*Spiraea media*), горошек приятный (*Vicia amoena*), василистник простой, кровохлебка лекарственная (*Sanguisorba officinalis*)).

**II. Кустарниковая растительность**

Кустарниковые сообщества на шлейфах теневых склонов

4. Кустарниковые разнотравные сообщества (курильский чай мелколистный (*Pentaphylloides parvifolia*), кизильник черноплодный, спирея водосборolistная (*Spiraea aquilegofolia*), стеллера карликовая (*Stellera chamaejasme*), подмаренник настоящий (*Galium verum*), овсец Шелля (*Helictotrichon schellianum*)).

Кустарниковые сообщества на крутых каменистых склонах

южной и юго-западной экспозиции

5. Абрикосник спирейный разнотравный (абрикос сибирский (*Armeniaca sibirica*), спирея водосборolistная, полынь замещающая (*Artemisia commutata*), хвойник односемянный (*Ephedra monosperma*), василистник вонючий (*Thalictrum foetidum*)).
6. Абрикосник гмелинополюнный (абрикос сибирский, полынь Гмелина (*Artemisia gmelinii*), хамеродос прямостоячий (*Chamaerhodos erecta*), нителлистник сибирский (*Filifolium sibiricum*), полынь замещающая).

Кустарниковые сообщества на шлейфах южной и юго-западной экспозиции

7. Сочетание спирейника разнотравного (спирея водосборolistная, мятлик кистевидный (*Poa botryoides*), прострел Турчанинова (*Pulsatilla turczaninonii*), лилия карликовая (*Lilium pumilum*), хамеродос прямостоячий) и разнотравно-стоповидно-осоковых лугово-степных сообществ (лапчатка пижмолистная (*Potentilla tanacetifolia*), осока стоповидная, житняк гребенчатый (*Agropyron cristatum*)).
8. Караганник мятликово-разнотравный (карагана карликовая (*Caragana pygmaea*), мятлик кистевидный, лапчатка бесстебельная (*Potentilla acaulis*), тимьян монгольский (*Thymus mongolicus*), змеевка растопыренная (*Cleistogenes squarrosa*)).

**III. Степная растительность**

Петрофитные степи на скальных выступах

9. Пионерные группировки (селагинелла кроваво-красная (*Selaginella sanguinolenta*), горноколосник колючий (*Orostachys spinosa*), карагана карликовая, качим Патрэна (*Gypsophila patrinii*), лук двузубый (*Allium bidentatum*)).

Дерновинно-злаковые степи на шлейфе склона южной экспозиции

10. Разнотравно-стеллерово-мятликовая степь (мятлик кистевидный, стеллера карликовая, прострел Турчанинова, бурачок обратнойщевидный (*Alyssum obovatum*)).
11. Холоднополюнно-крыловоковыльная степь (ковыль Крылова (*Stipa krylovii*), полынь холодная (*Artemisia frigida*), лапчатка бесстебельная).
12. Горноколосниково-леспедецево-тонконоговая (тонконог жестколистный (*Koeleria cristata*), леспедеца ситниковая (*Lespedeza juncea*), горноколосник колючий).

Луговые степи на днище распадка

13. Разнотравно-стеллеровая степь (стеллера карликовая, тонконог жестколистный, нителлистник сибирский (*Filifolium sibiricum*), осока стоповидная).
14. Твердоватоосоковые (осока твердоватая (*Carex duriuscula*), мятлик кистевидный) степи.
15. Комплекс твердоватоосоковых (осока твердоватая, мятлик кистевидный, лук ветвистый (*Allium ramosum*)) и вострецовых степей (колосняк китайский (*Leymus chinensis*), осока твердоватая, мятлик кистевидный).
16. Стоповидноосоковые степи (осока стоповидная, стеллера карликовая, цимбария даурская (*Cymbaria daurica*)).

**IV. Рудеральные сообщества и агроценозы**

17. Полынно-крапивные (крапива коноплевая (*Urtica cannabina*), полынь обыкновенная (*Artemisia vulgaris*)) сообщества.
18. Агроценозы (посевы сельскохозяйственных культур на пашне).

Характерной чертой участка являются макрокомбинации на макросклонах отрога: сочетания сосновых лесов разного состава на склонах теневой экспозиции, степей на солнечной экспозиции и днище распадка, кустарниковых зарослей на склоне исключительно южной ориентации.

На южном макросклоне можно выделить экологический ряд растительных сообществ литотопологического генезиса, сформированный на разных уровнях катены. Верхний гипсометрический уровень занимают пионерные группировки несформированной растительности на скальных выступах с гоноколосником колючим и плаунком кроваво-красным.

На транзитной части склона на крутых (до 30°) склонах с выходами отдельных скал описаны сообщества абрикоса сибирского (абрикосники гмелинополюнные, абрикосники беднотравные). Это наиболее яркие и уникальные элементы изучаемого участка, как в растительном покрове, так и в ландшафте в целом (контуры 5, 6 легенды). Абрикос сибирский — кустарник, относящийся к реликтовому флороцентипу листопадной миоцен-плиоценовой флоры [19], в пределах Южной Бурятии находится на северной границе ареала. Окрестности с. Тамир — одно из немногочисленных местобитаний вида в регионе [20]. По данным Е.В. Бухаровой, наибольшие показатели сомкнутости крон, обилия и жизненности абрикоса характерны именно для транзитных участков склонов [20].

В ложбинах стока глубиной до 0,5 м и шириной до 2 м, начинающихся со средней части склона и доходящих до центральной части днища, развиты кустарниковые заросли, в которых абрикос сибирский содоминирует с другими кустарниками — спиреей водосборолистной и смородиной красивой (*Ribes pulchellum*). Также здесь произрастают кизильник черноплодный (*Cotoneaster melanocarpus*), единично встречается жостер краснодревесный (*Rhamnus erythroxylon*). Между куртинами кустарников развито степное разнотравье. Анализ флоры данного модельного участка показал более широкое по сравнению со степями Южной Бурятии участие восточноазиатских и дауро-манчжурских видов [21]. В целом именно такие, защищенные от ветра хребтом субширотного простираения и наиболее прогреваемые на крутых южных склонах, урочища Малханского, а также ряда соседних хребтов Селенгинского среднегорья (Боргойского, Джидинского) стали компактными рефугиумами, в которых на северной границе современного ареала произрастают виды, в значительной степени имеющие черты влияния дауро-манчжурского сектора степей Центральной Азии. Так, здесь отмечены восточноазиатские виды: серобородник сибирский (*Spodiopogon sibiricus*), стеллера карликовая, пикнотельма метельчатая (*Pycnostelma paniculata*), леспедеца ситниковая (*Lespedeza juncea*), леспедеца даурская (*L. davurica*), марена сердцелистная (*Rubia cordifolia*); дауро-манчжурские: купена сибирская (*Polygonatum sibiricum*), смородина красивая, касатик Ивановой (*Iris ivanovae*); центрально-азиатские: курильский чай мелколистный, орехокрыльчик монгольский (*Caryopteris mongholica*) (последний вид произрастает вне границ модельного участка, но также в предгорьях Малханского хребта на склонах Кударинского отрога).

На аккумулятивной части склона описаны сложные комплексы кустарниковых степей с доминированием горно-степных видов спиреи водосборолистной и караганы карликовой (спирейные разнотравные, карагановые разнотравные, спирейные мятликовые на щебнисто-каменистых участках) с мятликовыми, тонконоговыми степями на мелкоземистых участках конусов выноса.

Днище распадка также имеет сложный рельеф, сформированный в результате эрозионно-аккумулятивных процессов. Большую часть занимает пологонаклонная расчлененная оврагами поверхность с падением на запад, покрытая разнотравно-стеллеровыми луговыми степями с единичными соснами и ильмами. Они образуют сочетание с растительностью ложбин временного стока с разнотравно-кустарниковыми степями. На переходе к южному склону имеются участки комплексной растительности: твердоватоосоковые и вострцовые (колосняк китайский (*Leymus chinensis*)) степи. На переходе к северному склону описаны мятликово-разнотравные луговые степи с василистником простым (*Thalictrum simplex*), мятликом кистевидным и курильским чаем (пятилистником) мелколистным. Последний представляет собой центральноазиатский вид, наряду со многими видами данной флоры находится на северных рубежах своего распространения.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В целом растительность юго-западных предгорий Малханского хребта представляет собой сложное сочетание горно-таежных лесов и степей, что соответствует положению в лесостепной зоне, где основную роль в их распределении растительности играет положение в рельефе и экспозиция склонов. Наиболее выположенные участки довольно сильно изменены хозяйственной деятельностью. Исходя из анализа степной флоры модельного участка выделяется большее участие относительно теплолюбивых восточноазиатских и дауро-манчжурских видов, в сравнении со степями Южной Бурятии. Кулисообразное по отношению к основным ветровым потокам и субширотное простираение основных орографических элементов хребта создают условия для формирования особых микроклиматических условий. На более теплообеспеченных местообитаниях сохраняются рефугиальные участки с высокой концентрацией дауро-манчжурских и восточноазиатских видов растений, находящихся на северо-восточных пределах распространения.



В процессе своего развития растительный покров в течение позднелейстоценового и голоценового времени в зависимости от климатической стадии неоднократно испытывал флуктуации, связанные с перемещением высотных границ горных поясов и, соответственно, с изменением пространственной структуры распределения растительности.

*Работа выполнена за счет средств государственного задания Института географии им. В.Б. Сочавы (AAAA-A21-121012190059-5).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сочава В.Б. Растительные сообщества и динамика природных систем // Доклады Ин-та географии Сибири и Дальнего Востока. — 1968. — Вып. 20. — С. 12–22.
2. Исаченко Т.И. Сложение растительного покрова и картографирование // Геоботаническое картографирование. — Л.: Наука, 1969. — С. 20–32.
3. Карамышева З.В., Банзрагч Д. Растительность хребта Хан-Хухийн-Ула и южной части Убсунурской впадины // Структура и динамика основных экосистем МНР (БРПУ МНР. Т.8). — Л.: Наука, 1976. — С. 99–124.
4. Катенин А.Е. Классификация неоднородных территориальных единиц растительного покрова на примере растительности тундровой зоны // Ботанич. журн. — 1988. — Т. 73, № 2. — С. 186–197.
5. Холод С.С. Опыт анализа крупномасштабной геоботанической карты // Геоботаническое картографирование. — 1988. — С. 28–38.
6. Королок А.Ю. Классификация территориальных единиц растительности равнинных территорий для целей создания геoinформационной системы «Растительность Сибири» // Геоботаническое картографирование. — 1997. — С. 3–13.
7. Намзалов Б.Б. Горная лесостепь Южной Сибири — ландшафтный феномен Центральной Азии // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока (Чтения памяти Л.М. Черепнина). — Красноярск: Изд-во Красноярск. пед. ун-та, 1996. — С. 215–217.
8. Намзалов Б.Б. Опыт крупномасштабного картирования растительности гор Юго-Восточного Алтая // Геоботаническое картографирование. — 1992. — С. 46–63.
9. Намзалов Б.Б., Холбоева С.А., Королок А.Ю., Басхаева Т.Г., Цыренова М.Г., Монгуш А.М. Особенности структуры лесостепи в экотонной зоне Южной Сибири и Центральной Азии // Аридные экосистемы. — 2012. — Т. 18, № 2 (51). — С. 17–27.
10. Намзалов Б.Б., Басхаева Т.Г. Пространственная организация растительности горной лесостепи Баргузинской котловины (Северное Прибайкалье) // Turczaninowia. — 2018. — Т. 21, № 1. — С. 52–65.
11. Холбоева С.А., Намзалов Б.Б. Степи Тункинской котловины. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2000. — 119 с.
12. Холбоева С.А., Цыренова М.Г., Намзалов Б.Б. К характеристике комбинаций растительности лесостепного пояса в долине р. Джиды (Западное Забайкалье) // Проблемы изучения растительного покрова Сибири: Материалы IV Международ. науч. конф. (Томск, 1–3 ноября 2010 г.). — Томск: Изд-во Томск. ун-та, 2010. — С. 102–104.
13. Базаров Д.Б., Антощенко-Оленев И.В. Селенгинское среднегорье и Джидинский горный район // Нагорья Прибайкалья и Забайкалья. — М.: Наука, 1974. — С. 163–210.
14. Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И. Степи Евразии. — Л.: Наука, 1991. — 146 с.
15. Бойков Т.Г. Растительный покров Малханского хребта (Южное Забайкалье). — Новосибирск: Наука, 2010. — 174 с.
16. Сочава В.Б. Классификация растительности как иерархия динамических систем // Геоботаническое картографирование. — 1972. — С. 3–17.
17. Намзалов Б.Б. Степи Тувы и Юго-Восточного Алтая. — Новосибирск: Акад. изд-во «Гео», 2015. — 294 с.
18. Огуреева Г.Н., Микляева И.М., Бочарникова М.В., Дудов С.В., Тувшинтогтох И., Жаргалсайхан Л. Пространственная организация и разнообразие степей Восточной Монголии // Аридные экосистемы. — 2011. — Т. 17, № 1 (46). — С. 14–25.
19. Камелин Р.В. Флороцено типы растительности Монгольской Народной Республики // Ботанич. журн. — 1987. — Т. 72, № 12. — С. 1580–1595.
20. Бухарова Е.В., Намзалов Б.Б. Абрикосники Западного Забайкалья. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 2016. — 146 с.
21. Холбоева С.А., Намзалов Б.-Ц.Б., Жигжитжапова С.В., Бадмаева Н.К., Базарова Б.Б. Флора степей ключевой ботанической территории «Тамир» (Республика Бурятия) // Естественные и технические науки. — 2022. — № 12 (175). — С. 131–135.
22. Ташак В.И., Антонова Ю.Е., Решетова С.А. Новые данные по реконструкции палеосреды в долине р. Тамир (Западное Забайкалье) // Вестн. Бурят. науч. центра Сибирского отделения Российской академии наук. — 2019. — № 4 (36). — С. 30–38.

*Поступила в редакцию 21.08.2023*

*После доработки 10.09.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

## ВОПРОСЫ МЕТОДОВ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ ПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

УДК 591.9 (4-013)

DOI: 10.15372/GIPR20230510

**Ю.С. РАВКИН, И.П. КОКОРИНА, И.Н. БОГОМОЛОВА**Институт систематики и экологии животных СО РАН,  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, Россия, Yravkin@bk.ru, irina@kokorina21.ru, i3335907@mail.ru

### ОРНИТОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ СЕВЕРНОЙ ЕВРАЗИИ ПО ЛЕТНЕМУ НАСЕЛЕНИЮ ПТИЦ

*Рассмотрена территориальная неоднородность населения птиц Северной Евразии в границах СССР на 1990 г. Обсуждается опыт районирования как один из способов обобщения зоогеографической информации, метод ее анализа и разработки основы для картографирования. По результатам кластерного анализа обширного материала выявлены тренды неоднородности орнитокомплексов и определяющие их природно-географические режимы, т. е. пространственно-типологическая структура и организация населения птиц, оценена сила и общность связи изменчивости среды и сообществ птиц в первой половине лета. С помощью линейной качественной аппроксимации матриц сходства (одного из методов регрессионного анализа) рассчитана интегральная информативность полученных представлений (снятая классификацией и структурой дисперсия матрицы сходства и множественный коэффициент их корреляции). Эти показатели характеризуют существенность полноты объяснения территориальных различий населения птиц. Составлена карта сообществ птиц исследованной территории. Результаты исследования имеют не только познавательный интерес, но и прикладное значение. Они могут быть использованы в природоохранных целях и в процессе преподавания географических и биологических дисциплин. Исползованные статистические программы разработаны сравнительно недавно специально для анализа данных по территориальной неоднородности животного населения. Они хорошо апробированы и показали высокую степень корректности и надежности при обработке материала по наземным и водным беспозвоночным и позвоночным, а также по лишайникам, грибам и цветковым растениям. Все карты, графы, оценки их информативности выполнены для исследуемой территории впервые.*

**Ключевые слова:** орнитокомплексы, кластерный анализ, среда, информативность представлений, факторная аппроксимация.

**Yu.S. RAVKIN, I.P. KOKORINA, I.N. BOGOMOLOVA**Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
630091, Novosibirsk, ul. Frunze, 11, Russia, Yravkin@bk.ru, irina@kokorina21.ru, i3335907@mail.ru

### ORNITHOGEOGRAPHICAL ZONING OF NORTHERN EURASIA FROM THE SUMMER ASSEMBLAGE OF BIRDS

*We examine the problem of the territorial heterogeneity of bird assemblage in Northern Eurasia within the USSR borders as of 1990. The experience of zoning was discussed as one of the ways to generalize zoogeographic information, a method for its analysis and development of the basis for mapping. Based on cluster analysis results of extensive material, trends in the bird assemblage heterogeneity and the natural-geographical regimes that determine them, that is, the spatial-typological structure and organization of ornithocomplexes, were identified, and the strength and commonality of the relationship between the variability of the environment and bird communities in the first half of summer was assessed. Using a linear qualitative approximation of the similarity matrices (one of the regression analysis methods), the integral information content of the resulting representations was calculated (dispersion of the similarity matrix which is removed by classification and structure, and the multiple coefficient of their correlation). These indicators characterize the significance of the completeness of the explanation of the bird assemblage territo-*

*rial differences. A bird assemblage map of the study area was compiled. The results of the study are not only of cognitive interest, but also of practical importance. They can be used for environmental purposes and in the process of teaching geographical and biological disciplines. The statistical programs used were developed relatively recently specifically for the analysis of data on the animal assemblage territorial heterogeneity. They have been well tested, showing a high degree of correctness and reliability in the processing of material on terrestrial and aquatic invertebrates and vertebrates as well as on lichens, fungi, and flowering plants. The maps, graphs and assessments of their information content were all made for the study area for the first time.*

**Keywords:** *ornithocomplexes, cluster analysis, environment, informativity of representations, factori approximation.*

## ВВЕДЕНИЕ

Районирование животного мира обычно проводят экспертно (умозрительно) и, как правило, на фаунистической основе, т. е. по спискам встреченных видов. С учетом численности животных такие исследования вели на ограниченных площадях, что обусловлено высокой трудоемкостью проведения подобных работ. Большая часть реализаций такого плана касается населения птиц, традиционно привлекающих внимание как профессиональных зоологов, так и любителей в силу своей заметности, хорошей изученности и доступности для наблюдений, а также возможности сочетать изучение птиц с элементами туризма и рекреации. К тому же Россия издавна служила полигоном для подобных работ из-за своих необъятных просторов и связанной с этим «географичностью» системы ценностей россиян. В итоге в нашем распоряжении оказались результаты орнитологических учетов более чем за 50 лет, начиная с 1880 г., но в основном за период с 1960 по 2019 г. Выполнению таких исследований способствовала также традиция публикации собранных материалов, а в последние годы — создание банков данных, особенно по орнитофауне. Это позволило сопоставить информативность работ с использованием результатов учета птиц и только констатации присутствия тех или иных видов на конкретных территориях [1].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Районирование, как известно, — один из способов обобщения географической информации [2, 3]. При решении таких задач нередко используют методы кластерного анализа (автоматической классификации). С увеличением объема обрабатываемой информации возрастают трудности с разрешающей способностью программного обеспечения и интерпретацией результатов из-за значительного количества переходных вариантов и данных, выпадающих из естественных трендов. Одним из методов решения этих проблем может стать анализ выборки по частям. Подсовокупности для анализа лучше подбирать с помощью генератора случайных чисел. Анализ подвыборок позволяет оценить ошибки выборочности и достоверность получаемых результатов.

Наше исследование касается географической изменчивости летнего населения птиц Северной Евразии в границах СССР на 1990 г. Материалы, собранные с 1880 по 2019 г., взяты в Банке данных Института систематики и экологии животных СО РАН [4]. Большая часть их опубликована, и список публикаций приведен в [5]. Использованные материалы усреднены за первую половину лета (в тундровой зоне — с середины июня до конца июля; в лесотундре — с начала или середины июня, в северной тайге — с 1 июня, южнее — с середины мая до 15 июля для всех зон, кроме тундр). Всего расчеты проведены по 8144 вариантам населения (без морских орнитокомплексов и птичьих базаров). Часть участков обследована в течение ряда лет. Для уменьшения объема анализируемых данных многолетние материалы по одним и тем же ландшафтным урочищам усреднены. В результате осталось 5812 вариантов, из них с помощью генератора случайных чисел отобрана только 1000. По ним рассчитаны коэффициенты сходства Жаккара для количественных признаков. На этой матрице выполнена факторная классификация [6]. После этого все пробы, не использованные в кластерном анализе, разнесены по таксонам в соответствии с ландшафтным сходством мест, где эти данные собраны.

Структурные графы по орнитокомплексам построены по методу [7]. Вычисления выполнены в основном с помощью пакетов PAST4 [8] и JACOBI 4 [9]. После формализованной классификации разработана концепция неоднородности орнитокомплексов, в соответствии с которой проведена идеализация разбиения. Оценка силы и общности связей, выявленных при интерпретации результатов кластерного анализа, рассчитана с помощью линейной качественной аппроксимации матриц сходства (одного из методов регрессионного анализа). Информативность связи с выявленными факторами и их сочетаниями (природно-географическими режимами) считали по подборке в 1000 проб. Значения связи по каждому фактору (режиму) по остальным подборкам из оставшихся проб можно усреднить.

Средние значения лучше соответствуют действительности, хотя они отличаются друг от друга незначительно. По ним возможен расчет статистической ошибки оценок. Все использованные методы сбора и обработки данных подробно описаны ранее [10], поэтому здесь они только перечислены. Названия видов птиц даны по «Каталогу птиц СССР» с некоторыми дополнениями [11].

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Горизонтальные ряды в итоговой классификации населения птиц Северной Евразии за первую половину лета отражают влияние региональности (особенности среды по физико-географическим странам [12]), а вертикальные — воздействие типа растительности (см. таблицу). В первый (Северо-Западный) регион (район) вошли территории европейской части бывшего СССР, а также Урал, Передняя Азия и Западная Сибирь с прилегающими островами. Второй район (Срединный сибирский) включает Среднюю и Северо-Восточную Сибирь. Третий (Северо-Восточный) — Северо-Притихоокеанскую страну. Четвертый (Юго-Восточный) регион — это Амуро-Сахалинская страна, Даурия, Прибайкалье и Забайкалье. Все регионы со второго по четвертый тоже охватывают прибрежные острова. Последний, пятый (Юго-Западный) регион включает территории Средней и Центральной Азии. Совокупность рядов в таблице образует ретикулярную классификацию [13].

Региональное деление имеет более общий и, как правило, хорологический характер в пространстве, в то время как типы растительности демонстрируют более частное, прерывистое и типологическое размещение. Поэтому для районирования выбрано региональное деление по группам физико-географических стран (рис. 1). Каждый из районов разделен на восемь типов населения птиц, сформированных на основе сходства локальных условий среды, по группам ландшафтных урочищ. Структурный граф сходства летнего населения птиц выделенных регионов в общем имеет форму прямоугольника из-за близкого сходства всех орнитокомплексов, кроме Юго-Западного района (рис. 2). Свообразны орнитокомплексы Средней и Центральной Азии. Показатели плотности населения птиц, числа фоновых видов и доли синантропов свмые высокие в западных районах, что связано с максимальной плотностью проживающего там населения и, соответственно, с количеством антропогенных кормов.

Самая низкая плотность населения птиц свойственна Срединному сибирскому региону с наиболее континентальным климатом, а число фоновых видов — Северо-Восточному. Последнее, возможно, связано с тем, что он занимает минимальную площадь в сравнении с другими районами, а в Срединном регионе — со значительной долей северных континентальных территорий с обедненными орнитокомплексами. Типичными видами следует считать: на северо-западе — зяблика, в Срединном сибирском регионе — овсянку-крошку, на северо-востоке — желтую трясогузку, на юго-востоке — седоголовую овсянку, а в Средней и Центральной Азии — индийского воробья.

По типам населения птиц граф отчасти, как и классификация в целом, тоже ретикулярен (рис. 3). Левый ряд графа представлен тремя зональными типами — равнинно-тундровым (тип населения 1), редколесно-лесным (3) и открытыми суходолами, кроме тундровых (6). Эти типы образуют ряд с севера на юг. Правый ряд состоит из отклоняющихся от зональных вариантов населения птиц гольцов (тип населения 2), открытых низинных и переходных болот (5) и верховых болот (4). Отличия от основного (левого) ряда связаны с влиянием абсолютных высот местности и заболоченности при разной трофности. Отклонения от этой двухрядной классификации обусловлены застроенностью территории (тип населения 7) и водностью (население рек и материковых водоемов — тип 8). Эти основные тренды в неоднородности орнитокомплексов коррелируют и, несомненно, определяются зональным и высотным типами растительности, заболоченностью при различной трофности болот, а также водностью и застроенностью территории.

Связь неоднородности населения птиц с типом растительности составляет 20 % дисперсии матрицы сходства 1000 отобранных проб, региональности — 6 %. Кроме того, посчитана связь изменчивости орнитокомплексов с континуальностью среды и взаимопроникновением птиц в соседние сообщества. Сила связи с этим явлением равна примерно 5 % дисперсии. Всеми тремя режимами (неразделимыми сочетаниями факторов) можно объяснить 31 % дисперсии матрицы сходства 1000 подобранных вариантов населения птиц. Таким образом, множественный коэффициент корреляции территориальной изменчивости среды и орнитокомплексов равен 0,56.

Возможности обсуждения нашей статьи ограничены, поскольку о подобных работах нам неизвестно. Имеющиеся публикации по животному населению выполнены, как правило, на растровой основе, поэтому оценки возможны лишь в плане деления на ландшафтные зоны и пояса, но только



Ретикулярная классификация летнего населения птиц Северной Евразии с указанием лидеров и плотности населения, в количестве особей/км<sup>2</sup> и числа фоновых видов

Регион	Тип растительности							
	1. Равнинные тундры и тундровые луга	2. Гольцы	3. Леса и редколесья, облесенные низинные и переходные болота	4. Верховые болота	5. Открытые низинные и переходные болота, мари	6. Открытые незаболоченные местообитания, кроме тундровых	7. Города и поселки	8. Реки и материковые водоемы
1. Северо-западный (европейская часть, Урал, Западная Сибирь, Передняя Азия)	Лапландский подорожник, желтая трясогузка, краснозобый конек, 310/40	Горный конек, varaкушка, луговой конек, 142/31	Зяблик, пухляк, теньковка, 549/9	Лесной конек, желтая трясогузка, весничка, 202/43	Желтая и желтоголовая трясогузка, барсучок, 511/90	Полевой жаворонок, желтая трясогузка, скворец, 430/83	Домовый и полевой воробей, сизый голубь, 1401/66	Береговая ласточка, лысуха, кряква, 286/40
2. Срединный сибирский (Средняя и Северо-Восточная Сибирь)	Лапландский подорожник, турухтан, плосконосый плавунчик, 166/34	Лапландский подорожник, камнешарка, пуночка, 136/16	Овсянка-крошка, зарничка, чечетка, 286/62	Варакушка, овсянка-крошка, 298/17	Буряя пеночка, овсянка-крошка, дубровник, 306/64	Полевой воробей, серебристая чайка, полевая ласточка, белый жаворонок, 433/59	Домовый воробей, сизый голубь, белопопаянский стриж, 744/31	Серебристая чайка, береговая ласточка, речная крачка, 110/24
3. Северо-Восточный (Северо-Притихоокеанская страна)	Лапландский подорожник, желтая трясогузка, чернозобик, 144/22	Желтая трясогузка, тундряная чечетка, лапландский подорожник, 295/35	Овсянка-ремез, таловка, чечевича, 432/47	?	Желтая трясогузка, сибирский конек, чернозобик, 241/19	Желтая трясогузка, краснозобый конек, лапландский подорожник, 344/27	Камчатская трясогузка, полевой воробей, охотский сверчок, 263/20	Глушыш, мөөв-ка, тихоокеанская морская чайка, 80/14
4. Юго-Восточный (от Прибайкалья до Сахалина)	–	Горный конек, альпийская завирушка, буряя пеночка, 35/10	Седоголовая овсянка, пухляк, корольковая пеночка, 325/62	?	Дубровник, желтоголовая и зеленоголовая трясогузка, 147/30	Чернобровая камышевка, полевая жаворонок, седоголовая овсянка, 295/58	Полевой и домовой воробей, сизый голубь, 700/45	Серебристая чайка, кряква, чернохвостая чайка, 86/24
5. Юго-Западный (Средняя и Центральная Азия)	–	Кеклик, гималайский вьюрок, чечевича, 160/31	Бормотушка, бледная перелидийский воробей, 964/100	–	Деревенская ласточка, ходолючник, чирок-трескун, 214/28	Индийский воробей, ходолючник, лагаты жаворонок, сизый голубь, 589/93	Домовый и полевой воробей, рогагий жаворонок, 1984/78	Малый зуек, горная и маскированная кированная трясогузка, 1574/32

Примечания. 1. Прочерком обозначено отсутствие на указанной территории соответствующего типа растительности, вопросительным знаком помечены не обследованные типы растительности. 2. Все показатели рассчитаны без учета соотношения площадей, занимаемых местообитаниями.

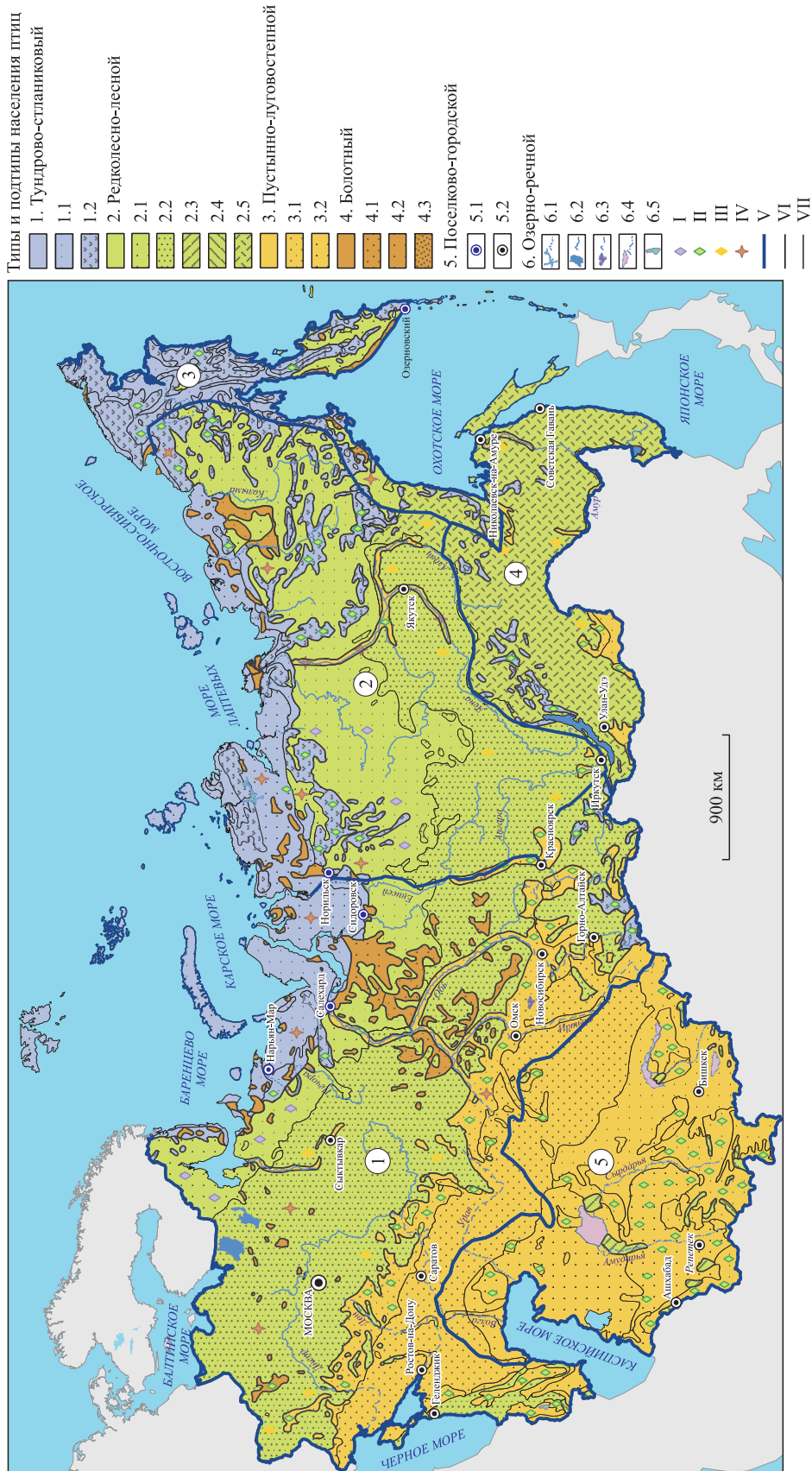


Рис. 1. Орнитогеографическое районирование Северной Евразии по населению птиц в первой половине лета (по [5] с дополнениями).

Проникновение типов населения: I — тундрово-степной, II — редколесно-лесной, III — пустынно-лугово-степной, IV — болотного. Границы: V — регионы, VI — типов, VII — подтипов населения. Арабскими цифрами в белых кружках обозначены регионы по таблице. Названия и характеристики орнитоконплексов см. в [5].

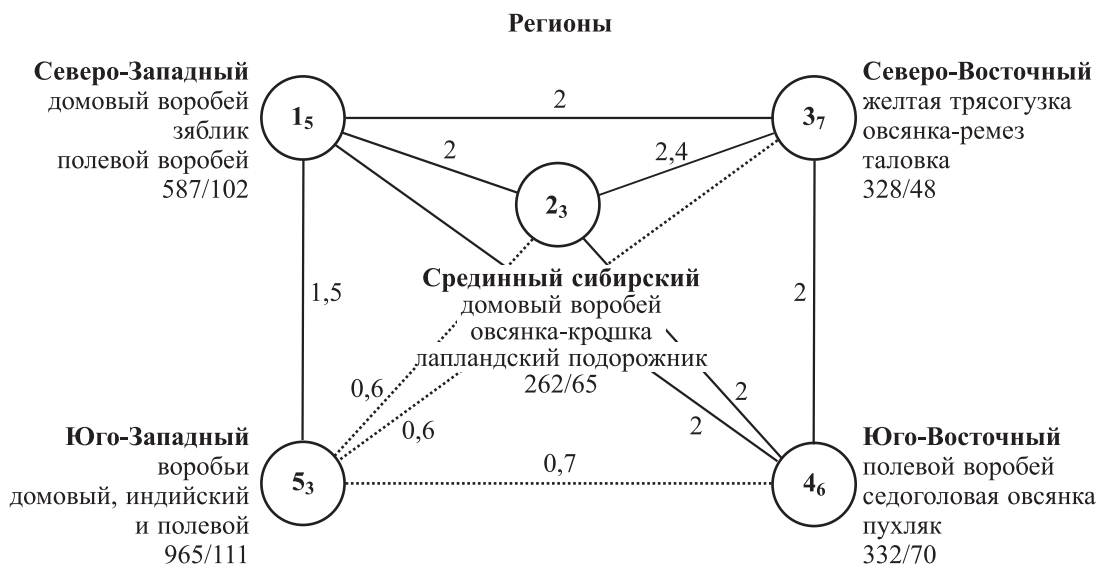


Рис. 2. Региональная структура населения птиц Северной Евразии в первой половине лета (условные обозначения к рис. 2 и 3).

Номера регионов 1–5 — см. таблицу, индекс возле номера региона (типа населения) показывает среднее сходство вошедших в него вариантов населения птиц. Сходство их по регионам (типам) показано у линиям, обозначающих связи между ними. Значимое сходство отображено сплошной линией, штриховой — дополнительная информация; стрелки направлены в сторону усиления влияния фактора среды, коррелирующего с трендом. Нулевым значением обозначено сходство в таксоне, представленном одним вариантом. Рядом с названием региона (типа населения) приведены лидеры, через косую черту показаны плотность населения (особей на 1 км<sup>2</sup>) и число фоновых видов, обилие которых больше или равно 1 особь/км<sup>2</sup>.

в относительно грубом приближении из-за значительной площади квадратов при сборе данных. Ряд других исследований проведен без учета численности животных, т. е. только по фауне, а если и с использованием информации по обилию, то на меньших площадях или в отдельных регионах. Анализ орнитофауны был проведен неоднократно. В последние десятилетия орнитологами существенно уточнены ареалы многих видов, поэтому для сравнения с настоящей работой может быть использована лишь наша публикация [1]. Сопоставление показало значительное сходство границ подобластей, выделенных по орнитофауне, и распределения типов населения птиц. По фауне птиц результаты районирования детальнее за счет разделения островных и материковых тундровых территорий, вследствие лучшей изученности фауны полярных островов по сравнению с их орнитокомплексами. По орнитофауне это разные, хотя и соседние подобласти, по сообществам птиц они включены в единый тип.

К гольцово-подгольцовой орнитофаунистической подобласти отнесены не только гольцы, но и подгольцовье. Орнитокомплексы подгольцовья включены в редколесно-лесной тип. К температурной подобласти, занимающей территорию от лесотундры до полупустынь, близко, по сути, распространение редколесно-лесного типа сообществ. Орнитофаунистическая совокупность отличается большей типологичностью и выделением границ по зонам и подзонам в целом, в то время как границы типов населения проведены по приуроченности птиц к определенным ландшафтными урочищам. Муссонная подобласть по фауне очень близка к Юго-Восточному населенческому региону, но отличается отнесением к нему более западной территории до Прибайкалья включительно. По орнитофауне эта граница с востока доходит только до Уссурийского края. Пустынная подобласть совпадает с Юго-Западным регионом. В обоих случаях это территория Средней и Центральной Азии. Водно-околоводные сообщества птиц отнесены к одному типу, а по фауне материковые водоемы и реки объединены с орнитокомплексами неполярных островов.

Таким образом, результаты орнитофаунистического и населенческого районирования сравнительно сходны, хотя границы подобластей и территорий, занимаемых типами населения птиц, не совпадают локально или за счет различий в дробности и ранге разделения. В целом это связано с лучшей изученностью фауны по сравнению с орнитокомплексами. Однако характеристики населения обладают большей экологической детальностью и информативностью, что позволяет выделять застроенные, заболоченные и водно-околоводные типы орнитокомплексов, в то время как по фауне это лишь внутрорегиональные подразделения.

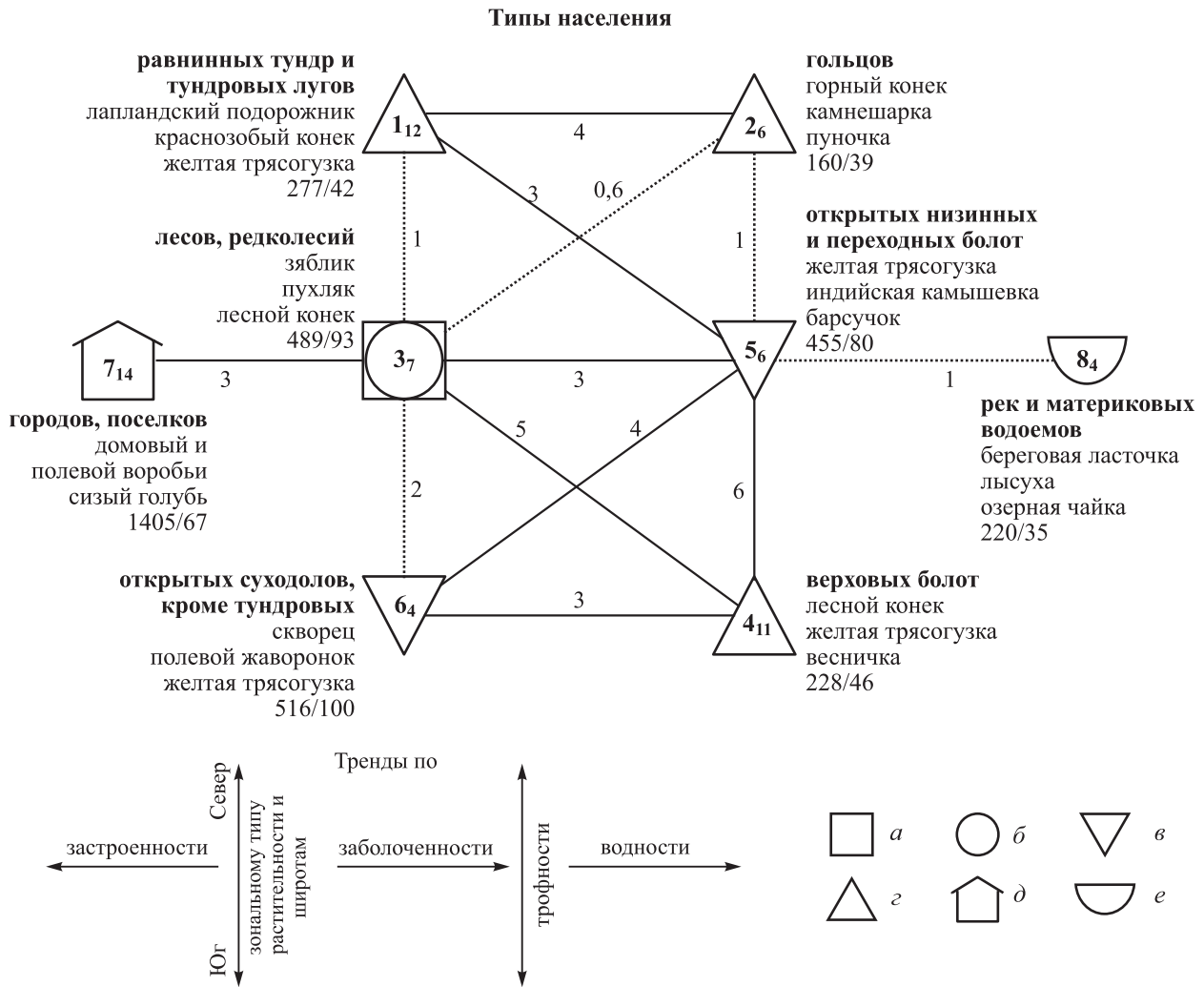


Рис. 3. Пространственно-типологическая структура населения птиц Северной Евразии в первой половине лета.

По типам населения: *a* — лесов, *б* — редколесий, *в* — богатых открытых места обитаний, *з* — бедных, *д* — застроенных, *е* — водно-околоводных. Внутри этих фигур — номера типов населения (1–8) с коэффициентом их сходства, показанным нижним индексом. Сплошные линии между фигурами — значимые (сверхпороговые) связи, пунктирные — незначимые (дополнительные). Рядом с названием типа приведены лидеры, через косую черту показаны плотность населения (особей на 1 км<sup>2</sup>) и число фоновых видов, обилие которых больше или равно 1 особи/км<sup>2</sup>.

А.П. Кузякин разделил всю территорию СССР по ландшафтному принципу в широтном плане на зоны и в долготном — на ландшафтные районы. Он считал, что «особых зоогеографических границ нет. Они во всех случаях будут совпадать с границами соответственных зон, районов и ландшафтов» [14, с. 49]. Результаты формализованного статистического анализа по разным группам животных показали несоответствие этих границ друг другу. Однако, скорее всего, дело в различиях, поставленных при районировании задач. А.П. Кузякин преследовал не столько гносеологические, сколько дидактические цели, умышленно упрощая обобщение для облегчения восприятия, а мы стремились к детализации представлений. Статистические оценки информативности различий по результатам изучения исследованной части Северной Евразии в целом пока невозможны из-за недостаточной подробности сбора материала как в фаунистическом, так и в населенческом отношении.

Биомное районирование [15–17] почти совпадает с нашим делением на типы населения птиц с объяснением различий в растительности. Разница только в отделении при дифференциации орнитокомплексов широколиственных лесов от редколесно-лесных и озерного биома — от речного. Последний в [16] не дифференцирован. Мы, в свою очередь, не выделяли в качестве типа населения орни-



токомплексы приокеанических лугов. Если не учитывать указанные различия и разделить леса и редколесья на широколиственные и прочие, то результаты аппроксимации населения птиц почти совпадают, составляя 24,6 и 25,3 % дисперсии сходства оценок по биомам и по нашей соответственно. После округления они абсолютно одинаковы, но разделение на типы орнитокомплексов выполнено только по сходству населения птиц и объясняется лишь корреляцией с типами растительности. Деление в публикациях [15, 16], с нашей точки зрения, проведено в основном по растительности, а по животному миру было сугубо умозрительным. Тем не менее оценки связи изменчивости среды и неоднородности орнитокомплексов совпадают.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Обобщение информации по территориальной изменчивости летнего населения птиц Северной Евразии (в границах СССР 1990 г.) с помощью географического районирования можно считать успешным, хотя дисперсия матрицы сходства орнитокомплексов набором выявленных факторов и природных режимов аппроксимирует всего треть неоднородности орнитокомплексов (множественный коэффициент корреляции — 0,56). Две трети дисперсии связать с какими-либо условиями среды не удалось. Часть этих отличий, возможно, определяют годовые колебания численности птиц, индивидуальные особенности учетчиков и детали методов учета, которыми они пользовались. Кроме того, несомненно, влияют и локальные различия биотопов, которые приняты типологически одинаковыми, и некоторая специфика мест обитания в части заметности и поведения в них птиц.

При кластерной агрегации данных использованы четыре эффективных приема улучшения классификации: 1 — элиминация усреднением связей, не обеспеченных достаточным количеством информации; 2 — анализ на подвыборках, полученных генератором случайных чисел; 3 — последующая аналоговая экстраполяция — разнесение проб, оставшихся вне подвыборки по таксонам классификации; 4 — идеализация полученных структурных представлений.

Прослежено принципиальное сходство результатов районирования по орнитофауне и населению птиц при некоторых различиях местоположения границ классификационных таксонов.

Редкой удачей можно считать совпадение результатов умозрительного районирования исследованной территории по биомам (в основном по растительности) и типам орнитокомплексов, выделенным с помощью кластерного анализа. Это в принципе подтверждает объективность выполненного районирования в обоих случаях.

*Исследования, послужившие основой для написания данной статьи, проведены по программ ФНИ государственных академий на 2021–2025 гг. (проект FWGS-2021-0002).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинова Т.К., Равкин Ю.С. Орнитофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. — 2008. — С. 101–121.
2. Воробьев В.В., Белов А.В., Богоявленский Б.А., Михеев В.С., Никульников Ю.С. Комплексное эколого-географическое картографирование: сущность, принципы и основные проблемы развития // Эколого-географическое картографирование и районирование Сибири. — Новосибирск: Наука, 1990. — С. 20–37.
3. Ишмуратов Б.М. Районирование в системе методов оптимизации природопользования // Эколого-географическое картографирование и районирование Сибири. — Новосибирск: Наука, 1990. — С. 5–20.
4. Равкин Ю.С., Ефимов В.М. Банк данных по численности и распределению животных в пределах бывшего СССР // Формирование баз данных по биоразнообразию — опыт, проблемы, решения: Материалы Международ. науч.-практ. конференции. — Барнаул, 2009. — С. 205–214.
5. Равкин Ю.С., Цыбулин С.М., Ананин А.А., Ивлиев В.Г., Железнова Т.К., Вартапетов Л.Г., Юдкин В.А., Жуков В.С., Преображенская Е.С., Стишов М.С., Торопов К.В., Равкин Е.С., Богомолова И.Н., Чеснокова С.В., Лялина М.И. Эколого-географическая организация и структура летнего населения птиц Северной Евразии // Журн. общ. биологии. — 2022. — Т. 83, № 4. — С. 302–320. — DOI: 10.31857/S00044459622040066
6. Трофимов В.А. Качественный факторный анализ матриц связи в пространстве разбиений со структурой // Модели агрегирования социально-экономической информации. — Новосибирск, 1976. — С. 24–36.
7. Куперштох В.Л., Трофимов В.А. Автоматическое выявление макроструктуры системы // Проблемы анализа дискретной информации. — Новосибирск, 1975. — Ч. 1. — С. 67–83.
8. Hammer Ø., Harper D.A.T., Ryan P.D. PAST: Paleontological statistics software package for education and data analysis // Palaeontological Electronica. — 2001. — Vol. 4, N 1. — P. 1–9.

9. **Polunin D., Shtaiher I., Efimov V.** JACOBI4 software for multivariate analysis of biological data [Электронный ресурс]. — <https://www.biorxiv.org/content/-10.1101/803684v1.full.pdf> (дата обращения 20.05.2023).
10. **Равкин Ю.С., Ливанов С.Г.** Факторная зоогеография. — Новосибирск: Наука, 2008. — 205 с.
11. **Иванов А.И.** Каталог птиц СССР. — Л.: Наука, 1976. — 275 с.
12. **Атлас СССР** / Под ред. В.В. Точенова. — М.: ГУГК, 1983. — 260 с.
13. **Любищев А.А.** Дисперсионный анализ в биологии. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. — 200 с.
14. **Кузякин А.П.** Зоогеография СССР // Уч. зап. Моск. обл. пед. ин-та им. Н.К. Крупской. — 1962. — Т. 109. — С. 3–182.
15. **Udwardi M.D.F.** A classification of the biogeographical provinces of the world // International Union for Conservation of Nature and Natural Resources Occasional Papers. — 1975. — N 18. — P. 1–48.
16. **Воронов А.Г., Кучерук В.В.** Биотическое разнообразие Палеарктики: проблемы изучения и охраны // Биосферные заповедники: Труды I сов.-амер. симпозиума. СССР (5–17 мая 1975 г.). — Л.: Гидрометеиздат, 1977. — С. 7–20.
17. **Кучерук В.В.** Избранные труды. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2006. — 523 с.

*Поступила в редакцию 11.06.2023*

*После доработки 13.06.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

---

Ю.С. МАЛЫШЕВ, В.А. ПРЕЛОВСКИЙ

Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, biomgeo@irigs.irk.ru, amadeo81@mail.ru

## ТЕРИОГЕОГРАФИЧЕСКОЕ РАЙОНИРОВАНИЕ БАЙКАЛЬСКОЙ СИБИРИ

*Несмотря на длительность изучения териофауны Байкальской Сибири, работ по проведению териогеографического районирования территории не было. Имеющиеся на данный момент варианты районирования всей страны не учитывают специфику региональной дифференциации населения млекопитающих, а само деление проводится только на уровне высоких рангов (области, провинции и пр.). Основанием для проведения исследования послужили накопленные многочисленные материалы по распространению 101 аборигенного вида млекопитающих, относящихся к шести отрядам, позволяющие выявить особенности пространственной неоднородности териофауны региона. Представленная схема териогеографического районирования Байкальской Сибири позволяет проводить подробный анализ, нацеленный на отражение особенностей дифференциации регионального разнообразия фауны и структуры населения млекопитающих, а также их генезиса с учетом ландшафтно-зональных особенностей территории. Сложность районирования столь обширных территорий связана с тем, что на конечный результат влияют слабая изученность отдаленных и труднодоступных районов, значительная антропогенная нарушенность староосвоенных районов, инвазии чужеродных видов, изменения границ ареалов аборигенных видов млекопитающих, а также таксономические ревизии последних лет. Путем сравнения степени сходства сообществ млекопитающих по видовому составу с использованием коэффициента Жаккара было выделено 10 разных по протяженности и ландшафтному разнообразию териогеографических округов. Выделение районов связано с тем, что данная территория в значительной степени отличается от округа своим ландшафтным обликом и специфическим составом териофауны. В изменении видового разнообразия млекопитающих четко прослеживается снижение показателя с юга на север региона, что обусловлено усилением суровости климата и снижением ландшафтного разнообразия территории. Карта выполнена в м-бе 1:11 000 000 и включает 16 выделов в основном слое. Териогеографическое районирование следует рассматривать как этапное обобщение в области воссоздания фауногенеза и филогеографических построений.*

**Ключевые слова:** зоогеография, фауна, млекопитающие, коэффициент Жаккара, факторы, видовое разнообразие.

Yu.S. MALYSHEV, V.A. PRELOVSKY

V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, biomgeo@irigs.irk.ru, amadeo81@mail.ru

## THERIOGEOGRAPHICAL ZONING OF BAIKAL SIBERIA

*In spite of the fact that the theriofauna of Baikal Siberia has long been studied, there was no work on the conduct of the-riogeographic zoning of the territory. The currently available options for zoning the entire country do not take into account the specifics of the regional differentiation of the mammalian population, and the division itself is carried out only at the level of high ranks (regions, provinces, etc.). The basis for the study was provided by accumulated numerous data on the distribution of 101 native species of mammals belonging to six orders, making it possible to identify the features of spatial heterogeneity of the theriofauna of the region. The scheme of the teriogeographic zoning of Baikal Siberia presented in this paper permits a detailed analysis aimed at reflecting the features of differentiation of the regional diversity of fauna and the structure of the mammalian population as well as their genesis, taking into account the landscape-zonal features of the territory. The complexity of zoning such vast territories is due to the fact that the final result is influenced by poor knowledge of remote and hard-to-reach areas, a significant anthropogenic disturbance of old-developed areas, invasions of alien species, changes in the boundaries of native mammal species as well as taxonomic revisions of recent years. By comparing the degree of similarity of mammalian communities by species composition using the Jacquard coefficient, 10 theriogeographical districts of different extent and landscape diversity were identified. The identification of districts is due to the fact that this territory largely differs from the district in its landscape appearance and the specific composition of the theriofauna. A change in the species diversity of mammals clearly shows a decrease in the indicator from the south to the north of the region, which is due to the increased severity of the climate and a decrease in the landscape diversity of the territory. The map is made at a scale of 1:11 000 000 and includes 16 map units in the main layer. Teriogeographical zoning should be considered as a step-by-step generalization in the field of reconstructing faunogenesis and phylogeographical constructions.*

**Keywords:** zoogeography, fauna, mammals, Jacquard coefficient, factors, species diversity.

## ВВЕДЕНИЕ

Зоогеографическое районирование является неотъемлемой частью фауногенетического и фаунистического регионального анализа. Этапное обобщение накопленной зоологической информации позволяет выстраивать версии о путях и истории становления фаун в разных секторах анализируемой территории. Оно дает основу для решения широкого круга вопросов в сфере планирования и реализации мероприятий по сохранению биоразнообразия, разработке региональных схем охраны природы, оценки экологического состояния территории и т. д. Являясь важным инструментом оценки состояния и мониторинга, оно обеспечивает пространственную «матрицу», отражающую реальную дифференциацию фаун и животного населения на региональном уровне. Совокупность же крупнорегиональных обобщений с выходом на материковый и планетарный уровни в большей мере оказывает влияние уже на развитие общетеоретических основ зоогеографии, осмысление фауногенеза в историческом представлении.

Имеющиеся на данный момент варианты териогеографического районирования территории Северной Евразии, СССР и России [1–3] малопригодны для регионального анализа, поскольку чаще всего в них приводится деление только на высокие ранги (области, провинции и пр.), при этом одна область или провинция может занимать значительную часть страны. Байкальская Сибирь охватывает территорию Иркутской области, Республики Бурятия и Забайкальского края общей площадью 1 550 700 км<sup>2</sup> (9 % от территории РФ), протяженность как с севера на юг, так и с запада на восток составляет почти по 1500 км. Поэтому для столь обширной территории требуется более детальная и дробная схема районирования, позволяющая проводить подробный анализ, нацеленный на отражение особенностей дифференциации регионального разнообразия фауны и структуры населения млекопитающих, а также их генезиса.

По мнению О.Л. Крыжановского [4], схема зоогеографического районирования служит прежде всего для упорядочения, хранения и поиска информации, потому разграничение регионов и их характеристики должны быть такими, чтобы районирование выполняло все эти функции и обеспечивало максимально легкий информационный поиск [5]. Исходя из этого, целью проведения териогеографического районирования Байкальской Сибири было выявление пространственной неоднородности населения млекопитающих, позволяющее исследователю оперативно получить характеристику териофауны на уровне округов. К основным задачам исследования относились: обобщение накопленной информации о распространении млекопитающих в регионе, составление фаунистических списков, анализ сходства и различия фаун, выделение округов на ландшафтно-зональной основе, ГИС-картографирование.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Одним из традиционных направлений и результатов фаунистических исследований является зоогеографическое районирование, которое имеет достаточно длительную историю развития [6–9]. Большинство исследователей традиционно используют два противоположных подхода — фауногенетический или ландшафтно-зональный. В своей работе Ю.И. Чернов [9] более подробно разобрал сильные и слабые стороны обоих подходов и пришел к выводу, что при подробном зоогеографическом районировании требуется обоснованный синтез историко-регионального и зонально-типологического подходов. Каждый из них несет в себе некоторое содержание дополнительного к нему подхода и для достижения наибольшей эффективности необходимо сочетать их на взаимодополнительной основе. Поэтому большинство зоогеографов считают, что при выделении регионов высокого ранга (царства, подцарства, области) нужно обязательно учитывать исторический фактор (этапы эволюции фаун), а при выделении более дробных единиц (провинции, округа, районы) требуется учет ландшафтно-зональных особенностей территории [5]. Данный компромисс позволяет хотя и условно, но довольно наглядно провести районирование территории. В связи с этим следует согласиться с выводами Ф.Б. Чернявского [8] и Е.А. Шварца [10] о непродуктивности попыток заменить один подход другим.

При широкомасштабном териогеографическом районировании региональные особенности дифференциации населения млекопитающих практически затушевываются, и создается впечатление об однородности фауны на значительном протяжении Сибири (подробнее в обзорных статьях [6, 9]). В то же время более детальных схем районирования, охватывающих территорию Байкальской Сибири, до настоящего времени не существовало. Имеется лишь схема териогеографического районирования с частичным охватом территории, предложенная Ю.Г. Швецовым с соавторами [11], целью которой был анализ локальных фаун.



Уровень изученности фауны и населения анализируемой территории является краеугольным вопросом в создании и корректировке схем териогеографического районирования, во многом определяя их обоснованность и достижимую степень детальности. Несмотря на довольно длительную историю исследований, фауна и структура населения млекопитающих региона изучены недостаточно подробно вследствие масштабов территории и сложного рельефа, отсутствия транспортной инфраструктуры, а также из-за малого числа специалистов. Кроме того, фаунистические находки и таксономические ревизии последних лет несколько затрудняют териогеографический анализ, ориентированный на районирование. Существенно усложняют процесс объективного анализа и интерпретации имеющихся фактов значительная хозяйственная преобразованность территории, инвазии чужеродных видов и изменения границ ареалов у аборигенных видов.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В практике большинства специалистов зоогеографическое районирование основано на первичном анализе ландшафтной структуры территории, а информация о фаунистическом составе играет второстепенную роль. В этом случае ландшафтно-зональный подход выступает в качестве индикаторной матрицы для проведения границ выделов и определения иерархического статуса выделенных единиц районирования. Недостаточная изученность териофауны и населения млекопитающих приводит к излишнему масштабному использованию пространственного прогнозирования (экстра- и интерполяции имеющихся сведений на территории ими не обеспеченные), что чревато появлением характеристик, не соответствующих действительности [12]. Поэтому на каждом шаге обобщения в форме районирования по мере накопления материалов оно должно формироваться соответственно этапу территориальной изученности фауны и животного населения.

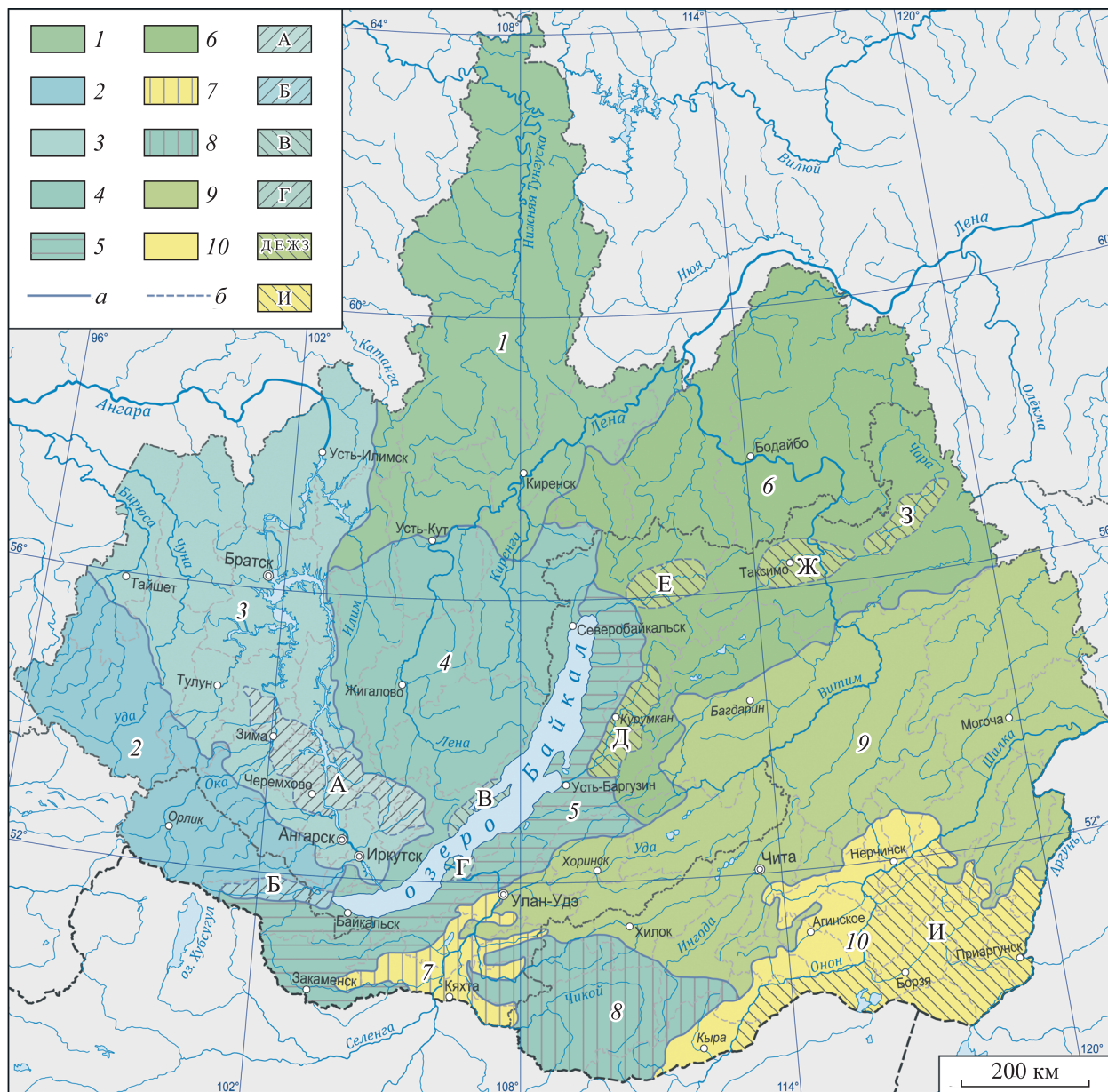
Дробность териогеографического районирования тесно связана с «рисунком ландшафта» и, соответственно, с дифференциацией териофауны и населения млекопитающих. В этом случае большую информацию несут нижние единицы районирования — провинции, округа, районы. Териогеографические округа охватывают значительные по площади территории, а их неравнозначность связана со спецификой географической среды, в которую они «вписаны», с наличием биогеографических барьеров и их пространственных масштабов, палеогеографической историей развития, удаленностью от центров и векторов расселения представителей разных таксонов животных.

Выделение более дробных единиц — районов — оправдано в том случае, если данная территория в значительной степени отличается от округа своим ландшафтным обликом и специфическим составом териофауны, занимая лишь незначительную часть его площади. Наряду с особенностями пространственной структуры и организацией ландшафтов Байкальской Сибири, нами дополнительно учитывалось деление на высоко-, средне-, низкогорные и равнинные территории, что более полно отображает специфику фауны и животного населения на уровне териогеографических округов.

Поскольку териогеографическое районирование не может быть чисто фаунистическим, но должно нести нагрузку относительно и структуры животного населения [13], и динамики состояния и продуктивности видовых популяций, оно неминуемо должно подтягиваться к реальному членению географической оболочки. Низшие подразделения ранга районов должны максимально соотноситься с популяционным расчленением видовых ареалов. Практика показывает, что в некоторых районах при явном сходстве видового состава фауны структура животного населения может существенно различаться (например, структура населения мелких млекопитающих Верхнечарской котловины [14]), что связано с особенностями среды обитания и предысторией формирования местных сообществ животных, а также просматривается и их состояние в перспективе, учитывая трансформацию среды обитания. Поэтому при районировании необходимо уделять внимание данным о структуре населения животных.

В настоящее время нами собраны сведения о постоянном обитании в пределах Байкальской Сибири 109 видов млекопитающих, относящихся к шести отрядам: насекомоядные — 12, рукокрылые — 11, зайцеобразные — 9, грызуны — 46, хищные — 20, парнокопытные — 11. В анализ не вошли девять чужеродных видов: заяц-русак (*Lepus europaeus*), обыкновенный бобр (*Castor fiber*), ондатра (*Ondatra zibethicus*), восточноевропейская полевка (*Microtus rossiaemeridionalis*), домовая мышь (*Mus musculus*), серая крыса (*Rattus norvegicus*) (кроме их исторических ареалов в Забайкалье), черная крыса (*R. rattus*), американская норка (*Neovison vison*), пятнистый олень (*Cervus nippon*), а также эндемик оз. Байкал — байкальская нерпа (*Pusa sibirica*).

На основании собранных материалов по распространению млекопитающих на территории Байкальской Сибири было проведено териогеографическое районирование с учетом ландшафтно-зональных особенностей территории, позволяющее выявить особенности формирования столь сложного в зоогеографическом плане региона (см. рисунок). Карта «Териогеографическое районирование Байкальской Сибири» выполнена в м-бе 1:11 000 000 и включает 16 выделов в основном слое. В качестве топоосновы использовалась общегеографическая карта в том же масштабе, построенная в конической равновеликой проекции, где осевой меридиан — 108° в. д., стандартные параллели — на 48° и 60° с. ш.



Териогеографическое районирование Байкальской Сибири.

Округа: 1 — Тунгусский равнинно-таежный, 2 — Саянский горно-таежный, 3 — Ангарский равнинно-таежный, 4 — Ленский горно-таежный, 5 — Восточно-Прибайкальский горно-таежный, 6 — Северо-Забайкальский горно-котловинно-таежный, 7 — Селенгинский равнинно-степной, 8 — Чикойский горно-таежный, 9 — Витимский горно-таежный, 10 — Даурский равнинно-степной. Районы: А — Черемховский, В — Тункинский, Б — Ольхонский, Г — Селенгинский, Д — Баргузинский, Е — Верхнеангарский, Ж — Муйский, З — Чарский, И — Борзинский. Границы: а — округов, б — районов.

Дополнительно на основу нанесены гидрографическая сеть, населенные пункты, государственные и административно-территориальные границы регионов, значительно облегчающие чтение карты. Цвета и штриховка выделов подбирались произвольно, чтобы отличались друг от друга. Названия округов и районов давались по крупным географическим объектам — рекам, горным массивам или по исторически сложившимся названиям местностей.

На первом этапе территория исследования была поделена на условных 13 округов, которые после составления фаунистических списков и определения степени сходства сообществ млекопитающих по видовому составу с использованием коэффициента Жаккара были объединены до 10 округов. В изменении видового разнообразия млекопитающих четко прослеживается снижение показателя с юга на север региона от 68 видов в Даурском равнинно-степном округе до 45 видов в Тунгусском равнинно-таежном округе (см. таблицу), что связано с усилением суровости климата и снижением ландшафтного разнообразия территории Байкальской Сибири.

Несмотря на обширность территории, Тунгусский равнинно-таежный округ представлен самым низким видовым составом. Большинство видов относится к широко распространенным представителям таежной фауны (красная (*Clethrionomus rutilus*) и красно-серая (*Cl. rufocanus*) полевки, заяц-беляк (*Lepus timidus*), обыкновенная белка (*Sciurus vulgaris*), бурый медведь (*Ursus arctos*), северный олень (*Rangifer tarandus*) и др.). В то же время сюда не проникает целый ряд видов рукокрылых (Chiroptera), азиатский барсук (*Meles leucurus*) и пр. [1] или проникли совсем недавно в результате хозяйственной деятельности человека — благородный олень (*Cervus elaphus*). Саянский горно-таежный округ в значительной степени отличается от других округов высоким видовым разнообразием и наличием ряда высокогорных (ирбис (*Uncia uncia*), сибирский козел (*Capra sibirica*), архар (*Ovis ammon*) и др.) и таежных видов (европейская рыжая полевка (*Clethrionomys glareolus*)), встречающихся только здесь.

Южный макросклон нагорья Мунку-Сардык играет роль зоогеографического барьера для представителей Сахаро-Гобийской степной подобласти, из которых только длиннохвостый суслик (*Spermophilus undulatus*) смог расселиться по остепненным участкам Тункинской долины, а ряд других видов изредка проникают или ограниченно присутствуют лишь только в Мондинской котловине [15].

Ангарский равнинно-таежный округ имеет тесную историческую связь с такими видами западно-палеарктического распространения, как обыкновенная бурозубка (*Sorex araneus*), малая бурозубка (*Sorex minutus*), лесная мышовка (*Sicista betulina*), темная полевка (*Microtus agrestis*) и др., а общий фаунистический облик представлен широко распространенными таежными видами. В этом округе выделяется Черемховский лесостепной район с локально распространенными степными видами: барабинский хомячок (*Cricetulus barabensis*), степная мышовка (*Sicista subtilis*), длиннохвостый суслик, степной хорь (*Mustela eversmaii*). Ленский горно-таежный округ занимает значительную часть бассейна одноименной реки. Здесь, по всей видимости, находятся оптимумы ареалов у соболя (*Martes zibellina*), кабарги сибирской (*Moschus moschiferus*), а по остепненным участкам в долинах рек проникают степные виды (барабинский хомячок, длиннохвостый суслик, степной хорь). В данном районе был выделен Ольхонский район, где степные ландшафты преобладают над таежными, вследствие чего население млекопитающих имеет довольно специфический облик из представителей таежной и степной териофауны [11, 14]. Только здесь водится узколокальный эндемик — ольхонская полевка (*Alti-*

Представленность отрядов млекопитающих в зоогеографических округах

Отряды	Зоогеографические округа									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	Количество видов									
Насекомоядные ( <i>Insectivora</i> )	10	9	10	10	10	9	8	7	9	8
Рукокрылые ( <i>Chiroptera</i> )	3	7	8	7	7	7	9	7	10	9
Зайцеобразные ( <i>Lagomorpha</i> )	3	3	3	3	2	3	3	2	3	5
Грызуны ( <i>Rodentia</i> )	13	18	17	16	15	14	18	13	15	27
Хищные ( <i>Carnivora</i> )	12	16	13	11	12	12	13	14	13	15
Парнокопытные ( <i>Artiodactyla</i> )	4	8	5	6	6	5	3	5	6	4
Всего видов	45	61	56	53	52	50	54	48	56	68

Примечание. Округа 1–10 — см. рисунок.



*cola olchonensis*), широко распространены барабинский хомячок, узкочерепная полевка (*Lasiopodomys gregalis*), длиннохвостый суслик и степной хорь. Население млекопитающих Восточно-Прибайкальского горно-таежного округа представлено типичными для региона таежными видами, отсутствуют виды высокогорной фауны за исключением большеухой полевки (*Alticola macrotis*), а у сибирского крота (*Talpa altaica*) проходит юго-восточная граница ареала. Для этого округа выделен Селенгинский район в силу специфических условий обитания млекопитающих и упрощенного видового состава [11, 14]. В районе, напротив, отсутствует большинство таежных видов, а из мелких млекопитающих доминирует восточная полевка (*Microtus fortis*).

Северо-Забайкальский горно-котловинно-таежный округ отличается наиболее сложными условиями обитания в силу суровых природно-климатических условий, сдерживающих проникновение многих видов млекопитающих на северо-восток. Только в этом округе встречаются муйская полевка (*Microtus mujanensis*), лемминговая полевка (*Alticola lemminus*) и снежный баран (*Ovis nivicola*). В отдельные районы выделены территории Верхнеангарской, Муйской, Чарской и Баргузинской котловин, отличающихся структурой населения и видовым разнообразием от общего облика округа [14].

Связанные исторически с развитием Сахаро-Гобийской степной подобласти Селенгинский и Даурский равнинно-степные округа показывают высокое видовое разнообразие млекопитающих, значительная часть которых находится на северных пределах распространения: даурский еж (*Hemiechinus dauuricus*), маньчжурская белозубка (*Crocidura shantungensis*), степная ночница (*Myotis aurascens*), хомячок Кэмпбелла (*Phodopus campbelli*), корсак (*Vulpes corsac*), манул (*Otocolobus manul*), дзерен (*Procapra gutturosa*) и пр.). Несмотря на их общее сходство, Даурский степной округ отличается более высоким видовым разнообразием (см. таблицу) и большим числом представителей степных видов, обитающих только здесь: пищуха Хоффманна (*Ochotona hoffmanni*), цокоры: забайкальский (*Myosplax asplax*), Арманда (*M. armandi*) и маньчжурский (*M. psilurus*), полевка Брандта (*Lasiopodomys brandtii*), монгольская полевка (*Microtus mongolicus*) и пр. Только в Селенгинском округе встречаются длиннохвостый хомячок (*Cricetulus longicaudatus*) и китайская полевка (*Lasiopodomys mandarinus*).

В фаунистическом плане население млекопитающих Даурского округа весьма неоднородно, что особенно четко прослеживается в распространении мелких млекопитающих. Руслу рек Шилка и Онон являются зоогеографическим барьером для распространения ряда петрофильных пищух и ксерофильных грызунов [16]. Так, к числу степных видов, широко распространенных по обеим сторонам от рек Шилка и Онон на территории округа, относятся даурский еж, тушканчик-прыгун (*Allactaga sibirica*), монгольский сурок (*Marmota sibirica*), монгольская полевка, даурская пищуха (*Ochotona dauurica*), барабинский хомячок и полевка Брандта. В свою очередь северные границы ареалов степной ночницы, восточного кожана (*Vespertilio sinensis*), монгольской песчанки (*Meriones unguiculatus*), маньчжурского цокора и цокора Арманда, восточной полевки, хомячка Кэмпбелла, даурского суслика (*Spermophilus dauricus*) не пересекают русла данных рек. Реки Шилка и Онон являются также барьером для петрофильных таежных видов рода *Ochotona*, где на их левых берегах обитает северная пищуха (*Ochotona hyperborea*), а на правом берегу обитают два других вида — маньчжурская пищуха (*Ochotona manchurica*) и пищуха Хоффмана [16]. На основании данного анализа был выделен Борзинский район, отличающийся высоким видовым разнообразием степных видов (см. рисунок).

Зажатый между степными округами Чикойский горно-таежный округ характеризуется невысоким видовым разнообразием, отсутствием представителей высокогорной териофауны за исключением большеухой полевки. Отсеченный с севера горными грядями, а с юга монгольскими степями, он характеризуется набором сугубо таежных видов млекопитающих, превосходя лишь только Тунгусский таежный округ (см. таблицу). Витимский горно-таежный округ отличается от большинства таежных округов наличием восточноазиатских представителей млекопитающих (восточная полевка, полевка Максимовича (*Microtus maximowiczii*)) и отсутствием центральноазиатских степных и западнопалеарктических таежных видов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Териогеографическое районирование следует рассматривать как этапное обобщение, ситуационную фиксацию накопленной отраслевой информации, шаги в направлении к динамической биогеографии, зоогеографии, обобщений в области воссоздания фауногенеза и филогеографическим построениям (в том числе и на уровне сообществ). Каждое такое обобщение дает импульс к планированию очередных этапов полевых исследований. Совершенно необоснованно отрывать зоогеографическое



районирование от физико-географических оснований, сводя его к процедуре сравнения состава фаун, тем более на основании сходства и т. п. Такие процедуры могут проводиться в качестве надстройки как самостоятельная линия анализа.

В настоящее время сформировались все условия для выхода на новые обобщения в сфере познания организации фауны и животного населения Сибири, в том числе и в форме териогеографического районирования. Препятствием на этом пути выступает неполнота и малодоступность накопленной информации. Схождение интересов фундаментальных и прикладных исследований склоняет к постановке и решению вопроса создания информационной системы многоцелевого использования [12]. Региональные базы данных и проработки на их основе должны стать основанием региональных обобщений, поскольку именно на уровне регионов возможно максимально полное отражение накопленной информации в более крупном пространственном (картографическом) разрешении.

*Работа выполнена в рамках государственного задания (АААА–А21–121012190059–5).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кузнецов Б.А. Очерк зоогеографического районирования СССР. — М.: Изд-во Моск. о-ва испытателей природы, 1950. — 176 с.
2. Мекаев Ю.А. Зоогеографические комплексы Евразии — Л.: Наука, 1987. — 126 с.
3. Равкин Ю.С., Богомолова И.Н., Николаева О.Н. Териофаунистическое районирование Северной Евразии // Сиб. экол. журн. — 2013. — Т. 20, № 1. — С. 111–121.
4. Крыжановский О.Л. Принципы единого зоогеографического районирования суши на основе распространения наземных беспозвоночных // Журнал общей биологии. — 1987. — Т. 48, № 1. — С. 66–71.
5. Лопатин И.К. Зоогеография. — Минск: Вышэйшая школа, 1989. — 318 с.
6. Кучерук В.В. Опыт анализа развития взглядов русских зоогеографов на расчленение Палеарктики // Основные проблемы териологии. — 1972. — Т. 48. — С. 150–176. (Труды Моск. о-ва испытателей природы).
7. Тупикова Н.В., Кучерук В.В., Кулик И.Л. Териогеография // Териология в СССР. — М.: Наука, 1984. — С. 74–107.
8. Чернявский Ф.Б. Млекопитающие крайнего северо-востока Сибири. — М.: Наука, 1984. — 389 с.
9. Чернов Ю.И. Экология и биогеография: Избранные работы. — М.: Тов-во науч. изд. «КМК», 2008. — 580 с.
10. Шварц Е.А. Формирование фауны мелких грызунов и насекомоядных таежной Евразии // Фауна и экология грызунов. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1989. — Вып. 17. — С. 115–143.
11. Швецов Ю.Г., Смирнов М.Н., Монахов Г.И. Млекопитающие бассейна озера Байкал. — Новосибирск: Наука, 1984. — 358 с.
12. Мальшев Ю.С., Преловский В.А. Пространственное прогнозирование в зоогеографии: проблемы, методические основы и информационные ресурсы // География и природ. ресурсы. — 2010. — № 3. — С. 125–132.
13. Энциклопедический словарь географических терминов. — М.: Советская энциклопедия, 1968. — 437 с.
14. Лямкин В.Ф. Экология и зоогеография млекопитающих межгорных котловин байкальской рифтовой зоны. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 133 с.
15. Данилов Ф.А., Преловский В.А. Териогеографическое районирование Восточного Саяна // Географическая среда и живые системы. — 2022. — № 3. — С. 60–73. DOI: 10.18384/2712-7621-2022-3-60-73
16. Оболенская Е.В. Зоогеографические особенности Юго-Восточного Забайкалья (на примере мелких млекопитающих) // Вестн. Моск. ун-та. Сер. География. — 2010. — № 5. — С. 60–65.

*Поступила в редакцию 20.08.2023*

*После доработки 24.08.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

Л.Г. ЕМЕЛЬЯНОВА

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова,  
119991, Москва, Ленинские горы, 1, Россия, biosever@yandex.ru

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД В ИССЛЕДОВАНИИ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ ВИДОВ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

*Структура ареала вида (внутренняя структура ареала, наполнение ареала) — это закономерное изменение численности вида в пределах ареала. Выделяются оптимум ареала — самая благоприятная для вида в экологическом отношении территория, где численность вида максимальная, медиум — средняя и пессимум — территория с низкой численностью вида. Карты структуры ареалов отражают географическое положение территорий разной численности. Знание структуры ареала видов служит основой прогнозирования реакции вида на естественные и антропогенно обусловленные изменения среды их обитания, необходимо также для пространственной оценки ресурсного потенциала хозяйственно значимых видов и для разработки стратегии сохранения редких и вымирающих. Установление пространственных закономерностей изменения численности вида в пределах ареала является определяющим для выявления экологических связей вида, выявления экологических факторов, определяющих высокую численность вида в оптимуме ареала. Типология структур ареалов видов лежит в основе выделения фаунистических комплексов — группы видов, связанных общностью происхождения и развития с определенными зональными условиями. Показана история (опыт) исследования структуры ареалов видов на примере наземных млекопитающих, значение в становлении этого направления картографического метода. Создание карт структуры ареалов возможно, если стандартными методами оценена численность локальных популяций вида в разных частях ареала. Оценены возможности использования различных методов учета численности млекопитающих для составления карт структуры ареалов. Показана роль кадастрово-справочных карт мест учетов численности для географической локализации результатов учетов и затем для территориальной оценки обеспеченности территории количественными данными численности. Приведены карты структуры ареалов видов млекопитающих. Обозначены причины, тормозящие создание карт структуры ареалов видов некоторых систематических групп млекопитающих. Показано научное и прикладное значение исследования структуры ареалов видов, результаты и перспективы использования карт в экологической ареалогии для выявления экологических связей видов.*

**Ключевые слова:** численность в пределах ареала, карты структуры ареалов, оптимум и пессимум ареала, кадастрово-справочные карты, экологическая ареалогия.

L.G. EMEL'YANOVA

Lomonosov Moscow State University,  
119991, Moscow, Leninskie gory, 1, Russia, biosever@yandex.ru

## CARTOGRAPHIC METHOD IN INVESTIGATING THE STRUCTURE OF RANGES OF MAMMAL SPECIES

*The structure of a species' range (internal structure, and difference in abundance within the range) implies naturally determined changes in the abundance of the species within its range. The optimum of the range is the territory most favorable for the species in ecological terms, with the greatest abundance of animals. The medium of the range is characterized by average numbers. The pessimum is the territory with a low abundance of the species. Maps of the range structure reflect the geographic location of territories with different abundances of animals. Information on the structure of the species range provides a basis for predicting the response of the species to natural and human-induced transformation of the environment. It is also necessary for the spatial assessment of the resource potential of economically valuable species and for developing the conservation strategy for rare and endangered species. Ascertaining spatial patterns of changes in a species' abundance within its range is essential for identifying ecological relationships of the species and environmental factors that determine the high abundance of the species in the optimum of the range. The typology of structures of species ranges underlies the identification of faunistic complexes, i. e. groups of species associated with certain zonal conditions by the common origin and development. The history (experience) of studying the structure of species ranges with terrestrial mammals as an example is shown. A special significance of the cartographic method in the development of such studies is argued. The structures of the ranges can be mapped if the numbers of local populations in different parts of the species range were estimated with standard methods. The feasibility of using various survey*

*methods for mapping the structure of mammal ranges is evaluated. The role of cadastral reference maps of population census locations for the geographic localization of census results and the subsequent territorial assessment of the quantitative data coverage is shown. Maps of the structure of the ranges of mammals are presented. The reasons that hinder the mapping of the range structures for species of some taxonomic groups of mammals are designated. The scientific and applied significance of studying the structure of species ranges is stated. Results from using maps and the prospects for revealing ecological relations of species in ecological chorology are discussed.*

**Keywords:** *abundance within the range, maps of the structure of ranges, optimum and pessimum of the range, cadastral reference maps, ecological chorology.*

## ВВЕДЕНИЕ

Биологический вид — феномен организации жизни на Земле — представляет большой научный интерес не только как основная систематическая единица, но и как эколого-географическое явление. В последнем случае особое внимание привлекают ареалы видов, изучением которых занимается ареалогия — одно из базовых направлений современной биогеографии. Исследованию ареалов видов посвящено огромное количество научных публикаций как в нашей стране, так и за рубежом. Ареал вида — это определенная, экологически обусловленная территория географического пространства Земли. Каждый вид занимает свой ареал. Обычно ареалы неоднородны, поэтому каждый вид занимает определенное место в экологическом пространстве ареала — экологическую нишу. По этой причине в пределах естественного ареала численность популяций вида существенно и закономерно меняется от максимальной в оптимуме ареала до пессимальной, как правило в краевых его частях. Изменение численности вида является реакцией и индикатором изменений экологических условий. В настоящее время — в условиях масштабной антропогенной трансформации природной среды и видовых инвазий, стремительного вторжения чужеродных видов и сокращения в связи с названными причинами ареалов многих аборигенных видов — очень важно установить пространственную структуру ареала вида, выявить территории разной численности и экологические связи вида на этих территориях. Вместе с тем многие виды обитают еще в относительно естественной среде и сохраняют естественные или близкие к естественным ареалы и структуру ареалов. По-видимому (по крайней мере на сегодня), нет двух одинаковых по общему очертанию и наполнению ареала видов, ареал каждого вида уникален. Поэтому важно выявление общих закономерностей размещения каждого вида в пределах ареала. Знание структуры ареалов видов служит основой прогнозирования реакции вида на естественные и антропогенные изменения среды их обитания, необходимо для пространственной оценки ресурсного потенциала хозяйственно важных видов. Изменение численности видов в пределах ареалов позволяет выделить части ареала с разной численностью и типизировать структуры. Типология структур ареалов разных видов лежит в основе выделения фаунистических комплексов (типов фауны) [1, 2] и, что особенно следует подчеркнуть, в разработке стратегии сохранения редких и вымирающих видов. Карты структуры ареалов видов, с одной стороны, есть итоговый результат исследований пространственного положения количественных подразделений ареала (оптимума, медиума, пессимума ареала), с другой — создают базис для поисков экологических связей вида, что открывает широкие возможности развития экологической ареалогии [3].

Идея исследования структуры отдельных частей ареалов с позиций изменения численности возникла в нашей стране давно. Основатель зоологической картографии профессор Московского университета Б.М. Житков [4, 5] в тематике зоологического картографирования называет карты, отражающие численность (запас) и плотность населения вида в различных местах. Определение понятия «структура ареала вида» появилось позже. В определении и понимании структуры ареала биологического вида следуем авторам (первоисточникам) этого понятия Ю.А. Исакову (1952 г.) и А.Н. Формозову (1959 г.) [6, 7]. Надо отметить, что научная мысль в этом направлении практически синхронно развивалась как в зоологической, так и в ботанической ареалогии [8, 9]. Структура ареала биологического вида (внутренняя структура, наполнение ареала, пространственная организация видового ареала) — это закономерное изменение численности вида в пределах ареала, количественное его распределение. Исследование структуры ареала — выявление закономерностей пространственного размещения вида в пределах всего ареала — одно из важнейших направлений современной биогеографии. Направление зародилось в середине XX в., когда для некоторых видов были установлены лишь общие очертания ареалов. В геозоологическом, количественном аспекте пространственного изменения численности в пределах ареала именно млекопитающие к настоящему времени в силу многих причин изучены много лучше, чем другие систематические категории наземных животных.

Цель статьи — на основе накопленного в отечественной териогеографии опыта оценить научные и прикладные аспекты и роль картографического метода в исследовании структуры ареалов видов млекопитающих, перспективы развития направления. В основу анализа положен опыт преимущественно отечественной териогеографии. Анализ зарубежного опыта [10–12] в исследовании структуры ареалов видов является предметом отдельной статьи.

### МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К СОЗДАНИЮ КАРТ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ ВИДОВ

Основной метод исследования ареалов видов — картографический. Трудно переоценить роль картографического метода в исследовании закономерностей пространственной структуры ареалов видов. Ни одно текстовое описание, даже самое подробное, по наглядности и информативности не сравнится с обзорной картой структуры ареала вида. Базовой основой создания карт структуры ареалов видов являются результаты учетов численности млекопитающих в разных географических пунктах (локалитетах) ареала. Основной объем таких локальных данных сосредоточен в научных публикациях. Дополняют массив базовых данных материалы Летописи природы заповедников, видовые и региональные монографии, отчеты научных экспедиций, экспертные сообщения.

Требования к этим материалам таковы: они должны иметь строгую географическую привязку (либо координаты, либо соотнесение с локальными географическими объектами), дату проведения учета численности, описание мест обитания и методики учета. Следование этим требованиям обеспечивает сравнимость показателей численности из разных мест сбора данных [13, 14].

Как объект геоэкологических исследований млекопитающие имеют ряд специфических черт. Скрытый образ жизни и разные экологические, прежде всего трофические, связи определили невозможность использования единого метода оценки численности популяций разных видов (в сравнении, например, с птицами). Отсутствие (неразработанность) стандартных методов учета численности или сложность определения некоторых видов (рукокрылых, многих видов насекомоядных — землероек, кротов, тундровых видов леммингов) отразились на объеме сравнимых количественных данных для больших территорий по многим видам и, как следствие, на создании карт структуры ареалов этих видов, познании пространственной структуры их ареалов.

Сформулированное В.Н. Беклемишевым [15] и широко вошедшее в зоогеографию определение понятия «животное население», «население вида», а также ресурсная роль многих видов млекопитающих способствовали ускоренному переходу от констатации мест находок видов к разработке и применению количественных методов оценки их численности. Степень разработки методов учета численности для разных видов и разных систематических категорий в количественной ареалогии обсуждалась нами ранее [3, 13]. В нашей стране очень рано сложилась, совершенствовалась и широко применяется система стандартных методов оценки численности мелких грызунов и крупных хищных и копытных. Применение именно стандартных методов очень важно для столь огромной страны, охватывающей большую часть территории нескольких зональных биомов Палеарктики, в пределах которой полностью или большей своей частью располагаются ареалы многих видов млекопитающих. В отечественной териогеографии стандартные методы оценки численности разных в экологическом и размерном отношении видов были разработаны и прочно вошли в практику учетов численности млекопитающих уже в 1970–1980-е гг. Для мелких грызунов это метод ловушко-линий, для крупных хищных и копытных млекопитающих — метод зимнего маршрутного учета (ЗМУ). По сравнению с отечественной зоогеографией ни в одной другой стране мира не был накоплен такой массовый, многолетний, собранный по стандартной методике материал по количественному распространению млекопитающих.

Именно разработка стандартных методов учета и широкое их применение способствовали накоплению многолетних сравнимых данных по численности популяций многих видов для всей территории их ареалов. Собственно, эти факторы и определили достижение стадии картографической зрелости исследования в обсуждаемом направлении ареалогии многих видов млекопитающих [3]. Это, в свою очередь, создало основу для составления карт структуры ареалов видов или значительных частей ареалов.

Большое базовое значение для сбора и территориальной оценки обеспеченности территории первичной количественной информацией имеют и кадастрово-справочные карты. Методические основы их создания детально разработаны и нашли широкое применение при составлении карт структуры ареалов видов [16–18]. На кадастрово-справочных картах географически упорядочены все источники фактического материала. Методика хорошо зарекомендовала себя в процессе составления карт структуры ареалов видов, поскольку может пополняться по мере появления новых материалов.



Географически упорядоченные на кадастрово-справочной карте источники фактического материала позволяют выделить белые пятна изученности вида и планировать проведение на этой территории учетов. Материалы по численности вида во всех обследованных биотопах для каждого локалитета представлены в «Кадастре фактического материала». Сравнение результатов количественных учетов в обследованных биотопах разных локалитетов ареала позволяет установить предпочитаемые (оптимальные) местообитания вида в спектре всех заселяемых видом, а накопление многолетних данных обеспечивает репрезентативность выделения оптимальной части ареала вида.

Существенный вклад в развитие концепции и изучение структуры видовых ареалов внесла программа ЮНЕСКО «Вид и его продуктивность в пределах ареала». Изложенные в программе направления и выполненные по ним исследования способствовали накоплению массовых материалов по численности видов в локалитетах и созданию карт пространственной организации видového населения [19].

Создание кадастрово-справочных карт и карт структуры ареалов видов существенно упростилось с появлением ГИС-программ, в том числе свободно распространяемых, например R и QGIS, куда можно экспортировать значительные объемы данных.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ КАРТ СТРУКТУРЫ АРЕАЛОВ ВИДОВ

Как было отмечено выше, первые обобщающие картографические работы отражали количественное размещение видов в пределах отдельных хорошо изученных регионов [20–23]. И уже в 1970-е гг. были составлены первые карты структуры ареалов видов по количественным данным результатов учетов [24, 25].

Здесь важно сказать о серии карт структуры ареалов видов млекопитающих, созданных на основе географической интерпретации данных заготовок пушнины. Дополненные анкетными сведениями о численности видов, эти данные послужили основой для составления первых обзорных карт структуры ареалов [26, 27]. Значение этих карт велико. Во-первых, они давали первое общее представление об изменении численности многих видов в пределах ареала. Во-вторых, по географическому положению оптимума ареала многие виды обоснованно были отнесены к определенному фаунистическому комплексу (типу фауны). Так, основанием отнесения обыкновенного хомяка (*Cricetus cricetus* L.) к степному фаунистическому комплексу [2] послужила карта, составленная на основе статистики заготовок вида [28] (рис. 1).

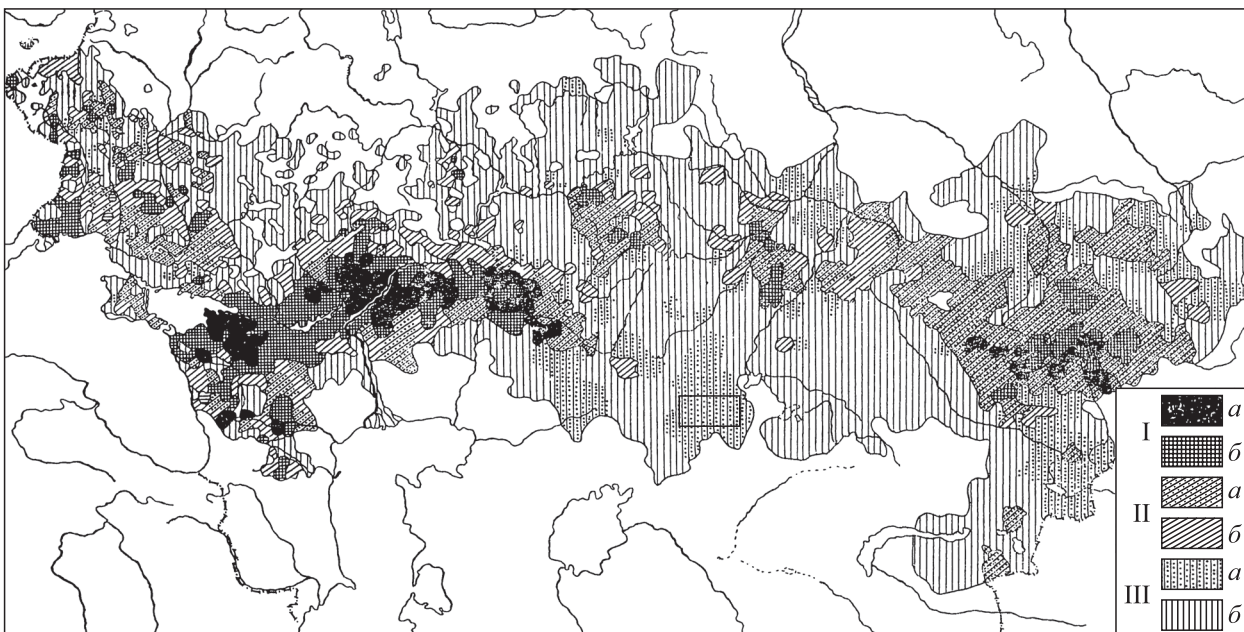


Рис. 1. Уровень и устойчивость заготовок шкурок обыкновенного хомяка в СССР с 1952 по 1961 г. (м-б 1:25 000 000), по [28].

Заготовки: I — высокие (более 100 шкурок со 100 км<sup>2</sup>), II — средние (от 10 до 100), III — низкие (менее 10); а — устойчивые, б — неустойчивые.

Особенно важны карты, составленные в тот же период по результатам статистической обработки результатов заготовок пушнины видов, ареалы которых располагаются в глобально трансформированных зональных условиях (степь, гемибореальные и неморальные леса).

Работы, отражающие количественное размещение вида в пределах отдельных регионов, как и карты количественного размещения заготовок видов, не потеряли значение и в наши дни, поскольку общая картина пространственной организации видового населения достаточно стабильна. Так, карты, построенные на основе статистических материалов заготовок обыкновенной лисицы (*Vulpes vulpes* L.), рыси (*Felis lynx* L.), привлекались позднее для сравнения с пространственной интерпретацией данных, полученных при проведении ЗМУ [29, 30] (рис. 2, 3).

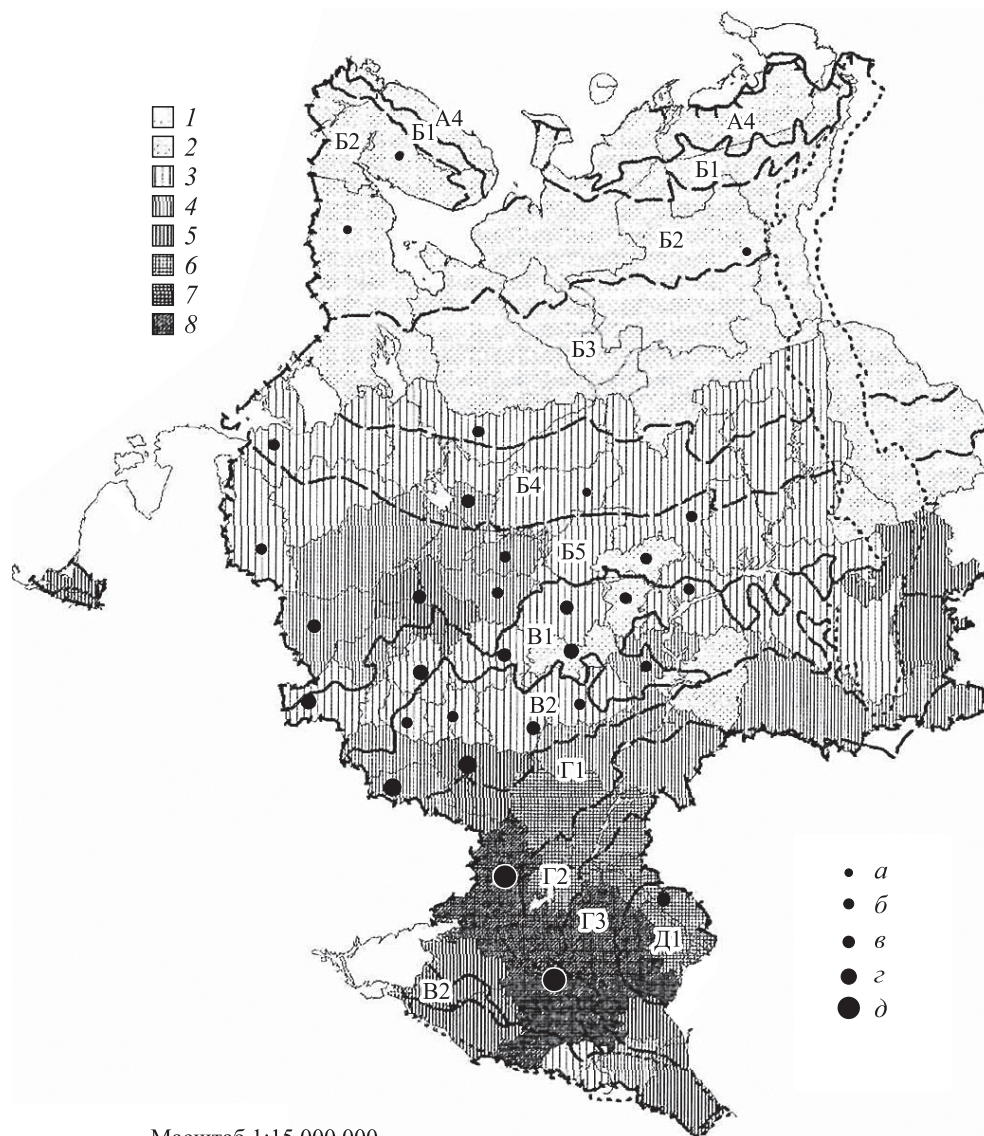


Рис. 2. Плотность населения обыкновенной лисицы по областям Европейской России (м-б 1:15 000 000), по [29].

По данным учета численности методом ЗМУ: (1971–2007 гг.), особей на 100 км<sup>2</sup>: 1 – 1,0–2,5; 2 – 2,5–5,0; 3 – 5,0–7,5; 4 – 7,5–10,0; 5 – 10,0–12,5; 6 – 12,5–15,0; 7 – 15,0–17,5; 8 – более 17,5. По данным учета выводов, особей на 10 км<sup>2</sup>: а – очень низкая (менее 1,0), б – низкая (1,1–3,0), в – средняя (3,0–6,0), г – высокая (6,1–10), д – очень высокая (более 10). Зоны растительности: А4 – южные гипоарктические тундры, Б1 – лесотундра, Б2 – северная тайга, Б3 – средняя тайга, Б4 – южная тайга, Б5 – подтайга, В1 – широколиственные леса, В2 – лесостепь, Г1 – северные степи, Г2 – средние степи, Г3 – южные степи, Д1 – северные пустыни.



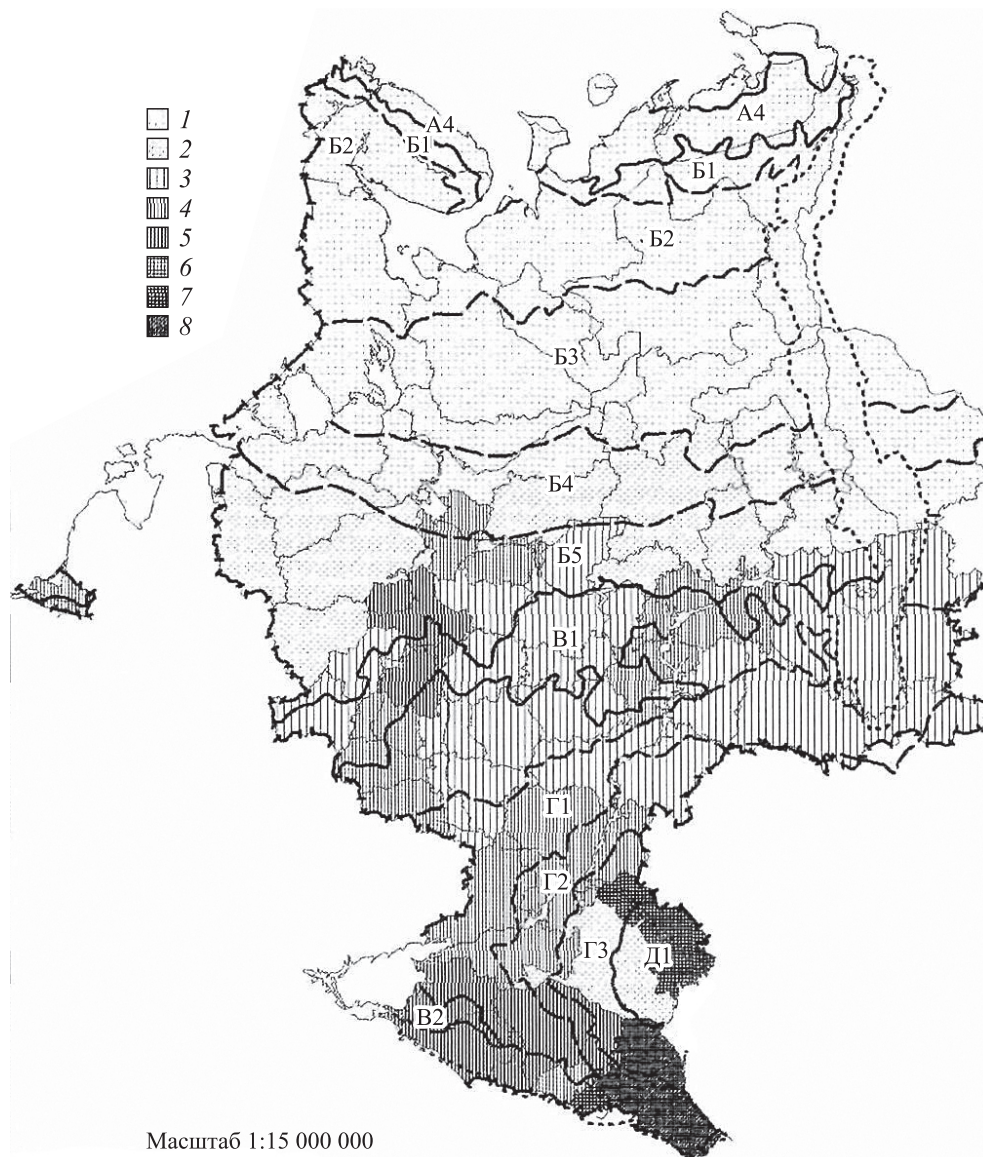


Рис. 3. Среднегодовой выход шкурок обыкновенной лисы по областям Европейской России (1961–1987 гг.), шт. на 100 км<sup>2</sup> (м-б 1:15 000 000), по [29].

1 — менее 1; 2 — 1–2; 3 — 2–3; 4 — 3–4; 5 — 4–5; 6 — 5–6; 7 — более 6. Зоны растительности — см. рис. 2.

Серия карт структуры ареалов видов крупных хищных и копытных, имеющая как важное научное, так и прикладное ресурсное значение, опубликована в Национальном атласе России [31]. Это очень важный этап в исследовании структуры ареалов лося (*Alces alces* L.), косули (*Capreolus capreolus* L.), обыкновенной лисы (*Vulpes vulpes* L.), волка (*Canis lupus* L.), бурого медведя (*Ursus arctos* L.), кабана (*Sus scrofa* L.), соболя (*Martes zibellina* L.), лесной (*M. martes* L.) и каменной (*M. foina* Erxleben) куниц, зайцев беляка (*Lepus timidus* L.) и русака (*L. europaeus* L.). Для каждого из названных видов в пределах ареала по результатам зимнего маршрутного учета установлен диапазон показателей плотности популяций (особей на 10 км<sup>2</sup>) — от минимальной в пессимуме ареала до максимальной в оптимуме.

Как было отмечено выше, исследование структуры ареалов видов не только обеспечивает обоснованность, объективность отнесения вида к тому или иному фаунистическому комплексу, но и раскрывает структуру фаунистических комплексов. К примеру, картографирование структуры ареала видов таежного фаунистического комплекса показало сложность этого комплекса и приуроченность оптимума ареалов ряда видов к подзональным подразделениям тайги. Так, положение оптимума ара-

ла лесного лемминга (*Myopus schisticolor* Lilljeborg) и горностая (*Mustela erminea* L.) приурочено к северной тайге [32]. Группа видов с оптимумом ареала в северной тайге (северотаежная группа видов) выделена и при исследовании таежного фаунистического комплекса птиц [33]).

Карты структуры ареалов видов являются базовой основой для выявления экологических факторов, отвечающих за изменение численности от высокой в оптимальной части ареала к низкой на периферии и определяющих положение оптимума ареала вида. Именно в этом направлении видится дальнейшее развитие изучения структуры ареалов видов. *Экологическая ареалогия* — так нами обозначено направление исследований структуры ареалов видов с экологических позиций [3]. Исследование видовых ареалов с экологических позиций и роль картографических методов в решении этой задачи проанализированы ранее [34]. Как было сказано выше, исследование структуры ареала лесного лемминга показало, что оптимум его лежит в северной тайге Евразии. Лесной лемминг — облигатный бриофаг, основу его пищевого спектра составляют зеленые мхи, представленные во всех подзонах тайги. Высокая численность лесного лемминга в северной тайге связывалась с максимальной продуктивностью зеленых мхов именно в этой подзоне тайги. Позднее исследованиями финских биологов была показана очень высокая калорийность доминирующих в растительном покрове именно северной тайги зеленых мхов по сравнению с видами средней и южной тайги [35].

Перспективно также исследование генетической структуры популяций разных по численности частей ареала, и прежде всего в регионах, длительное время не подвергавшихся глобальной трансформации природной среды [10].

Для развития количественной и экологической ареалогии на основе создания карт структуры ареалов в отечественной териогеографии создана обширная, еще не включенная в пространственный анализ для многих видов база. Это глубокие многолетние исследования экологии видов в разных географических условиях, накопленные для обширных территорий количественные материалы результатов учета численности млекопитающих стандартными методами и разработанная, проверенная на опыте методика создания карт структуры ареалов.

*Работа выполнена в рамках государственного задания по теме «Пространственно-временная организация экосистем в условиях изменения окружающей среды» и при частичной поддержке Программы развития Московского университета (№ 1220).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Штегман Б.К. Основы орнитогеографического деления Палеарктики. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1938. — 164 с.
2. Кучерук В.В. Степной фаунистический комплекс млекопитающих и его место в фауне Палеарктики // География населения наземных животных и методы его изучения. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — С. 45–87.
3. Емельянова Л.Г. Исследование пространственной структуры ареалов видов как научное направление: история, методология, современные тенденции // Вестн. Моск. обл. гос. ун-та. Сер. естеств. наук. — 2018. — № 4. — С. 20–30.
4. Житков Б.М. О зоогеографическом исследовании промысловой фауны // Зоол. журн. — 1932. — Т. 11, № 2. — С. 123–128.
5. Памяти академика М.А. Мензбира. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1937. — 637 с.
6. Исаков Ю.А. Опыт изучения распространения вида внутри ареала // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1952. — Т. 57, № 6. — С. 14–18.
7. Формозов А.Н. О движении и колебании границ распространения млекопитающих и птиц // География населения наземных позвоночных животных и методы его изучения. — М.: Изд-во АН СССР, 1959. — С. 172–196.
8. Толмачев А.И. Основы учения об ареалах. — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1962. — 100 с.
9. Куваев В.Б. Понятие голо- и ценоареала на примере некоторых лекарственных растений // Бот. журн. — 1965. — Т. 50, № 8. — С. 56–72.
10. Kangaroos. Their Ecology and Management in the Sheep Rangelands of Australia / Ed. G. Caughley, N. Shepherd, J. Short. — Cambridge: Cambridge University Press, 1987. — 253 p.
11. Brown J.H., Stevens G.C., Kaufman D.M. The geographic range: Size, shape, boundaries, and internal structure // Annual Review of Ecology and Systematics. — 1996. — Vol. 27. — P. 597–623.
12. Kachel S., Karimov K., Wirsing A. Predator niche overlap and partitioning and potential interactings in the mountains of Central Asia // Journ. of Mammology. — 2022. — N 103 (5). — P. 1019–1029.
13. Емельянова Л.Г. Принципы и основные этапы создания карты населения мелких млекопитающих СССР // Общая и региональная териогеография. — М.: Наука, 1987. — С. 310–342.



14. Емельянова Л.Г. Восстановленное и актуальное видовое разнообразие млекопитающих центрального сектора европейской тайги // Биogeография. — М.: Изд-во Рус. геогр. о-ва, 2011. — Вып. 16. — С. 10–20.
15. Беклемишев В.Н. Биоценологические основы сравнительной паразитологии. — М.: Наука, 1970. — 502 с.
16. Тупикова Н.В., Тесленко Е.В. Составление кадастрово-справочных карт распространения видов // Бюл. Моск. о-ва испытателей природы. Отд. биол. — 1967. — Т. 72, № 1. — С. 5–15.
17. Емельянова Л.Г., Брунов В.В. Кадастровые карты по населению млекопитающих и птиц. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1987. — 100 с.
18. Емельянова Л.Г., Оботуров А.С. Кадастрово-справочные карты — основа создания карт эколого-географической структуры ареалов видов млекопитающих // Экосистемы: экология и динамика. — 2018. — Т. 2, № 2. — С. 100–126.
19. Вид и его продуктивность в ареале: Прогр. ЮНЕСКО «Человек и биосфера»: Материалы VI совещания. — СПб.: Гидрометеоздат, 1993. — 387 с.
20. Формозов А.Н., Исаков Ю.И. Животный мир // Западная Сибирь. — 1963. — С. 249–314.
21. Осмоловская В.И. Картирование численности и распределения охотничьих животных на большой территории // Труды IX Междунар. конгресса биологов-охотоведов. — М., 1970. — С. 276–281.
22. Данилов П.И., Туманов И.Л. Куньи Северо-Запада СССР. — Л.: Наука, 1976. — 256 с.
23. Тупикова Н.В. Структура ареалов грызунов и зайцеобразных Алтая // Фауна и экология грызунов. — 1989. — № 17. — С. 59–114.
24. Соболь, куница, харза. Размещение запасов, экология, использование и охрана / Отв. ред. А.А. Насимович. — М.: Наука, 1973. — 238 с.
25. Данилкин А.А. Млекопитающие России и сопредельных регионов. Оленьи (Cervidae). — М.: ГЕОС, 1999. — 552 с.
26. Пантелеев П.А. Популяционная экология водяной полевки и меры борьбы с ней. — М.: Наука, 1968. — 253 с.
27. Груздев В.В. Экология зайца-русака. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1974. — 161 с.
28. Неронов В.М. Опыт изучения структуры ареала обыкновенного хомяка и водяной крысы на территории СССР: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 1965. — 24 с.
29. Кинер Т.В. Эколого-географический анализ структуры и динамики ареала обыкновенной лисицы (*Vulpes vulpes* L., 1758): Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М., 2010. — 24 с.
30. Рысь. Региональные особенности экологии, использования и охраны / Отв. ред. Е.Н. Матюшкин, М.А. Вайсфельд. — М.: Наука, 2003. — 523 с.
31. Национальный атлас России / Гл. ред. В. Свешников. — М.: Роскартография, 2007. — Т. 2. — 495 с.
32. Емельянова Л.Г. Пространственная организация восточной части ареала лесного лемминга (*Myopus schisticolor* (Lilljeborg, 1844)) // Бюл. МОИП. Отд. биол. — 2015. — Т. 120, вып. 5. — С. 26–30.
33. Брунов В.В. О некоторых фаунистических группах птиц тайги Евразии // Современные проблемы зоогеографии — М.: Наука, 1980. — С. 217–254.
34. Емельянова Л.Г. Исследование эколого-географической структуры ареалов видов картографическими методами // Актуальная биогеография. — М.: Кодекс, 2012. — С. 179–192.
35. Eskelinen O. Diet of the wood lemming *Myopus schisticolor* // Annales Zoologici Fennici. — 2002. — N 39. — P. 49–57.

Поступила в редакцию 01.08.2023

После доработки 02.08.2023

Принята к публикации 11.10.2023

Л.А. ХЛЯП

Институт проблем экологии и эволюции им. А.Н. Северцова РАН,  
119071, Москва, Ленинский проспект, 33, Россия, khlyap@mail.ru

## ДИНАМИКА АРЕАЛОВ ИНВАЗИОННЫХ МЛЕКОПИТАЮЩИХ

На примере девяти самых опасных инвазионных млекопитающих Северной Евразии (канадский бобр, ондатра, полевая мышь, домовая мышь, черная крыса, серая крыса, енотовидная собака, енот-полоскун и американская норка) рассмотрены закономерности формирования области их распространения в новых регионах. Обширные инвазионные части ареала преднамеренно интродуцированных видов (ондатра, американская норка, енотовидная собака) сформировались за 60–70 лет, что стало возможным благодаря широкому географическому разбросу мест выпуска (полицентричность), огромному количеству выпущенных животных и последующему слиянию первичных центров (ядер) за счет самостоятельного расселения животных. Еще два североамериканских преднамеренно интродуцированных вида (канадский бобр, енот-полоскун) распространены регионально из-за комплекса факторов (биологических, природных, конкурентных отношений). Ареал случайно интродуцированных видов (синантропные грызуны домовая мышь, черная крыса, серая крыса) формировался по мере освоения пространств Земли человеком. Агрофильный грызун полевая мышь в Восточной Европе самостоятельно расселялся к северу и югу от нативной части по мере сведения лесов для распахивания и орошения земель соответственно. Скорость изменения границ ареала и дальность их смещения убывала в ряду: преднамеренная интродукция, случайная интродукция, самостоятельное расселение. Обобщен опыт картографирования движения ареалов. Созданы карты движения ареала инвазионных млекопитающих. Карты представляют интерес, поскольку выявляются районы обитания инвазионных видов, скорость их расселения, регионы для планирования мер по минимизации отрицательных последствий инвазий.

**Ключевые слова:** биологические инвазии, карты ареалов, преднамеренная интродукция, случайная интродукция, ондатра, американская норка.

L.A. KHLIAP

A.N. Severtsov Institute of Ecology and Evolution, Russian Academy of Sciences,  
119071, Moscow, Leninskii pr., 33, Russia, khlyap@mail.ru

## DYNAMICS OF DISTRIBUTION RANGES OF INVASIVE MAMMALS

Using as an example the most dangerous nine invasive mammals of Northern Eurasia (*Castor canadensis*, *Ondatra zibethicus*, *Apodemus agrarius*, *Mus musculus*, *Rattus rattus*, *R. norvegicus*, *Nyctereutes procyonoides*, *Procyon lotor* and *Neogale vison*), the patterns of formation of their distribution ranges in new regions are considered. The wide invasive ranges of intentionally introduced species (*O. zibethicus*, *N. vison*, and *N. procyonoides*) have formed over 60–70 years. This was possible due to a wide geographical spread of release sites (primary centers or cores), a huge number of released animals, and the subsequent merger of these cores in the continuous range due to the mammal self-dispersals. Two other North American intentionally introduced species (*C. canadensis* and *P. lotor*) are distributed regionally due to a set of factors (biological, natural, competitive relationships). The range of accidentally introduced species (the commensal rodents *M. musculus*, *R. rattus*, and *R. norvegicus*) was formed as humans explored the Earth. The agrophilous rodent *A. agrarius* in Eastern Europe was spread by itself to the north of the native range as forests were cleared for plowing and to the south for irrigation. The rate of change in the boundaries of the range and the distance of their shift decreased in the following order: intentional introduction, accidental introduction, and self-dispersal. Maps of the movements of the invasive mammal range were created. The informativeness of such maps is determined by available zoological material. They are of interest, because they reveal the habitats of invasive species, the speed of their dispersal, and regions for planning measures to minimize the negative consequences of invasions.

**Keywords:** biological invasions, distribution range maps, intentional introduction, accidental introduction, *Ondatra zibethicus*, *Neogale vison*.

## ВВЕДЕНИЕ

Ареал — одна из важных характеристик биологического вида. Сведения о распространении вида — обязательная составляющая определителей, а также сводок и справочников по систематике животных.

Ареал видоспецифичен, так как не имеется двух видов, распространение которых полностью совпало бы. Описаны лишь регионы, где наблюдается сгущение отрезков границ ареалов нескольких видов, так называемые синператы. Однако, как правило, для млекопитающих строгого совпадения относительно протяженных фрагментов границ распространения не наблюдается: каждый вид имеет свои особенности существования в краевых частях ареала, которые, кроме биотических и абиотических факторов, отчасти определяются рядом случайных причин.

Традиционно графически ареал на картах представляют либо серией значков (часто именуемых точками) в местах обнаружения вида, либо оконтуриванием внешней границы области обитания вида с фоновой окраской этой области или без нее [1, 2]. Такое проведение границ осознанно или неосознанно строится на двух постулатах. Первый — постоянство границ, второй — связность ареала, т. е. минимизация фрагментов при очерчивании области распространения вида. Оба эти постулата часто не соответствуют действительности.

Наши наблюдения и специальный анализ [3] свидетельствуют об усиливающейся в настоящее время фрагментации мест обитания млекопитающих, в основном в результате антропогенного воздействия. Это наблюдается в любых широтных поясах: в тундровых — строительство дорог при добыче углеводородов, лесных — вырубка лесов и распашка земель, аридных — орошение, распашка, создание лесополос, перевыпас. Повсеместно происходит увеличение густоты и протяженности дорожной сети, рост урбанизации, нередко надземные трубопроводы и изгороди, которые становятся трудно-преодолимыми преградами. На современном этапе исследований ареалов такая фрагментация может выявляться при построении моделей ареалов (*species distribution models — SDMs*) [4].

Одновременно накапливается множество данных об изменении границ ареала вида. К числу видов, ареал которых сокращается, относятся прежде всего редкие виды. Смещение области распространения таких видов обычно сопровождается фрагментацией ареала, так как животные сохраняются преимущественно в оптимальных местах обитания и почти не встречаются в пессимальных. Имеется другая группа млекопитающих, которые расширяют свой ареал, что преимущественно связано с деятельностью человека. Проникновение в новые регионы тесно сопряжено с вопросами биологических инвазий. Виды, которые заселяют новые регионы, относят к чужеродным для этих регионов, а те из них, которые отрицательно воздействуют на другие виды, экосистемы или причиняют вред человеку, — к инвазионным.

Как с теоретической, так и с практической точки зрения создание карт динамики ареала инвазионных видов представляет интерес: выявляются районы их обитания, скорость расселения, регионы для планирования мер по минимизации отрицательных последствий инвазий.

С нашим участием была создана серия карт движения ареалов видов млекопитающих, чужеродных для экосистем России [5]. Позже для 10 видов самых опасных чужеродных млекопитающих они были усовершенствованы [6]. Несмотря на увеличение количества видов, ареал которых динамичен, аналогичные карты редки. К регионам, где этим вопросам уделяется много внимания, относится Карелия [7]. Опыт создания карт движения ареалов и полученные результаты нуждаются в обобщении и развитии.

Цель настоящей работы — обобщить данные по изменению ареалов инвазионных видов млекопитающих, отрицательное воздействие которых ощутимо на территории России, и описать опыт картографирования движения их ареалов.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Публикация касается девяти видов млекопитающих, которые входят в перечень 100 наиболее опасных на территории России инвазионных видов организмов — от бактерий до млекопитающих [6]. В этот перечень из млекопитающих входит еще бродячая домашняя собака (*Canis familiaris* L., 1758) [6], но многие аспекты настоящей публикации к этому виду не применимы, и далее мы его не рассматриваем.

Из девяти видов шесть относятся к грызунам: канадский бобр (*Castor canadensis* Kuhl, 1820), ондатра (*Ondatra zibethicus* (L., 1766)), полевая мышь (*Apodemus agrarius* (Pall., 1771)), домовая мышь (*Mus musculus* L., 1758), черная крыса (*Rattus rattus* (L., 1758)), серая крыса (*Rattus norvegicus* (Bergh., 1769)), три вида — к хищным: енотовидная собака (*Nyctereutes procyonoides* (Gray, 1834)), енот-полоскун (*Procyon lotor* (L., 1758)) и американская норка (*Neogale vison* (Sch., 1777)). Девять видов можно разделить на две крупные экологические группы: ассоциированные с человеком (синантропные и агрофильные) — полевая и домовая мыши, серая и черная крысы; околородные и влаголюбивые — другие пять видов.

С использованием ГИС-программ (среда ArcGIS) и опубликованных материалов по распространению и местам находок для каждого из девяти видов были составлены векторные карты, показывающие характер инвазии. В зависимости от имеющихся материалов и особенностей инвазии содержание карты и охват территории несколько различались.

В работе приведены также некоторые опубликованные результаты исследований с нашим участием. К ним относятся, в частности, две статьи [8, 9], в которых по сведениям, взятым из доступных источников, и собственным наблюдениям созданы базы данных о местах (точках) находок инвазионных млекопитающих в нативной и инвазионной частях ареала и построены модели ареалов. Количество мест находок млекопитающих в нативной части ареала варьировало от 143 (черная крыса) до 4792 (енот-полоскун), в инвазионной — от 35 (канадский бобр) до 565 (ондатра) [8]. Методики построения SDM-моделей подробно описаны в этих публикациях.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Изменение расположения, размеров и границ ареалов.** Нативный ареал шести из девяти исследованных видов лежит вне России: у канадского бобра, ондатры, енота-полоскуна и американской норки — в Северной Америке; у домового мыши и черной крысы — на юге Евразии (Иранское нагорье и Индостан соответственно). Енотовидная собака и серая крыса первично распространены на востоке Евразии, включая российский Дальний Восток. Нативный ареал полевой мыши точно не известен. Как и у предыдущих двух видов, одна его часть — восток Евразии и российский Дальний Восток; другая, по нашим представлениям, лесостепи Евразии к западу от Байкала, куда вид проник во время одного из межледниковий конца плейстоцена [10].

Инвазионные части ареалов всех четырех североамериканских видов в Евразии сформировались в основном за счет преднамеренной интродукции. Ондатра и американская норка заняли пространство, превышающее их исконный ареал (рис. 1, 2). В России первые выпуски в природу обоих видов датируются 1928 г. Однако первые поселения ондатры на Карельском перешейке и юго-западе современной Карелии появились немного раньше, так как эти регионы в те годы входили в состав Финляндии, куда ондатру впервые интродуцировали в 1916 г. [13].

Подробнее опишем формирование инвазионной части ареала американской норки. С 1928 по 1970 г. в разных регионах России было выпущено около 19 тыс. норок [5]. Кроме того, было показано, что источником значительной части натурализовавшихся американских норок были зверьки, сбежавшие из клеток звероферм и прочих хозяйств, которые занимались разведением пушных животных [15, 16]. По расчетам П.И. Данилова [15], в Карелии в 1950–1980-е гг. в природу попало не менее 10 тыс. зверьков при ежегодно наблюдавшихся побегах из каждого зверосовхоза от 10 до 20 норок. Беглые норки относительно легко приживались в природе и в последующем широко расселялись. Звероводческие хозяйства и места выпуска норок были рассредоточены в различных регионах России. Таким образом, начало формирования инвазионного ареала американской норки было обусловлено как преднамеренной интродукцией этого вида (выпуски в природу), так и случайной (побеги из клеток). В 1930-е гг. появились разрозненные ядра первичных поселений, располагавшиеся на северо-западе России, в южной Сибири и на востоке страны. Постепенно число крупных регионов России (в ранге субъекта Федерации — республики, края, области, автономные области, автономные округа), где обитали американские норки, возрастало, а после 1980-х гг. их количество не увеличивалось (рис. 3). Однако внутри этих регионов норки осваивали с каждым годом все большие и большие пространства, и площадь ареала продолжала расти за счет уплотнения кружева ареала. Возрастала и численность. Например, заходы отдельных особей в Карачаево-Черкесскую Республику фиксировали с 1975 г., но устойчивое заселение произошло на рубеже XX и XXI вв. [6]. В начале XXI в. максимальную численность американской норки отмечали в Карелии и Томской области.

Карта динамики распространения ондатры в Евразии (см. рис. 1) показывает, что основные закономерности формирования инвазионного ареала сходны с описанными для американской норки. Это — ядра первичной интродукции, которые распределены в удаленных друг от друга регионах России, и последующее их объединение в сплошной обширный ареал за счет добавляющихся мест интродукции и самостоятельного расселения зверьков.

В отличие от ондатры и американской норки, два других североамериканских вида — енот-полоскун и канадский бобр — появились на территории России позже (1949 г. и начало 1950-х гг. соответственно), и инвазионная часть их ареалов охватывает лишь некоторые регионы. Енот-полоскун в России обитает лишь на Кавказе и в Предкавказье. Это теплолюбивый вид. Климатические условия



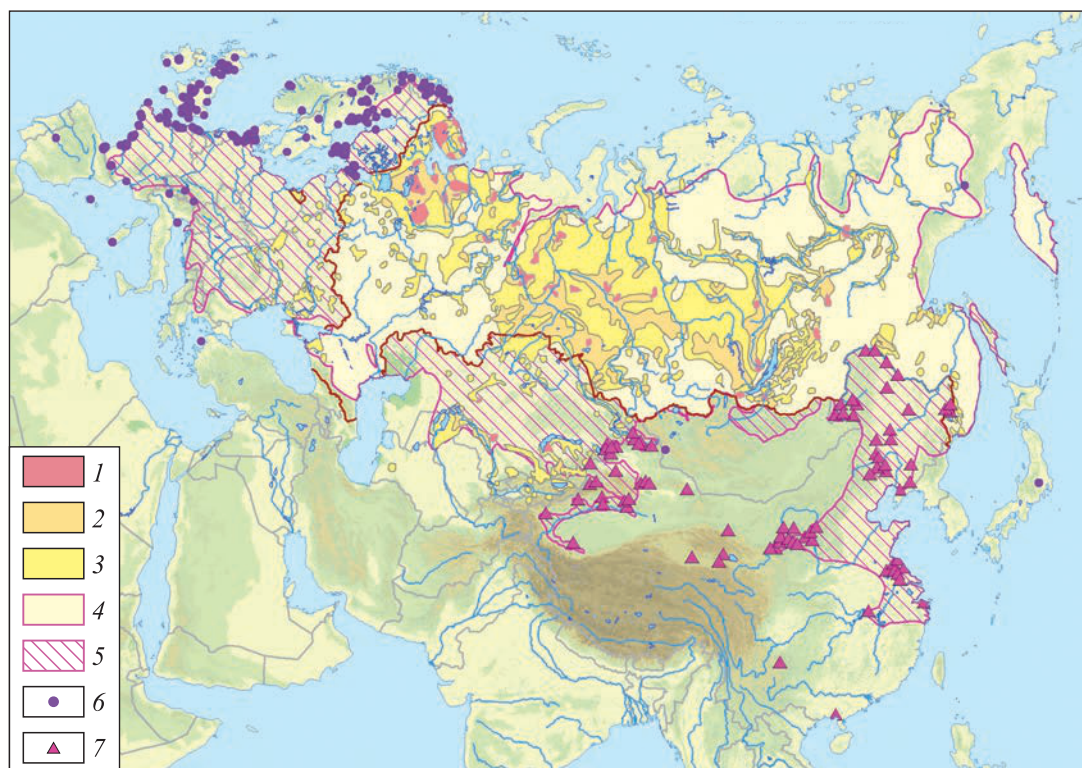


Рис. 1. Инвазионная часть ареала ондатры в Евразии, по [6] с изменениями.

1 — территории России, занятые ондатрой к началу 1936 г. Приращение ареала к началу: 2 — 1941 г., 3 — 1956 г., 4 — XXI в. 5 — обитание вне России. Места находок: 6 — по [11], 7 — по [12]. Коричневыми линиями показаны границы государств, из них утолщенная — граница России.

большинства регионов России для енота-полоскуна неблагоприятны. Самая обширная область распространения канадского бобра в Евразии охватывает Финляндию и прилегающие части России (Карелия, Карельский перешеек, запад Архангельской области). Мелкие фрагменты лежат на границе Германии, Люксембурга и Бельгии, а также в двух изолированных регионах на востоке Азии — в Приамурье и Приморском крае; на Камчатке. Предполагают, что недиагностированные популяции канадского бобра могут встречаться и в других регионах [6]. Построенная серия SDM-моделей мест обитания, пригодных для канадского бобра [9], показывает, что для этого вида благоприятна почти вся Европейская Россия и юг Сибири (до Байкала). Медленное расселение канадского бобра из Карелии к югу, по нашему мнению, связано прежде всего с тем, что он, вселившись из Финляндии, оказался в экологически малоприспособленном для бобров регионе. Вопрос о конкуренции с евразийским бобром (*Castor fiber*) дискуссионный [9].

Инвазионная часть ареала пятого вида (енотовидной собаки), преднамеренно интродуцированного, начиная с 1929 г., в европейскую часть России и фрагментами в Западную Сибирь и на Алтай, по площади сопоставима с нативной частью, расположенной на востоке Евразии, включая российский Дальний Восток. Основные этапы формирования новой области обитания вида в общих чертах сходны с описанными для американской норки: к преднамеренной интродукции добавляются побеги со звероферм, характерна полицентричность и постепенное слияние первичных ядер в сплошную область распространения. Важно отметить, что, если срок формирования новой части ареала для 17 широко распространенных в Северной Евразии инвазионных видов в среднем составлял около 200 лет [8], то для преднамеренно интродуцированных млекопитающих он был существенно ниже — 60–70 лет.

Случайно интродуцированные виды имеют давнюю историю расселения и тесно связаны с человеком и его транспортными возможностями. Черная крыса и домовая мышь появились на территории современной России до нашей эры. Серая крыса, обитавшая первично на востоке Евразии (включая Россию), как инвазионный вид появилась на западе страны в XVII в. [6]. Ареалы этих видов формировались параллельно с освоением территорий человеком и корректировались структурой населенных



Рис. 2. Инвазионная часть ареала американской норки в Евразии, по [6].

1 — область распространения на рубеже XX–XXI вв.; 2 — места обнаружения вне России, по [14]. В пределах России цветом показаны десятилетия XX в., в которые американскую норку впервые зарегистрировали в субъекте Российской Федерации. Вне России фиолетовые точки обозначают места обнаружения по [14]. Утолщенная коричневая линия — граница РФ. Тонкие линии других цветов — границы субъектов РФ, а при наличии данных — регионов внутри субъекта РФ, различающихся по срокам появления американской норки.

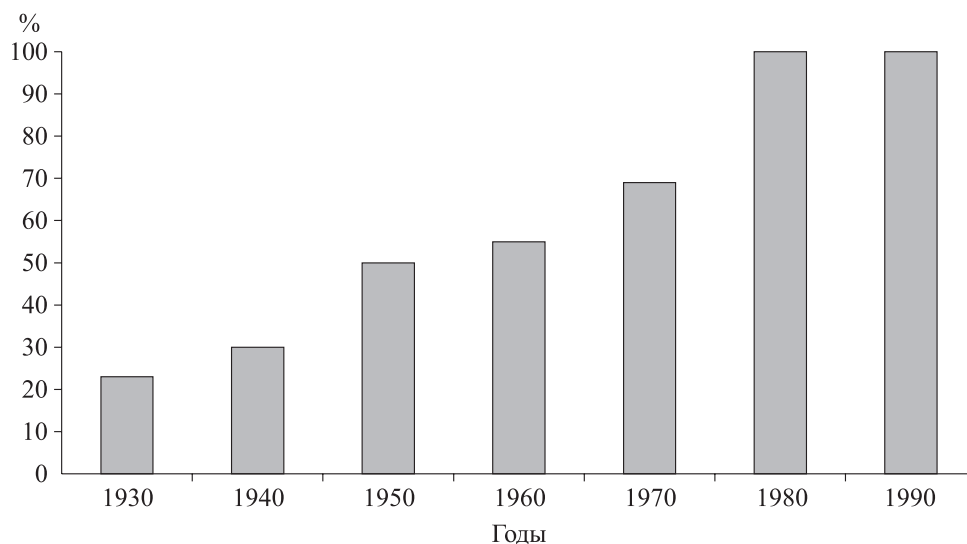


Рис. 3. Рост количества регионов России в ранге субъекта Федерации, заселенных американской норкой, от начала интродукции до 1990-х гг. (в % от всех регионов, входящих в российскую часть ареала на начало XXI в.).

пунктов, путями перевозки зерна, а для серой крысы — и развитием животноводческих комплексов. Синантропных крыс и мышей могли завозить на дальние расстояния в транспортных средствах (например, в океанических судах, где они могли жить долго), либо скоростным транспортом.

Первые этапы инвазии полевой мыши связаны с агрокультурным освоением земель, и можно полагать, что они завершились к концу распашки лесостепей (XIX в.). На этих и следующих этапах расширение ареала было следствием самостоятельного расселения этого грызуна. Оно происходило вслед за увеличением площадей, занятых зерновыми культурами, хотя полевая мышь осваивала и лесо-кустарниковые зеленые зоны населенных пунктов [5, 6]. Лишь на поздних этапах инвазий (на рубеже XX–XXI вв.) полевую мышь перевезли морским транспортом из портов Китая и российского Приморья в Северное Приохотье [6]. По этим причинам формирование инвазионного ареала полевой мыши было постепенным и приращение ареала за вторую половину XX в. было меньше, чем у серой крысы, а тем более чем у преднамеренно интродуцированных видов.

У всех перечисленных видов границы ареала в процессе их инвазий менялись. Скорость изменения границ и дальность их смещения зависела от биологических особенностей вида и вектора инвазий. Она убывала в ряду: преднамеренная интродукция, случайная интродукция, самостоятельное расселение. При участии транспорта имела значение его скорость. На последних этапах инвазии изменение ареала обычно замедлялось, так как большинство пригодных биотопов было освоено. Возможности дальнейшего расселения инвазионных видов были оценены путем моделирования потенциально пригодных мест обитания [8]. Показано, что каждый из девяти самых опасных инвазионных видов России имеет возможность расширить свой ареал при текущих параметрах климата. Для видов, имеющих обширный ареал, приращение к известному ареалу может составить от 2,5–3,8 % (американская норка, енотовидная собака, ондатра, серая крыса) до 6,3 % у домовый мыши и 8,6 % у полевой мыши (рассчитано по [8]). Максимальный потенциал у канадского бобра: для него пригодна почти вся Европа и юг Сибири [9].

**Картографирование динамики ареалов.** Как было отмечено выше, ареал многих видов динамичен. Он имеет не только два привычных измерения (широтное и долготное) и упоминаемое многими авторами высотное, но и не менее важное четвертое измерение — временное. Очерчивая его неизменными границами, мы не учитываем это свойство ареала. Расширение ареала — один из важнейших признаков инвазий. При характеристике чужеродных видов млекопитающих [5], а позднее самых опасных инвазионных видов России [6] были созданы карты движения ареалов. Их содержание и использование тех или иных картографических приемов во многом зависело от имеющихся материалов. В [6] для североамериканских интродуцентов — канадского бобра и енота-полоскуна — на картах удалось показать только их современное размещение в Евразии, т. е. вновь сформировавшуюся инвазионную часть ареала. Для черной крысы стрелками (линии движения) показано формирование ее ареала в восточном полушарии и инвазионная часть ареала в России. На картах, составленных для серой крысы, полевой и домовый мышей, удалось показать расширение ареала за вторую половину XX в., а для енотовидной собаки — за меньший период. Более информативны карты динамики ареала ондатры (см. рис. 1) и американской норки (см. рис. 2), на которых послойной окраской от темных тонов к светлым отображено увеличение ареала по 4–6 периодам соответственно. При создании карты движения ареала американской норки было опробовано несколько вариантов визуализации движения ее ареала. Как итоговый выбран тот, где послойная окраска разной тональности дополнялась цифровым указанием на десятилетие первой регистрации в регионе (см. рис. 2).

## ВЫВОДЫ

1. Некоторые из преднамеренно интродуцированных видов млекопитающих сформировали за 60–70 лет обширную новую инвазионную часть ареала, что стало возможным благодаря широкому географическому разбросу мест выпуска (полицентричность) и огромному количеству выпущенных животных.
2. Скорость изменения границ ареала и дальность их смещения у инвазионных млекопитающих убывала в ряду: преднамеренная интродукция, случайная интродукция, самостоятельное расселение.
3. Создание карт движения ареала актуально в связи с ростом количества видов, которые сокращают или расширяют свой ареал. Информативность таких карт определяется имеющимся зоологическим материалом.

*Работа выполнена в рамках проекта Российского научного фонда (21–14–00123).*



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Тупикова Н.В.** Зоологическое картографирование. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. — 250 с.
2. **Огуреева Г.Н., Котова Т.В., Емельянова Л.Г.** Экологическое картографирование. Биогеографические подходы: Уч. пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 2010. — 160 с.
3. **Хляп Л.А.** Фрагментация ареалов млекопитающих и внутривидовая изоляция // Целостность вида у млекопитающих: изолирующие барьеры и гибридизация: Материалы конференции (Петергоф, 12–17 мая 2010 г.). — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2010. — С. 93.
4. **Stakheev V.V., Khlyap L.A., Mironova T.A., Abramson N.I., Malygin V.M., Lissovsky A.A.** Geographic distribution of *Microtus arvalis* and *Microtus rossiaemeridionalis* in Eastern Europe // Russian Journ. of Theriology. — 2023. — Vol. 22, N 1. — P. 53–61.
5. **Бобров В.В., Варшавский А.А., Хляп Л.А.** Чужеродные виды млекопитающие в экосистемах России. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2008. — 232 с.
6. **Самые опасные инвазионные виды России (ТОП-100).** — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2018. — 688 с.
7. **Данилов П.И., Панченко Д.В., Тирронен К.Ф., Федоров Ф.В., Белкин В.В.** Изменение фауны млекопитающих Северной Палеарктики и динамика ареалов составляющих ее видов // Изв. РАН. Сер. биолог. — 2018. — № 3. — С. 301–314.
8. **Petrosyan V., Osipov F., Feneva I., Dergunova N., Warshavsky A., Khlyap L., Dzialowski A.** The TOP-100 most dangerous invasive alien species in Northern Eurasia: Invasion trends and species distribution modeling // NeoBiota. — 2023. — Vol. 82. — P. 23–56. — DOI: 10.3897/neobiota.82.96282
9. **Хляп Л.А., Варшавский А.А., Дергунова Н.Н., Осипов Ф.А., Петросян В.Г.** Самые опасные инвазионные околоводные млекопитающие России: ансамблевые модели пространственного распространения // Рос. журн. биолог. инвазий. — 2023. — № 2. — С. 238–271.
10. **Latinne A., Navascués M., Pavlenko M., Kartavtseva I., Ulrich R., Tiouchichine M.-L., Catteau G., Sakka H., Quéré J., Chelomina G., Bogdanov A., Stanko M., Lee H., Neumann K., Henttonen H., Michaux J.** Phylogeography of the striped field mouse, *Apodemus agrarius* (Rodentia: Muridae), throughout its distribution range in the Palearctic region // Mammalian Biology. — 2020. — Vol. 100, N 1. — P. 19–31. — DOI:10.1007/s42991-019-00001-0
11. **GBIF.** Muskrat. Occurrence Download 14 June 2018 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.15468/dl.ufxzxh> (дата обращения 14.06.2018).
12. **Sheng H.** Atlas of Mammals of China. — Zhengzhou: Henan Science and Technology Press, 2005. — 527 p.
13. **Ондатра.** Морфология, систематика, экология. — М.: Наука, 1993. — 542 с.
14. **GBIF.** American Mink. Occurrence Download 1 March 2017 [Электронный ресурс]. — <https://doi.org/10.15468/dl.ougwjh> (дата обращения 01.03.2017).
15. **Данилов П.И.** Новые виды млекопитающих на Европейском Севере России. — Петрозаводск: КарНЦ РАН, 2009. — 308 с.
16. **Чащухин В.А.** Норка американская. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2009. — 103 с.

*Поступила в редакцию 12.06.2023*

*После доработки 22.06.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*



С.Б. СИМОНОВ, П.С. СИМОНОВ

Тихоокеанский институт географии ДВО РАН,  
690041, Владивосток, ул. Радио, 7, Россия, komnata112@ya.ru, palzpss@ya.ru**КАРТА НАСЕЛЕНИЯ МЫШЕВИДНЫХ ГРЫЗУНОВ ПРИМОРСКОГО КРАЯ**

*Отражен первый опыт разработки легенды и построения среднемасштабной «Карты населения мышевидных грызунов Приморского края» масштаба 1:800 000 для Дальнего Востока России. Основой работы выступили собственные материалы по пространственному распределению мелких млекопитающих, собранные авторами в 1973–2004 гг., и литературные данные (проанализированный объем составил более 22 000 грызунов 12 видов). Главный принцип, заложенный в работе, — ландшафтно-биотопический, когда в основу легенды карты положено местообитание. Разработана легенда, базирующаяся на принципах Н.В. Тупиковой. Пиктограммы, предложенные ею, представляют собой наглядную альтернативу текстовым рубрикам карты. Видовые градации численности были нами обобщены и сокращены до трех (низкая, средняя, высокая). Их смысловое содержание отражает максимальное значение численности, зафиксированное в конкретном типе местообитания, и стало индивидуальным для каждого вида в отдельности. Легенда позволила оценить поливариантность населения, обусловленную асинхронностью динамики входящих в них видов (выделы с такими структурами могут характеризоваться повышенной неустойчивостью). Проведен анализ данных, при котором принималось во внимание все структурное разнообразие сообществ в годы популяционных пиков, что не связывалось с закономерными изменениями населения, наблюдаемыми при сменах популяционных фаз численности. Показана трансформация структуры животного населения в природно-антропогенных сукцессионных рядах основных растительных формаций для придания карте прогнозных и ретроспективных возможностей.*

**Ключевые слова:** картографирование, легенда, численность, пространственное распределение, структура, сукцессии.

S.B. SIMONOV, P.S. SIMONOV

Pacific Geographical Institute, Far Eastern Branch, Russian Academy of Sciences,  
690041, Vladivostok, ul. Radio, 7, Russia, komnata112@ya.ru, palzpss@ya.ru**THE POPULATION MAP OF MYOMORPHIC RODENTS IN PRIMORSKII KRAI**

*The first experience of developing a legend and mapping a medium-scale “Population map of small rodents (Rodentia: Cricetidae, Muridae, and Sminthidae) of Primorskii krai” at a scale of 1:800 000 for the Russian Far East is outlined. The research was based on these authors’ material on the spatial distribution of myomorphic rodents collected by the authors during 1973–2004, and on published data (the analysis used more than 22 000 rodents of 12 species). The main principle in this study is the landscape-biotopical one, where the map legend is based on the habitat. A legend was developed, based on N.V. Tupikova’s principles. The pictograms proposed by N.V. Tupikova were a visual and informative alternative to the text rubrications of the map. We have generalized and reduced species abundance gradations to three (low, medium, and high), the semantic content of which has become individual for each species separately and reflects the maximum value of abundance noted in a particular type of habitat. The legend made it possible to estimate the polyvariance of the population, due to the asynchrony in the dynamics of the species included in them (contours with such structures can be characterized by increased instability). An analysis of data was carried out, which took into account the entire structural diversity of communities during the years of population peaks, not associated with regular changes in the population observed during changes in the population phases of abundance. The transformation of the structure of the animal population in the natural-anthropogenic succession series of the main plant formations is shown to give the map predictive and retrospective capabilities.*

**Keywords:** mapping, legend, abundance, spatial distribution, structure, successions.

**ВВЕДЕНИЕ**

Несмотря на определенный прогресс в современном развитии зоогеографии, ряд вопросов, связанных с разработкой принципов и совершенствованием методов картографирования, остается нерешенным. Если представление об объекте зоогеографического картографирования можно считать устоявшимся [1], то задача разработки форм и методов построения легенды карты остается актуальной

[2–7]. Мышевидные грызуны (Rodentia) представляют собой традиционный объект биогеографических исследований. Этому способствует, с одной стороны, их массовость, практически повсеместное распространение и простота способов учета, с другой — огромное и разностороннее значение в функционировании природных и антропогенных биогеосистем и поддержании очагов особо опасных инфекционных заболеваний. До настоящего времени имеющиеся наработки картографирования грызунов являются, как правило, видовыми и обзорными, выполненными в мелком масштабе [2, 8–10]. Поэтому к основным задачам, вставшим перед нами в процессе создания «Карты населения мышевидных грызунов Приморского края», можно отнести следующие: показать видовую структуру сообществ и максимальную численность формирующих его видов в коренных природно-территориальных комплексах; отразить поливариантность населения, обусловленную асинхронностью динамики входящих в них видов (выделы с такими структурами могут характеризоваться повышенной неустойчивостью); показать трансформацию животного населения в природно-антропогенных сукцессионных рядах основных растительных формаций.

### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

На основе обобщенных личных полевых материалов, собранных авторами в 1973–2004 гг., и обширных литературных данных по пространственному распределению и динамике сообществ мелких млекопитающих [8–10] нами была разработана легенда и создана электронная векторная «Карта населения мышевидных грызунов Приморского края» масштаба 1:800 000 (рис. 1, 2). Проанализированный объем собранного материала составил свыше 22 000 грызунов 12 видов, относящихся к трем семействам. Семейство хомяковые (Cricetidae): лесной лемминг (*Myopus schisticolor* Lilljeborg), красная полевка (*Myodes rutilus* Pallas), красно-серая полевка (*Craseomys rufocanus* Sundevall), восточная полевка (*Alexandromys fortis* Buchner), крысовидный хомячок (*Tscherskia triton* de Winton), барабинский хомячок (*Cricetulus barabensis* Pallas); семейство мышиные (Muridae): восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae* Thomas), полевая мышь (*A. agrarius* Pallas), мышь-малютка (*Micromys minutus* Pallas), серая крыса (пасюк) (*Rattus norvegicus* Berkenhout), домовая мышь (*Mus musculus* Linnaeus); семейство мышешовковые (Sminthidae): длиннохвостая мышешовка (*Sicista caudata* Thomas) [11]. Учеты грызунов осуществлены с использованием 182 000 ловушко-ночей. Картографической основой послужил оцифрованный вариант «Карты растительности Приморского края» [12].

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

В подавляющем большинстве зоогеографические карты, будучи обзорными, выполненными в мелком масштабе, показывают некоторые осредненные характеристики животного населения, тем самым нивелируя динамику их пространственного распределения.

Картографическая интерпретация фактического материала наглядна и информативна лишь при грамотном построении легенды, так как именно она позволяет донести до нас полноту сведений об объекте исследования, отражает смысловое содержание карты и в значительной степени определяет ее востребованность и актуальность. Наполняя легенду «Карты населения мышевидных грызунов Приморского края» конкретным содержанием, мы опирались на положение А.М. Чельцова-Бебутова о том, что «при составлении карты по полевым материалам рассмотрение животного населения в отрыве от географической среды оказывается попросту немислимым, так как количественные учеты могут дать возможность здраво судить о населении животных только в том случае, если оно проводится в естественных границах определенных территориальных комплексов» [6, стр. 12]. Вопрос о том, что должно быть положено в основу при разработке легенды карты — животное население или местообитание — остается нерешенным до настоящего времени. И хотя А.М. Чельцов-Бебутов [6] постоянно подчеркивал необходимость отражения на карте населения в сочетании с природной средой, найти равновесие между этими двумя составляющими пока не удалось никому.

Зооцентрический подход при мелкомасштабном, обзорном картографировании мелких млекопитающих на больших территориях эффективно реализован Н.В. Тупиковой и ее учениками [2, 5]. Однако при картографировании в среднем и крупном масштабах возрастает значение ландшафтно-биотопического подхода, особенно при учете динамики аспектов населения. Изученность последних остается низкой и за редким исключением (для птиц [13]) не находит отражения в немногочисленных зоогеографических картах. Попытка решить вопрос показа в одних и тех же типах местообитаний нескольких значительно отличающихся вариантов населения предпринята Л.Г. Емельяновой [3].



Рис. 1. Карта населения мышевидных грызунов Приморского края (фрагмент).

Типы местообитаний: 1–25 — см. легенду. 26 — государственная граница. Участие вида в населении, %: I — абсолютно господствует, >50, II — господствует, 30,1–50, III — согосподствует, 10,1–30, IV — второстепенен, 2,1–10, V — третьестепенен, <2, VI — встречается местами. Численность вида: VII — высокая, VIII — средняя, IX — низкая.

Обозначение на карте	Виды грызунов											Максимальная уловистость на 100 ловушек-суток	Типы местообитаний	
	<i>Sicista caudata</i>	<i>Myopus schisticolor</i>	<i>Myodes rutilus</i>	<i>Crasomys rufocanus</i>	<i>Apodemus peninsulae</i>	<i>Apodemus agrarius</i>	<i>Alexandromys fortis</i>	<i>Micromys minutus</i>	<i>Tscherskia albipes</i>	<i>Cricetulus barabensis</i>	<i>Rattus norvegicus</i>			<i>Mus musculus</i>
1													1	Горные тундры с кедровым стлаником
													3	Кедровые стланики с каменистыми россыпями
													15	Каменноберезняки, местами с высокотравными полянами
													32	Каменноберезняки с примесью пихты и ели
2													1	Каменистые россыпи в пределах лесного пояса
3													14	Лиственничники кустарничково-моховые и лишайниковые
													10	Лиственничники кустарниковые и елово-лиственничные долинские леса
4													40	Лиственничники кустарниковые и елово-лиственничные долинские леса
5													24	Лиственничные мари
6													18	Пихтово-еловые и кедрово-еловые моховые леса
													36	Пихтово-еловые травяно-папоротниковые леса
													60	Елово-кедровые травяно-папоротниковые леса
7												41	Кедрово-широколиственные и кедровые леса	
8												48	Елово-кедрово-широколиственные и кедрово-широколиственные леса с примесью граба, местами с пихтой цельнолистной	
9												39	Мелколиственные леса по гарям и рубкам на месте хвойно-широколиственных лесов	
10												32	Мелколиственные леса в комплексе с лугами и кустарниковыми зарослями по долинам горных рек	
11												35	Мелколиственные леса в комплексе с лугами и кустарниковыми зарослями по долинам горных рек	
12												21	Полидоминантные широколиственные леса с примесью хвойных, в верхних частях горных долин	
13												40	Широколиственные, дубово-широколиственные и березово-дубовые леса предгорий и низогорий, горные и долинские	
14												50	Дубовые и полидоминантные широколиственные леса и их редины в освоенных горных долинах и предгорьях	
15												35	Комплексе прирусловых зарослей ив с остатками широколиственных лесов по долинам крупных рек	
16	a)											31	Комплексе дубовых лесов, их редин (a) и закустаренных лугов (б) на Уссурийско-Ханкайской равнине	
	б)											69		
17												45	Луга и перелески предгорных территорий	
18												42	Осоково-вейниковые влажные луга равнин (a) в комплексе с разнотравно-злаковыми лугами и сельхозугодьями (б)	
												76		
19												20	Сырые и мокрые вейниковые луга в комплексе с болотами	
20												1	Комплексе осоковых и тростниковых низинных болот	
21												24	Поля в нешироких слабо освоенных горных долинах	
22												61	Поля в широких освоенных долинах: a) на месте таежных лесов б) на месте неморальных лесов	
												55		
23												81	Поля на равнинных территориях: a) рисовые системы б) посевы зерновых и бобовых культур	
												76		
24												30	Населенные пункты городского типа	
25												9	Населенные пункты сельского типа: a) на равнинах и в широких освоенных горных долинах б) в нешироких горных долинах	
												3		
26														



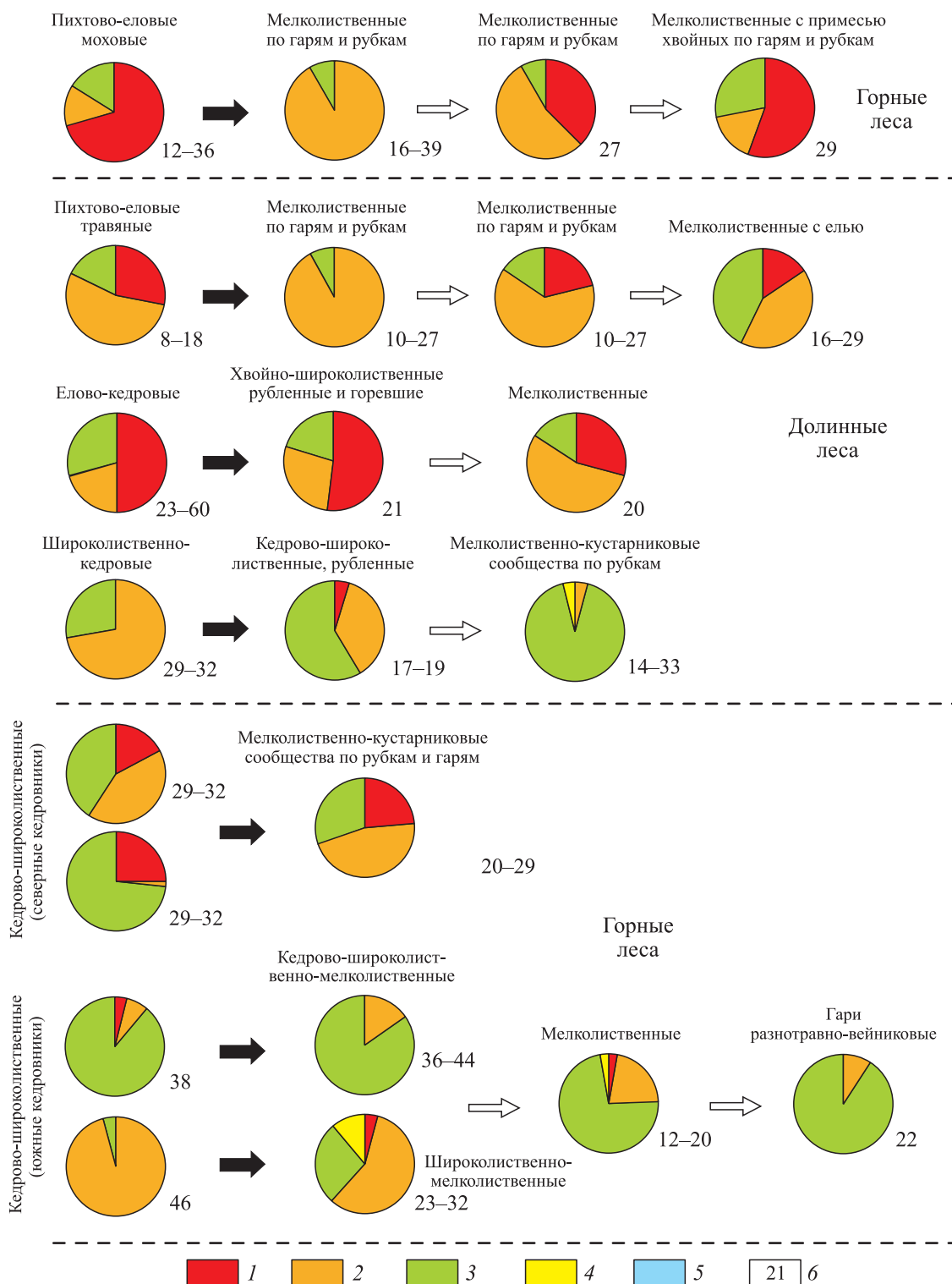


Рис. 2. Сукцессионные ряды населения мышевидных грызунов (фрагмент).

Виды грызунов: 1 — красная полевка (*Myodes rutilus*), 2 — красно-серая полевка (*Craseomys rufocanus*), 3 — восточноазиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), 4 — полевая мышь (*Apodemus agrarius*), 5 — большая, или дальневосточная полевка (*Alexandromys fortis*). 6 — общая численность грызунов на 100 ловушко-суток.

Оформление легенды нашей карты базируется на принципах, разработанных Н.В. Тупиковой [14, 15]. Предложенные ею пиктограммы стали наглядной и информативной альтернативой текстовым рубрикам большинства карт. При этом нами были внесены определенные поправки и дополнения: обобщены и сокращены до трех видовые градации численности (низкая, средняя, высокая), смысловое содержание которых стало индивидуальным для каждого вида в отдельности [16] и отражает максимальное значение численности, отмеченной в том или ином типе местообитания (см. рис. 1). При анализе территориальных группировок грызунов принималось во внимание все структурное разнообразие сообщества в годы популяционных пиков, что не связывалось с закономерными изменениями населения, наблюдаемыми при сменах популяционных фаз численности.

Характеризуя природно-территориальные комплексы, мы в основном придерживались названий растительных формаций, представленных в легенде «Карты растительности Приморского края» [12]. Однако нередко контуры растительности не отражали разнообразия травяного покрова, обуславливающего пространственную дифференциацию населения грызунов. Тогда в пределах одной рубрики выделялись подразделы, для которых приводилась самостоятельная характеристика териокомплексов. Например, пихтово-еловые леса разделены на моховые и травяно-папоротниковые группы ассоциаций с характерным для каждой из них населением животных. Тот же принцип сохранялся и в случае наличия поливариантных структур териокомплексов. Считаем, что соседние рубрики легенды карты можно объединять лишь в том случае, если все варианты структур совпадают. В нашем случае подобных совпадений не наблюдалось.

С целью придания карте прогнозных и ретроспективных возможностей в легенде были зафиксированы и отражены изменения структуры населения грызунов в природно-антропогенных сукцессионных рядах основных растительных формаций (см. рис. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная карта — первый опыт среднемасштабной интерпретации пространственного распределения населения грызунов Приморского края и в настоящее время не имеет аналогов для Дальнего Востока России.

Легенда и «Карта населения мышевидных грызунов Приморского края» масштаба 1:800 000 отражает распределение населения мелких млекопитающих Приморского края как в статике, так и в динамике. Она может быть полезна биогеографам, специалистам в области медицинской зоологии и экологии, охотоведам, работникам лесного и сельского хозяйства в качестве зоогеографической основы.

Созданная карта использована авторами для последующего изучения географических аспектов пространственной циркуляции хантавирусов на очаговой территории Приморского края. Предпосылками для подобного анализа стали специфические черты самого возбудителя — неспособность существовать во внешней среде длительное время и соответствие каждому генотипу своего вида-резервуара, что со значительной долей вероятности позволило по характеру распространения отдельных видов грызунов судить о распределении на территории региона конкретных генотипов.

Электронная векторная версия карты может быть включена в географические информационные системы как регионального, так и федерального уровня.

В дальнейшем, по мере накопления значительного объема фактического материала, возможен переход к составлению легенды и построению карты населения мышевидных грызунов как для юга Дальнего Востока, так и для всего Дальнего Востока России, что потребует объединения всех заинтересованных специалистов.

*Работа выполнена по государственному заданию Тихоокеанского института географии ДВО РАН (122020900184-5), «Соотношение естественных и антропогенных факторов в динамике и эволюции разноранговых геосистем и их компонентов в переходной зоне “суша–океан”; разработка методов и технологий их диагностики и моделирования».*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Удра И.Ф.** О становлении биогеографии и ее дальнейшем развитии // География и природ. ресурсы. — 1990. — № 2. — С. 138–143.
2. **Емельянова Л.Е.** Принципы составления легенды и карты населения мелких млекопитающих северной Евразии (в пределах СССР) масштаба 1:4 000 000: Автореф. дис. ... канд. геогр. наук. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1983. — 25 с.

3. **Емельянова Л.Е.** Принципы и основные этапы создания карты населения мелких млекопитающих СССР // Общая и региональная териогеография. — М.: Наука, 1988. — С. 310–342.
4. **Тупикова Н.В.** Зоологическое картографирование. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1969. — 205 с.
5. **Тупикова Н.В., Комарова Л.В.** Принципы и методы зоологического картографирования. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 189 с.
6. **Чельцов-Бебутов А.М.** Некоторые вопросы зоогеографического картографирования (на примере карты Кустанайской области) // Биогеографические очерки Кустанайской области. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1964. — С. 5–24.
7. **Чельцов-Бебутов А.М.** Зоогеографическое картографирование. Основные принципы и положения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 1976. — № 2. — С. 50–56.
8. **Костенко В.А.** Закономерности биотопического размещения и распределения грызунов на Дальнем Востоке СССР // Наземные млекопитающие Дальнего Востока СССР. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1976. — С. 3–62.
9. **Костенко В.А., Нестеренко В.А.** Грызуны освоенных земель Приморского края. — Владивосток: ДВО АН СССР, 1989. — 64 с.
10. **Симонов С.Б.** Структура территориальных группировок мышевидных грызунов юга Дальнего Востока. — Владивосток: Дальнаука, 2003. — 196 с.
11. **Лисовский А.А., Шефтель Б.И., Савельев А.П., Ермаков О.А., Козлов Ю.А., Смирнов Д.Г., Стахеев В.В., Глазов Д.М.** Млекопитающие России: список видов и прикладные аспекты. — М.: Тов-во науч. изданий «КМК», 2019. — 191 с.
12. **Карта растительности Приморского края.** М-б 1:500 000 / Ред. Б.П. Колесников. — М.: ГУГК, 1956. — 1 л.
13. **Даниленко А.К., Рустамов Э.А.** Картографический анализ сезонных аспектов населения птиц // Теоретические и прикладные аспекты биогеографии. — М.: Наука, 1982. — С. 113–121.
14. **Тупикова Н.В.** Классификация животного населения для зоогеографических карт: Тез. докл. Первого международного конгресса по млекопитающим. — М.: Изд-во Всесоюз. ин-та научной и технич. информации АН СССР, 1974. — Т. 2. — С. 276–277.
15. **Тупикова Н.В.** Картографирование животного населения // Итоги науки и техники: Биогеография. — М.: Изд-во Всесоюз. ин-та научной и технич. информации АН СССР, 1976. — Т. 1. — С. 98–218.
16. **Симонов С.Б.** Население мышевидных грызунов Среднего Сихотэ-Алиня. — Владивосток: ДВНЦ АН СССР, 1990. — 111 с.

*Поступила в редакцию 31.05.2023*

*После доработки 24.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

**С.Б. БУДАЕВ\*, \*\*, В.А. ПРЕЛОВСКИЙ\*, \*\*, А.П. СОФРОНОВ\*\***

\*Государственный заповедник «Джержинский»,  
671640, Республика Бурятия, с. Курумкан, ул. Балдакова, 15, Россия,  
sartul-herdeg90@mail.ru, amadeo81@mail.ru

\*\*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия,  
sartul-herdeg90@mail.ru, amadeo81@mail.ru, alesofronov@yandex.ru

### **ОПЫТ СОСТАВЛЕНИЯ КРУПНОМАСШТАБНОЙ КАРТЫ НАСЕЛЕНИЯ МЛЕКОПИТАЮЩИХ АМУТСКОЙ КОТЛОВИНЫ (СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЕ ПРИБАЙКАЛЬЕ)**

*К одним из приоритетных направлений совместных исследований Джержинского заповедника с Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН относится тематическое геоинформационное картографирование компонентов экосистем, с целью оптимизации накопленных сведений и планирования научной, рекреационной и природоохранной деятельности. Развитие методологии составления карт и легенд, внедрение геоинформационных систем и компьютерной обработки данных значительно расширяют современные возможности зоологического картографирования. В работе обсуждается опыт составления зоологической карты населения млекопитающих Амутской котловины (Северо-Восточное Прибайкалье), выполненной в масштабе 1:50 000, на основе ранее составленной карты растительности котловины и с привлечением космоснимков спутников Landsat 5 TM, 7 ETM+, лесотаксационных планов, ландшафтных и топографических карт разных масштабов. Выявлено, что для территории характерно относительно невысокое видовое разнообразие млекопитающих, связанное с довольно суровыми природно-климатическими условиями их обитания. Собранный и обобщенная информация о распространении 26 видов млекопитающих в Амутской котловине стала основой для составления крупномасштабной карты, включающей 58 выделов в основном слое, отражающих закономерности пространственной организации животного населения, представленного пятью типами и тремя подтипами. Исходными единицами картографирования послужило население млекопитающих, обитающих в границах растительных ассоциаций, именно эту единицу растительного покрова в качестве основного критерия для показа на биоценотической карте выделенных ботанико-зоологических комплексов первым использовал В.Б. Сочава. Обобщение разрозненных данных путем создания карты населения млекопитающих позволяет наглядно представить структуру и распределение различных типов населения, а также выявить общие закономерности их формирования на обширной территории.*

**Ключевые слова:** геоинформационные технологии, зоологическое картографирование, териофауна, растительные ассоциации, котловинный эффект, Джержинский заповедник.

**S.B. BUDAEV\*, \*\*, V.A. PRELOVSKI\*, \*\*, A.P. SOFRONOV\*\***

\*Dzherginsky State Nature Reserve,  
671640, Republic of Buryatia, village Kurumkan, ul. Baldakova, 15, Russia,  
sartul-herdeg90@mail.ru, amadeo81@mail.ru

\*\*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia,  
sartul-herdeg90@mail.ru, amadeo81@mail.ru, alesofronov@yandex.ru

### **EXPERIENCE OF COMPILING A LARGE-SCALE MAP FOR THE MAMMAL POPULATION IN THE AMUT DEPRESSION (NORTHEASTERN CISBAIKALIA)**

*One of the priority areas of joint research of the Dzherginsky Nature Reserve and V.B. Sochava Institute of Geography SB RAS is thematic geoinformation mapping of ecosystem components, with the aim of optimizing the accumulated information and planning scientific, recreational and environmental activities. The development of the methodology for compiling maps and legends, the introduction of geographic information systems and computer data processing significantly expand the modern possibilities of*



zoological mapping. The paper discusses the experience of compiling a zoological map of the population of mammals in the Amut Depression, made at a scale of 1:50 000, based on a previously compiled map of the vegetation of the depression and using Landsat 5 TM and 7 ETM+ images, forest inventory plans, and landscape and topographic maps of different scales. The territory is characterized by a relatively low species diversity of mammals, which is associated with rather severe natural and climatic conditions of their habitat. The collected and generalized information on the distribution of 26 species of mammals in the Amut Depression served as the basis for compiling a large-scale map including 58 sections in the main layer, reflecting the patterns of spatial organization of the animal population, represented by five types and three subtypes. The initial mapping units were the population of mammals, taken within the boundaries of plant associations; it was this unit of vegetation cover that was the first to be used by V.B. Sochava. The generalization of disparate data by creating a map of the population of mammals makes it possible to visualize the structure and distribution of various types of population as well as to identify the general patterns of their formation over a vast territory.

**Keywords:** geoinformation technologies, zoological mapping, theriofauna, plant associations, basin effect, Dzherginsky Nature Reserve.

## ВВЕДЕНИЕ

Отсутствие сведений о пространственно-временной динамике населения наземных позвоночных и анализа вызывающих ее причин не только делает ущербной оценку биоразнообразия, но и резко снижает эффективность выявления современного состояния экосистем в целом, а также прогноза их возможных изменений [1]. Территории заповедников относятся к эталонным участкам природы, где возможно изучение компонентов экосистем, не подверженных прямому антропогенному влиянию, что наиболее важно при исследовании их биотического компонента — самого неустойчивого, наиболее легко и быстро реагирующего на воздействия внешней среды. Благодаря постоянству наблюдений и длительному ведению Летописи природы ГПЗ «Джержинский» [2] изученность биологического разнообразия заповедных территорий зачастую значительно выше, чем окружающих их районов, но в то же время отмечается малодоступность этой информации для широкого круга исследователей, ее недостаточный анализ и фрагментарная представленность в научных публикациях.

С 2020 г. научным отделом Государственного природного заповедника «Джержинский» на заповедной территории проводятся совместные с Институтом географии им. В.Б. Сочавы СО РАН геоморфологические, гляциологические, ландшафтные, ботанические и зоологические исследования. Одно из приоритетных направлений исследований — это тематическое геоинформационное картографирование биоты с целью оптимизации использования накопленных сведений при планировании научной, рекреационной и природоохранной деятельности заповедника. В данной работе изложен опыт составления зоологической карты «Население млекопитающих Амутской котловины», выполненной в масштабе 1:50 000.

## ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ

Амутская котловина расположена на стыке трех крупных горных массивов Прибайкалья: Икатского, Баргузинского и Северо-Муйского хребтов. Площадь котловины составляет около 140 км<sup>2</sup>, протяженность с юго-запада на северо-восток равна 16–17 км, а с юго-востока на северо-запад около 8–9 км [3]. Согласно физико-географическому районированию, котловина относится к Прибайкальской гольцово-горно-таежной и котловинной провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области субконтинента Северная Азия [4]. Высокое разнообразие форм рельефа приводит к значительному разнообразию природных комплексов данной территории. Однако в отношении самой котловины абсолютные высоты и общая суровость климата обуславливают формирование достаточно бедных в отношении разнообразия сообществ растительности и населения позвоночных животных.

По своему происхождению котловина относится к эмбриональным впадинам байкальского типа [5]. Высота ее центральной пониженной части 1210–1240 м, а окружающих гор 1700–2400 м, диапазон высот в самой котловине составляет от 1200 до 1500 м [3]. В Амутской котловине преобладают ровные формы рельефа. Пологие склоны переходят от подгорных местоположений в плоское днище, где располагается русло р. Баргузин. Рельеф котловины носит преимущественно холмисто-западинный и грядовый характер, сформированный в верхнем плейстоцене под действием ледников в малой тектонической впадине байкальского типа. В настоящее время рельеф котловины преобразуется под влиянием флювиальных, озерных и мерзлотных процессов [3]. Ее днище представляет собой сложный комплекс в разной степени заболоченных листовенничных редколесий, ерников, лугово-болотных сообществ, травяно-моховых болот, приречных ивняков и лугов, что в полной мере отражается на мозаичности населения млекопитающих (рис. 1).



Рис. 1. Амурская котловина осенью, вид на оз. Балан-Тамур, на горизонте оз. Амур (фото С.А. Швецова).

Климат территории суровый, общие резко континентальные условия климата Забайкалья здесь усугубляются влиянием значительных высот. Зима холодная, длится до шести месяцев: с ноября по апрель. Средняя температура воздуха в январе равна  $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Минимальные температуры могут опускаться ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Лето очень короткое, холодное и умеренно прохладное. Средняя температура воздуха в июле равна  $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Суточные температуры могут колебаться в значительном диапазоне, а по ночам возможны заморозки. Среднегодовое количество осадков составляет около 700 мм, их наибольшая часть выпадает в июле–августе (50–55 %), наименьшая — в марте–июне [6].

Значительная часть твердых осадков выпадает на наветренных склонах гор, где высота снежного покрова может достигать одного метра и выше. Его мощность в днище котловины в среднем составляет 40–45 см, местами достигает 50–60 см и более, что значительно ограничивает возможности существования для благородного оленя (*Cervus elaphus*), сибирской косули (*Capreolus pygargus*) и кабана (*Sus scrofa*) [7]. Поэтому из копытных в котловине обитает только северный олень (*Rangifer tarandus*), для которого такая высота снега не является помехой для перемещения и добывания корма из-под снега. Многочисленные следы соболя (*Martes zibellina*) и горностая (*Mustela erminea*) указывают на их активную деятельность в котловине благодаря самой малой нагрузке на снежный покров. В то же время низкая плотность снега (менее  $60\text{ см}^3$ ) и относительно высокий покров вынуждают крупных хищников (волк (*Canis lupus*), обыкновенная лисица (*Vulpes vulpes*), россомаха (*Gulo gulo*)) использовать накатанные снегоходами дороги и тропы северных оленей, по которым они проникают глубоко в котловину.

Суровые климатические условия и короткое лето приводят к повсеместному развитию в котловине многолетней мерзлоты. В свою очередь, это приводит к развитию на ней угнетенного растительного покрова и, как следствие, к формированию неполноценных сообществ млекопитающих, представленных в основном широко распространенными эвритопными видами с высокой экологической пластичностью. Млекопитающие представлены 26 видами, и в этом отношении Амурская котловина значительно уступает по видовому разнообразию таким котловинам, как Баргузинская (53 вида), Верхнеангарская (43), Муйская (43), Чарская (38) и Среднекаларская (34) (использованы данные по [8] с некоторыми дополнениями), где четко прослеживается уменьшение количества видов по мере усиления суровости климата и упрощения общей ландшафтной структуры.

Речная сеть котловины слабо развита и представлена р. Баргузин и его большим числом притоков, из которых наиболее крупные — Амур и Балан-Тамур. В котловине имеется множество озер, к наиболее крупным из них относятся озера Амур, Якондыкон, Малан-Зурхен и система озер Балан-Тамур–Чурикт (см. рис. 1). Общая площадь водного зеркала всех озер достигает  $17\text{ км}^2$ , что составляет 12 % территории днища котловины [3]. Значительные ее площади занимают болота. Вследствие промерзания большинства озер и рек, а также недостатка рыбных ресурсов многие полуводные виды млекопитающих встречаются здесь эпизодически. В последние годы стала редко встречаться речная

выдра (*Lutra lutra*), но зато появилась американская норка (*Neovison vison*) [2], расширяющая свой ареал в Северо-Восточном Прибайкалье.

Растительный покров котловины в целом можно охарактеризовать как достаточно однообразный в отношении и видового разнообразия, и разнообразия сообществ. Важным отличительным признаком можно считать отсутствие растительных ассоциаций Южносибирских формаций — альпинотипных лугов, кедровых и пихтовых лесов, несмотря на их широкое распространение на западном макросклоне Баргузинского хребта и спорадическое присутствие на северном макросклоне Северо-Муйского. Возможно, это связано с более суровыми природно-климатическими условиями котловины.

Главной лесообразующей породой в Амутской котловине выступает лиственница даурская (*Larix dahurica*), образующая насаждения по днищу и бортам котловины [3]. Большая часть территории покрыта редкостойными лесами, из которых наиболее широко распространены лиственничные кустарничково (багульник болотный (*Ledum palustre*), водяника черная (*Empetrum nigrum*), брусника (*Vaccinium vitis-idaea*))-ягельниковые (кладония (*Cladonia* sp.)) сообщества с кедровым стлаником (*Pinus pumila*) в подлеске. Последний распространен в ценозах котловины практически повсеместно, образуя наиболее сомкнутые сообщества на теневых привершинных местообитаниях моренных гряд, сменяясь на вершинных поверхностях редкостойными лиственничниками с разомкнутыми зарослями кедрового стланика и сообществах кустарниковых видов рода *Betula* (ерниках).

На выположенных формах рельефа значительные площади занимают кустарничково-болотные комплексы и редкостойные лиственничные кустарничково-сфагновые заболоченные фитоценозы. В понижениях, межрядовых и склоновых ложбинах широко распространены переувлажненные ерниковые кустарничково (багульник болотный, подбел обыкновенный (*Andromeda polifolia*))-лишайниково-сфагновые сообщества. В луговых сообществах доминируют осоковые (*Carex*) ценозы, которые образуют комплексы с ивовыми (*Salix*) зарослями и приурочены в основном к прирусловым местообитаниям р. Баргузин. В небольшом количестве в составе осоковых сообществ присутствуют виды таежно-болотного разнотравья. В пойме Баргузина широко развиты низинные осоково-моховые болота, камышово-тростниковые заросли и болотное разнотравье.

Основной объект зоологического картографирования представляют собой территориальные группировки животных различного ранга, объединенные в некое единство общностью местообитания, среды и неотъемлемым компонентом которой они являются [9]. Крупномасштабные зоологические карты отражают фактическую картину распространения различных животных и их сообществ [10].

В качестве основы при составлении зоологических карт традиционно используются геоботанические карты, так как других индицирующих признаков нахождения границ между группировками животного населения, кроме как выделов растительности, не найдено [10–14]. В нашем случае использовалась карта «Растительность Амутской котловины», выполненная в масштабе 1:50 000, где тематический слой содержит 90 выделов. Для более точного выявления местообитания животных дополнительно привлекались космоснимки спутников Landsat 5 TM, Landsat 7 ETM+, лесотаксационные планы территории Джергинского заповедника, ландшафтные [3, 4] и топографические карты разных масштабов. Составление карты проводили в программном комплексе ArcGIS 10.2.2.

Сведения о видовом составе и распространении млекопитающих собирались на основе учетов давилко-линиями по 25 штук и точечным отловом; во время зимних маршрутных учетов; с помощью установки фотоловушек; также учитывались следы их жизнедеятельности (следы, шерсть, погрызы, задиры и пр.). Дополнительно был проведен анализ материалов Летописи природы ГПЗ «Джергинский» [2], опрос егерей и посетителей заповедника.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Из 46 видов млекопитающих, отмеченных на территории Джергинского заповедника, в Амутской котловине обитает всего 26 видов, относящихся к шести отрядам. Относительно невысокое видовое разнообразие, как уже упоминалось выше, связано с суровыми природно-климатическими условиями. В первую очередь это затяжная зима с продолжительными морозами, высокий снежный покров, скудная кормовая база и сниженные защитные функции биоценозов.

Структура населения млекопитающих котловины отличается неполночленностью и отсутствием ряда видов, встречающихся ниже по течению Баргузина или на склонах гор. Основу населения биоценозов котловины составляют широко распространенные таежные виды: заяц-беляк (*Lepus timidus*), азиатский бурундук (*Tamias sibiricus*), бурый медведь, горноста́й, соболь. Из мелких млекопитающих в лесных сообществах доминирует красно-серая полевка (*Clethrionomus rufocanus*), обычны восточно-



азиатская мышь (*Apodemus peninsulae*), средняя (*Sorex caecutiens*) и обыкновенная (*S. araneus*) бурозубки, численность красной полевки (*C. rutilus*) в годы наблюдений была довольно низкой. На сырых лугах и полянах, болотах, в ерниках, редколесьях и зарослях кустарников вблизи озер и рек доминирует полевка-экономка (*Microtus oeconomus*). Для северного оленя характерны сезонные смены кормовых стадий (летом в предгорья, зимой — в долину котловины) в процессе годичной миграции. В то время как для бурого медведя маятниковые перемещения со склонов в долину котловины и обратно связаны по мере созревания растительных кормов. Ряд видов можно отнести к проходным, изредка появляющимся в котловине (обыкновенная лисица, волк, россомаха, рысь (*Lynx lynx*)).

«Придерживаясь общепринятого взгляда на ассоциацию, как на участок, занятый биоценозом, В.Б. Сочава первым использовал эту единицу растительного покрова в качестве основного критерия для показа на биоценотической карте выделенных им ботанико-зоологических комплексов — биомов» [15, с. 138]). Поэтому первичный сбор сведений о видовом составе и структуре населения млекопитающих проводили на основе 15 выделенных растительных ассоциаций вышеуказанной карты растительности. Полученные сведения позволили провести объединение территориальных группировок с высокими показателями видового сходства и доминирующими видами млекопитающих (при достаточном сходстве растительных ценозов), в результате чего на выходе были получены пять типов и три подтипа населения млекопитающих, отличающихся по количественным и качественным признакам.

Составленная карта «Население млекопитающих Амутской котловины» в масштабе 1:50 000 включает 58 выделов в основном слое (рис. 2). В отличие от геоботанического, в зоологическом картографировании раскраска выделов чаще всего не определяется их содержанием (ни составом населения, ни положением местообитаний). Цвета и штриховки подбираются произвольно, они должны просто отличаться друг от друга. В таких случаях карты не отражают географических закономерностей, а состоят как бы из отдельных самостоятельно существующих выделов вне связи и родства друг с другом [10, 12–14].

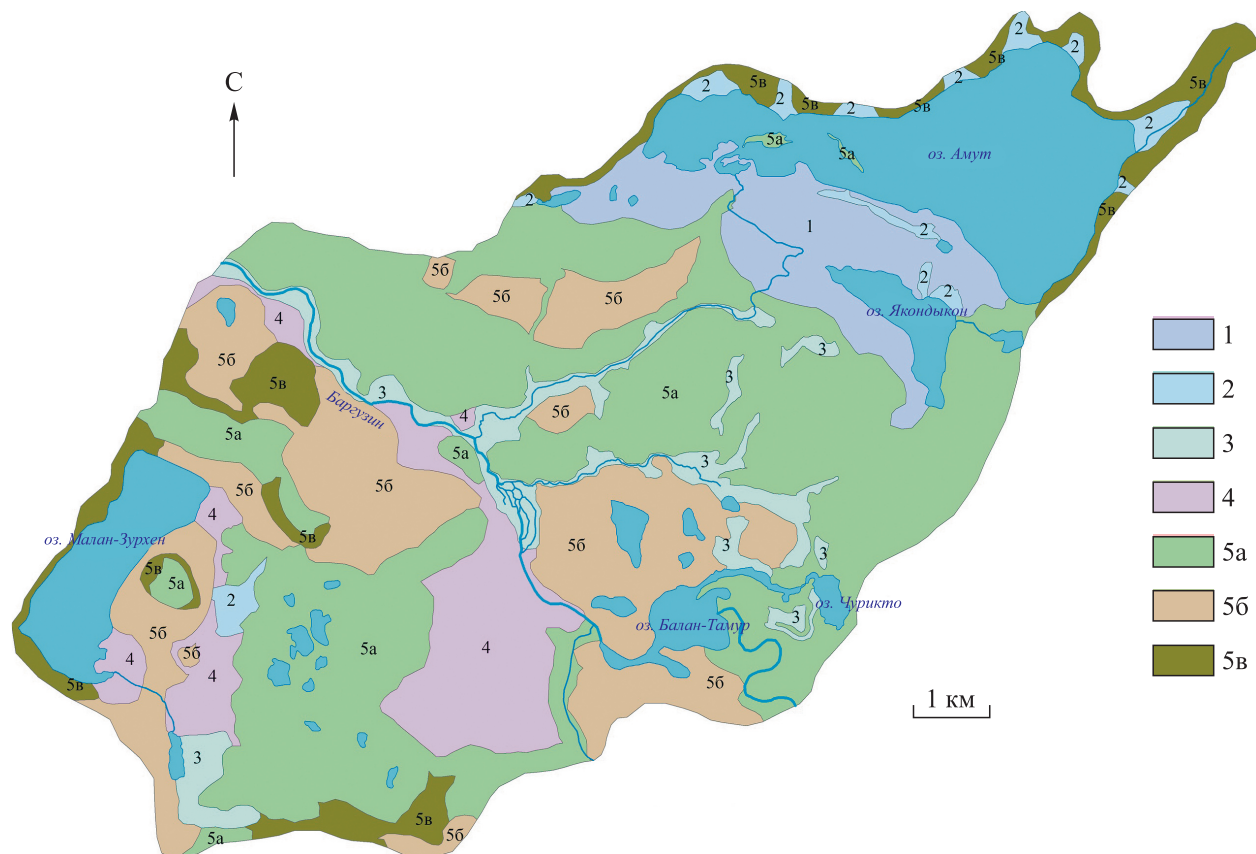


Рис. 2. Население млекопитающих Амутской котловины (М-б 1:50 000, уменьшенная копия).

Типы местообитаний: 1–5 — см. легенду.



### Легенда

#### к карте населения млекопитающих Амутской котловины м-ба 1:50 000

1. **Подгольцовые кедрово-стланиковые кустарничково-лишайниковые сообщества.**  
Бурузубки: *крошечная*, равнозубая, *тундряная*; азиатский бурундук (летн.), **красно-серая полевка**, *волк*, бурый медведь, *соболь* (летн.), северный олень (летн.).
2. **Горно-котловинные ерниково-ивовые травяные сообщества.**  
Бурузубки: *тундряная*, *средняя*, обыкновенная; заяц-беляк, **красно-серая полевка**, **полевка-экономка**, северный олень.
3. **Горно-котловинные разомкнутые кустарниковые и болотные разнотравно-кустарничково-осоковые сообщества.**  
Бурузубки: *тундряная*, равнозубая, *малая*; *обыкновенная кутора*, **полевка-экономка**, *колонок*, лось (летн.), северный олень.
4. **Горно-котловинные кустарничково-лишайниково-сфагновые сообщества.**  
Бурузубки: обыкновенная, *крупнозубая*, *средняя*; *лесной лемминг*, **красно-серая полевка**, *горностай* (мигр.), северный олень.
5. **Горно-таежные и горно-котловинные лиственничные кустарничково-лишайниково-моховые сообщества.**
  - 5а. **Лиственничные кустарничково-кустарничково-лишайниковые сообщества редколесья с участием кедрового стланика.**  
Бурузубки: обыкновенная, **средняя**, равнозубая; *большой трубнонос*, заяц-беляк, обыкновенная белка, азиатский бурундук, **красная полевка**, **красно-серая полевка**, бурый медведь, *соболь*, северный олень (зимн.).
  - 5б. **Лиственничные кустарниковые кустарничково-лишайниковые сообщества часто в сочетании с участками сфагновых болот.**  
Бурузубки: обыкновенная, *тундряная* и *малая*, **средняя**; заяц-беляк, *обыкновенная белка*, *азиатский бурундук*, *лесной лемминг*, *красная полевка*, **красно-серая полевка**, *полевка-экономка*, *восточноазиатская мышь*, бурый медведь, *волк*, *обыкновенная лисица*, *соболь* (мигр.), северный олень (зимн.).
  - 5в. **Лиственничные кедрово-стланиковые кустарничково-лишайниковые редкостойные сообщества на каменистых россыпях (курумах).**  
*Обыкновенная бурузубка*, *азиатский бурундук*, *красная полевка*, *красно-серая полевка*, северная *пищуха*, *горностай*.

\* Примечание. Вид отмечается: летн. — преимущественно в летний период, зимн. — преимущественно в зимний период, мигр. — во время сезонных миграций.

Следует согласиться с выводами Н.В. Тупиковой и Л.В. Комаровой [12], указывавшими на то, что в конкретных выделах типологически сходных местообитаний на разных фазах изменения (рост или падение) численность может быть как сходная, так и существенно различающаяся. В свою очередь это может существенно влиять на результаты картографирования при неверной экстраполяции данных, поэтому при оценке широты территориальных связей животных должны быть обязательно дифференцированы понятия территории, необходимой для существования популяции. Также они считали недопустимым использование на одной карте данных по численности за разные годы. Однако сложные природные условия и трудодоступность территории котловины не позволяют одновременно проводить сбор информации по всем видам млекопитающих, а для полного выявления разнообразия котловины требуется несколько лет планомерной работы. Поэтому при экстраполяции полученных сведений разными методами и в разные годы требуется унификация показателей обилия в виде ступеней пятибалльной шкалы, объединяющих сходные по биологическому состоянию популяции вида (видов), что позволяет сопоставлять кажущиеся несравнимыми показатели обилия и органично объединять их в легенде карты [16].

При использовании текстовой формы легенды для отражения внутренней структуры животного населения соблюдается определенная последовательность и применяются ставшие уже традиционными методы выделения разными видами шрифта и подчеркиванием [10, 12, 14]. Виды — доминанты, содоминанты и второстепенные — набраны разными шрифтами, согласно трехбалльной шкале обилия: **соболь** — весьма благополучное (преимущественно многочисленный), **соболь** — благополучное (немногочисленный и обычный), *соболь* — на грани благополучия (преимущественно редкий).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Недостаточная востребованность зоологических карт в практическом применении, отсутствие единой классификации и методов картографирования, а также трудоемкость сбора материала долгое время тормозили развитие картографирования животного мира. В настоящее время это отставание

успешно сокращается за счет увеличения числа карт сюжетов, усложнения их содержания и увеличения количества вкладываемой в карты информации [8, 10, 12, 13]. В заповедном деле карты животного мира востребованы при разработке природоохранных мероприятий, зонировании территории, развитии рекреационной деятельности, мониторинге популяций редких видов и т. д. В последнее время появление возможностей организации баз данных больших массивов исходных сведений по различным группам позвоночных животных позволяет значительно сократить время их обработки и оперативно создавать карты разнообразных сюжетов согласно поставленным задачам.

Собранная и обобщенная информация о распространении 26 видов млекопитающих в Амурской котловине послужила основой для составления крупномасштабной карты, включающей 58 выделов в основном слое, отражающих закономерности пространственной организации животного населения, представленного пятью типами и тремя подтипами. Дальнейшая разработка ГИС территории Джергинского заповедника позволит актуализировать накопленные за 30 лет данные в виде набора тематических слоев и оптимизировать систему наблюдений за биотическими компонентами экосистем.

*Работа выполнена за счет средств и в рамках государственных заданий Института географии им. В.Б. Сочавы СО РАН (АААА-А21-121012190059-5) и Государственного заповедника «Джергинский» (052-0036023-00).*

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ливанов С.Г., Равкин Ю.С. Мониторинг разнообразия наземных позвоночных Государственного биосферного заповедника «Катунский» (концепция, методы и вариант реализации) // Тр. Гос. природ. заповедника «Катунский». — 2001. — Вып. 1. — С. 55–110.
2. Летопись природы ГПЗ «Джергинский». — 1995. — Т. 1. — 62 с.; 2005. — Т. 11. — 78 с.; 2012. — Т. 18. — 94 с.; 2020. — Т. 26. — 183 с.; 2022. — Т. 28. — 98 с.
3. Владимирев И.Н., Выркин В.Б., Кобылкин Д.В., Софронов А.П. Рельеф и ландшафты Амурской котловины (Северо-Восточное Прибайкалье) // География и природ. ресурсы. — 2022. — Т. 43, № 3. — С. 125–133. DOI: 10.15372/GIPR20220314
4. Михеев В.С., Ряшин В.А. Ландшафты юга Восточной Сибири: Карта м-ба 1:1 500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
5. Сейсмотектоника и сейсмичность рифтовой системы Прибайкалья / Отв. ред. В.П. Солоненко. — М.: Наука, 1968. — 220 с.
6. Преображенский В.С., Фадеева Н.В., Мухина Л.И., Томилов Г.М. Типы местности и природное районирование Бурятской АССР. — М.: Изд-во Акад. наук СССР, 1959. — 218 с.
7. Будаев С.Б. Роль снежного покрова в жизнедеятельности млекопитающих Амурской котловины // Сибирь и Дальний Восток России в формирующемся пространстве Большой Евразии: Материалы XX юбилейной науч. конф. (с междунар. участием) молодых географов Сибири и Дальнего Востока (Иркутск, 24–29 мая 2021 г.). — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2021. — С. 177–179.
8. Лямкин В.Ф. Экология и зоогеография млекопитающих межгорных котловин байкальской рифтовой зоны. — Иркутск: Изд-во Ин-та географии СО РАН, 2002. — 133 с.
9. Тупикова Н.В. Картографирование животного населения и его роль в развитии биогеографии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 1976. — № 5. — С. 47–51.
10. Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П. Картографическое изучение биоты. — Иркутск: Изд-во «Облмашинформ», 2002. — 160 с.
11. Чельцов-Бебутов А.М. Зоогеографическое картографирование: основные принципы и положения // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 1976. — № 2. — С. 50–56.
12. Тупикова Н.В., Комарова Л.В. Принципы и методы зоологического картографирования. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1979. — 192 с.
13. Емельянова Л.Г., Огуреева Г.Н. Биогеографическое картографирование: Учеб. пособие. — М.: Юрайт, 2017. — 130 с.
14. Преловский В.А. Принципы разработки и построения карты Фаунистические комплексы Байкальского региона // Геогр. вестник. — 2021. — № 2 (57). — С. 163–170. — DOI: 10.17072/2079-7877-2021-2-163-170
15. Снегиревская Е.М. Методика и принципы крупномасштабного картографирования населения грызунов тайги Амуро-Зейского плато // Вопросы географии. — Т. 66. Организмы и природная среда. — М.: Изд-во «Мысль», 1966. — С. 127–146.
16. Даниленко А.К., Румянцев В.Ю. Унификация показателей обилия наземных позвоночных России для целей картографирования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. География. — 2001. — № 2. — С. 15–20.

*Поступила в редакцию 10.08.2023*

*После доработки 24.08.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

## КАРТОГРАФИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ НАСЕЛЕНИЯ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ

УДК 574.9: 595.727 + 502.74 (1-925.117 + 1-925.15)

DOI: 10.15372/GIPR20230516

М.Г. СЕРГЕЕВ\*, \*\*, М.Н. КИМ-КАШМЕНСКАЯ\*, В.В. МОЛОДЦОВ\*, О.В. ЕФРЕМОВА\*,  
К.В. ПОПОВА\*, Н.С. СОКОЛОВА\*

\*Новосибирский государственный университет, 630090, Новосибирск, ул. Пирогова, 2, Россия,  
mgs@fen.nsu.ru, mashust@gmail.com, vv@fen.nsu.ru, oxana@fen.nsu.ru, kristin\_belle@mail.ru,  
natalya.s.baturina@gmail.com

\*\*Институт систематики и экологии животных СО РАН,  
630091, Новосибирск, ул. Фрунзе, 11, Россия, mgs@fen.nsu.ru

## КАРТОГРАФИРОВАНИЕ И ЭКОМОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРОСТРАНЕНИЯ РЕДКИХ ВИДОВ НАСЕКОМЫХ НА ЮГЕ СИБИРИ И В СОПРЕДЕЛЬНЫХ РЕГИОНАХ (НА ПРИМЕРЕ НАДСЕМЕЙСТВА САРАНЧОВЫХ)

*Обсуждаются проблемы оценки статуса редких видов саранчовых и их популяций на юге азиатской России и на сопредельных территориях. На примере степей и лесостепей юго-востока Западно-Сибирской равнины показана возможность сравнительного анализа карт точек нахождения видов в разные периоды исследований для выявления изменений в распространении популяций. Для двух модельных видов, а именно обитателя равнинных степей пестрой копеечки (*Aeropedellus baliolus*) и эндемика западной части Алтае-Саянской горной системы травянки Невского (*Stenobothrus newskii*), в целом характеризующихся весьма стабильным распределением, продемонстрированы возможности и ограничения эколого-географического моделирования распространения. Оценены возможные результаты использования различных наборов переменных. Показано, что использование расширенных наборов переменных (в том числе данных по абсолютным высотам, типу растительности) оказывается оправданным для эндемиков горных систем. Подчеркивается, что картирование ареалов, в первую очередь в разные временные периоды, в сочетании с одним или несколькими подходами к эколого-географическому моделированию дает возможность выявления участков вероятного существования популяций редких видов, что крайне актуально для территорий, плотность покрытия которых точками сбора мала. Использование же наборов биоклиматических переменных, рассчитанных в соответствии с разными долговременными прогнозами климатических трансформаций, позволяет оценить с тем или иным приближением вероятные тенденции изменений распространения видов.*

**Ключевые слова:** степи, лесостепи, Алтае-Саянская горная система, биоразнообразие, прямокрылые насекомые, популяция.

M.G. SERGEEV\*, \*\*, M.N. KIM-KASHMENSKAYA\*, V.V. MOLODTSOV\*, O.V. YEFREMOVA\*,  
K.V. POPOVA\*, N.S. SOKOLOVA\*

\*Novosibirsk State University, 630090, Novosibirsk, ul. Pirogova, 2, Russia,  
mgs@fen.nsu.ru, mashust@gmail.com, vv@fen.nsu.ru, oxana@fen.nsu.ru, kristin\_belle@mail.ru,  
natalya.s.baturina@gmail.com

\*\*Institute of Systematics and Ecology of Animals, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
630091, Novosibirsk, ul. Frunze, 11, Russia, mgs@fen.nsu.ru

## MAPPING AND ECOMODELING OF THE DISTRIBUTION OF RARE INSECT SPECIES IN THE SOUTH OF SIBERIA AND IN NEIGHBORING REGIONS (A CASE STUDY OF THE SUPERFAMILY ACRIDOIDEA)

© 2023 Сергеев М.Г., Ким-Кашменская М.Н., Молодцов В.В., Ефремова О.В.,  
Попова К.В., Соколова Н.С.

*The problems of assessing the status of rare species of Acridoidea and their populations in the south of Asian Russia and neighboring territories are discussed. Using an example of steppes and forest-steppes of the southeast of the West Siberian Plain, the possibility of a comparative analysis of maps of species locations in different periods of research to identify changes in the distribution of populations is shown. The possibilities and limitations of ecological-geographical modeling of distribution were demonstrated for two model species, namely, *Aeropedellus baliolus*, an inhabitant of flat steppes, and *Stenobothrus newskii*, an endemic of the western part of the Altai-Sayan mountain system, generally characterized by a very stable distribution. The possible results from using different sets of variables are evaluated. It is shown that the use of extended sets of variables (including data on absolute altitudes, and vegetation type) is justified for endemics of mountain systems. It is emphasized that habitat mapping, primarily in different time periods, in combination with one or more approaches to ecological-geographical modeling, makes it possible to identify areas of probable existence of populations of rare species, which is extremely important for areas with low density of collection points. The use of sets of bioclimatic variables calculated in accordance with different long-term projections of climatic transformations makes it possible to estimate, to a certain approximation, the probable trends in changes in the distribution of species.*

**Keywords:** *steppes, forest-steppes, Altai-Sayan mountain system, biodiversity, Orthoptera, population.*

## ВВЕДЕНИЕ

Саранчовые (Acridoidea) — одно из самых широко распространенных и массовых надсемейств насекомых в травянистых ландшафтах [1]. Наряду с массовыми видами, в том числе потенциальными вредителями, среди этих насекомых обычны и виды с небольшими ареалами, требующие охраны на региональном, а иногда и на глобальном, уровнях. При этом данные ареалы могут пересекаться с районами массовых размножений потенциальных вредителей [2]. Следовательно, поддержание уровня биоразнообразия может потребовать полного запрета либо существенных ограничений мероприятий по снижению численности массовых видов. Актуальна и проблема расселения части представителей данной группы на север и северо-восток [3, 4].

Современные подходы к оценке состояния популяций редких видов во многом основаны на картографировании их популяций и оценке состояния последних, в том числе в будущем [5]. Один из традиционных подходов — создание тех или иных карт, характеризующих возможное распространение отдельных видов, в том числе потенциально вредных, их популяций и сообществ. Начиная с 1920-х гг. подобные карты создавались и для анализа популяции саранчовых, но в основном для потенциальных вредителей [6]. Однако время карт на бумажных носителях почти прошло, поскольку возможности исследователей существенно изменились благодаря активному развитию IT-технологий, систем глобальной навигации и новых подходов к моделированию.

Один из самых эффективных и доступных подходов к моделированию распространения видов — алгоритм максимальной энтропии (MaxEnt) [7, 8]. Его широкое распространение определяется значительным уровнем стандартизации и возможностями пользовательских настроек. Очевидны и ограничения, во многом связанные с использованием данных только о точках находок и с привлечением разных наборов параметров среды [8]. Особенно заметны они при генерации моделей для редких видов, точки нахождения которых обычно немногочисленны. Задача статьи — показать в этом контексте основные возможности, сложности и перспективы картографирования и эколого-географического моделирования распределения редких саранчовых на юге Сибири.

## ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования — саранчовые — одна из самых разнообразных групп насекомых, представленная на всех континентах, кроме Антарктиды. Многие виды этого надсемейства заселяют степи, луга, пустыни. Их численность может быть огромной, и тогда они становятся серьезнейшими вредителями. Вместе с тем среди них есть и очень редкие виды, местообитания которых находятся всего в нескольких точках [2–4].

Юг Сибири и сопредельные части Казахстана, Монголии и Китая — это в первую очередь степные, полупустынные и пустынные районы. Значительная часть территории занята Алтае-Саянской горной системой со сложной системой разнонаправленных хребтов и часто аридизированными межгорными котловинами. В результате, условия для обитания саранчовых здесь очень разнообразны — от пустынь до высокогорных лугов и тундр.

Все точки сбора оригинальных данных привязаны к системе географических координат, абсолютным высотам и ландшафтным характеристикам. Также проанализированы доступные коллекционные материалы. Географические координаты точек находок насекомых до 2000 г. определены с помощью



Google Earth Pro 7.3.3. В качестве базовой использована цифровая основа в равнопромежуточной конической проекции [9]. Картографические модели географического распространения редких видов построены с помощью пакета MaxEnt 3.4.4 [7, 8]. Используются биоклиматические параметры, данные о солнечной радиации и абсолютные высоты с привязкой к географическим координатам с разрешением 30 угловых секунд [10]. Этот набор дополнен параметрами, характеризующими почвы [11] и растительный покров [12]. Статистическая поддержка оценивалась с помощью площади под кривой (AUC). Подбор атрибутов моделей и параметров среды выполнен с применением пакета Maxent-VariableSelection в среде R [13]. Наилучшая модель отбиралась на основании наименьшего значения критерия Акаике и — при прочих равных условиях — с наименьшей разницей между AUC для тестовой и тренировочной выборок.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Распространение редких видов саранчовых на юге Сибири.** На юге Сибири, особенно в горах, обитает ряд редких (в том числе эндемичных) видов саранчовых [2–4, 14, 15]. Популяции многих таких форм малочисленны и локальны. Некоторые прямокрылые включены в региональные Красные книги. Еще заметнее присутствие редких видов в фаунах сопредельного Казахстана, Монголии и северо-запада Китая, особенно в местных горных системах. Однако данных об актуальном распространении и состоянии популяций на этих территориях практически нет, или же они очень ограничены [2]. Анализ изменений в распространении редких видов саранчовых в Барабинской лесостепи и Кулундинской степи путем сопоставления значковых карт ареалов для первой половины XX в. и периода 1972–2019 гг. [3] показывает, что есть саранчовые, распространение которых существенно не изменилось, два вида найдены на юго-западе Западно-Сибирской равнины, а несколько стали очень редкими. Столь разнородные изменения в их распространении могут быть в первую очередь объяснены трансформацией многих ландшафтов во время кампании освоения целины в середине XX в. и соответствующими изменениями условий обитания для разных видов. В горах юга Сибири и сопредельных регионов ситуация, видимо, стабильнее, так как общий уровень трансформации экосистем здесь существенно ниже, хотя популяции видов, обитающих в высокогорьях, могут исчезнуть в результате подъема границ высотных поясов [4, 14].

**Распределение модельных видов.** Для анализа выбраны два вида саранчовых, не похожие друг на друга по характеру эколого-географического распределения, а именно пестрая копыеноска (*Aeropedellus baliolus*), обитающая в основном в степях юго-востока Западно-Сибирской равнины и Казахского мелкосопочника (суммарно 18 точек находок, для которых определены географические координаты), и травянка Невского (*Stenobothrus newskii*), живущая на высокогорных лугах и в горных тундрах западной части Алтае-Саянской горной системы (11 точек). По нашим данным, в настоящее время состояние популяций обоих видов не вызывает тревоги.

Для пестрой копыеноски значимы средняя суточная амплитуда температур, средняя температура самого влажного квартала, средняя температура самого сухого квартала и сумма осадков самого теплого квартала, а для травянки Невского — те же факторы, а также годовая амплитуда температур, средняя температура самого теплого квартала, сезонность осадков (коэффициент вариации) и сумма осадков самого засушливого квартала. Для каждого вида оценивался вклад сочетаний разных наборов переменных: биоклиматических, солнечной радиации, абсолютных высот, типов почвы, растительного покрова. Генерировались модели с разными атрибутами, и внутри каждого набора отбирались лучшие.

Все модели, созданные для травянки Невского, характеризуются высоким уровнем статистической поддержки ( $AUC > 0,9$ ). Очевидно, это отражает ярко выраженную стенобионтность данного вида, популяции которого локальны и приурочены преимущественно к высокогорным лугам у верхней границы леса. Модели распределения пестрой копыеноски отличаются существенно более низким уровнем статистической поддержки (в большинстве случаев от 0,8 до 0,9). Скорее всего, это определяется большим разнообразием заселяемых видом местообитаний в сочетании со немногими точками его обнаружения. Сходные особенности аналогичной модели уже описаны нами для другого степного вида — морщинистого скачка (*Montana striata*) [15]. Вместе с тем примечательно, что для обоих модельных видов набор переменных с наилучшей статистической поддержкой одинаков. Это биоклиматические переменные, абсолютная высота, растительный покров и солнечная радиация.

По результатам моделирования для каждого вида сгенерированы карты распределения пригодности местообитаний в двух вариантах: только для отобранного набора биоклиматических переменных (рис. 1, а, 2, а) и для наборов — биоклиматические переменные, абсолютная высота, тип растительного покрова и солнечная радиация (см. рис. 1, б, 2, б).

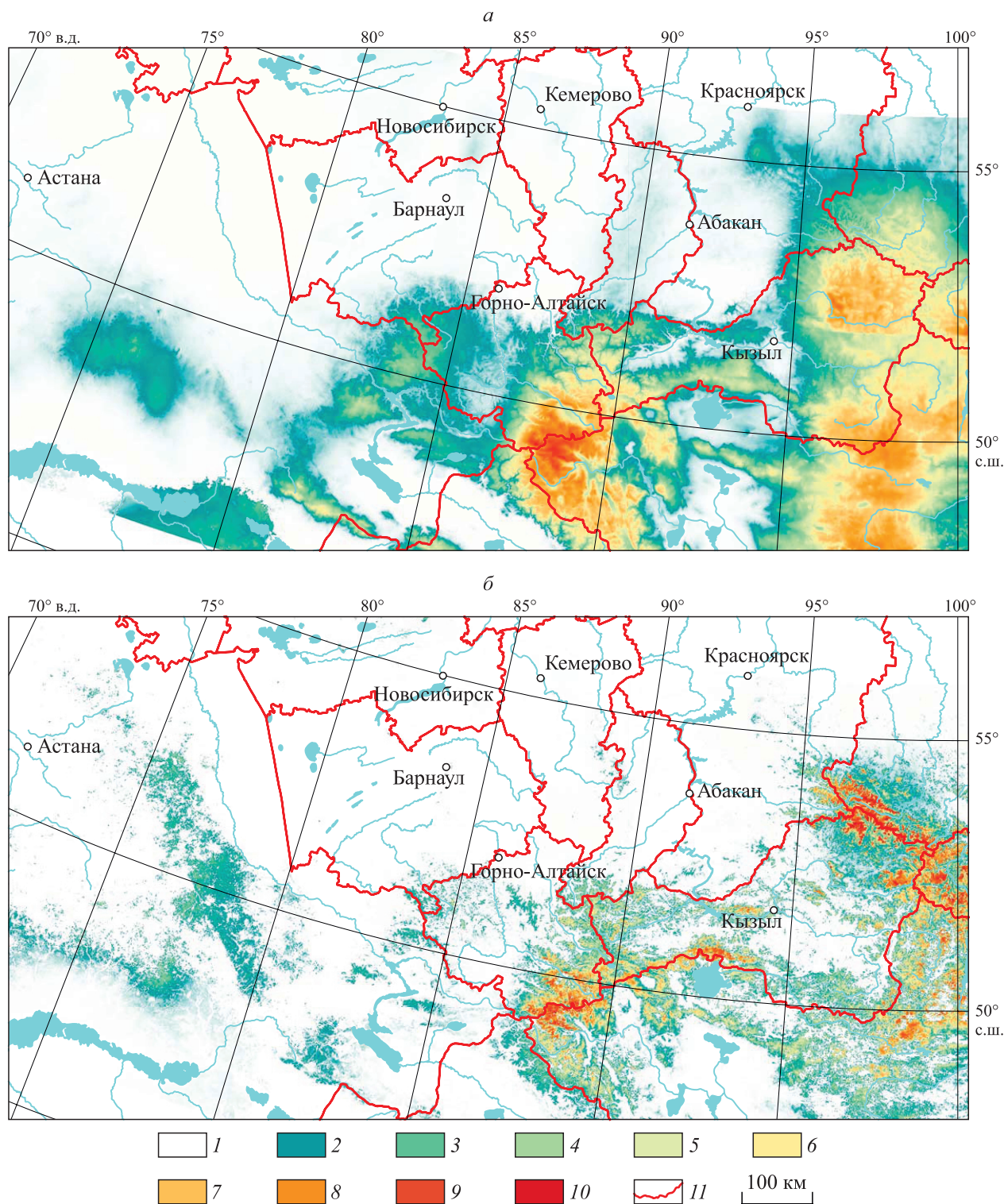


Рис. 1. Оценка пригодности местообитаний травянки Невского по всем точкам находок и набору отобранных биоклиматических переменных для 1970–2000 гг. (а) и по набору биоклиматических переменных, абсолютной высоте, типу растительного покрова и солнечной радиации (б).

Пригодность местообитаний: 1 – 0,0–0,11; 2 – 0,11–0,22; 3 – 0,22–0,33; 4 – 0,33–0,44; 5 – 0,44–0,55; 6 – 0,56–0,66; 7 – 0,67–0,77; 8 – 0,78–0,88; 9 – 0,88–0,99; 10 – 1,0. 11 – граница государств и федеральных субъектов РФ.



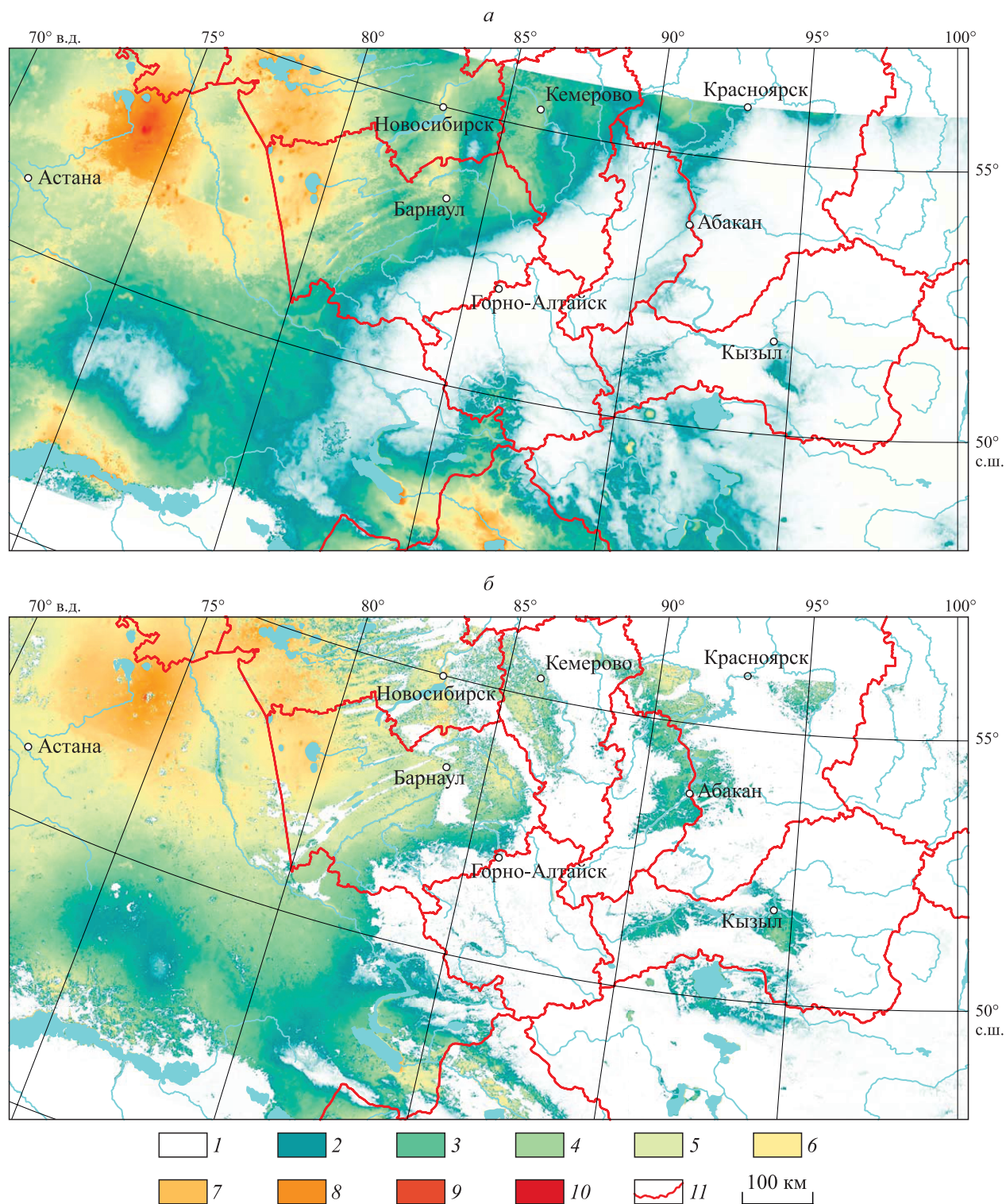


Рис. 2. Оценка пригодности местообитаний пестрой копыенки по всем точкам находок и набору отобранных биоклиматических переменных для 1970–2000 гг. (а) и по набору биоклиматических переменных, абсолютной высоте, типу растительного покрова и солнечной радиации (б).

Условные обозначения — см. рис. 1.

Сопоставление карт распределения пригодности местообитаний горного эндемика травянки Невского показывает, что модель, основанная лишь на биоклиматических переменных, определяет возможность существования ее популяций не только в разных частях Алтае-Саянской горной системы и Хангая, но и в горной стране Саур-Тарбагатай (см. рис. 1, а). Использование же дополнительных наборов факторов позволяет существенно уменьшить площадь территорий, в пределах которых вид может обитать (см. рис. 1, б). При этом явно выявляются горные массивы, подходящие для популяций травянки за пределами известного ареала вида. Эффект добавления дополнительных наборов факторов для равнинной степной пестрой копыеноски не столь заметен (см. рис. 2). Карта, базирующаяся только на биоклиматических переменных, демонстрирует возможность обитания этого вида в лесостепной зоне юго-востока Западно-Сибирской равнины, а также в северных пустынях Прибалхашья, востока Зайсанской впадины и самого севера Джунгарии. Карта же, построенная на расширенном наборе факторов, с одной стороны, похожа на предыдущую, с другой — районы с высокими оценками пригодности местообитаний на ней почти исчезают в зоне пустынь, но за пределами известного ареала появляются в степях и лесостепях юга Красноярского края и Хакасии, где обитает не менее двух близких видов того же рода.

Таким образом, сопоставление результатов эколого-географического моделирования на базе алгоритма MaxEnt и сгенерированных карт для двух редких видов саранчовых показывает, что использование расширенных наборов переменных (в том числе данных по абсолютным высотам, типу растительности) оказывается оправданным для эндемиков горных систем, тогда как распределение равнинных видов, скорее всего, в большинстве случаев хорошо описывается биоклиматическими параметрами. Эти возможные различия понятны, так как общий характер распространения саранчовых и других прямокрылых насекомых на равнинах определяется в первую очередь макроклиматическими особенностями [4], тогда как в горных системах с ярко выраженной высотной поясностью и экспозиционными эффектами заметную роль могут играть другие факторы, проявляющиеся на локальном уровне, такие как абсолютные высоты, типы растительного и почвенного покровов. Вместе с тем значимость биоклиматических факторов, наиболее ярко отражающих тренд глобального потепления, в первую очередь среднегодовых температур, оказывается низкой для обоих видов. Это позволяет предполагать, что для видов с относительно небольшими ареалами существенным может быть изменение условий (как микроклимата, так и перестройки местных экосистем) на локальном уровне, хотя, возможно, опосредовано отражающих глобальные тренды.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Карты распределения оптимальности местообитаний, созданные к настоящему времени с помощью разных подходов к моделированию распространения насекомых, показывают, что как для редких, так и для массовых видов прослеживается очень хорошее соответствие реального расселения прогнозируемой картине [15, 16]. Картирование точек нахождения видов в разные периоды времени позволяет оценить вероятные тенденции сдвига границ ареалов [3]. Показано, что часто ведущую роль играют локальные и региональные перестройки ландшафтов, в частности, это недавно выяснено для европейских популяций широко распространенной в Евразии ширококрылой трещотки (*Bryodemella tuberculata*), популяции которой на западе ареала в последние десятилетия стали очень редкими [17]. Картирование ареалов, в первую очередь в разные временные периоды, в сочетании с одним или несколькими подходами к эколого-географическому моделированию дает возможность выявления участков вероятного существования популяций редких видов, что крайне актуально для территорий, плотность покрытия которых точками сбора мала. Использование же наборов биоклиматических переменных, рассчитанных в соответствии с разными долговременными прогнозами климатических трансформаций, позволяет оценить с тем или иным приближением вероятные тенденции изменений распространения видов.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда (22-66-00031), Российского фонда фундаментальных исследований (16-04-00706) и РФФИ и Правительства Новосибирской области (18-416-540001, 20-416-540004).*



## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Stebaev I.V., Naplekova N.N., Volkovincer V.V.** Epigäische Zoo-Mikrobioten-Komplexe mit Orthopteren und Tenebrioniden im Südöstlichen Altaj-Gebirge und ihre Beziehungen zu bodenbildenden Prozessen // *Pedobiologia*. — 1968. — Bd. 8. — S. 345–386.
2. **Sergeev M.G.** Conservation of orthopteran biological diversity relative to landscape change in temperate Eurasia // *Journ. of Insect Conservation*. — 1998. — Vol. 2, N 3/4. — P. 247–252. DOI: 10.1023/A:1009620519058
3. **Popova K.V., Molodtsov V.V., Sergeev M.G.** Rare grasshoppers (Orthoptera, Acridoidea) of the Baraba and Kulunda steppes (South Siberia) // *Acta Biologica Sibirica*. — 2020. — Vol. 6. — P. 595–609. DOI: 10.3897/abs.6.e59519
4. **Sergeev M.G.** Distribution patterns of grasshoppers and their kin over the Eurasian Steppes // *Insects*. — 2021. — Vol. 12. — P. 77. DOI: 10.3390/insects12010077
5. **IUCN.** IUCN Red List Categories and Criteria: Version 3.1. Second edition [Электронный ресурс]. — <https://iucn.org/resources/publication/iucn-red-list-categories-and-criteria-version-31-second-edition> (дата обращения 17.05.2023).
6. **Сергеев М.Г., Чильдебаев М.К., Ванькова И.А., Гаппаров Ф.А., Камбулин В.Е., Коканова Э.О., Лачининский А.В., Пшеницына Л.Б., Темрешев И.И., Черняховский М.Е., Соболев Н.Н., Молодцов В.В.** Итальянская саранча *Calliptamus italicus* (Linnaeus, 1758). Морфология, экология, распространение, управление популяциями. — Рим: ФАО, 2022. — 333 с. DOI: 10.4060/cb7921ru
7. **Phillips S.J., Anderson R.P., Schapire R.E.** Maximum entropy modeling of species geographic distributions // *Ecological Modelling*. — 2006. — Vol. 190. — P. 231–259. DOI: 10.1016/j.ecolmodel.2005.03.026
8. **Morales N.S., Fernández I.C., Vaca-González V.** MaxEnts's parameter configuration and small samples: are we paying attention to recommendations? A systematic review // *PeerJ*. — 2017. — Vol. 5. — P. e3093. DOI: 10.7717/peerj.3093
9. **Всероссийский** научно-исследовательский геологический институт имени А. П. Карпинского. Цифровые географические основы [Электронный ресурс]. — <https://vsegei.ru/ru/info/topo> (дата обращения 17.05.2023).
10. **Fick S.E., Hijmans R.J.** WorldClim 2: new 1 km spatial resolution climate surfaces for global land areas // *International Journal of Climatology*. — 2017. — Vol. 37, N 12. — P. 4302–4315. DOI: 10.1002/joc.5086
11. **International Soil Reference and Information Centre.** SoilGrids — global gridded soil information [Электронный ресурс]. — <https://www.isric.org/explore/-soilgrids> (дата обращения 03.03.2023).
12. **Buchhorn M., Smets B., Bertels L., De Roo B., Lesiv M., Tsendbazar N.-E., Herold M., Fritz S.** Copernicus global land service: land cover 100 m: collection 3: epoch 2019: Globe (V3.0.1) // *Zenodo*. — 2020 [Электронный ресурс]. — <https://DOI.org/10.5281/zenodo.3939050> (дата обращения 03.03.2023).
13. **Jueterbock A., Smolina I., Coyer J.A., Hoarau G.** The fate of the Arctic seaweed *Fucus distichus* under climate change: an ecological niche modeling approach // *Ecology and Evolution*. — 2016. — Vol. 6, N 6. — P. 1712–1724. DOI: 10.1002/ece3.2001
14. **Sergeev M.G., Storozhenko S.Yu., Benediktov A.A.** An annotated check-list of Orthoptera of Tuva and adjacent regions. Part 3. Suborder Caelifera (Acrididae: Gomphocerinae: Gomphocerini; Locustinae) // *Far Eastern Entomologist*. — 2020. — N 402. — P. 1–36. DOI: <https://DOI.org/10.25221/fee.402.1>
15. **Sergeev M.G., Molodtsov V.V.** New data on distribution of *Montana striata* (Kittary, 1849) (Orthoptera: Tettigoniidae: Platycleidini) in the eastern part of the range // *Far Eastern Entomologist*. — 2022. — N 465. — P. 6–11. DOI: 10.25221/fee.465.2
16. **Popova K.V., Baturina N.S., Molodtsov V.V., Yefremova O.V., Zharkov V.D., Sergeev M.G.** The handsome cross grasshopper *Oedaleus decorus* (Germar, 1825) (Orthoptera: Acrididae) as a neglected pest in the south-eastern part of West Siberian Plain // *Insects*. — 2022. — Vol. 13. — P. 49. DOI: 10.3390/insects13010049
17. **Dey L.S., Simxes M.V.P., Hawlitschek O., Sergeev M.G., Xu S.-Q., Lkhagvasuren D., Husemann M.** Analysis of geographic centrality and genetic diversity in the declining grasshopper species *Bryodemella tuberculata* (Orthoptera: Oedipodinae) // *Biodiversity and Conservation*. — 2021. — Vol. 30. — P. 2773–2796. DOI: 10.1007/s10531-021-02221-8

Поступила в редакцию 31.05.2023

После доработки 18.06.2023

Принята к публикации 11.10.2023

**Е.В. СОФРОНОВА\***, **О.А. АНЕНХОНОВ\*\***, **В.В. ЧЕПИНОГА\*\*\***, **А.П. СОФРОНОВ\***

\*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, Улан-Баторская, 1, Россия, aronia@yandex.ru, alesofronov@yandex.ru

\*\*Институт общей и экспериментальной биологии СО РАН,  
670047, Улан-Удэ, ул. Сахьяновой, 6, Россия, anen@yandex.ru

\*\*\*Иркутский государственный университет,  
664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия, victor.chepinoga@gmail.com

### **КАРТОГРАФИРОВАНИЕ ЦЕНОТИЧЕСКИХ ГРУПП ПОЛУЖЕСТКОКРЫЛЫХ НАСЕКОМЫХ РЕЛИКТОВЫХ ВЯЗОВЫХ РОЩ В СОСТАВЕ ПОЙМЕННОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ ДОЛИНЫ Р. СЕЛЕНГИ (РЕСПУБЛИКА БУРЯТИЯ)**

*Приведены результаты картографирования ценоотических групп полужесткокрылых насекомых (клопов) на основе геоботанической карты. Для ключевого участка (о. Сенокосный, р. Селенга, Восточное Прибайкалье) составлена геоботаническая карта, которая включает восемь номеров легенды, соответствующих выделам растительности уровня групп ассоциаций, две из которых содержат производные (пирогенные) варианты. Для каждой группы растительных ассоциаций было выявлено население полужесткокрылых насекомых. Всего на о. Сенокосном зарегистрировано 62 вида клопов. По сравнению с группами ассоциаций растительности для клопов были выделены также и экотонные места обитания, образующиеся вдоль границы между плотносомкнутыми японсковязовыми мезофильнотравяными лесами и примыкающими к ним лугами. С использованием коэффициента Сьеренсена рассчитано сходство состава населения клопов разных растительных ассоциаций. Пирогенные варианты вязовых мезофильнотравяных лесов и ивняков травяных по населению полужесткокрылых объединились в один кластер с высоким коэффициентом сходства. Также в один кластер объединились экотоны и вязовые мезоксерофильнотравяные леса. На основе полученных данных была составлена карта населения полужесткокрылых насекомых, которая включает девять номеров легенды. В основном пространственная структура населения клопов подчиняется распространению растительных сообществ. Однако в отдельных случаях наблюдаются различия в распределении видов клопов от выделов карты растительности, например для экотонных мест обитания. Установлено, что в результате низовых пожаров из населения постпирогенных мест обитания выпадает большинство характерных видов клопов, населяющих растительный опад, поверхность почвы и травяной ярус, при этом в последнем усиливается роль мезоксерофильных видов, населяющих открытые биотопы. Использованный метод сопряженного картографирования может применяться для создания карт населения беспозвоночных различных территорий.*

**Ключевые слова:** карта растительности, зоогеографическое картографирование, клопы, сообщества вяза японского, Восточное Прибайкалье.

**E.V. SOFRONOVA\***, **O.A. ANENKHONOV\*\***, **V.V. CHEPINOGA\*\*\***, **A.P. SOFRONOV\***

\*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, aronia@yandex.ru, alesofronov@yandex.ru

\*\*Institute of General and Experimental Biology, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
670047, Ulan-Ude, ul. Sakhyanovoi, 6, Russia, anen@yandex.ru

\*\*\*Irkutsk State University,  
664003, Irkutsk, ul. Karla Marksa, 1, Russia, victor.chepinoga@gmail.com

### **MAPPING OF COENOTIC GROUPS OF TRUE BUGS FROM RELICT ELM FORESTS FORMING THE PART OF FLOODPLAIN VEGETATION ALONG THE SELENGA RIVER VALLEY (REPUBLIC OF BURYATIA)**

*Results from mapping coenotic groups of true bugs (Order Heteroptera) coenotic groups mapping on the basis of the vegetation map are presented. The geobotanic map for the key site (Senokosnyi Island, Selenga River valley, Eastern Cisbaikalia) was created. The map includes eight legend items corresponding to vegetation contour types of the level of groups of associations, two of which contain derivative (pyrogenic) variants. For each group of plant associations, the species composition of true bugs was*

revealed. In total, 62 species of Heteroptera were registered on Senokosnyi Island. Comparing to the groups of associations of the geobotanical map, for Heteroptera insects ecotone habitats were additionally distinguished. The ecotones are formed along the border between densely closed Japanese elm mesophilic grass forests and adjacent meadows. Using the Sørensen coefficient the similarity of the true bug species composition in different plant associations has been computed. The true bugs species composition both of pyrogenic variants of elm mesophilous grass forests and willow communities have been combined into one cluster with a high similarity coefficient. Ecotones and elm mesoxerophilous herbaceous forests were also combined into one cluster. Based on the data obtained, a map of the population of true bugs was created, which includes nine items of the legend. In general, the distribution of Heteroptera obeys the distribution of plant communities. In some cases, however, there are differences in the true bugs spatial distribution when compared to the vegetation contours, for example, for ecotone habitats. As a consequence of ground fires, most of the characteristic species of bugs that inhabit the plant litter, the soil surface, and the grass layer disappear from the post-pyrogenic habitats. At the same time, the role of mesoxerophilic species inhabiting open biotopes becomes stronger. The method of coupled mapping can be applied for creating maps of invertebrate populations in different territories.

**Keywords:** vegetation map, zoogeographic mapping, true bugs, communities of *Ulmus japonica*, Eastern Cisbaikalia.

## ВВЕДЕНИЕ

Пространственное распределение различных групп насекомых в значительной степени зависит от состава и структуры растительного покрова. Это связано в первую очередь с наличием кормового объекта, которым часто служит тот или иной вид растения, а также с условиями освещенности, влажности и другими биотическими и абиотическими факторами [1]. Закономерности пространственно-функциональных взаимосвязей между животным и растительным миром часто используются при зоогеографическом картографировании, когда за основу тематической карты распределения животных берется карта растительности.

Особый интерес представляет сопряженное картографирование уникальных природных комплексов, каковыми являются, в частности, сообщества из реликтового для Байкальской Сибири вяза японского (*Ulmus japonica*) в долине нижнего течения р. Селенги (Республика Бурятия), которые содержат в своем составе ряд редких и реликтовых видов растений и животных, в том числе насекомых [2–4]. Вяз японский — восточноазиатский вид, западная граница его основного ареала проходит в Забайкальском крае, достигая 112–113° в. д. [5]; вид занесен в Красную книгу Республики Бурятия (2013 г.) [5].

Релевантной модельной группой для эколого-географических исследований являются насекомые отряда полужесткокрылые, или клопы (*Heteroptera*), в частности, те, что связаны с сообществами вяза японского. Это обусловлено тем, что полужесткокрылые широко распространены практически во всех наземных и во многих водных биотопах, при этом они разнообразны также и в трофическом отношении: большая часть представлена фитофагами с различной пищевой специализацией, но среди них имеются и хищники, и миксофаги. Вместе с тем разные виды клопов могут быть как стенобионтными, так и эврибионтными [7, 8].

Цель данной статьи — сопряженное картографирование растительности и ценоотических групп полужесткокрылых насекомых ключевого участка (о. Сенокосный) в нижнем течении р. Селенги. Для достижения цели было необходимо создать карту растительности острова; составить списки выявленных полужесткокрылых насекомых для каждого типа выделов (группы ассоциаций) карты растительности; определить сходство видового состава полужесткокрылых в разных типах выделов; составить карту населения полужесткокрылых; оценить изменения состава и разнообразия населения полужесткокрылых в сообществах разной степени нарушенности.

## ХАРАКТЕРИСТИКА РАЙОНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Роши из вяза японского встречаются в южных районах Западного Забайкалья в долинах рек Селенга, Чикой и Хилок в их нижнем течении [2]. Наибольшее количество местонахождений вяза японского и его сообществ расположено в долине р. Селенги.

Климат юга Западного Забайкалья резко континентальный, с холодной продолжительной зимой, коротким жарким летом, небольшим количеством осадков. Средняя температура июля 18 °С, а января –24 °С. Среднегодовое количество осадков около 450 мм [9].

В орографическом отношении селенгинские места обитания вяза японского сосредоточены на antecedentном участке долины р. Селенги между отрогами хребтов Хамар-Дабан и Улан-Бургасы. В системе геоботанического районирования ключевой участок — о. Сенокосный в нижнем течении р. Селенги — расположен в пределах Селенгинско-Итанцинского котловинно-подтаежного округа

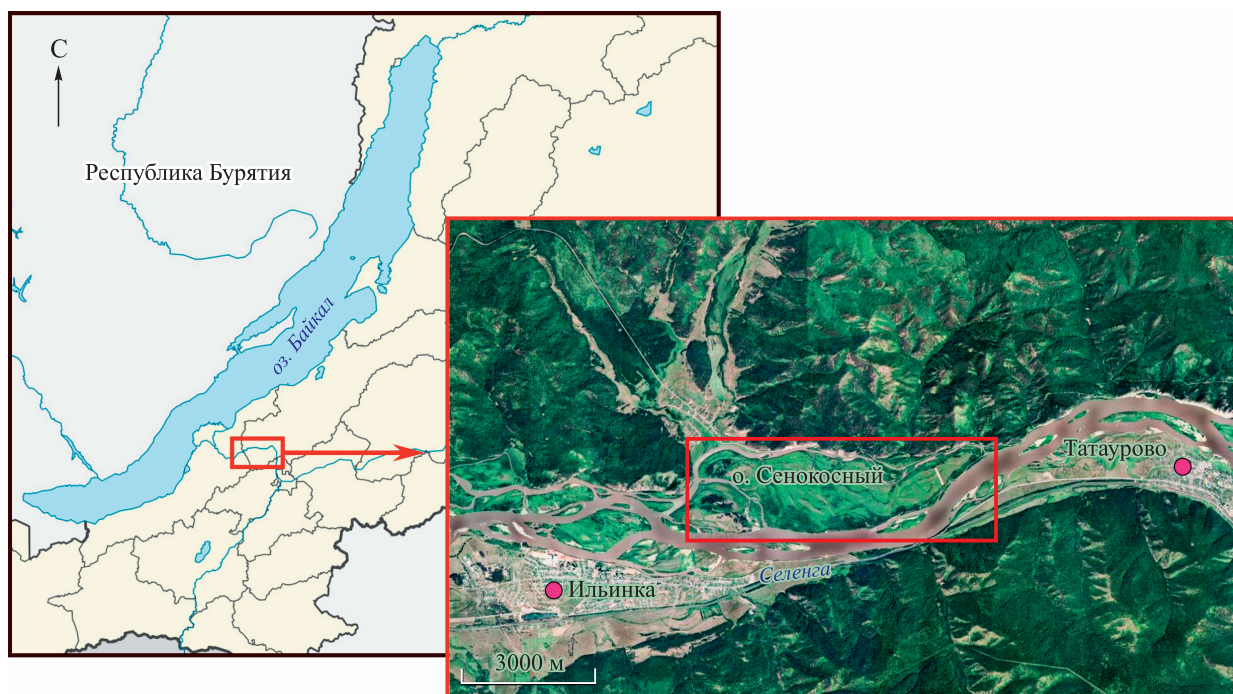


Рис. 1. Район исследования и расположение ключевого участка.

Прибайкальской провинции Байкало-Джугджурской горно-таежной области [9] (рис. 1). Растительный покров в долине Селенги представлен в основном остепненными лугами и приречными кустарниковыми луговыми зарослями. Южные склоны отрогов хребтов занимают светлохвойные сосновые (*Pinus sylvestris*) и лиственничные (*Larix sibirica*) травяные леса, сильно нарушенные рубками и пожарами, производные сообщества образуют березовые (*Betula pendula*, *B. platyphylla*) и осиновые (*Populus tremula*) леса. На северных склонах отрогов хребтов более широко распространены смешанные леса, также значительна роль производных мелколиственных березовых и осиновых лесов.

Длительная история освоения, высокая плотность населенных пунктов и сельскохозяйственная деятельность привели к почти полному исчезновению ненарушенных растительных сообществ в долине Селенги [10]. Значительные площади заняты пастбищами, пашнями, залежами, авто- и железными дорогами и т. д. Относительно малонарушенные сообщества сохранились лишь на речных островах, однако и там ценозы подвергаются регулярным весенним палам, выпасу скота или сенокосению.

Сообщества вяза японского в долине нижнего течения р. Селенги приурочены к высокой пойме и расположены на высоте 2–3 м над меженью. Известно, что вяз чувствителен к затоплению корневой системы, но при этом, вероятно, нуждается в относительной близости грунтовых вод [11]. Сохранившиеся сообщества вяза японского площадью в несколько гектар в настоящее время зарегистрированы примерно в 16 местонахождениях на небольшом участке протяженностью около 50 км — от пос. Кабанск до с. Татаурово [2].

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Остров Сенокосный в нижнем течении р. Селенги расположен в окрестностях пос. Ильинка Прибайкальского района Республики Бурятия (см. рис. 1). Сбор материала проводился в летние периоды с 2013 по 2019 г. Остров менее подвержен антропогенному воздействию, нежели участки по берегам Селенги. На нем расположен пункт паромной переправы с подходящей к нему автодорогой. Безлесные участки острова местное население использует под сенокосы, но здесь не осуществляется выпас скота, рекреационная нагрузка практически отсутствует, а воздействие автотранспорта в основном ограничено узкой придорожной полосой.

Изучение растительного покрова острова велось стандартными геоботаническими методами [12, 13]. В растительных сообществах закладывали площадки 10 × 10 м. Классификация раститель-



ности выполнена в рамках эколого-фитоценотического подхода. Основной единицей картографирования выступают группы ассоциаций. Привязка площадок описаний в полевых условиях осуществлялась при помощи GPS/ГЛОНАСС-навигаторов, при лабораторном выделении контуров растительности использовались космоснимки спутника Landsat-8 за 16 октября 2018 г. и 3 октября 2019 г. с пространственным разрешением 30 м на пиксель из архива Геологической службы США [14], дополненные разновременными высокоразрешающими (до 0,5 м на пиксель) данными дистанционного зондирования Google и «Яндекс» из программы SASPlanet. Составление карт выполнялось в программе ArcGis 10.2.2. Дешифрирование снимков производилось визуально: координаты точек описаний наносились на основу из данных космической съемки, затем в векторном слое вручную выполнялась отрисовка контуров сообществ.

Сбор насекомых проводился одновременно с геоботаническими исследованиями. При этом применялись стандартные эколого-фаунистические методы: кошение растительности энтомологическим сачком, отряхивание растений на «японский зонтик» или в сачок, сбор вручную, просеивание подстилки энтомологическим ситом [1]. Сборы в растительных сообществах ключевого участка проводились в течение нескольких лет в разные сроки летнего периода, что позволило охватить состав населения полужесткокрылых с учетом сезонной динамики сообществ. Для полноты выявления видового разнообразия сбор насекомых проводился в каждом типе растительных сообществ. Впоследствии были проанализированы трофические связи клопов, их биотопическая приуроченность, даны краткие экологические и географические характеристики [4, 15]. Анализ фаунистического списка позволил выделить ключевые для каждой растительной ассоциации виды. Данный подход уже был апробирован при исследовании ключевых участков на хр. Хамар-Дабан и в Верхнеангарской котловине [16, 17]. Для выявления сходства состава населения клопов в разных растительных ассоциациях использовался коэффициент Сьеренсена, вычисленный с помощью программы PAST, v. 4.0, метод кластеризации Paired group.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Карта растительности.** Карта растительности о. Сенокосного м-ба 1:25 000 представлена на рис. 2. Основной единицей картографирования выступают группы ассоциаций, которые объединены в классы формаций (в составе лесной растительности также и в формации) и типы растительности.

На карте представлено восемь групп ассоциаций и в двух случаях выделены пирогенные варианты. Лесной и луговой типы растительности представлены тремя группами ассоциаций каждый, кустарниковый — двумя группами ассоциаций. Ниже приводится легенда к карте растительности о. Сенокосный, виды в группах ассоциаций указаны в порядке снижения доминирования.

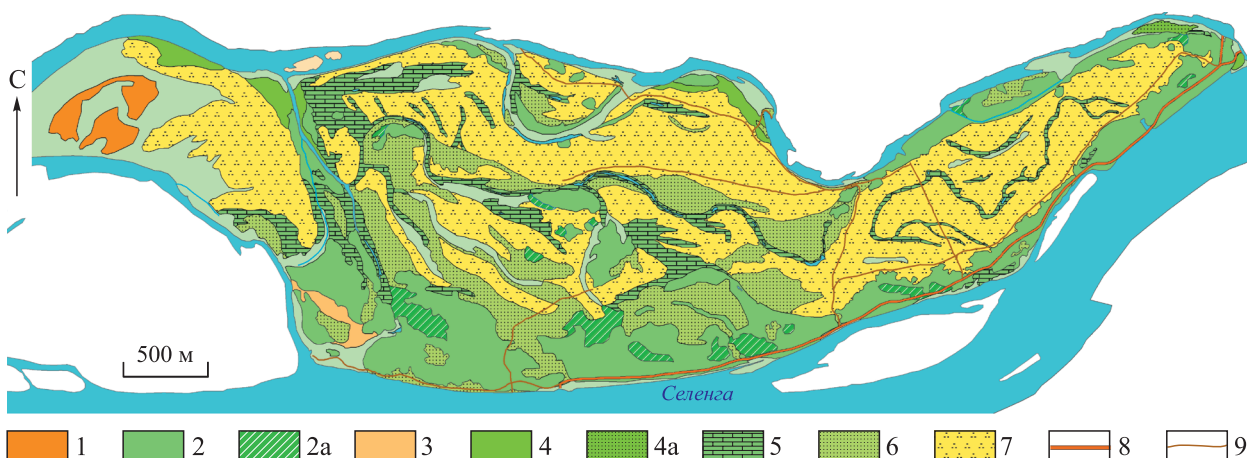


Рис. 2. Карта растительности о. Сенокосного.

1–7 — см. легенду 1. Дороги: 8 — грунтовая, 9 — проселочная.

Легенда 1

к карте растительности о. Сенокосного м-ба 1:25 000

**ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ: ЛЕСНОЙ**

*Класс формаций: хвойные леса*

**Формация: сосновые леса**

1. Группа ассоциаций: сосновые травяные (*Sanguisorba officinalis*, *Galium verum*, *Phlomis tuberosa*) леса [11 видов полужесткокрылых].

*Класс формаций: лиственные леса*

**Формация: японсковязовые леса**

2. Группа ассоциаций: японсковязовые мезофильнотравяные (*Equisetum pratense*, *Cacalia hastata*, *Filipendula palmata*, *Circaea lutetiana*, *Adoxa moschatellina*, *Glechoma hederacea*, *Carex arnellii*) леса [12 видов полужесткокрылых].

2а. Пирогенный вариант [девять видов полужесткокрылых].

3. Группа ассоциаций: японсковязовые мезоксерофильнотравяные (*Poa angustifolia*, *Potentilla bifurca*, *Artemisia scoraria*, *Allium* sp., *Silene amoena*, *Thalictrum foetidum*, *Phlomis tuberosa*, *Papaver* sp.) леса [29 видов полужесткокрылых].

**ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ: МЕЗОФИЛЬНЫЕ КУСТАРНИКИ**

*Класс формаций: ивовые (Salix sp.) кустарники*

4. Группа ассоциаций: ивняки (*Salix dasyclados*, *S. rorida*) травяные [12 видов полужесткокрылых].

4а. Пирогенный вариант [девять видов полужесткокрылых].

5. Группа ассоциаций: ивняки (*Salix schwerinii*, *S. rorida*) порослевые [4 вида полужесткокрылых].

**ТИП РАСТИТЕЛЬНОСТИ: ЛУГОВОЙ**

*Класс формаций: болотистые луга.*

6. Группа ассоциаций: вейниково-осоковые (*Calamagrostis langsdorffii* + *Carex rhynchophysa*) луга [семь видов полужесткокрылых].

*Класс формаций: настоящие луга*

7. Группа ассоциаций: злаково-разнотравные луга (*Poa angustifolia* + *Sanguisorba officinalis*, *Galium verum*, *Phlomis tuberosa*, *Filipendula palmata*, *Polygonatum odoratum*, *Equisetum pratense*, *Veronica longifolia*, *Rumex acetosella*, *Cirsium helenioides* и др.) [32 вида полужесткокрылых].

*Класс формаций: остепненные луга*

8. Группа ассоциаций: разнотравно-вострецовые луга (*Potentilla bifurca*, *Allium* sp., *Silene amoena*, *Thalictrum foetidum*, *Phlomis tuberosa*, *Papaver* sp. и др. + *Leymus chinensis*) [19 видов полужесткокрылых].

**Разнообразие полужесткокрылых насекомых.** Всего на о. Сенокосном выявлено 62 вида полужесткокрылых насекомых. Анализ распределения видов по местам обитания (группам ассоциаций) показал, что на о. Сенокосном к имеющимся местам обитания необходимо выделить также экотонные места обитания, образующиеся по границе плотносомкнутых японсковязовых мезофильнотравяных (далее — вязовых мезофильных) лесов и примыкающих к ним лугов. Здесь обитают такие специфические виды, как *Nysius helveticus*, *Drymus brunneus brunneus*, *Plinthinus lativentris* и некоторые другие, редко встречающиеся в других ассоциациях. В основном это виды семейства земляные клопы (Lygaeidae), обитающие в растительном опаде под вязами и предпочитающие разреженный древостой. Видовой состав экотонных мест обитания схож с таковым вязовых мезоксерофильнотравяных лесов (далее — вязовых мезоксерофильных), однако при кластерном анализе экотоны были выделены в отдельный тип мест обитания (см. рис. 2, № 9, 33 вида).

Ниже приводится список видов клопов, номенклатура которых дана согласно «Каталогу полужесткокрылых насекомых азиатской части России» (2010) [8]. Названия видов внутри семейств приводятся в порядке латинского алфавита. После названия вида цифрами обозначены группы ассоциаций в соответствии с легендой к Карте растительности (см. рис. 2), дополнительно выделен № 9 — экотон. Далее буквами обозначен ярус, в котором собран вид: п — подстилка, поверхность почвы; т — травостой; к — кустарники; д — деревья.

NABIDAE: *Nabis flavomarginatus* Scholtz, 1847 — 1, 2а, 3, 4, 6, 7, 8, 9, п, т; *N. punctatus mimoferus* Hsiao, 1964 — 2а, 4, 4а, 5, 7, 8, 9, п, т.

ANTHOCORIDAE: *Anthocoris nemorum* (Linnaeus, 1761) — 2, 3, 9, д; *A. confusus* Reuter, 1884 — 3, д; *Xylocoris tesquorum* Kerzhner et Elov, 1976 — 2а, 3, 4а, 8, 9, т; *Orius horvathi* (Reuter, 1884) — 7, 8, т.

MIRIDAE: *Adelphocoris lineolatus* (Goeze, 1778) — 1, 3, 4, 4а, 7, 8, 9, т; *A. quadripunctatus* (Fabricius, 1794) — 1, 3, 4, 4а, 7, 9, т; *A. seticornis* (Fabricius, 1775) — 2а, 3, 9, т; *Capsus pilifer* (Remane, 1950) — 4,

6, 8, т; *C. wagneri* (Remane, 1950) — 6, 8, т; *Chlamydatus pulicarius* (Fallén, 1807) — 1, 3, 7, 9, т; *Ch. pullus* (Reuter, 1870) — 7, 9, т; *Deraeocoris kerzhneri* Josifov, 1983 — 2, 3, 9, д; *D. punctulatus* (Fallén, 1807) — 1, 2а, 4а, 5, 8, т; *D. olivaceus* (Fabricius, 1777) — 2, 3, 9, д; *Lygus gemellatus gemellatus* (Herrich-Schaeffer, 1835) — 7, 9, т; *L. rugulipennis* Poppius, 1911 — 1, 2а, 3, 4, 4а, 7, 8, 9, т; *Leptopterna dolabrata* (Linnaeus, 1758) — 4, 7, 8, т; *Monosynamma bohemanii* (Fallén, 1829) — 4, 5, к, д; *Phytocoris intricatus* Flor, 1861 — 1, д; *Pilophorus confusus* (Kirschbaum, 1856) — 2, 3, д; *Plagiognathus chrysanthemi* (Wolff, 1804) — 2а, 3, 4а, 9, т; *Polymerus unifasciatus* (Fabricius, 1794) — 1, 7, 8, 9, т; *Psallus ulmi* Kerzhner et Josifov, 1966 — 2, 3, 9, д; *Stenodema calcarata* (Fallén, 1807) — 4, 6, 7, 8, т; *S. sibirica* Bergroth, 1914 — 7, 8, т.

TINGIDAE: *Dictyla platyoma* (Fieber, 1861) — 7, т; *Physatocheila smreczynskii* China, 1952 — 2, 3, 9, к, д; *Tingis pilosa* Hummel, 1825 — 7, 8, т;

ARADIDAE: *Aradus hieroglyphicus* J. Sahlberg, 1878 — 2, 3, д.

PIESMATIDAE: *Piesma capitatum* (Wolff, 1804) — 3, т.

BERYTIDAE: *Berytinus clavipes* (Fabricius, 1775) — 2, 3, п.

LYGAEIDAE: *Arocatus rufipes* Stel, 1872 — 3, д; *Cymus glandicolor* Hahn, 1832 — 4, 6, т; *Drymus brunneus brunneus* (R.F. Sahlberg, 1848) — 3, 9, п; *Nysius helveticus* (Herrich-Schaeffer, 1850) — 7, 9, п, т; *N. thymi thymi* (Wolff, 1804) — 2а, 4а, 7, 9, п, т; *Panaorus adspersus* (Mulsant et Rey, 1852) — 7, 8, 9, п, т; *Plinthinus lativentris* Horváth, 1906 — 2, 3, 9, п; *Rhyparochromus pini* (Linnaeus, 1758) — 1, 2а, 3, 4а, 7, 9, п, т.

COREIDAE: *Coriomeris scabricornis scabricornis* (Panzer, 1805) — 1, 7, 9, т; *Enoplops sibiricus* Jakovlev, 1889 — 3, 9, т.

ALYDIDAE: *Alydus calcaratus* (Linnaeus, 1758) — 7, 8, т; *Megalotomus junceus* (Scopoli, 1763) — 7, т.

RHOPALIDAE: *Corizus hyoscyami hyoscyami* (Linnaeus, 1758) — 7, т; *Myrmus miriformis miriformis* (Fallén, 1807) — 7, 9, т; *Rhopalus parumpunctatus* Schilling, 1829 — 8, 9, т; *Stictopleurus abutilon* (Rossi, 1790) — 7, т; *S. crassicornis* (Linnaeus, 1758) — 3, 4, 7, 8, т.

PLATASPIDAE: *Coptosoma scutellatum* (Geoffroy, 1785) — 7, т.

ACANTHOSOMATIDAE: *Acanthosoma haemorrhoidalis angulatum* Jakovlev, 1880 — 2, 3, 9, д; *Elasmucha ferrugata* (Fabricius, 1787) — 3, 9, к, д; *E. grisea* (Linnaeus, 1758) — 2, 3, 5, 9, к, д.

PENTATOMIDAE: *Dolycoris baccarum* (Linnaeus, 1758) — 1, 2а, 3, 7, 9, т, к; *Eurydema gebleri gebleri* Kolenati, 1846 — 7, т; *Jalla dumosa* (Linnaeus, 1758) — 4, к; *Holcostethus strictus vernalis* (Wolff, 1804) — 7, 9, т, к; *Graphosoma lineatum* (Linnaeus, 1758) — 7, т; *Neottiglossa metallica* (Jakovlev, 1876) — 4, 6, 8, т; *N. pusilla* (Gmelin, 1790) — 4, 6, 7, т; *Pentatoma rufipes* (Linnaeus, 1758) — 2, 3, 9, д.

Некоторые из перечисленных видов трофически или топически связаны с вязом японским. Это виды из семейства слепняков (Miridae): *Deraeocoris kerzhneri*, *Pilophorus confusus* и *Psallus ulmi*. Данные виды имеют смешанный тип питания и населяют деревья рода вяз (*Ulmus*). В настоящее время *D. kerzhneri* массово встречается в Бурятии только на вязе японском в низовьях Селенги [4], но единичные находки есть и в других районах. *P. confusus* и *P. ulmi* отмечались в Бурятии ранее на вязе приземистом (*U. pumila*) [8]. *D. kerzhneri* и *P. ulmi* имеют восточно-палеарктические типы распространения, а *P. confusus* — трансевразийский. Кроме того, на изучаемой территории собраны восточно-палеарктические виды, приуроченные к сообществам вяза японского, и редкие в Западном Забайкалье: *Aradus hieroglyphicus* (сем. Подкорники (Aradidae)) и *Plinthinus lativentris* (сем. Наземные клопы (Lygaeidae)).

Результаты расчетов сходства видового состава клопов по группам ассоциаций растительности показаны на дендрограмме (рис. 3). Пирогенные варианты вязовых мезофильных лесов (см. рис. 3, № 2а) и ивняков травяных (№ 4а) образуют один кластер с высоким коэффициентом сходства (0,8), что позволяет объединить эти выделы в одну категорию легенды Карты населения полужесткокрылых. Оба пирогенных варианта по составу полужесткокрылых оказались ближе всего к также достаточно бедным сосновым лесам (см. рис. 3, № 1).

Высокий коэффициент сходства (0,7) характеризует население полужесткокрылых вязовых мезоксерофильных лесов (см. рис. 3, № 3) и экотонов (№ 9). Их также логично объединить под одним номером легенды. При этом важно отметить, что экотоны достаточно отчетливо отделяются от вязовых мезофильных лесов, несмотря на наличие значительного количества общих видов. Такие наземные полужесткокрылые, как *Deraeocoris kerzhneri*, *Pilophorus confusus*, *Psallus ulmi* и *Pentatoma rufipes*, являются общими для мезофильных вязовников (см. рис. 3, № 2) и экотонов (№ 9), так как являются специфическими для вязов. Исключение составляет только *P. rufipes*, который хоть и предпочитает вязы, но может обитать и на других лиственных деревьях. При этом ряд видов, в том числе земляные клопы, а также некоторые луговые виды, обитающие в экотоне и в вязовых мезоксерофильных лесах, несвойственны вязовым мезофильным лесам.

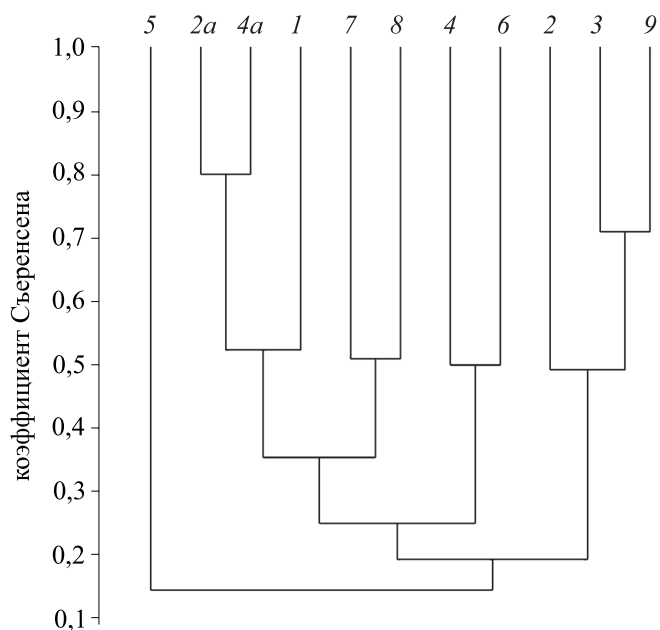


Рис. 3. Дендрограмма сходства видового состава полужесткокрылых по группам ассоциаций растительности (метод кластеризации Paired group).

1 — сосновые травяные леса; 2 — вязовые мезофильные леса, 2a — пироженный вариант; 3 — вязовые мезоксерофильные леса; 4 — ивняки травяные, 4a — пироженный вариант; 5 — ивняки порослевые; 6 — вейниково-осоковые луга; 7 — злаково-разнотравные луга; 8 — разнотравно-вострещовые луга; 9 — экотонные места обитания.

Ивняки травяные (см. рис. 3, № 4) по составу населения полужесткокрылых образуют кластер с вейниково-осоковыми лугами (№ 6). Это связано с наличием ряда луговых видов трав в ивняках: и на этих травах, и на ивах обитают *Capsus pilifer*, *Stenodema calcarata*, *Cymus glandicolor* и др. Специфическим для ив является *Monosynamma bohemanni*. На вейниково-осоковых лугах отмечено несколько специфических видов клопов, например *Capsus wagneri*, *Cymus glandicolor*, *Neottiglossa metallica*.

На злаково-разнотравных (см. рис. 3, № 7) и разнотравно-вострещовых (№ 8) лугах обитает много общих видов полужесткокрылых; эти типы растительных сообществ также наиболее богаты по разнообразию клопов. Здесь часто встречаются *Nabis flavomarginatus*, *Adelphocoris lineolatus*, *Lygus rugulipennis*, *Panaorus adpersus* и др. На злаково-разнотравных лугах в целом выявлено наибольшее количество видов полужесткокрылых, часть из них отмечены только здесь: *Chlamydatus pulicarius*, *Dictyla platyoma*, *Coriomeris scabricornis scabricornis*, *Graphosoma lineatum* и др.

Отдельный кластер, отличный от всех прочих, образуют ивняки порослевые (см. рис. 3, № 5). Они являются самыми бедными по населению клопов. Здесь обитают *Nabis punctatus mimosiferus*, *Derocoris punctulatus*, *Monosynamma bohemanni* и *Elasmucha grisea*.

**Карта населения полужесткокрылых насекомых.** На базе карты растительности и с учетом результатов анализа состава населения полужесткокрылых насекомых была составлена карта м-ба 1:25 000 населения полужесткокрылых о. Сенокосного и легенда к ней (рис. 4). Анализ пространственной структуры населения клопов показал, что по большей части фаунистические типы населения клопов распределяются согласно группам ассоциаций растительности. Однако такая зависимость прослеживается не всегда: население клопов части групп растительных ассоциаций объединяется в один тип населения, а также выделен особый тип, который образовался из населения полужесткокрылых вязовых мезоксерофильных лесов и экотонных мест обитания. Несовпадение контуров зоогеографических и геоботанических карт характерно не только для населения насекомых, но и нередко для позвоночных животных [13], что нужно учитывать при составлении карты животного населения, где за основу берется геоботаническая карта.

Ниже приводится легенда карты типов населения полужесткокрылых насекомых, сама карта представлена на рис. 4, где после указания мест обитания перечислены наиболее характерные виды клопов. Необходимо отметить, что это далеко не всегда массовые виды. Массовые виды очень часто являются эврибионтами, встречаясь во многих местообитаниях, как, например, виды рода *Adelphocoris*.

Анализ полученной карты показывает, что в целом распределение видов полужесткокрылых подчиняется распространению растительных сообществ. Однако в отдельных случаях наблюдаются различия в их пространственной структуре. Так, специфическая картина наблюдается по границам (экотону) вязовых мезофильных сообществ, которое сходно с населением вязовников мезоксерофильных, что, возможно, связано с разреженностью их древостоев.





Рис. 4. Карта населения полужесткокрылых о. Сенокосного.

1–9 — см. легенду 2. Дороги: 10 — грунтовая, 11 — полевая.

### Легенда 2

к карте населения полужесткокрылых насекомых о. Сенокосного м-ба 1:25 000

#### ТИП НАСЕЛЕНИЯ: ЛЕСНОЙ

*Сосняковая ценоотическая группа*

1. Сосновые травяные леса (*Phytocoris intricatus*, *Rhyarochromus pini*, *Coriomeris scabricornis scabricornis*).
2. Пирогенные сообщества (*Xylocoris tesquorum*, *Deraeocoris punctulatus*, *Plagiognathus chrysanthemii*, *Nysius thymi thyme*).

*Японсковязовниковая ценоотическая группа*

3. Японсковязовые мезофильнотравяные леса (*Deraeocoris kerzhneri*, *D. olivaceus*, *Pilophorus confusus*, *Psallus ulmi*, *Pentatoma rufipes*).
4. Японсковязовые мезоксерофильнотравяные леса и экотонные сообщества японсковязовых мезофильнотравяных сообществ (*Anthocoris nemorum*, *Deraeocoris kerzhneri*, *D. olivaceus*, *Psallus ulmi*, *Pentatoma rufipes*, *Plinthisus lativentris*, *Drymus brunneus brunneus*).

#### ТИП НАСЕЛЕНИЯ: ИВНЯКОВЫЙ

*Ивняковая ценоотическая группа*

5. Ивняки травяные (*Capsus pilifer*, *Leptopterna dolabrata*, *Monosynamma bohemanii*, *Neottiglossa metallica*).
6. Ивняки порослевые (*Deraeocoris punctulatus*, *Monosynamma bohemanii*).

#### ТИП НАСЕЛЕНИЯ: ЛУГОВОЙ

*Ценоотическая группа болотистых лугов*

7. Вейниково-осоковые луга (*Capsus pilifer*, *C. wagneri*, *Stenodema calcarata*, *Cymus glandicolor*, *Neottiglossa pusilla*).

*Луговая ценоотическая группа*

8. Злаково-разнотравные луга (*Leptopterna dolabrata*, *Chlamydatus pulicarius*, *Tingis pilosa*, *Nysius helveticus*, *Alydus calcaratus*, *Graphosoma lineatum*).

*Остепненно-луговая ценоотическая группа*

9. Разнотравно-вострецовые луга (*Orius horvathi*, *Stenodema sibirica*, *Dictyla platyoma*, *Panaorus adspersus*).

#### Изменение видового состава полужесткокрылых в связи с пирогенной нарушенностью мест обитания.

Пожары негативно сказываются на количественных и качественных характеристиках сообществ полужесткокрылых. Однако в последние годы появились данные о том, что пожары не только не сокращают, но и в некоторых случаях повышают биоразнообразие экосистем. Это происходит за счет возникновения мозаичности в сообществах, преимущественно лесных [18]. В послепожарные годы в лесах резко возрастает число некоторых видов, особенно вторичных вредителей — ксилофагов. Однако в ходе самого пожара массово гибнут многие беспозвоночные, особенно на стадиях яйца и личинки. Более устойчивы к пожарам активно летающие насекомые [19]. В зависимости от типа пожара — верхового или низового — более уязвимыми становятся обитатели либо кустарников и

деревьев, либо почвы и растительного опада. После пожара долгое время остаются нарушенными исходные места обитания видов. В нашем случае рассматриваются низовые пожары. В пирогенном варианте вязовников выпадает большинство характерных видов клопов, населяющих растительный опад и поверхность почвы, таких как *Berytinus clavipes*, *Drymus brunneus brunneus*, *Plinthisus lativentris* и др. В то же время более широко распространенные виды наземных клопов, например *Nysius thymi thymi* и *Rhyparochromus pini*, вероятно, быстрее заселяют поверхность почвы в послепожарный период. То же самое касается и травяного яруса: видовой состав становится более бедным и сдвигается в сторону мезоксерофильных видов, населяющих открытые биотопы (*Nabis punctatus mimoferus*, *Xylocoris tesquorum*, *Adelphocoris quadripunctatus*, *Plagiognathus chrysanthemi* и др.). За счет этих и других эврибионтных видов наблюдается сближение видового состава населения клопов в пирогенных вариантах вязовников и ивняков.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На примере ключевого участка отработан метод сопряженного картографирования растительности и населения полужесткокрылых насекомых.

Растительность ключевого участка достаточно разнообразна, представлена тремя типами, шестью классами формаций, восемью группами ассоциаций, и в двух случаях выделены пирогенные варианты. Лесной и луговой типы растительности представлены тремя группами ассоциаций каждый, кустарниковый — двумя группами ассоциаций. Ценотические группы полужесткокрылых насекомых почти полностью соответствуют группам растительных ассоциаций, и их фауна подразделяется на три типа населения и девять ценотических групп. Неполное совпадение выделов растительности и ценотических групп населения насекомых явилось результатом того, что полужесткокрылые — это насекомые с разной спецификой питания и разной экологической валентностью.

Вследствие нарушения мест обитания низовыми пожарами происходит фаунистическая конвергенция пирогенных сообществ, производных от разных групп растительных ассоциаций. Такая конвергенция обуславливается сходством пирогенных мест обитания по населению клопов, обеднением их видового состава, присутствием клопов-полифагов с широкой экологической валентностью.

Для населения клопов выделяются экотонные места обитания, расположенные в зоне соприкосновения вязовых мезофильных лесов с прилегающими лугами, которые по видовому составу схожи с разреженными вязовыми мезоксерофильными лесами.

Проведенное исследование показывает пространственную разнородность населения насекомых в растительных сообществах, подтверждает важность экотонных экологических ниш в поддержании общего биоразнообразия природных комплексов, наглядно демонстрирует обедненность сообществ вследствие пожаров.

*Работа выполнена за счет средств государственного задания Института географии СО РАН (AAAA-A21-121012190059-5) и государственного задания ИОЭБ СО РАН (121030900138-8).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Schuh R.T., Weirrauch C. The True Bugs of the World (Hemiptera: Heteroptera): Classification and Natural History. — Manchester: Siri Scientific Press, 2020. — Vol. 8. — 801 p.
2. Чепиного В.В., Анехонов О.А., Софронова Е.В., Софронов А.П., Коротяев Б.А., Махов И.А. Растительные сообщества с *Ulmus japonica* (Ulmaceae) в Западном Забайкалье: распространение, значение для сохранения биоразнообразия и перспективы охраны // Вестн. Томск. ун-та. Биология. — 2020. — Т. 52. — С. 105–129. — DOI: 10.17223/19988591/52/6
3. Анехонов О.А., Чепиного В.В., Софронов А.П. Флористические находки в японсковязовых лесах и прилегающих к ним сообществах в западном Забайкалье // Растительный мир Азиатской России: Вестн. Центр. сиб. ботан. сада СО РАН. — 2021. — Т. 14, № 4. — С. 303–315. — DOI: 10.15372/RMAR20210405
4. Софронова Е.В., Софронов А.П. К фауне полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) реликтовых сообществ вяза японского в низовьях р. Селенга (Республика Бурятия) // Энтомол. обозрение. — 2021. — Т. 100, № 3. — С. 590–601. — DOI: 10.31857/S0367144521030072
5. Красная книга Республики Бурятия. — Улан-Удэ: Бурят. науч. центр СО РАН, 2013. — 688 с.
6. Красноборов И.М. Семейство Ильмовые — Ulmaceae // Флора Сибири. Т. 5: Salicaceae — Amaranthaceae / Под ред. И.М. Красноборова, Л.И. Малышева. — Новосибирск: Наука, 1992. — С. 72–74.

7. **Винокуров Н.Н., Каниюкова Е.В.** Полужесткокрылые насекомые (Heteroptera) Сибири. — Новосибирск: Наука, 1995. — 238 с.
8. **Винокуров Н.Н., Каниюкова Е.В., Голуб В.Б.** Каталог полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) азиатской части России. — Новосибирск: Наука, 2010. — 317 с.
9. **Байкал:** Атлас / Гл. ред. Г.И. Галазий. — М.: ФСГК, 1993. — 160 с.
10. **Экосистемы** бассейна Селенги. Биологические ресурсы и природные условия Монголии: Труды Совместной российско-монгольской комплексной биологической экспедиции / Отв. ред. Е.А. Востокова, П.Д. Гунин. — М.: Наука, 2005. — 359 с.
11. **Плешанов А.С., Плешанова Г.И.** Вяз японский в Бурятии // Исследования флоры и растительности Забайкалья: Материалы регион. науч. конференции. — Улан-Удэ: Изд-во Бурят. ун-та, 1997. — С. 16–18.
12. **Полевая** геоботаника: В 5 т. / Под ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. — М.; Л.: Наука, 1972. — Т. 4. — 336 с.
13. **Белов А.В., Лямкин В.Ф., Соколова Л.П.** Картографическое изучение биоты. — Иркутск: Облмашинформ, 2002. — 160 с.
14. **USGS Global Visualization Viewer** [Электронный ресурс]. — <https://glovis.usgs.gov> (дата обращения 10.02.2020).
15. **Софронова Е.В., Софронов А.П.** Полужесткокрылые насекомые (Heteroptera) реликтовых ильмовых рош в низовьях реки Селенги (Республика Бурятия) // Вестн. Томск. ун-та. Биология. — 2018. — № 43. — С. 159–173. — DOI: 10.17223/19988591/43/8
16. **Софронова Е.В., Софронов А.П., Дементьева М.К.** Комплексы полужесткокрылых (Heteroptera) насекомых северного макросклона хребта Хамар-Дабан // Байкал. зоол. журн. — 2017. — № 1. — С. 18–23.
17. **Софронова Е.В., Софронов А.П.** Картографическое изучение комплексов полужесткокрылых насекомых (Heteroptera) Верхнеангарской котловины (Республика Бурятия) // Актуальные вопросы биогеографии: Материалы междунар. конференции. — СПб.: Изд-во Санкт-Петерб. ун-та, 2018. — С. 394.
18. **Гераськина А.П., Тебенькова Д.Н., Ершов Д.В., Ручинская Е.В., Сибирцева Н.В., Лукина Н.В.** Пожары как фактор утраты биоразнообразия и функций лесных экосистем // Вопросы лесной науки. — 2021. — Т. 4, № 2. — С. 1–76. — DOI: 10.31509/2658-607x-202142-11
19. **Гонгальский К.Б.** Лесные пожары и почвенная фауна. — М.: Тов-во науч. изд. «КМК», 2014. — 174 с.

*Поступила в редакцию 13.06.2022*

*После доработки 19.03.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*

Е.С. ВОЛКОВА, И.А. КЕРЧЕВ, С.А. КРИВЕЦ, М.А. МЕЛЬНИК

Институт мониторинга климатических и экологических систем СО РАН,  
634055, Томск, пр. Академический, 10/3, Россия, eevolko@yandex.ru,  
ivankerchev@gmail.com, krivec\_sa@mail.ru, melnik-m-a@yandex.ru

## ОПЫТ КАРТОГРАФИРОВАНИЯ ИНВАЗИЙ ЧУЖЕРОДНЫХ НАСЕКОМЫХ-ВРЕДИТЕЛЕЙ ЛЕСА В ЗАПАДНОЙ СИБИРИ СРЕДСТВАМИ ГИС

С использованием традиционных и современных методов картографии изучены биологические инвазии в темнохвойные леса Западной Сибири опасных чужеродных стволовых насекомых-дендрофагов — уссурийского полиграфа (*Polygraphus proximus* Blandf.) и союзного короледа (*Ips amitinus* (Eichh.)). Наряду с мониторингом инвазионных процессов, проводимым в Томской области и включавшим широкое обследование ее территории для получения фактографических данных о степени деградации поврежденных лесов, особое внимание при картографировании уделялось применению средств ГИС-технологий. На примере некоторых аспектов данных инвазий представлены особенности и возможности составления, а также использования картографического материала в научных и прикладных целях. Показана высокая результативность пространственно-временной оценки наблюдаемых процессов и явлений на локальном уровне методами современного картографирования с привлечением материалов наземного мониторинга и ортофотоснимков с беспилотных летательных аппаратов. С помощью ГИС дана наглядная пространственная оценка степени деградации поврежденных вредителями лесов, лесопатологического состояния насаждений и размера ущерба от воздействия инвазивных дендрофагов на модельных территориях. Выявлено, что для Томской области наибольшая степень риска от экспансии уссурийского полиграфа и союзного короледа наблюдается в южных и юго-восточных районах. Использование функционала ГИС позволило создать серию оригинальных тематических карт, отражающих различные аспекты пространственных особенностей инвазий, что позволяет делать краткосрочные прогнозы зарождения и распространения очагов вредителя, проводить мониторинг и контроль их развития, а также выявлять направленность процесса распространения вредителей на разных уровнях территориальной иерархии.

**Ключевые слова:** Томская область, насекомые-дендрофаги, очаги массового размножения, аэрофотосъемка, мониторинг инвазионных процессов.

E.S. VOLKOVA, I.A. KERCHEV, S.A. KRIVETS, M.A. MELNIK

Institute of Monitoring of Climatic and Ecological Systems, Siberian Branch,  
Russian Academy of Sciences, 634055, Tomsk, pr. Akademicheskii, 10/3, Russia, eevolko@yandex.ru,  
ivankerchev@gmail.com, krivec\_sa@mail.ru, melnik-m-a@yandex.ru

## EXPERIENCE OF MAPPING INVASIONS BY FOREST ALIEN PEST INSECTS IN WESTERN SIBERIA USING GIS TOOLS

Biological invasions into dark coniferous forests of Western Siberia by dangerous alien stem pests: four eyed fir bark beetle (*Polygraphus proximus* Blandf.) and small spruce bark beetle (*Ips amitinus* Eichh.) were studied using traditional and modern methods of mapping. Along with the monitoring of invasion carried out in Tomsk oblast, which included a wide survey of its territory to obtain factual data on the degree of degradation of damaged forests, special attention was paid to the use of GIS technologies. Using an example of some aspects of these invasions, the features and possibilities of compiling as well as using map material for scientific and applied purposes are presented. The high efficiency of spatiotemporal assessment of observed processes and phenomena at the local level by using modern mapping methods with the involvement of ground monitoring material and orthophotos from unmanned aerial vehicles is shown. A spatial assessment of the degree of degradation, vital state, and the amount of damage caused by invasive bark beetles in model areas using GIS is made. The highest degree of risk from the expansion of *P. proximus* and *I. amitinus* was revealed for the southern and southeastern parts of Tomsk oblast. The use of the GIS functionality made it possible to create a series of original thematic maps that reflect various aspects of the spatial features of invasions, which permits short-term forecasts of the origin and spread of pest foci, monitoring and control of their development, as well as identifying the direction of the pest spread process at different levels of the territorial hierarchy.

**Keywords:** Tomsk oblast, dendrophagous insects, outbreak foci, aerophotography, monitoring of invasive processes.



## ВВЕДЕНИЕ

Инвазии чужеродных видов насекомых-дендрофагов в лесные экосистемы и возникновение вспышек их массового размножения во вторичном ареале, приводящее к экологическому и экономическому ущербу, фиксируются во многих регионах мира [1–4]. Не составляет исключения и Российская Федерация [5], на территории которой практически ежегодно выявляются новые виды инвазивных насекомых, связанных с древесными породами [6].

В Сибири в текущем столетии существенное негативное влияние на состояние таежных лесов оказали два инвазивных вида стволовых насекомых из подсемейства короедов (Scolytinae), проникших в регион, вероятнее всего, в результате антропогенного заноса с древесными материалами по Транссибирской железнодорожной магистрали. В 2008–2010 гг. в Томской, Кемеровской областях и Красноярском крае был обнаружен дальневосточный вселенец — уссурийский полиграф (*Polygraphus proximus* Blandf.), вызвавший беспрецедентное усыхание пихтовых лесов [7]. Позднее инвайдер был выявлен в Новосибирской области, Алтайском крае, республиках Алтай и Хакасия [8], а в последние годы и в Байкальском регионе [9, 10]. Второй инвазивный вредитель — союзный короед (*Ips amitinus* Eichh.) — вид европейского происхождения. В 2019 г. он был впервые идентифицирован в Томской и Кемеровской областях, где вызвал массовую гибель деревьев в припоселковых кедровниках — ценных орехопромысловых лесах, генетических резерватах кедра сибирского (*Pinus sibirica*) и ООПТ регионального значения [11]. Общая площадь распространения союзного короеда в регионах инвазии в Западной Сибири составляет более 30 тыс. км<sup>2</sup> с тенденцией дальнейшего расширения [12].

Инвазии обоих видов наиболее интенсивно изучались в Западной Сибири сотрудниками Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН на территории Томской области. При этом, наряду с мониторингом инвазионного процесса, включавшим широкое скрининговое обследование районов области на предмет обнаружения чужеродных видов, изучение динамики их расселения, оценку риска возникновения массового размножения, влияния на состояние древостоев и биоразнообразия экосистем в целом, особое внимание уделялось методам, средствам накопления, обработки и представления данных исследований с применением фактографических и геоинформационных систем (ГИС) [13].

Для комплексного анализа экспансии короедов на первый план выдвигаются следующие задачи: прогнозирование распространения вредителей; районирование территории по условиям природной среды, способствующим распространению инвайдеров; оценка степени деградации поврежденных лесов; оценка возможных рисков для сферы лесопользования; прогнозирование распространения вредителей. В решении этих задач важным элементом технологии мониторинга инвазий является картографическое отображение происходящих процессов в пространственно-временном аспекте на основе современных ГИС-технологий [14, 15].

Цель данной статьи — изложение авторского опыта картографирования инвазий изученных видов насекомых с использованием средств ГИС. На примере некоторых аспектов инвазии авторы попытались показать особенности и возможности составления и использования картографического материала, в том числе в прикладных целях.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Процедура картографирования, разработанная авторами, предусматривает несколько основных этапов. На начальном этапе разрабатывается структура базы данных ГИС-проекта, включающая картографический архив, каталог тематических баз данных и материалы аэрофотосъемки сверхвысокого разрешения. В качестве прикладного картографического обеспечения используется универсальный программный пакет ArcGIS, функционал которого позволяет обрабатывать данные с помощью встроенных модулей пространственного анализа. Картографический архив проекта состоит из электронных слоев — шейп-файлов: «Топографическая основа», «Схемы лесохозяйственного районирования и административно-территориального деления», «Размещение пробных площадок», «Местоположения населенных пунктов и метеостанций», «Схема дорожно-транспортной сети». При этом цифровые слои соответствуют определенному классу пространственных объектов, а пространственные геоданные приводятся к единой системе координат WGS 84.

Важный этап картографирования — это наполнение базы данных необходимой информацией. Поскольку процессы инвазии хорошо отслеживаются по динамике деградации древесных насаждений, тематические данные включают следующие показатели: основные таксационные характеристики насаждений (тип леса, породный и возрастной состав, запас, средний и текущий прирост, класс бони-

тета и др.); лесопатологические характеристики насаждений (степень усыхания, средневзвешенная категория состояния, средняя скорость отмирания деревьев в очагах вредителей).

Для анализа природно-климатических факторов, способствующих распространению вредителя, в базу данных включены также метеопоказатели: суммы эффективных температур, при которых формируется оптимум для жизнедеятельности вредителей в период активного размножения; сильные ветры, увеличивающие массовые ветровалы и буреломы, и создающие обильную кормовую базу для короёда; пожары, которые ослабляют устойчивость лесов, что способствует распространению вредителя [16].

Основная информация для формирования баз данных была получена в ходе полевых исследований сотрудников Института мониторинга климатических и экологических систем (ИМКЭС) СО РАН, проводимых на специально заложенных пробных площадях в насаждениях, поврежденных уссурийским полиграфом и союзным короёдом. Дополнительными источниками информации служили данные Государственного лесного реестра Томской области за 2021 г. [17], сообщения на сайте Филиала ФБУ «Российский центр защиты леса» — «Центр защиты леса Томской области» [18, 19], метео данные ООО «Расписание погоды» [20].

Отдельная база данных создана для материалов, полученных в ходе дистанционных наблюдений за очагами массового размножения инвайдеров. Наземный мониторинг таежных лесов не всегда транспортно доступен, и в качестве альтернативного варианта может применяться метод дистанционного зондирования с использованием беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), что определено в Приказе Минприроды России № 480 от 16.09.2016 [21]. Основным его преимуществом является возможность аналитической обработки изображений, полученных в результате облета территории, в разных геоинформационных средах. Эти задачи наиболее наглядно и действенно реализуются методами современного картографирования с привлечением ГИС-технологий [15]. Преимущество их использования состоит в возможностях оперативной обработки, компактного хранения и пространственного отображения большого объема информации, как по степени деградации лесных древесных насаждений, так и по популяционной динамике инвазионных вредителей.

В наших исследованиях аэрофотосъемка местности осуществлялась с помощью беспилотного летательного аппарата (тип — крыло) Supercam S350f (ООО «Беспилотные технологии», г. Ижевск) и квадрокоптеров DJI Phantom 3 Standart и DJI P4 Multispectral. Интерпретация фотоснимков проводилась в среде геоинформационной системы Quantum GIS, с квадрокоптера DJI P4 Multispectral — в программном пакете DJI Terra.

Завершением проектирования пространственной базы данных становится создание серии электронных тематических карт, сформированных исходя из поставленных задач и возможностей ГИС. Опыт показывает, что одна из особенностей картографирования процесса инвазии заключается, прежде всего, в том, что для каждого определенного класса задач применяются разные методы наблюдения, масштабы и стили картографического отображения.

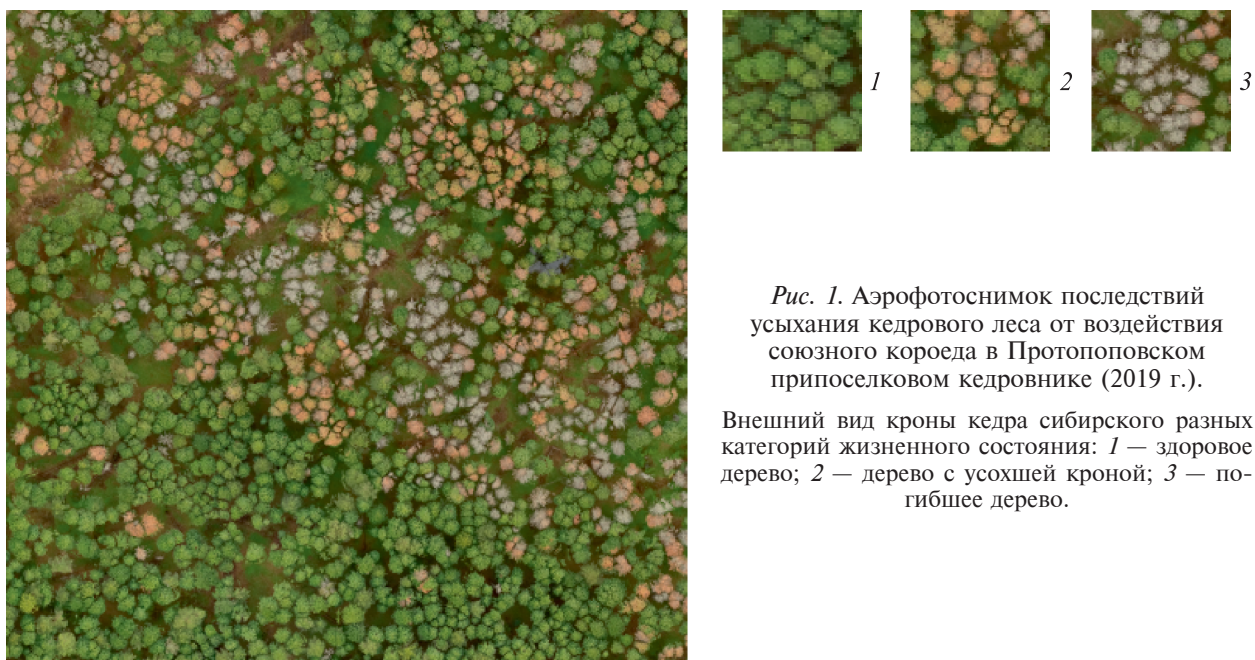
## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

**Картографическая оценка последствий инвазии союзного короёда в локальном местообитании.** Детальная локальная оценка состояния насаждений в очагах размножения вредителя лучше всего реализуется с помощью ортофотосъемки с дальнейшей процедурой верификации полученных данных результатами наземных наблюдений. Ортофотосъемка районов очагов вредителей проводилась на высоте 500 м с радиусом территориального охвата в 250 м дроном Supercam S350f. Детализированная ортофотосъемка контрольных участков на постоянных пробных площадях осуществлялась с высоты 120 м с использованием квадрокоптеров.

На снимке, сделанном в результате облета пробного участка Протопоповского припоселкового кедровника в Томском районе (рис. 1), хорошо заметны поврежденные кроны — характерный признак усыхания кедра в результате жизнедеятельности союзного короёда. Для анализа изображений состояния пораженных деревьев выделялись три класса их жизненного состояния с использованием опыта разработки моделей глубокого обучения U-Net [22], позволяющих решать задачи семантической сегментации изображений, разрабатываемых в ИМКЭС СО РАН совместно с Отделением информационных технологий Томского политехнического университета [23, 24]. Верификация материалов дешифрирования данными наземного мониторинга показала достаточно высокую степень совпадения, разница варьировалась в пределах 1 %.

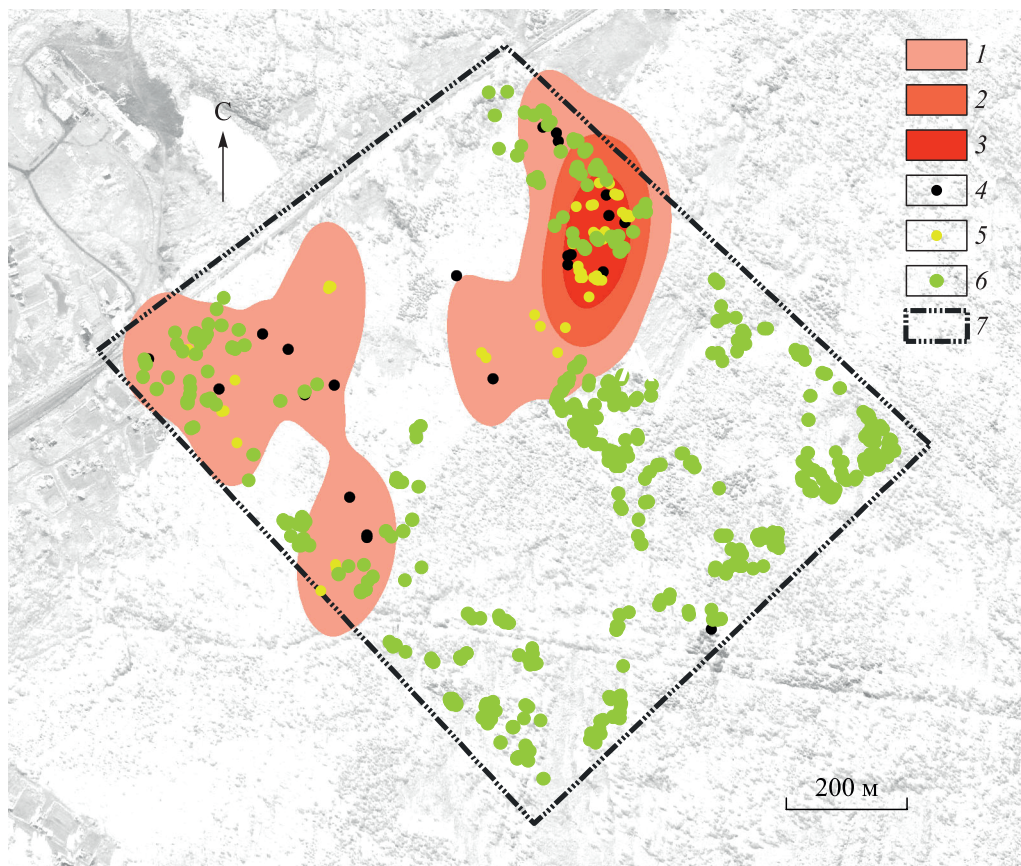
**Картографирование насаждения по степени повреждения уссурийским полиграфом.** Карта степени поврежденности пихтового леса под воздействием чужеродного стволового вредителя (рис. 2) создана на основе обработанных аэрофотоснимков модельных площадок в Прикульском участковом лесничестве





*Рис. 1.* Аэрофотоснимок последствий усыхания кедрового леса от воздействия союзного короеда в Протопоповском припоселковом кедровнике (2019 г.).

Внешний вид кроны кедр сибирского разных категорий жизненного состояния: 1 — здоровое дерево; 2 — дерево с усохшей кроной; 3 — погибшее дерево.



*Рис. 2.* Поврежденность пихтового леса в очагах размножения уссурийского полиграфа на пробной площадке в Прикульском участковом лесничестве на 12.08.2017 г.

Плотность повреждений пихты в древостое: 1 — низкая, 2 — средняя, 3 — сильная; состояние пихты: 4 — погибшее дерево, 5 — ослабленное дерево, 6 — здоровое дерево. 7 — границы пробной площадки.

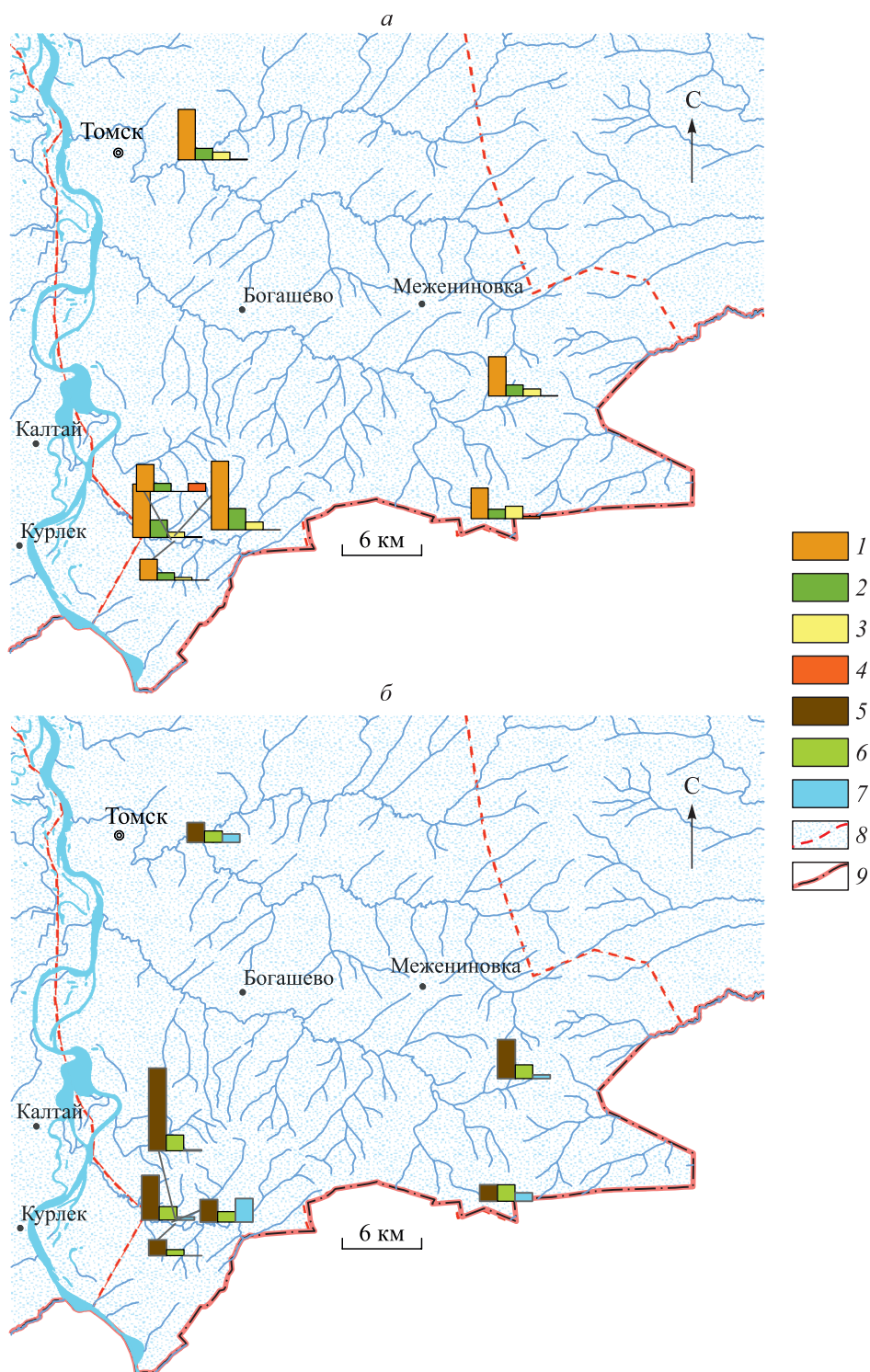


Рис. 3. Оценка ущерба от воздействия уссурийского полиграфа для модельных территорий Томского района Томской области.

*a* — прямой ущерб от потери древесных ресурсов: 1 — древесины; 2 — пихтовой лапки; 3 — живицы; 4 — новогодних пихт. *б* — косвенный ущерб от потери экосистемных функций леса: 5 — углероддепонирующей; 6 — кислородопroduцирующей; 7 — водозащитной. Границы: 8 — Томского района, 9 — Томской области.



Корниловского лесничества Томской области, где уссурийский полиграф нанес ощутимый урон пихтарникам. Использование инструментов интерполяции и плотности ядер в среде ArcGIS позволило рассчитать количество заселенных вредителем деревьев, оценить лесопатологическое состояние насаждения, зафиксировать зарождение локальных куртин усыхания и их слияние в более крупный очаг [23].

**Картографирование размеров ущерба от уссурийского полиграфа.** Картографическое отображение прямого и косвенного ущерба демонстрируется на рис. 3 для семи пробных площадей, заложенных в лесах Томского лесничества Томской области. В основу расчетов взяты результаты многолетних полевых наблюдений за состоянием древостоев пихты сибирской на исследуемых площадях. Определенный по авторской методике [25] размер ущерба лесопользованию и экосистемным функциям леса от инвазии уссурийского полиграфа в пихтарниках Томской области в период наибольшего развития вспышки размножения (2011–2017 гг.) оценен в 1,4 млрд руб. Установлено, что высокие значения фактического прямого ущерба от вредителя — от 17 до 24 тыс. руб/га наблюдаются для спелых и перестойных насаждений, где повреждено более 70 % пихты, и основной прямой ущерб исходит от потери древесины.

**Картографирование риска возникновения очагов размножения союзного короледа.** Пространственный анализ при изучении инвазии лесных вредителей предполагает использование важного географического метода — районирования. На разработанной авторами карте районирования Томской области (рис. 4) отображен риск распространения союзного короледа в регионе с учетом показателя благоприятности погодных условий в разрезе лесничеств. Выявленные особенности наблюдаемой вспышки размножения союзного короледа позволяют прогнозировать рост площади очагов инвайдера по всей территории области и проследить направленность процесса. Видно, что наибольшая степень риска от

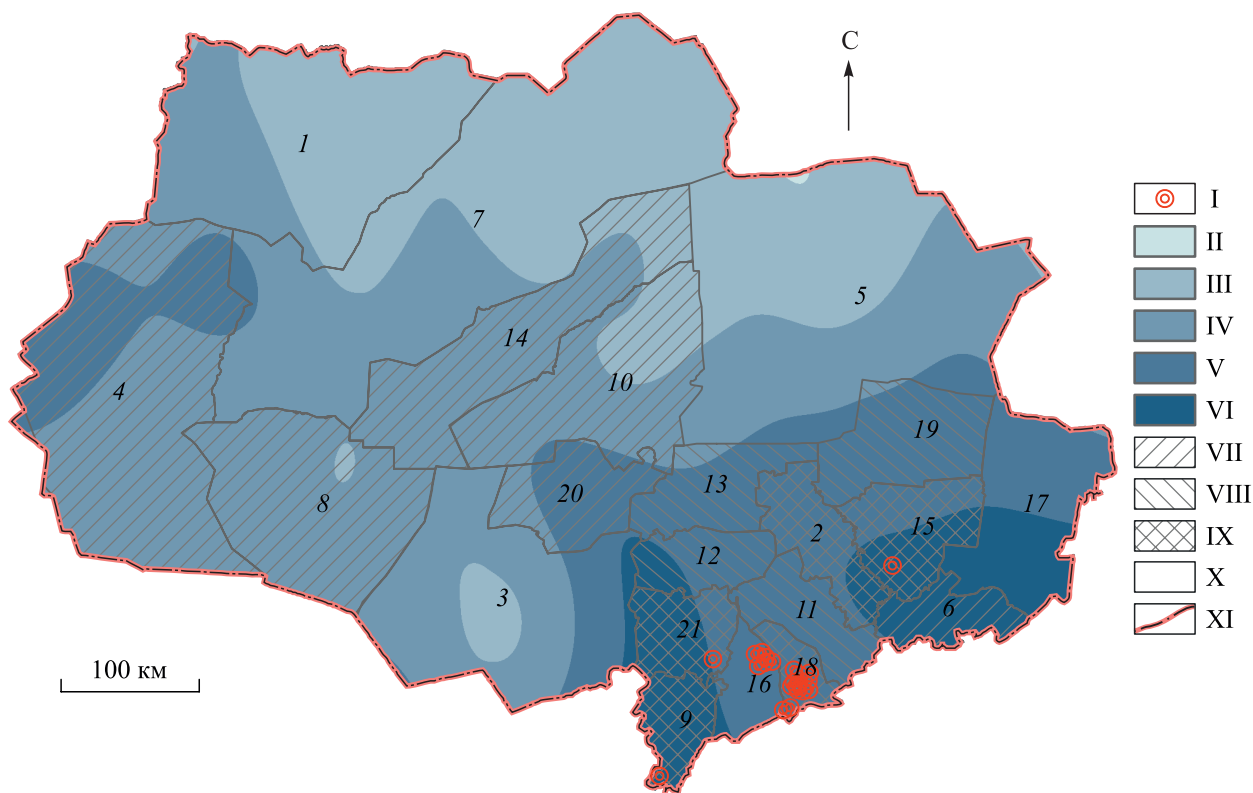


Рис. 4. Районирование территории Томской области по риску возникновения очагов массового размножения союзного короледа.

I — активные очаги. Среднее значение годовой суммы эффективных температур  $< +10$  °C, °C: II — 550–650, III — 650–700, IV — 700–800, V — 800–870, VI — 870–950. Степень риска: VII — низкая, VIII — средняя, IX — высокая. Границы: X — лесничеств, XI — Томской области. Лесничества: 1 — Александровское, 2 — Асиновское, 3 — Бакcharское, 4 — Васюганское, 5 — Верхнекетское, 6 — Зырянское, 7 — Каргасокское, 8 — Кедровское, 9 — Кожевниковское, 10 — Колпашевское, 11 — Корниловское, 12 — Кривошеинское, 13 — Молчановское, 14 — Парабельское, 15 — Первомайское, 16 — Тимирязевское, 17 — Тегульдетское, 18 — Томское, 19 — Улукюльское, 20 — Чаинское, 21 — Шегарское.

экспансии союзного короеда в кедровых лесах наблюдается для южных и юго-восточных частей Томской области. Основная волна возможного распространения инвазивного вредителя направлена с юго-запада и юго-востока на северо-запад, что совпадает с пространственным распределением показателя благоприятных условий для жизнедеятельности вредителя.

Приведенными примерами не ограничивается набор карт, составленных авторами с применением ГИС-технологий для пространственного отражения и других аспектов инвазии чужеродных видов в леса Томской области. К настоящему времени созданы карты комплексной характеристики опасности распространения уссурийского полиграфа в лесничествах области [13]; основных факторов возможного распространения инвайдера на территории области [14]; локальных очагов его массового размножения в Межениновском участковом лесничестве Томского лесничества в 2011–2017 гг. [15]; карта санитарно-оздоровительных мероприятий, проведенных в очагах размножения в Межениновском участковом лесничестве [13]; разработано районирование территории Томской области по уровню вредоносности уссурийского полиграфа и предлагаемое лесозащитное районирование области с учетом инвазии данного вида [13].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Опыт картографирования, полученный авторами при изучении инвазий чужеродных насекомых-вредителей леса, позволяет сделать ряд выводов.

Пространственно-временную оценку процессов инвазии целесообразно проводить с помощью комплекса методов, дополняющих друг друга: наземного мониторинга, создания и дешифрирования космо- и аэрофотоснимков, средств ГИС. Это создает условия для получения достоверной полномасштабной оценки лесопатологического состояния насаждений, более обоснованного прогноза зарождения и распространения очагов на разных уровнях территориальной иерархии.

Использование ГИС-технологий обеспечивает как детализацию, так и генерализацию информации, что дает возможность рассматривать явления и процессы в динамике, связывать разномасштабные данные между собой. Пошаговая детализация позволяет характеризовать особенности происходящих процессов при укрупнении масштаба, в то время как генерализация направлена на обобщение имеющейся информации при его уменьшении [26]. Сформированная в рамках ГИС структура базы данных обеспечивает возможность добавлять и изменять количественные и качественные показатели в оперативном режиме и на их основе строить различные интегральные тематические карты.

Анализ созданных тематических карт позволяет оценить масштабы повреждения лесов, исследовать факторы, способствующие распространению вредителей, проводить лесопатологическое районирование на уровне субъектов Российской Федерации, делать прогноз возникновения новых очагов и оценку ущербов, наносимых инвайдерами.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госзадание Института мониторинга климатических и экологических систем СО РАН, регистрационный номер проекта 121031300226-5, FWRG-2021-0003, FWRG-2022-0001).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Pimentel D.** Non-native invasive species and plant pathogens in British Isles // *Biological Invasions. Economic and Environmental Costs of Alien Plants, Animal and Microbe Species.* — Boca Raton, USA: CRC Press, 2002. — P. 151–155.
2. **Lovett G.M., Canham C.D., Arthur M.A., Weathers K.C., Fitzhugh R.D.** Forest ecosystems responses to exotic pests and pathogens in eastern North America // *Bioscience.* — 2006. — Vol. 56. — P. 395–405.
3. **Kenis M., Auger-Rosenberg M.-A., Roques A., Timms L., Péré C., Cock M.J.W., Setelle J., Augustin S., Lopez-Vaamonde C.** Ecological effects of invasive alien insects // *Biological Invasions.* — 2008. — Vol. 11, N 1. — P. 21–45.
4. **Aukema J.E., Leung B., Kovacs K., Chivers C., Britton K.O., Englin J., Frankel S.J., Haight R.G., Holmes T.P., Liebhold A.M., McCullough D.G., Von Holle B.** Economic impacts of non-native forest insects in the continental United States // *PLoS ONE.* — 2011. — Vol. 6, Iss. 9. — P. 1–7.
5. **Масляков В.Ю., Ижевский С.С.** Инвазии растительноядных насекомых в европейскую часть России. — М.: Изд-во Ин-та географии РАН, 2011. — 272 с.
6. **Musolin D.L., Kirichenko N.I., Karpun N.N., Mandelshtam M.Y., Selikhovkin A.V., Zhuravleva E.N., Aksenenko E.V., Golub V.B., Kerchev I.A., Vasaitis R., Volkovitch M.G.** Invasive pests of forests and urban trees in Russia: origin pathways, damage, and management // *Forests.* — 2022. — Vol. 13, Iss. 521. — P. 60. DOI: [Idoi.org/10.3390/f13040521](https://doi.org/10.3390/f13040521)

7. Баранчиков Ю.Н., Петько В.М., Астапенко С.А., Акулов Е.Н., Кривец С.А. Уссурийский полиграф — новый агрессивный вредитель пихты в Сибири // Вестн. МГУЛ. Лесной вестник. — 2011. — Вып. 4. — С. 78–81.
8. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Пашенова Н.В., Демидко Д.А., Петько В.М., Баранчиков Ю.Н. Уссурийский полиграф в лесах Сибири: распространение, биология, экология, выявление и обследование поврежденных насаждений: методическое пособие. — Томск; Красноярск: УМИУМ, 2015. — 48 с.
9. Bystrov S.O., Antonov I.A. First record of the four-eyed beetle *Polygraphus proximus* Blandford, 1894 (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) from Irkutsk Province, Russia // Entomological Review. — 2019. — Vol. 98, N 1. — P. 54–55. DOI: 10.1134/S0013873819001007X
10. Kerchev I., Bykov R., Ilinsky Yu. Expansion of the secondary range of *Polygraphus proximus* Blandford (Coleoptera; Curculionidae, Scolytinae): invasion of Khamar-Daban mountains (Republic of Buryatia) // Acta Biologica Sibirica. — 2023. — N 9. — P. 1–11. DOI: 10.5281/zenodo.7679805
11. Керчев И.А., Мандельштам М.Ю., Кривец С.А., Илинский Ю.Ю. Союзный короед *Ipsamitinus* (Eichhoff, 1872) (Coleoptera, Curculionidae: Scolytinae) — новый чужеродный вид в Западной Сибири // Энтомологическое обозрение. — 2019. — Т. 98, № 3. — С. 592–599. DOI: 10.1134/S0367144519030092
12. Керчев И.А., Кривец С.А., Бисирова Э.М., Смирнов Н.А. Распространение союзного короеда *Ipsamitinus* (Eichhoff, 1872) в Западной Сибири // Рос. журнал биологических инвазий. — 2021. — № 4. — С. 77–84. DOI: 10.35885/1996-1499-2021-14-4-77-84
13. Кривец С.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Дебков Н.М., Керчев И.А., Мельник М.А., Никифоров А.Н., Чернова Н.А. Технология мониторинга пихтовых лесов в зоне инвазии уссурийского полиграфа в Сибири: Методическое пособие. — Томск: УМИУМ, 2018. — 74 с.
14. Волкова Е.С., Кривец С.А., Мельник М.А. Районирование Томской области по опасности распространения уссурийского полиграфа — нового вредителя пихты сибирской // География и природ. ресурсы. — 2014. — № 3. — С. 40–47.
15. Керчев И.А., Волкова Е.С., Мельник М.А. Возможности ГИС для изучения процессов инвазии распространения уссурийского полиграфа в пихтовых лесах Сибири // Вестн. Сибир. гос. ун-та геосистем и технологий. — 2021. — Т. 26, № 4. — С. 44–54. DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-4-44-54
16. Кривец С.А., Керчев И.А., Бисирова Э.М., Волкова Е.С., Мельник М.А., Смирнов Н.А., Пац Е.Н. Вспышка массового размножения и оценка риска распространения союзного короеда в кедровых лесах Томской области // Лесоведение. — 2023. — № 2. — С. 116–131. DOI: 10.31857/S0024114823020031, END: AKFNMY
17. Государственный лесной реестр Томской области за 2021 г. Департамент лесного хозяйства Томской области [Электронный ресурс]. — <https://deples.tomsk.gov.ru>. (дата обращения 26.12.2022).
18. Прогнозируем санитарное состояние лесов на I полугодие 2022 г. [Электронный ресурс]. — <https://tomsk.rcfh.ru/pressceter/novosti/progniziruem-sani-tarnoe-sostoyanie-lesov-na-1-polugodie-2022-goda/10.01.2022> (дата обращения 26.12.2022).
19. Опасный вредитель кедровых лесов Сибири [Электронный ресурс]. — <https://tomsk.rcfh.ru/pressceter/novosti/orasnuu-veditel-kedrovykh-lesov-sibiri> (дата обращения 26.12.2022).
20. Расписание погоды. rp5.ru [Электронный ресурс]. — [http://rp5.ru/-Архив\\_погоды\\_](http://rp5.ru/-Архив_погоды_) (дата обращения: 28.04.2023).
21. Об утверждении порядка проведения лесопатологических обследований и формы акта лесопатологического обследования. Приказ Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации (Минприроды России) № 480 от 16.09.2016. Зарегистрировано Министерством юстиции Российской Федерации. Рег. № 45200 от 13 января 2017 г. [Электронный ресурс]. — <https://base.garant.ru/71586766/> (дата обращения 16.11.2022).
22. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // arXiv preprint. arXiv:1505.04597. — 2015 [Электронный ресурс]. — <https://arxiv.org/abs/1505.04597> (дата обращения 16.11.2022).
23. Керчев И.А., Маслов К.А., Марков Н.Г., Токарева О.С. Семантическая сегментация поврежденных деревьев пихты на снимках с беспилотных летательных аппаратов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2021. — Т. 18, № 1. — С. 116–126. DOI: 10.21046/2070-7401-2021-18-1-116-126
24. Марков Н.Г., Маслов К.А., Керчев И.А., Токарева О.С. Модели U-NET для семантической сегментации поврежденных деревьев сосны сибирской кедровой на снимках с БПЛА // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. — 2022. — Т. 19, № 1. — С. 65–77. DOI: 10.21046/2070-7401-2022-19-1-65-77
25. Мельник М.А., Волкова Е.С., Бисирова Э.М., Кривец С.А. Оценка эколого-экономического ущерба лесопользованию, вызванного инвазией уссурийского полиграфа в темнохвойные экосистемы Сибири // Изв. Санкт-Петербург. лесотехнич. академии. — 2018. — № 225. — С. 58–75. DOI: 10.21266/2079-4304.2018.225.58-75
26. Методы мониторинга вредителей и болезней леса / Под общ. ред. В.К. Тузова. — М.: Изд-во Всерос. науч.-исслед. ин-та лесоводства и механизации лесного хозяйства, 2004. — 200 с.

Поступила в редакцию 02.06.2023

После доработки 24.07.2023

Принята к публикации 11.10.2023

**И.В. БАЛЯЗИН\***, \*\*\*Институт географии им. В.Б. Сочавы СО РАН,  
664033, Иркутск, ул. Улан-Баторская, 1, Россия, grave79@mail.ru\*\*Иркутский государственный университет,  
664003, Иркутск, ул. Карла Маркса, 1, Россия, grave79@mail.ru

## ПРИМЕНЕНИЕ КАРТОГРАФИЧЕСКОГО МЕТОДА ПРИ ОЦЕНКЕ ТАКСОНОМИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ СООБЩЕСТВ ПОЧВЕННЫХ БЕСПОЗВОНОЧНЫХ

Рассматривается применение сравнительно-географического метода при исследовании почвенно-биотических сообществ Тункинской котловины для целей картографического моделирования пространственно-временного состояния таксономического разнообразия зооценозов почв. Для оценки текущего состояния почвенной биоты предлагается использовать индекс Маргалефа, величина которого фиксирует значение количества таксонов с общей численностью в сообществах почвенных беспозвоночных. Пределы этих изменений дают возможность выделить равномерную шкалу с пятью категориями разнообразия. Функционально-трофическая структура зооценозов почв с выделением доминирующих видов педобионтов позволяет определить оптимальный состав коренного населения биоценозов, а также понять механизмы восстановления при снижении антропогенного воздействия. Полученные обобщенные данные необходимо отобразить на картографической модели. Для этого предлагается использовать ландшафтную основу, которая, в свою очередь, отражает как особенности рельефа, так и совокупность комплекса природных факторов — от гидро-термических условий до фитоэдафического облика исследуемой территории. В целом результаты исследования можно применять для своевременных решений, направленных на сохранение биологического разнообразия региона, что является одним из главных принципов мировой экологии. Сделана попытка соединения и анализа теоретических и методологических знаний по почвенной зоогеографии и ее практического применения с возможностью дальнейшего развития — симбиоза со смежными отраслями географии, биологии и картографии. Результаты работы можно применять при планировании мер оптимального природопользования с выходом на следующий, прогнозный уровень, позволяющий управлять процессами, происходящими внутри экосистемы региона.

**Ключевые слова:** тематическое картографирование, категории биоразнообразия, индекс Маргалефа, сообщества почвенных беспозвоночных, сравнительно-географический подход.

**I.V. Balyazin\***, \*\*\*V.B. Sochava Institute of Geography, Siberian Branch, Russian Academy of Sciences,  
664033, Irkutsk, ul. Ulan-Batorskaya, 1, Russia, grave79@mail.ru\*\*Irkutsk State University,  
664003, Irkutsk, ul. Karla Marksa, 1, Russia, grave79@mail.ru

## USING THE CARTOGRAPHIC METHOD IN ASSESSING TAXONOMIC DIVERSITY OF SOIL INVERTEBRATE COMMUNITIES

This paper considers the use of the comparative-geographical method in investigating soil-biotic communities from the Tunka depression, for the purposes of cartographic modeling of the spatio-temporal state of taxonomic diversity of soil zoocenoses. To assess the current state of the soil biota, it is proposed to use the Margalef index which implies the value of the number of taxa with a total abundance in soil invertebrate communities. The limits of these changes make it possible to single out a uniform scale with five categories of diversity. The functional and trophic structure of soil zoocenoses with the identification of dominant species of pedobionts permits determination of the optimal composition of the indigenous population of biocenoses as well as understanding the mechanisms of recovery with a decrease in anthropogenic impacts. The generalized data obtained should be represented on a cartographic model. To do this, it is proposed to use a landscape basis which, in turn, reflects both the terrain features and the totality of the set of natural factors: from hydrothermal conditions to the phyto-edaphic appearance of the study area. In general, the results of the study can be used for timely decisions aimed at preserving biological diversity of the region, which, in turn, is one of the main principles of world ecology. An attempt is made to combine and analyze theoretical and methodological knowledge of soil zoogeography and its practical application with the possibility of further development of a



*so-called symbiosis with related branches of geography, biology and cartography. The results of the research can be used in planning measures for optimal nature management with access to the next level, i. e. the predictive level, which permits management of the processes occurring within the ecosystem of the region.*

**Keywords:** thematic mapping, biodiversity categories, Margalef index, soil invertebrate communities, comparative geographic approach.

Структура почвенной мезофауны формируется в соответствии со спецификой ландшафтно-климатических условий и определяется степенью средообразующего влияния растительности и физико-химических свойств почвенного субстрата, его влажности и температуры. Мезонаселение почв отражает метаболизм экосистемы, поскольку в нем сочетаются все биогеохимические процессы различных компонентов экосистемы; по этой причине изменение качества почвы считается важным критерием для оценки устойчивости экосистем. Почвенная биота является неотъемлемой частью всемирного биоразнообразия и играет одну из ключевых ролей в функционировании почвенной экосистемы. С помощью особенностей структурно-функциональной организации зооценозов почв можно идентифицировать качество почв [1–5].

Пространственное распределение почвенной мезофауны по территории неоднородно, а условия, при которых происходит ее формирование, находятся под лимитирующим воздействием внешних факторов. Возникает необходимость построения визуальной модели. Наиболее подходит для этих целей картографическая модель территории с отображением особенностей распределения таксономического разнообразия зооценозов почв. Группировки почвенных животных не имеют видимых границ, поэтому для построения картосхем зоогеографического содержания необходимо применять возможности ландшафтной индикации. За основу в ландшафтоведении принято брать теоретические представления, в которых все природные компоненты в пределах исследуемого генетически однородного пространства находятся в тесной взаимосвязи и образуют целостные системы [5].

## РАЙОН И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились на территории Тункинской котловины и ее горного обрамления. Перепад уровня высот составляет 1300–2300 м. Вследствие этого в котловине выражены закономерности, характерные для высотной поясности, такие как смена растительности от лесостепной до альпийских лугов, с набором высоты и экспозиционной направленностью склонов. Своеобразие экологических условий Тункинской котловины способствовало развитию мозаичности почвенного покрова и многочисленных по составу биотических сообществ с высокой степенью разнообразия фауны [6]. В рамках данной статьи будут рассмотрены зооценозы почв, приуроченные к светлохвойным лесам, расположенным в центре котловины и на южных пологих склонах нижней части горного обрамления, а также к сосново-кедровым с лиственницей и березой [7–9]. Отбор проб на модельных участках производился по методикам, рекомендованным для биогеоэкологических [10] и почвенно-зоологических [11] исследований.

Карта обладает свойством, которое отличает ее от математической и любой другой модели: она визуализирует территориальную конкретность. Карта не только абстрактная знаковая, но и аналоговая модель действительности [12]. Особенности картографирования животного мира определяются спецификой исследования животных. В связи с этим предпочтительно брать за основу ландшафтную карту, которая, в свою очередь, опирается на данные в том числе карт распространения растительности и почв исследуемой территории [13].

При применении картографических методов до настоящего времени используются данные дистанционного зондирования земной поверхности, накопленные на протяжении десятков лет. Продолжительный ряд тематических сценариев дает возможность сравнивать и оценивать как динамические аспекты развития антропогенно преобразованных ландшафтов, так и особенности произвольного восстановления при снятии нагрузки. Таксономическое разнообразие зооценозов почв находится в прямой зависимости от фитоценологических и почвенно-климатических факторов, которые варьируют в зависимости от местоположения биогеоценоза в ландшафте.

Для оценки таксономического разнообразия необходим универсальный инструмент, позволяющий фиксировать различия между биоценозами и в то же время учитывать уровень численности и количество таксономических групп в биоценозе. Наиболее подходит для этих целей, по нашему мнению, индекс богатства Маргалефа ( $D_{mg}$ ), используемый при оценке биоразнообразия:

$$D_{mg} = (S - 1) / \ln(n),$$

где различные сочетания  $S$  (число выявленных таксонов) и  $n$  (общее число особей всех  $S$  видов) лежат в основе простых показателей биоразнообразия. Достоинство этого индекса — легкость расчетов. Большая величина индекса соответствует большему разнообразию [10].

Индекс биоразнообразия при длительных сроках наблюдения не только позволяет оценивать различия между комплексами почвенных беспозвоночных, но может стать инструментом для определения устойчивости зооценозов к изменению микроклиматических условий. Данные, полученные при многолетнем мониторинге территории, дают возможность выйти на прогнозный уровень, учитывающий в том числе и серийные состояния ландшафта, и степень проявления упругости зооценозов почв к антропогенному и другому типу вмешательства. Соответствие структуры почвенных зооценозов определенному спектру эдафических условий, обеспечивающих нормальную жизнедеятельность почвообитающих организмов, трактуется с позиций ландшафтно-типологического подхода, предполагающего сопоставление и последующую идентификацию сообществ почвенных беспозвоночных конкретным условиям среды их обитания по следующим типам сообществ: высокогорные, таежные и лесные, лесостепные, луговые и гидрофильные [14].

Диапазон таксономического разнообразия удобнее всего рассматривать с помощью 5-балльной шкалы с равномерным увеличением категорий разнообразия от очень низкого до очень высокого. В каждой группе по количеству таксономических единиц в сообществе выделяется пять категорий разнообразия структуры: 1 — очень низкое разнообразие ( $D_{mg} < 1$ ); 2 — низкое (1,0–1,5); 3 — среднее (1,5–2,0); 4 — высокое (2,0–2,5); 5 — очень высокое ( $D_{mg} > 2,5$ ). В настоящей работе использована 4-балльная шкала.

Таксономическое разнообразие сообществ беспозвоночных на уровне групп фаций изменяется главным образом в зависимости от эдафо-климатических и фитоценологических факторов, которые определяются местоположением биогеоценоза в ландшафте. По степени естественной изменчивости, обусловленной особенностями функционирования ландшафта, различаются фации пяти категорий — коренные, полукоренные, мнимокоренные, полусерийные и серийные.

Полученные данные систематизируются, оценивается состояние таксономического разнообразия для конкретных ландшафтных выделов на основе объединения в пять групп сообществ. После этого информация проецируется на карту ландшафтного разнообразия исследуемой территории, и формируется модель пространственного распределения таксономического разнообразия сообществ почвенных беспозвоночных.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

По степени связи с почвой педобионты подразделяются на следующие группы: геобионты — животные, вся жизнь которых проходит в почве; геофилы — животные, часть жизненного цикла которых связана с почвой; геоксены — животные, связанные с почвой случайно или используют ее в качестве убежища (рис. 1) [13]. В пределах разных систематических групп беспозвоночных животных выделяются разнообразные жизненные формы.

Геобионты — организмы, очень хорошо приспособленные к жизни в почве и неспособные существовать вне почвенной среды из-за отсутствия у них защиты от высыхания и температурных колебаний, а также органов чувств, необходимых для жизнедеятельности.

Периодические геофилы проводят часть своего жизненного цикла в почве, как правило в виде личинок. Время от времени они возвращаются в почву для выполнения различных действий, таких как охота, откладывание яиц или спасение от опасностей. Некоторые группы жесткокрылых (например, жуки-жужелицы) проводят свою личиночную стадию в подстилке или верхних слоях почвы, а во взрослом состоянии используют почву в качестве источника пищи, убежища и для других целей.

К геоксенам относятся беспозвоночные, использующие почву в качестве временного места обитания. Из насекомых геоксены представлены полужесткокрылыми (Hemiptera), а также некоторыми развивающимися вне почвы жуками [3].

По отношению к почвенному субстрату можно выделить следующие виды: транзитные — используют почву как кратковременные или переходные места обитания и убежища; облигатные — часть их жизненного цикла связана с поверхностью почвы либо они проводят определенные циклы в почве. Дополнительно по глубине обитания в почве зооценозы почв можно подразделить на гемизафон (обитатели подстилочного слоя и верхней части почвенного горизонта) и эузафон (группа обитателей собственно нижней части почвенно-обитаемого горизонта). По характеру питания почвенные животные подразделяются на следующие группы: зоофаги, фитофаги, миксофаги, некрофаги и сапрофаги [15].

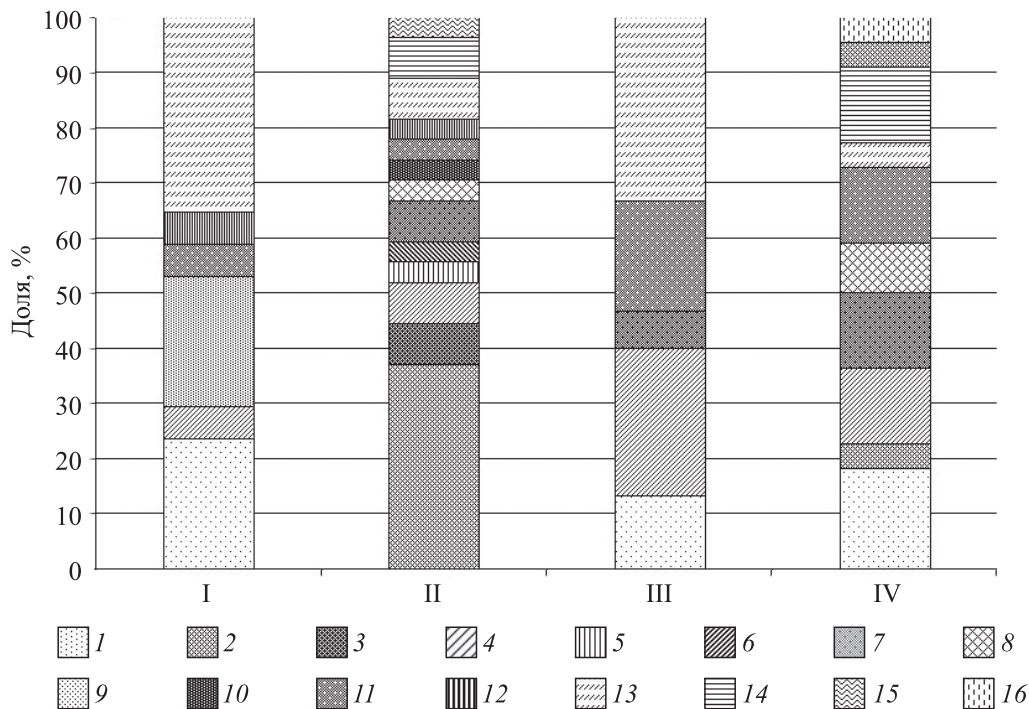


Рис. 1. Структура сообществ почвенных беспозвоночных.

I–IV — номера модельных участков (см. текст). Группы беспозвоночных: 1 — энхитреиды (Enchytraeidae), 2 — любрициды (Lumbricidae), 3 — хелициды (Helicidae), 4 — пауки (Aranei), 5 — сенокосцы (Opiliones), 6 — геофилы (Geophilidae), 7 — котянки (Lithobidae), 8 — кивсяки (Julida), 9 — жуличицы (Carabidae), 10 — пластинчатоусые (Scarabaeidae), 11 — шелкуны (Elateridae), 12 — стафилиниды (Staphylinidae), 13 — формицины (Formicidae), 14 — мирмицины (Mymecinae), 15 — короткоусые (Brachycera), 16 — длинноусые (Nematocera).

В качестве первоначальной основы для оценки таксономического разнообразия зооценозов выбраны четыре модельных участка в разных частях котловины с различной степенью нарушенности.

Модельный участок I находится на южном пологом склоне и представляет собой сосновый лес с единичными экземплярами березы разнотравный, местами кустарничково-разнотравный (зарастающая пашня) со следами низовых пожаров и выпаса скота на дерновых слабоподзолистых почвах.

Модельный участок II приурочен к восточному пологосклонному предгорью в сосново-кедровом с лиственницей и березой бруснично-зеленомошном лесу с папоротником на дерновых лесных почвах. Этот участок, согласно данным дистанционного зондирования Земли, наиболее приближен к естественному состоянию и относится к мнимокоренной группе фаций.

Модельный участок III расположен в центральной части котловины и представляет собой свежую гарь с подростом из сосны на серых лесных почвах. Время, прошедшее после пожара, составляет менее десяти лет.

Модельный участок IV находится в спелом и перестойном сосновом лесу со среднемошными серыми лесными (проградированными) и дерново-слабоподзолистыми почвами и подростом преимущественно из спиреи. Данный участок, в отличие от участка III, в течение длительного периода не подвергался низовому пожару большой интенсивности, и его можно назвать условно ненарушенным ландшафтом.

На рис. 1 представлена структура сообществ почвенных беспозвоночных на модельных участках. Структура населения отражает в первую очередь комплекс фитоэдафических условий и особенностей рельефа, на который накладывается влияние гидроклиматических факторов, однако важна и степень преобразования ландшафтного облика территории. Рассмотрим различия в видовом составе согласно связям беспозвоночных с почвой. Ниже представлены наиболее характерные виды для данных зооценозов почв.

На участке I среди широко представленных видов отмечаются пауки (Aranei): ксероликоза миниата (*Xerolicoxa miniata* (Koch, 1834)) из семейства пауков-волков (Lycosidae); жесткокрылые (Coleoptera):

калодера лаппонская (*Calodera lapponica* (Sahlberg, 1876)) из семейства стафилинид (Staphilinidae), скакун изящный (*Cylindera gracilis* (Pallas, 1773)), бегун широкий (*Harpalus latus* (Linnaeus, 1758)) и крестоцветный тусляк (*Amara ovata* (Motsch., 1844)) из семейства жужелицы (Carabidae)), шелкун блестящий (*Selatosomus aeneus*) из семейства шелкунов (Elateridae)); отряд перепончатокрылых (Hymenoptera): муравьи черный лазий (*Lassius niger* (Lin., 1758)), желтый земляной муравей (*Lassius flavus* (Fabricius, 1782)), бурый лесной муравей (*Formica fusca* (Lin., 1758)).

Максимальное таксономическое разнообразие почвенных беспозвоночных отмечено на модельном участке II. Наибольшая численность характерна для сапрофагов — семейства люмбрицид (Lumbricidae) эйзения норденшельда (*Eisenia nordenskioldi* (Eisen, 1879)). Из моллюсков (Mollusca) встречается валлония тонкогубая (*Vallonia tenuilabris* (Braun, 1843)). Губоногие многоножки (Chilopoda) — отрядом костянок (Lithobidae): костянка сибирская (*Lithobius sibiricus* (Gerstfeldt, 1858)), костянка родственная (*L. proximus* (Sselivanoff, 1878)), а также отрядом геофилов (Geophilidae): геофил длинноусый (*Geophilus flavus* (De Geer, 1778)). Среди пауков встречаются семейства гнафозид (Gnaphosidae): драссодес пушистый (*Drassodes pubescens* (Thorell, 1856)), семейства скакунчиков (Salticidae): эварха радужная (*Evarcha arcuata* (Clerck, 1757)). Среди жуков встречаются стафилином тахинопорус-недотрога (*Tachyporus nitidulus* (Fabricius, 1781)), пластинчатоусыми: (Scarabeidae) сибирский зеленый хрущик (*Mimela (Rhombonyx) holosericea* (Fabricius, 1787)), шелкунами: шелкун окаймленный *Dolopius marginatus* (Lin., 1758). Среди муравьев встречаются волосистый лесной муравей (*Formica lugubris* (Zetterstedt, 1838)) и мирмика сульцинодис (*Myrmica sulcinodis* (Nylander 1846)). Отряд двукрылых (Diptera) представлен подотрядом короткоусых (Brachycera): бекасница обыкновенная (*Ragio scolopaceus* (Linnaeus, 1758)) из семейства бекасницы (Rhagionidae).

Модельный участок III представляет собой гарь после низового пожара высокой интенсивности, приведшего к гибели практически всей древесной растительности. Структура населения почвенных беспозвоночных сильно упрощена. Слаборазвитый травянистый и кустарничковый покров, обилие открытых пространств приводит к резкому увеличению популяций муравьев. Это привлекает большое количество хищников — пауков, среди которых представлены линифии треугольные (*Linyphia triangularis* (Clerck, 1758)) из семейства линифий (Liphinidae); ксистикус незаметный (*Xysticus obscurus* (Collett, 1877)) из семейства пауков-бокоходов (Thomisidae); алопекоза жалящая (*Alopecosa aculeata* (Clerck, 1758)), алопекоза клинообразная (*A. cuneata* (Clerck, 1758)), паук-леопард полевой (*Pardosa agrestis* (Westring, 1861)) из семейства пауков-волков. Среди жуков доминирует вид шелкуна сибирского (*Selatosomus spretus* (Mannh.)). Муравьи представлены золотистоволосым муравьем-древоточцем (*Camponotus saxatilis* (Ruzsky, 1895)).

Участок IV находится в относительной близости от гарей, и, учитывая достаточно частые пожары в данной части котловины, можно с уверенностью сказать, что пирогенный фактор так или иначе затрагивает практически все сосновые боры. Тем не менее именно этот участок соснового леса максимально приближен к условно ненарушенным ландшафтам. Среди пауков распространены алопекоза клинообразная и пардоза желтоногая (*Pardosa fulvipes* (Collett, 1876)); среди жесткокрылых — шелкун вдавленный (*Selatosomus impressus*); шелкун блестящий (*S. aeneus* (Linnaeus, 1758)); среди муравьев — лесной муравей Лемана (*Formica lemani* (Bondroit, 1917)), морщинистая мирмика (*Myrmica angulinodis* (Ruzsky, 1905)); среди двукрылых — подотряд короткоусых, семейство ктыри (Asilidae), подотряд длинноусых, семейство комары-долгоножки (Tipulidae).

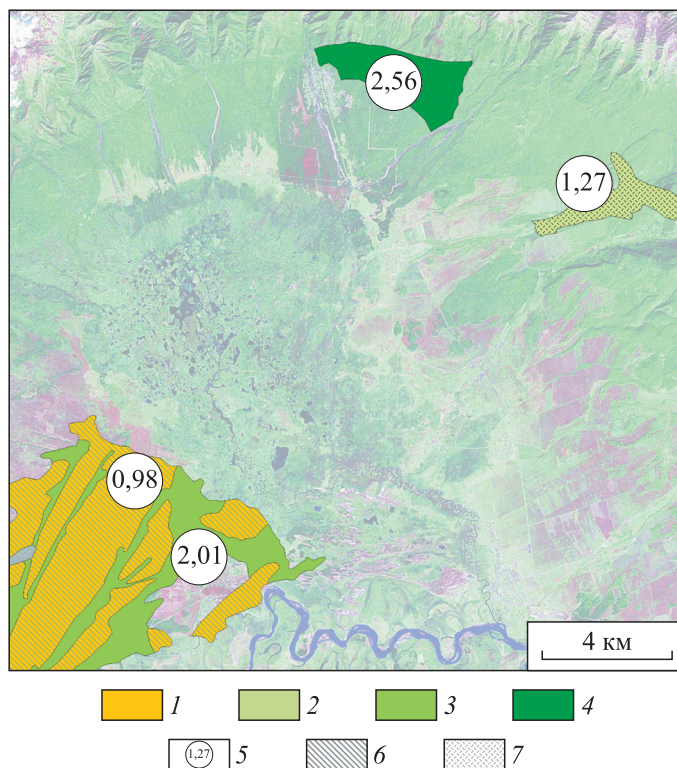
Анализ видового состава почвенно-биотических сообществ позволяет выделить особенности функционально-трофической структуры, определить доминантные группы, а в нарушенных ландшафтах установить последовательность восстановительных процессов в структуре мезонаселения почвенных беспозвоночных. Для составления более полного перечня видов, населяющих тот или иной биоценоз, требуется длительный ряд наблюдений, а также привлечение к работе большого количества узконаправленных специалистов, поэтому с точки зрения сравнительно-географического подхода к оценке условий мест обитания беспозвоночных было решено использовать уровень надвидовых единиц — таксономических групп (в основном семейств, родов). При этом в зависимости от структурно-функциональных особенностей беспозвоночных таксономические группы объединяются на разных иерархических уровнях. Отряды пауков и губоногих многоножек относятся к зоофагам, а двупарноногие многоножки — к сапрофагам. В то же время в некоторых систематических группах, например жесткокрылых, трофические предпочтения очень различны, и выделение в отдельную таксономическую единицу здесь стоит проводить на уровне семейств.

Проблемы пространственно-временного распределения биоты занимают ведущее место при экологическом восстановлении нарушенных биотических сообществ, что должно стать основой для



Рис. 2. Схема картографической модели пространственного распределения таксономического разнообразия зооценозов почв на основе данных дистанционного зондирования Земли на примере Тункинской котловины (пояснение — см. текст).

Категории таксономического разнообразия: 1 — низкое, 2 — среднее, 3 — относительно высокое, 4 — высокое, 5 — индекс таксономического разнообразия. Сообщества почвенных беспозвоночных: 6 — редуцированного развития, 7 — оптимального развития.



создания сети охраняемых природных территорий, для оценки сбалансированности биоразнообразия и определения критериев устойчивости геосистем [16]. Зоологическое картографирование раскрывает особенности таксономического разнообразия и пространственно-временную специфику дифференциации сообществ зооценозов почв Тункинской котловины, что, в свою очередь, позволяет прогнозировать динамику изменений характеристик биоты при возрастающем антропогенном прессе. При использовании данных дистанционного зондирования земной поверхности и ландшафтного картографирования зооценозы почв приобретают конкретное пространственное положение. На основе этих данных строится картографическая модель таксономического разнообразия почвенной мезофауны (рис. 2).

Ландшафтная основа группируется, объединяется (при необходимости), и в результате полученным выделам присваивается та или иная категория таксономического разнообразия. С помощью инфознаков на картосхеме отображается результат расчета индекса биоразнообразия Маргалефа. Рассмотренные нами типы биотических сообществ отличаются друг от друга в значительных пределах показателями таксономического разнообразия и обилия почвенной биоты, что обусловлено особенностями природных условий и наложенным на них антропогенным прессом (наиболее ощутимы достаточно частые на данной территории лесные пожары). На схеме (см. рис. 2) состояние нарушенных территорий показано дополнительной штриховкой, обозначающей уровень восстановительных процессов по мере приближения к коренным состояниям ландшафта — редуцированное и оптимальное развитие сообществ почвенных беспозвоночных. Ареалы коренных сообществ показаны заливкой с разной интенсивностью цвета, отражающей таксономическое разнообразие: от низкого (желтый) к высокому (темно-зеленый). Наибольшим разнообразием и высокими количественными показателями отличаются комплексы почвенных беспозвоночных смешанных лесов в нижних частях склонов предгорий Тункинских Гольцов.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Изменения количественных характеристик и таксономического разнообразия зооценозов почв Тункинской котловины происходят в зависимости от проявлений внешних условий среды. Таким образом, распределение почвенной биоты в пространственно-временном аспекте оказывается неравномерным. Фиксировать и отображать эти изменения достаточно непросто, приходится прибегать к принципам сравнительно-географического подхода с использованием наработок в области ландшафтоведения и картографии.

Особенности дифференциации сообществ почвенных беспозвоночных на различных иерархических уровнях ландшафтной структуры определяются основными градиентами среды. Таксономическое разнообразие зооценозов почв и их суммарная численность в сообществе увеличиваются от лесостепных и степных ландшафтов к горно-таежным геосистемам. Расчеты индекса биоразнообразия позво-

ляют ранжировать такие выделы с высокой точностью, а при оценке нарушенности естественных ландшафтов появляется возможность прогнозировать дальнейшие этапы восстановления почвенной биоты до наиболее оптимального состояния.

Эти сценарии лучше всего представлять в виде картографической модели, которая отражает наиболее уязвимые объекты природы и делает возможным их своевременное сохранение посредством мероприятий, направленных на снижение в первую очередь антропогенной нагрузки. Тематическое наполнение моделей не только обеспечивает наглядность и территориальную приуроченность возникающих проблем, но и способствует выработке стратегических планов по оптимальному природопользованию региона. Опыт таких работ в дальнейшем можно переносить на любой другой географический объект, имеющий сходные или иные условия существования и формирования ландшафта в широком понимании этого термина.

*Работа выполнена за счет средств государственного задания (АААА–А21–121012190059–5).*

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Menta C.** Soil Fauna Diversity — Function, Soil Degradation, Biological Indices, Soil Restoration // Biodiversity Conservation and Utilization in a Diverse World [Электронный ресурс]. — <https://www.intechopen.com/chapters/38612> (дата обращения 20.05.2023).
2. **Coleman D.C., Crossley D.A., Hendrix P.F.** Fundamentals of Soil Ecology. — Amsterdam: Elsevier Academic Press, 2004. — 386 p.
3. **European Atlas of Soil Biodiversity / Ed. S.L. Jeffrey, C. Gardi, A. Jones.** — Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2010. — 128 p.
4. **Coyle D.R., Nagendra U.J., Taylor M.K.** Soil fauna responses to natural disturbances, invasive species, and global climate change: Current state of the science and a call to action // Soil Biology & Biochemistry. — 2017. — Vol. 110. — P. 116–133.
5. **Бессолицына Е.П.** Ландшафтно-картографический анализ изменения таксономического разнообразия зооценозов почв Байкальского региона // Изв. Иркут. ун-та. Сер. Науки о Земле. — 2021. — Т. 38. — С. 3–12.
6. **Bessolitsyna E.P., Balyazin I.V., Voropai N.N.** Structure and diversity of soil zoocenoses in the Tunka depression // Geography and Natural Resources. — 2018. — Vol. 39, N 4. — P. 358–364.
7. **Михеев В.С., Ряшин В.А.** Ландшафты юга Восточной Сибири. Карта м-ба 1:500 000. — М.: ГУГК, 1977. — 4 л.
8. **Агутова Ж.В.** Естественные и преобразованные геосистемы Тункинской котловины // География и природ. ресурсы. — 2013. — С. 97–104.
9. **Силаев А.В., Сороковой А.А.** Геоинформационный анализ динамики распаханых территорий Тункинской котловины // Геодезия и картография. — 2013. — № 11. — С. 53–57.
10. **Программа и методика биогеоэкологических исследований / Отв. ред. Н.В. Дылис.** — М.: Наука, 1974. — 404 с.
11. **Количественные методы в почвенной зоологии / Ред. М.С. Гиляров, Б.Р. Стриганова.** — М.: Наука, 1987. — 288 с.
12. **Дьяконов К.Н., Касимов Н.С., Тикунов В.С.** Современные методы географических исследований. — М.: Просвещение, 1996. — 207 с.
13. **Равкин Ю.С., Равкин Е.С.** Опыт картографирования населения животных // Изв. РАН. Сер. геогр. — 2004. — № 1. — С. 88–97.
14. **Лебедева Н.В., Криволицкий Д.А., Пузаченко Ю.Г.** География и мониторинг биоразнообразия. — М.: Изд-во Науч. и учеб.-метод. центра, 2002. — 432 с.
15. **Wallwork J.A.** Ecology of Soil Animals. — London; New York; Toronto: McGraw-Hill, 1970. — 283 p.
16. **Бессолицына Е.П.** Картографирование населения почвенных беспозвоночных // Ландшафтно-интерпретационное картографирование. — Новосибирск: Наука, 2005. — С. 243–250.

*Поступила в редакцию 05.06.2023*

*После доработки 31.07.2023*

*Принята к публикации 11.10.2023*