

ТВЕРСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

Серия: Биология и экология

№ 3 (67), 2022

Научный журнал

Основан в 2005 г.

Зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере связи, информационных технологий и массовых коммуникаций ПИ № ФС77-61025 от 5 марта 2015 г.

Учредитель:

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет»

Редакционная коллегия серии:

д-р биол. наук, проф. А.В. Зиновьев (глав. редактор); д-р биол. наук, проф. А.Я. Рыжов; действительный член РАМН, д-р мед. наук, проф. В.М. Баранов; д-р биол. наук, проф. А.Н. Панкрушина; д-р биол. наук В.И. Николаев; д-р биол. наук, проф. М.Б. Петрова; д-р биол. наук, проф. Л.В. Алексеева; д-р биол. наук Н.П. Александрова; д-р мед. наук, проф. Н.Н. Слюсарь; д-р биол. наук, проф. Г.М. Зубарева; д-р биол. наук А.Д. Потёмкин; д-р биол. наук, проф. Л.В. Маловичко; д-р биол. наук, проф. А.А. Нотов; д-р биол. наук А.Ф. Мейсурова; д-р биол. наук, проф. М.С. Игнатов; д-р биол. наук Ю.К. Виноградова; РhD Марк Молтби (Великобритания); РhD Рон Майерс (Соединенные Штаты Америки); канд. биол. наук, доц. Л.В. Петухова;

д-р мед. наук проф. И.И. Макарова; канд. биол. наук, доц. А.А. Емельянова; д-р биол. наук, доц. В.В. Ивановский (Беларусь); канд. биол. наук, доц. Н.Е. Николаева; канд. биол. наук, проф. С.М. Дементьева; канд. биол. наук, доц. С.А. Иванова (*отв. секретарь*); канд. физ.-мат. наук, доц. В.Е. Домбровская; канд. биол. наук Д.И. Игнатьев (*техн. редактор*)

Адрес редакции:

Россия, 17002, г. Тверь, пр-т Чайковского, д. 70, каб. 201 Тел.: +7 (4822) 32-06-80

Все права защищены. Никакая часть этого издания не может быть репродуцирована без письменного разрешения издателя.

© Тверской государственный университет, 2022



TVER STATE UNIVERSITY

Series: Biology and Ecology

№ 3 (67), 2022

Scientific Journal

Founded in 2005

Registered by the Federal Service for Supervision of Communications, Information Technology and Mass Media PI № ΦC77-6125 of March 5, 2015

Translated Title:

Herald of Tver State University. Series: Biology and Ecology

Founder:

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Tver State University»

Editorial Board of the Series:

D.Sc. in Biology, prof. A.V. Zinoviev (editor-in-chief); D.Sc. in Biology, prof. A.Ya. Ryzhov; Corresponding Member of RAMS, Dr. of Medical Sciences, prof. V.M. Baranov; D.Sc. in Biology, prof. A.N. Pankrushina; D.Sc. in Biology, prof. V.I. Nikolaev; D.Sc. in Biology, prof. M.B. Petrova; D.Sc. in Biology, prof. L.V. Alekseeva; D.Sc. in Biology N.P. Aleksandrova; Dr. of Medical Sciences, prof. N.N. Slusar; D.Sc. in Biology, prof. G.M. Zubareva; D.Sc. in Biology A.D. Potemkin; D.Sc. in Biology, prof., L.V. Malovichko, D.Sc. in Biology, prof. A.A. Notov; D.Sc. in Biology, assoc. prof. A.F. Meysurova; D.Sc. in Biology, prof. M.S. Ignatov; D.Sc. in Biology, prof. A.E. Rodionova; D.Sc. in Biology Yu.K. Vinogradova; Ph.D. Mark Maltby (United Kingdom); Ph.D. Ron A. Meyers (United States of America); Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. L.V. Petukhova; Dr. of Medical Sciences, prof. I.I. Makarova; Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. A.A. Emelyanova;

D.Sc. in Biology, assoc. prof. V.V. Ivanovsky (Belarus); Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. N.E. Nikolaeva; Cand.Sc. in Biology, prof. S.M. Dementyeva; Cand.Sc. in Biology, assoc. prof. S.A. Ivanova (executive secretary); Cand. of Physical and Technical Sciences, assoc. prof. V.E. Dombrovskaya; Cand.Sc. in Biology D.I. Ignatiev (technical editor)

Editorial Office:

Office 201, 70, Chaikovsky prospekt, Tver, 170002, Russia Tel.: +7 (4822) 32-06-80

All rights reserved. No part of this publication may be reproduced without the written permission of the publisher.

© Tver State University, 2022

СОДЕРЖАНИЕ

ФИЗИОЛОГИЯ

Л.Н. Вдовина, О.А. Овчинникова ПРАКТИКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ САНАТОРИЯ-ПРОФИЛАКТОРИЯ ЯГПУ ИМ. К.Д. УШИНСКОГО)
ВИМИХОИЗ
Д.А.Ксенофонтов, Т.В.Метревели, Е.П.Полякова, А.А.Ксенофонтова, О.А.Войнова, Т.В. Саковцева ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В ЭНДОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ЭНТЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ (МИНИ-ПИГОВ)
300ЛОГИЯ
В.И. Николаев, З.Г. Каурова, В.В. Перепелкин, В.С.Колодей РЕТРОСПЕКТИВА И СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТАРО-ТВЕРЕЦКОГО КАНАЛА И ЕГО ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)
В.Е. Колодезников, И.И. Мордосов, И.М. Охлопков ТЕРИОФАУНА ЯКУТИИ: ФОРМИРОВАНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ
БОТАНИКА
Л.В. Озерова, Е.С. Чичканова СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ ЮЖНОАФРИКАНСКИХ СУККУЛЕНТОВ В КОЛЛЕКЦИЯХ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ
Е.Н. Раева-Богословская, О.И. Молканова, Ю.К. Виноградова, Ю.Н. Горбунов СТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА AMELANCHIER MEDIK. В КУЛЬТУРЕ IN VITRO И НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ
Н.П. Савиных, А.А. Тетерин ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ
А.С. Коляда, С.А. Берсенева, А.Н. Белов, Н.В. Репш ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ
БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ
А.А. Нотов, В.И. Фертиков, А.В. Павлов, В.А. Нотов, С.А. Иванова, Л.В. Зуева О ФЛОРИСТИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ЛОБИ

CONTENT

PHYSIOLOGY

L.N. Vdovina, O.A. Ovchinnikova PRACTICE OF INTEGRATED SYSTEM OF REHABILITATION OF TEACHERS (THE EXAMPLE OF THE HEALTH CARE FACILITY OF THE USHINSKY YAROSLAVL STATE PEDAGOGICAL NIVERISTY)			
BIOCHEMISTRY			
D.A. Ksenofontov, T.V.Metreveli, E.P. Polyakova, A.A. Ksenofontova, O.A. Voinova, T.V.Sakovtseva			
DYNAMICS OF ENZYME ACTIVITY IN ENDOGENOUS STRUCTURES OF THE ENTERAL ENVIRONMENT IN MODEL ANIMALS (MINI PIGS)19			
ZOOLOGY			
V.I. Nikolaev, Z.G. Kaurova, V.V. Perepelkin, V.S. Colodei RETROSPECTIVE AND CURRENT ECOLOGICAL STATE OF THE STARO-TVERETSKY CANAL AND ITS COASTAL ZONE (TVER REGION)			
BOTANY			
L.V. Ozerova, E.S. Chichkanova PRESERVATION OF RARE SOUTH AFRICAN SUCCULENTS IN COLLECTIONS OF BOTANICAL GARDENS			
E.N. Raeva-Bogoslovskaya, O.I. Molkanova, Yu.K. Vinogradova STRUCTURE OF THE LEAF BLADE OF AMELANCHIER MEDIK. PLANTS IN VITRO AND AT THE ADAPTATION STAGE			
N.P. Savinykh, A.A. Teterin ON THE USE OF SIBERIAN LARCH TO INCREASE FOREST CARBON STORAGE			
A.S. Kolyada, S.A. Berseneva, A.N. Belov, N.V. Repsh MEDICINAL PLANTS OF PRIMORSKY KRAI: HISTORY OF STUDY95			
BIODIVERSITY AND NATURAL PROTECTION			
A.A. Notov, V.I. Fertikov, A.V. Pavlov, V.A. Notov, S.A. Ivanova, L.V. Zueva ON THE FLORISTIC DIVERSITY OF FOREST-SWAMP ECOSYSTEMS ON THE PICHT BANK OF THE LOB BIVED			

A.A. Rybakova, I. THE CONCEPT	S. Perova OF THE RED BOOK OF THE TVER REGION 2022122	
INTERDISCILINARY STUDIES		
E.Yu. Brevdo, A.I	7. Meysurova	
BIOINDICATIO	N CAPABILITIES OF MOSS NYHOLMIELLA OBTUSIFOLIA	
WHEN ASSESSI	NG THE STATE OF THE AIR ENVIRONMENT145	
A.F. Meysurova,	A.A. Suvorova, E.Yu. Brevdo	
•	ANALYSIS OF THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC	
PIGMENTS IN S	OME TYPES OF MOSS SPECIES FROM URBAN ZONES	
OF THE CITY O	F TVER157	
T.N. Motorykina		
•	OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN PLANTS	
OF THE DEVEL	OPMENT ZONE OF THE MALMYZH DEPOSIT OF	
COPPER-PORPH	IYROUS ORES IN THE SURROUNDINGS OF THE VILLAGES	
OF MALL MATTER	AND UPPER NERGEN (KHABAROVSK KRAI)170	

РИЗИОЛОГИЯ

УДК 613.781/612.13 DOI: 10.26456/vtbio262

ПРАКТИКА КОМПЛЕКСНОЙ СИСТЕМЫ РЕАБИЛИТАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ (НА ПРИМЕРЕ САНАТОРИЯ- ПРОФИЛАКТОРИЯ ЯГПУ ИМ. К.Д. УШИНСКОГО)

Л.Н. Вдовина, О.А. Овчинникова

Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», Ярославль,

В последние десятилетия увеличивается доля людей пенсионного возраста не только в России, но и во всем мире. Состояние здоровья этой группы населения требует большего внимания, особенно работающих пенсионеров. Работа в сфера образования всегда являлась трудозатратой и, в настоящее время пандемии, состояние здоровья и его сохранение является весьма актуальным вопросом. В статье представлена практика изучения состояния здоровья сотрудников (в том числе и пенсионного возраста), проходящих профилактическое лечение в санатории-профилактории Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского в 2020-2021 учебного года. Проведенный анализ показал, что у 74% сотрудников отмечались два-три и более заболевания, что подтверждает медицинскую статистику в целом по российским вузам. Показана эффективность созданной в университете системы реабилитации преподавателей, что подтверждается целым рядом положительных результатов. Проведена оценка реологических свойств крови при применении препарата рибоксин. Установлено, что сформированная мотивация ответственного отношения к своему здоровью повышает действие системы профилактики, которая может быть рекомендована к широкому применению среди населения России.

Ключевые слова: средняя продолжительность жизни, профилактические мероприятия, заболеваемость, «профессиональное долголетие», рибоксин.

Введение. Накопленные за многовековую историю человечества статистические данные свидетельствуют о том, что на человека отрицательно продолжительность жизни влияют: избыточное употребление алкоголя, переедание, гиподинамия. неправильный режим питания, сон менее 7 или более 8 часов и некоторые другие показатели. Каков должен быть распорядок дня, как правильно питаться, что необходимо делать, чтобы чувствовать себя бодрым и веселым – на эти вопросы ответ дал испанский врач, алхимик и философ Арнольд из Виллановы еще в XIV веке. Им написан «Салернский кодекс здоровья» - трактат о диететике и гигиене, в котором представлены средства и методы, позволяющие сохранить молодость и здоровье. Кодекс не потерял своей актуальности и значимости в настоящее время. Соблюдая простые правила, человек может прожить гораздо больше, чем он живет на самом деле. Люди не хотят понимать этого, потому стареют и умирают раньше срока. Еще одним доказательством возможного долголетия служит высказывание великого русского физиолога И.П. Павлова (1849-1936 гг.): «Человек может жить до 100 лет. Мы сами своей невоздержанностью, своей беспорядочностью, своим безобразным обращением с собственным организмом сводим этот нормальный срок до гораздо меньшей цифры» (Павлов, 2014). Представители ООН провели в 2010 году собственный расчет, согласно которому средняя продолжительность жизни (СПЖ) в России к 2035 году составит 73,5 года, сократится интервал между средней женской и мужской продолжительностью жизни на 6 лет. ВОЗ прогнозирует, что жители высокоразвитых стран через 15-20 лет смогут перешагнуть 90-летний рубеж.

Согласно данным Росстата, в зависимости от регионов продолжительность жизни существенно отличается. В России наивысший уровень СПЖ у жителей Республики Ингушетия (80,05 лет), несколько отстает от нее Москва (76,77 лет) и Дагестан (76,39 лет).

Продолжает расти средняя продолжительность жизни в нашей стране (по статистическим данным). При этом следует учесть, что долго живут и хотят жить те, чья жизнь наполнена смыслом: семья, дети, творчество, любовь, красота, путешествия, что является сильнейшими стимулами К долголетию, TOM числе профессиональному (Ильинский, 2020). Данная ситуация диктует донозологическом необходимость В периоде проведения профилактических мероприятий с целью предупреждения быстрого старения и заболеваемости.

Для увеличения продолжительности жизни основными направлениями современной медицины должны стать индивидуальный подход и профилактика заболеваний. Всемирная организация здравоохранения выделяет 7 ключевых факторов, характерных для настоящего времени и способствующих развитию предотвратимых заболеваний: артериальная гипертония, курение, злоупотребление алкоголем, гиперхолестеринемия, избыточная масса

тела, недостаточная физическая активность, нерациональное питание (Вдовина, 2018; ВОЗ, 2022).

В России снижение заболеваемости и смертности происходит за счет современной диагностики и лечения больных, выявления факторов риска хронических неинфекционных заболеваний. предупреждение прогрессирования уже имеющихся заболеваний и осложнений. В оздоровлении нации приоритетным направлением является проведение профилактических мероприятий, направленных на снижение распространенности факторов риска хронических заболеваний (Стратегия неинфекционных действий..., Исследование, проведенное в санатории-профилактории Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского, показало, что личностные мотивационные установки, которые обусловливают образ жизни, на 50-70% могут снизить ухудшение здоровья и предотвратить летальные исходы (Вдовина, 2018).

Цель исследования — на основе описанных в научной литературе и собственных опытных данных изучить состояние здоровья сотрудников, разработать и апробировать комплекс профилактических мер по их реабилитации на основе формирования мотивации к здоровому и активному образу жизни. Задачи исследования:

- 1. Определить состояние здоровья и оценить реологические свойства крови сотрудников.
- 2. Разработать комплекс профилактических мероприятий по их реабилитации.
- 3. Изменить стереотипную позицию сотрудников в отношении проблемы преждевременного старения.

Методика. В исследовании приняли участие сотрудники, проходящие профилактическое лечение в санатории-профилактории Ярославского государственного педагогического университета им. К.Д. Ушинского 2020-2021 учебного года. Общее количество испытуемых составило 76 человек в возрасте от 32 до 70 лет и старше. Продолжительность смены — 15 дней — позволяет составить для пациентов индивидуальный план оздоровительно — профилактической работы на основании санаторно-курортной карты, куда входят данные осмотров терапевта, антропометрические и гемодинамические показатели и результаты анкетирования, которое проводится в начале и конце смены.

Была проведена работа по оценке влияния фармацевтических препаратов на реологические свойства крови. Для этого трижды отмытые клетки инкубировали при 37°C в физиологическом растворе (контроль) и в присутствии препарата рибоксин (инозин, 1,5 мМ) (эксперимент). Проводилась оценка вязкости суспензии эритроцитов в

аутоплазме и физиологическом растворе (Ht=40), степени агрегации, деформируемость эритроцитов, содержание ATФ (с помощью люминометра ЛЮМ-1, «Люмтек», Москва).

Данные, полученные в ходе исследования, были обработаны математической статистики, в случае нормального распределения использовали параметрические критерии, при оценке влияния препарата – парный критерий Стьюдента. При отклонении распределения нормального закона пользовались OT Манна-Уитни. непараметрическим критерием За уровень статистически значимых принимали изменения при р <0,05.

Результаты и обсуждение. Во всем мире отмечается постарение населения. По данным Всероссийских переписей населения 2002 и 2010 гг. доля лиц старше трудоспособного возраста составляет 1/5 часть населения. В современных реалиях лица пенсионного возраста нередко продолжают свою трудовую деятельность. По данным ВОЗ долевое распределение мужчин и женщин примерно 1:2 (Всемирная организация..., 2022). Результаты нашего опроса подтверждают статистику.

На 16.04.2021 в университете — 758 работников. Возрастной и гендерный состав коллектива представлен в таблице 1.

Таблица 1

гаспределение ооследуемых		
Группа	Количество человек	
мужчины	228	
женщины	530	
до 30 лет	108	
31–40 лет	145	
41-50 лет	147	
51-60 лет	147	
61–70 лет	158	
от 71 и старше	53	

В высших учебных заведениях профессорскопреподавательский состав приобретает ученые степени, должности и необходимый опыт работы только с годами. Подобная картина возрастного показателя наблюдается практически во всех ВУЗах. Сохранить достаточно здоровым кадровый потенциал ученыхпреподавателей — задача не простая, что и заставило нас провести указанное выше исследование, проанализировать его результаты и разработать меры профилактики и реабилитации сотрудников в условиях санатория — профилактория.

Проведенный анализ состояния здоровья пациентов профилактория в 2020-2021 гг. показал, что синдром хронической

усталости наблюдается у 24,8% пациентов, патология сердечно сосудистой системы – у 22,7%, патология органов зрения – у 18,6%, опорно-двигательного аппарата (нарушение осанки, последствия перенесенных травм, остеохондроз, боли в различных отделах позвоночника) – у 17,7%. Заболевания желудочно-кишечного тракта зарегистрированы у 7% пациентов, заболевания ЛОР-органов и частые ОРВИ – у 8,7%, аллергические заболевания – у 4,7%, неврологические проблемы и вегетососудистая дистония – у 9,3%, эндокринная патология составила - 3,2%, заболевания почек и мочевыводящих путей – 1,8 %. У 74% сотрудников отмечались два-три и более заболевания, что подтверждает медицинскую статистику в целом по российским вузам. В нашем исследовании мы использовали методику Г.А. Апанасенко, включающую измерение основных показателей физического развития, выполнение функциональных определение соответствующих проб, индексов. Полученные результаты дали основания сделать выводы об общей тенденции показателей физического здоровья.

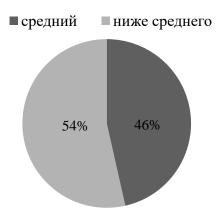


Рис. 1. Уровень физического здоровья по методике Апанасенко

Медикаментозное обеспечение, предложенного нами лечебнопрофилактического курса, включает в себя витаминно-минеральные комплексы, фитосборы, средства, повышающие сопротивляемость иммунитет, организма укрепляющие также препараты, необходимые для профилактики обострений хронических заболеваний, назначаемые пациентам индивидуально (Вдовина, 2018). Рибоксин (инозин), препарат нормализующий метаболизм миокарда, уменьшающий гипоксию тканей, относится к анаболическим веществам (Эллиот, 2002). Проявляет антигипоксическое антиаритмические свойства, положительно влияет на обмен веществ в миокарде, повышает энергетический баланс клеток, увеличивает силу сердечных сокращений и способствует более полному расслаблению миокарда в диастоле. Вследствие этого увеличивается ударный объем сердца.

В нашем исследовании реологические свойства крови изменились после обработки эритроцитов под влиянием рибоксина: уменьшилась вязкость суспензий эритроцитов с Ht=40% в аутоплазме на 9,4% (p<0,01), в физиологическом растворе в среднем на 10,5% (p<0,01) по сравнению с контролем (рис. 2).

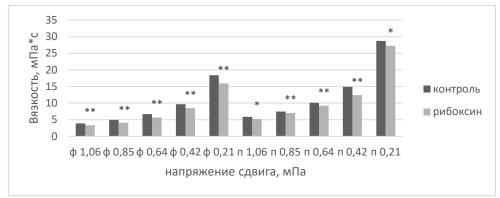


Рис. 2. Показатели текучести суспензии эритроцитов в физиологическом растворе и аутоплазме под влиянием рибоксина:

 Φ — Φ изиологический раствор, Π — Π лазма, статистически значимые различия: Π — Π — Π — Π 0,05; Π 0; Π 0,01; Π 0,01

Инкубация эритроцитов с инозином привела к оптимизации текучих свойств крови за счет снижения агрегируемости эритроцитов на 42,1% (p<0,05) и повышения их деформируемости на 5,3% (p<0,05) (рис. 3). Влияние используемого соединения на энергетический потенциал красных клеток крови подтвердилось повышением содержания АТФ в эритроцитах после их инкубации с рибоксином на 33,6% (p<0,001). Микрореологические свойства эритроцитов (деформируемость и агрегация), являющиеся формами клеточного поведения, определяют эффективность текучести крови на уровне микрососудов.

Это доказывает, что препарат рибоксин показан лицам с явными нарушениями реологических свойств крови, а для лиц в возрасте 32-40 лет в качестве профилактики можно рекомендовать в составе БАД.

Широко используются возможности физиотерапевтических кабинетов, где по назначению врача-физиотерапевта проводится светолечение, электролечение (магнитотерапия, УВЧ-терапия, дарсонвализация), ультразвуковая терапия, комплекс ЛФК. На базе

профилактория, по желанию сотрудников, проходят занятия «Школы здоровья» по здоровому питанию, профилактике артериальной гипертонии, здоровому долголетию, тренинги по отказу от курения.

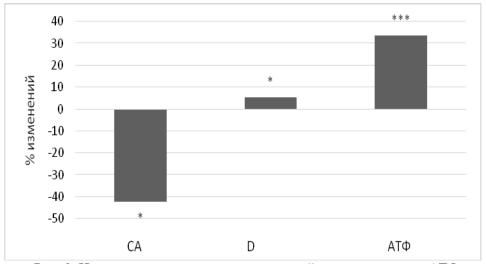


Рис. 3. Изменения микрореологических свойств и содержания $AT\Phi$: CA – степень агрегации эритроцитов; D – деформируемость эритроцитов; статистически значимые различия * – при p<0,05; ** – при p<0,01; *** – при p<0,001

Одной из особенностей современного образа жизни является прогрессирующая тенденция к уменьшению объема двигательной активности. В первую очередь, малоподвижный образ жизни является одной из главных причин ухудшения здоровья. В связи с возрастными анатомо-физиологическими особенностями некоторые виды физических упражнений становятся недоступными или даже противопоказанными лицам старших возрастов. Не рекомендуются этому контингенту и упражнения с резким изменением положения головы или тела в пространстве, сложнокоординированные и т.д.

При наличии какого-либо заболевания могут быть еще абсолютные или относительные противопоказания к использованию физических упражнений. Учитывая эти особенности по инициативе руководства профилактория в университете организована и работает в течение четырех лет секция спортивного танца 1 раз в неделю, которую могут посещать сотрудники, без ограничения возраста, желающие сохранить и укрепить свое здоровье. Проводятся 2 раза в неделю фитнес- тренировки оздоровительной направленности для женщин 40 лет и старше.

Показатели двигательной активности определяли расчетным методом (рис. 4.)



Рис. 4. Показатели коэффициента двигательной активности

Особое внимание мы уделили рекомендациям, направленным на сохранение и укрепление здоровья сотрудников. Правильный режим дня: хорошо спланированный день, чередование работы и отдыха, ежедневные прогулки на свежем воздухе, засыпание в одно и тоже время не позднее 22 – 23 часов, полноценный сон 7 – 8 часов, вот важнейшее условия для поддержания профессионального долголетия. К этому необходимо добавить отказ от вредных привычек: употребления алкоголя, курения, некачественной пищи, злоупотребления кофе, фаст-фуда.

Также были определены показатели психического состояния организма сотрудников. Мы остановились на оценке напряженности - методом анкетирования и уровне тревожности - Шкала тревожности Сирса.Путем анкетирования было выявлено (рис.5), что 67%) сотрудников находятся в зоне риска, а у 33% - повышенный уровень напряженности.

По ряду причин пожилые люди с тревожными расстройствами не всегда получают необходимую помощь. Некоторые испытывают тревогу всю свою жизнь и считают это нормой. Постоянное беспокойство может привести к когнитивным нарушениям, ухудшению физического здоровья и даже инвалидности. При определении уровня тревожности видно (рис. 6), что для большинства сотрудников характерен средний уровень тревожности.

Регулярные занятия фитнес-тренировками улучшают кровообращение и питание головного мозга, повышают стрессоустойчивость организма, восстанавливают метаболизм,

укрепляют костно-мышечный корсет позвоночника; выполнение физических упражнений в комплексах ЛФК укрепляют мышечную систему, благотворно влияют на деятельность функциональных систем организма, помогают справиться с беспокойством и депрессией, улучшают настроение.



Рис. 5. Оценка напряженности

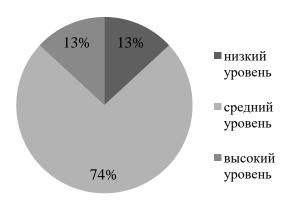


Рис. 6. Оценка уровня тревожности

Регулярные занятия танцами сказываются на трех сторонах развития организма. Укрепляются сердце и сосуды за счет постепенно увеличивающихся нагрузок; развивается анаэробную выносливость: способность организма справляться с резко возрастающими нагрузками и бороться с усталостью. Кроме того, увеличивается мышечную силу: при занятиях любыми танцами органично развиваются все мышцы тела. Фигура становится точеной и гармоничной, психоэмоциональное состояние сохраняется позитивным (Клинические рекомендации..., 2018).

Правильное питание: регулярное употребление большого количества свежих овощей и фруктов, правильное приготовление пищи, соблюдение кратности приемов пищи до 4 – 5 раз в день, обильное питьё в течение дня, - способствует восстановлению запасов энергии, хорошей работе всех органов и систем, а также укреплению иммунитета (Старцева, 2018).

Школы здоровья подразумевают проведение от 5 до 10 познавательных и практических занятий, которые могут распределяться в течение года, квартала, месяца по желанию группы. Продолжительность занятия 60–90 минут, для каждой возрастной группы свой объем информации и формы проведения. По окончании занятий участникам предлагается раздаточный материал в виде красочно оформленных буклетов, листовок, памяток, проводятся индивидуальные консультации (Ткачева, 2017; Liat, 2018).

Результатом нашей профилактической работы является:

- снижение новых случаев заболеваний среди сотрудников,
- улучшение показателей здоровья,
- позитивное психоэмоциональное состояние,
- сокращение личных расходов на диагностику и лечение.

Заключение. завершению периода По оздоровления субъективно в ходе анкетирования всеми пациентами было отмечено улучшение общего состояния своего здоровья и настроения. Результаты исследования объективно продемонстрировали снижение показателей синдрома хронической усталости с 24,8% до 2,5%, вегетососудистой дистонии и неврологических проблем – с 9,3% до 4.9%. Ремиссия заболеваний желудочно-кишечного наблюдалась у 5,4% пациентов из 7% случаев, зарегистрированных в начале. Аллергические -4,7% снизились до 1,8%.

Основой нашей профилактической работы является убеждение пациента в том, что главное препятствие, мешающее убедить себя перейти к здоровому образу жизни, — это сила сложившихся годами жизненных установок, а оздоровление организма — несомненная выгода, которая в итоге превышает все временные и финансовые затраты.

К сожалению, человека, который много сил и времени отдает работе, достаточно трудно убедить в том, что он сам ответственен за свое здоровье. Телевизионные передачи с многоминутными рекламами, пропагандирующими фармацевтические препараты, мгновенно избавляющие от недугов, мешают реализовать «теорию убеждений» в отношении здорового образа жизни. Процесс освоения знаний и действий, направленных на сохранение и укрепление собственного здоровья, мы сегодня выстраиваем для преподавателей высшей школы на основе фактора «профессионального долголетия».

Хочешь быть долгожителем в любимой профессии — измени образ жизни, прими идею оздоровления, поменяй жизненные установки для пользы родного вуза и самого себя.

Список литературы

- Вдовина Л.Н., Квасовец Е.Н. 2018. Оздоровительные аспекты синдрома хронической усталости у студентов в условиях санатория профилактория ЯГПУ им. К. Д. Ушинского // Международная научно-практическая конференция «Концепция фундаментальных и прикладных научныхисследований». Екатеринбург. С.65-69.
- Всемирная организация здравоохранения: Официальный сайт. URL: http://www.who.int/ageing/ru.
- Ильницкий А.Н., Старцева О.Н., Прощаев К.И., Рождественская О.А. 2020. Долговременный уход за пожилым человеком: фокус на индивидуальную жизнеспособность // Врач. № 6. С. 5-9.
- Клинические рекомендации по старческой астении. Методические руководства. 2018. Уфа: Омега сайнс. 272 с.
- Павлов И.П. 2014 Условный рефлекс. СПб: Лениздат-классика. 253 с.
- Старцева О.Н. 2018. Терапевтическая среда как фактор повышения качества геронтологической помощи. Ярославль. 142 с.
- Стратегия действий в интересах граждан старшего поколения в РФ до 2025 года. Распоряжение Правительства РФ от 05.02.2016 г. № 164-р. http://base.consultant.ru.
- Ткачева О.Н., Рунихина Н.К., Остапенко В.С., Шарашкина Н.В., Мхитарян Э.А., Онучина Ю.С., Лысенков С.Н. 2017. Валидация опросника для скрининга синдрома старческой астении в амбулаторной практике // Успехи геронтологии. № 30. С. 36-42.
- Эллиот В., Эллиот Д. 2002. Биохимия и молекулярная биология. М.: МАИК Наука/Интерпериодика. 446 с.
- *Liat Alyaon*. 2018 Perceived Age Discrimination: A precipitator or a consequence of depressive symptoms // J. Gerontolog. B Psychol. Sci. Soc. Sci. V. 73. № 5. P. 860-869.

PRACTICE OF INTEGRATED SYSTEM OF REHABILITATION OF TEACHERS (THE EXAMPLE OF THE HEALTH CARE FACILITY OF THE USHINSKY YAROSLAVL STATE PEDAGOGICAL UNIVERISTY)

L.N. Vdovina, O.A. Ovchinnikova

Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University, Yaroslavl

In recent decades, the proportion of people of retirement age has been increasing not only in Russia, but also throughout the world. The health status of the retirement population group requires more attention, especially among working pensioners. Employement in the field of education has always been a labor input and, at present, in the time of a pandemy, the

health and its preservation is a very topical issue. The article presentsthe stydy of the health status of employees (including those of retirement age) undergoing preventive treatment in the sanatorium-preventorium of the Ushinsky Yaroslavl State Pedagogical University during the 2020-2021 academic year. The analysis showed that 74% of employees had two, three, or more diseases, which corresponds the medical statistics in general for Russian universities. The effectiveness of the system of rehabilitation of teachers created at the university is shown, which a number of positive results confirms. The rheological properties of blood were assessed with an aid of Riboxim. We found that the formed motivation for a responsible attitude to one's health increases the effect of the prevention system, which can be recommended for the wide use among the population of Russia.

Keywords: average life expectancy, preventive measures, morbidity, "professional longevity", riboxin.

Об авторах:

ВДОВИНА Людмила Николаевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры медицины, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», 150000, Ярославль, ул. Республиканская, 108/1; e-mail: vdovinaln@mail.ru.

ОВЧИНИКОВА Ольга Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры биологии и методики обучения биологии, ФГБОУ ВО «Ярославский государственный педагогический университет им. К.Д. Ушинского», 150000, Ярославль, ул. Республиканская, 108/1; e-mail: olechki-net@yandex.ru.

Вдовина Л.Н. Практика комплексной системы реабилитации преподавателей (на примере санатория-профилактория ЯГПУ им. К.Д. Ушинского) / Л.Н. Вдовина, О.А. Овчинникова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 7-18.

ВИМИХОИЗ

УДК 57.023/57.016.5 DOI: 10.26456/vtbio263

ДИНАМИКА ФЕРМЕНТАТИВНОЙ АКТИВНОСТИ В ЭНДОГЕННЫХ СТРУКТУРАХ ЭНТЕРАЛЬНОЙ СРЕДЫ МОДЕЛЬНЫХ ЖИВОТНЫХ (МИНИ-ПИГОВ)

Д.А. Ксенофонтов, Т.В. Метревели, Е.П. Полякова, А.А. Ксенофонтова, О.А. Войнова, Т.В. Саковцева

Российский государственный аграрный университет – MCXA им. К.А.Тимирязева, Москва

Энтеральная среда выполняет важную роль в поддержании гомеостаза взаимодействии организма внешней c средой. Высокомолекулярные соединения, поступающие с пищей, не способные проникнуть через мембрану кишечника во внутреннюю среду организма, должны быть подвергнуты преобразованию до относительно простых молекул, и активное участие в этом процессе принимают ферменты пищеварительных желез. Изучали места локализации и активность ферментов гамма-глутамилтрансферазы и щелочной фосфотазы на уровне энтеральной среды у модельных животных (мини-пигов). Определена активность ферментов в слизистой оболочке, нативном химусе кишечника и его фракциях плотной эндогенной растворимой. Активность глутамилтрансферазы обнаруживается как в слизистой оболочке, так и в химусе всех отделов тонкого кишечника. Наиболее высокая активность гамма-глутамилтрансферазы зафиксирована в растворимой фракции химуса, самая низкая – в плотной эндогенной фракции с аналогичной выраженной динамикой активности по всей длине тонкого кипечника. Самая высокая активность шелочной обнаружена в слизистых наложениях тонкого отдела кишечника. В ходе эвакуации химуса активность фермента в нем снижается. Максимальная активность щелочной фосфотазы зафиксирована в плотной эндогенной фракции химуса тонкого отдела кишечника.

Ключевые слова: желудочно-кишечный тракт, пищеварение, химус, гамма-глутамилтрансфераза, щелочная фосфотаза, активность ферментов.

Введение. Растительные и животные организмы, представляют собой сложную биологическую систему, которая обладает рядом признаков, отличающих ее от неживой материи, в том числе непрерывно протекающими в организме процессами обмена веществ и

© Ксенофонтов Д.А., Метревели Т.В., Полякова Е.П., Ксенофонтова А.А., Войнова О.А., Саковцева Т.В., 2022

энергии, требующими постоянного поступления питательных веществ из внешней среды. В организме животных пищеварение является начальным этапом ассимиляции питательных веществ, за которым следует промежуточный обмен веществ с последующим выделением продуктов метаболизма. Для животных характерен гетеротрофный способ питания, в основе которого лежит использование органических веществ других организмов, ферментативный гидролиз и усвоение продуктов расщепления. Большинство видов животных используют голозойный тип питания, при котором происходит захват пищи внутрь тела с последующим перевариванием её в органах пищеварения. Содержимое желудочно-кишечного тракта – химус представляет собой сложно организованную структуру, состав которой в пределах вида относительно постоянен благодаря механизмам гомеостатической саморегуляции, играет важную роль в реализации обменной функции пищеварительного тракта (Johansson et al., 2013). Формирование энтеральной среды относительно постоянного состава имеет важное значение при создании оптимальных условий ДЛЯ субстратного взаимодействия в пищеварительном тракте (Скальный, 2001).

По 80-95% массе нативный химус на состоит гидратированной полостной слизи, получившей название – плотная эндогенная фракция химуса (ПЭФ) и на 5-20% – из пищевых частиц (ПЧ) (Георгиевский и др., 1995). Пищевые частицы представляют собой неоднородную структуру, которая главным образом состоит из нерастворимых и непереваренных компонентов растительного либо животного происхождения, подвергшихся химической и механической деструкции с одновременной гидратацией. Плотная эндогенная фракция также отличается неоднородным составом, и включает молекулярно-корпускулярную часть, главным элементом которой в нативном химусе является внутриполостная слизь, секретируемая бокаловидными клетками слизистой оболочкой кишечника симбиотическую часть, представленную микроорганизмами.

Слизь представляет собой вязкий, эластичный, упругий гель, около 95% веса которого составляет вода, остальные составляющие представлены диализуемыми компонентами, свободными белками и муцинами, причем ее электролитный состав схож с составом сыворотки и желчи. Свободные белки включают секретируемые белки и белки, образующиеся при распаде «отшелущивающихся» клеток подслизистой оболочки желудочно – кишечного тракта, бактерий, и продуктами их синтеза. Основным структурным компонентом слизи являются гликопротеидов, участвующие в ее формировании и определяющие ее реологические свойства (Tedeschi et al., 1957; Kirk et al., 2013; Demouveaux et al., 2018).

Плотная эндогенная фракция играет ключевую роль в формировании структуры химуса и является основным эндогенным образованием, в котором происходит превращение нутриентов в лишенные специфичности соединения, способные всасываться в кровь и лимфу и ассимилироваться клетками организма. Этот процесс является результатом последовательного взаимодействия ферментов пищеварительных соков, синтезирующихся организмом и входящих в состав плотной эндогенной фракции, которая обеспечивает их контакт с пищевыми частицами (Гальперин и др., 1986; Морозов, 1998; Вазина и др., 2002, Вазина и др., 2015).

Однако механизмы гидролиза и транспортные процессы продуктов расщепления в полости кишки мало изучены, в связи с чем, более тщательное рассмотрение ферментативной активности в полости кишечника и в слизистой оболочке носит научный и практический интерес в области биохимии пищеварения.

В плотной эндогенной фракции содержится основная масса ферментов, поступающих в составе кишечного сока в просвет кишки, которые, дополняя комплекс ферментов, обеспечивающих полный гидролиз части субстратов до мономеров в полости тонкой кишки (Ito, 1969; Bremer, 1970; Allen, 1983).

Фермент гамма-глутамилтрансфераза (ГГТ), благодаря особой структурной локализации в мембранах клеток, в том числе слизистой оболочке, играет немаловажную роль в транспорте аминокислот из просвета кишок через клеточную мембрану (гамма-глутамильный цикл), выступая катализатором переноса гамма-глутамильного остатка аминокислот на другой белок или молекулу. Являясь одним из 6 ферментов гамма-глутамильного цикла, гамма-глутамилтрансфераза участвует также в рециклизации глутатиона, который является коньюгирующим (связывающим) веществом в транспорте продуктов детоксикации через кровь и кишечник. Возможно, аналогичную транспортную функцию этот фермент выполняет и в полости кишки. Учитывая немаловажную роль фермента гамма-глутамилтрансфераза в процессах рециклизации глутатиона, а также, – в процессе пополнения пула цистеина, тесно связанный с сопутствующим транспортом аминокислот (через гамма-глутамильный цикл), целью наших исследований было определить локализацию и динамику активности гамма-глутамилтрансфераза в слизистой оболочке и в полости всех отделом тонкого кишечника на примере мини-пигов.

Фермент щелочная фосфотаза (ЩФ), синтезируясь энтероцитами слизистой оболочки кишечника, локализуется в клеточной мембране, где участвует в гидролизе и транспорте нутриентов. Щелочная фосфотаза гидролизует глюкофосфаты, фосфолипиды, фосфонуклеотиды и участвует в транспорте через

клеточную мембрану углеводов, аминокислот и их фосфорилированиия. Однако исследования активности щелочной фосфотазы в полости кишки не проводились, в связи, с чем, целью работы стало изучение активности щелочной фосфотазы на уровне пищеварительного тракта мини-пигов.

В настоящее время пищеварение в гастро-энтеральной среде разделяют на полостное, пристеночное и микробиальное, из которых наименее изученным является — полостное. В связи с этим тема данной работы актуальна.

Методика. Исследования проводились на базе лаборатории Научного центра биомедицинских технологий РАМН и на кафедре этологии физиологии, животных Российского И биохимии государственного аграрного университета **MCXA** имени К.А.Тимирязева. Объектом исследований, в качестве модельного животного. являлись мини-свиньи (3 головы) светлогорской популяции в возрасте 6 лет. Кормление животных осуществлялось согласно принятой схеме и рациону. Через 3 часа после кормления после введения наркоза производили эвтаназию животных, с извлечением кишечника. последующим Из отделов кишечника (из проксимального и дистального 12-перстной, каждого отдела тощей и подвздошной кишок) отбирали образцы цельного химуса, который затем по методу, разработанному Е.П. Поляковой (Полякова и др., 2016), разделяли на три фракции: пищевые частицы (ПЧ), плотную эндогенную фракцию (ПЭФ) и растворимую фракцию (РФ). Необходимо отметить, что получаемые при фракционировании растворимая и плотная эндогенная фракции в животном организме составляют единую функциональную систему энтеральной среды пищеварительного тракта, так как до 90% нативного химуса фактически представлено гидратированной плотной эндогенной фракцией в совокупности с растворимой фракцией. В основе данной методики лежит свойство химуса изменять вязкость и скорость осаждения частиц различной плотности в процессе его разведения дистиллированной водой или другими разбавителями с последующим центрифугированием.

Кроме того, со стенки каждого отдела кишечника смывали слой слизистых наложений (ССН) и путем соскоба снимали слизистую оболочку (СО). Во всех образцах определяли активность ГГТ с использованием стандартных наборов «Витал Диагностикс». Результат выражен в единицах Ед./мг белка. Данное исследование является продолжением исследовательской работы по изучению механизмов полостного пищеварения на кафедре физиологии, этологии и биохимии животных РГАУ-МСХА имени К.А.Тимирязева на

протяжении последних 30 лет (Иванов и др., 2009; Полякова, 2012; Иванов и др., 2013).

Результаты и обсуждение. Одной из важных функций пищеварительного тракта является секреция различных классов ферментов, которые осуществляют гидролиз пищевых полимеров сначала до промежуточных продуктов, а затем до мономеров, которые затем всасываются в кровь и лимфу. Установлено, что активность гамма-глутамил-трансферазы проявляется в слизистой оболочке во всех отделах тонкого кишечника. При этом, самая высокая активность фермента – 6,077 Ед./мг белка обнаружена в слизистой оболочке начальной части 12-персной кишки. Затем активность гаммаглутамилтрансферазы резко снижается проксимального OT дистальному концу 12-перстной кишки, достигая там минимального значения, составляющего 0,853 Ед./мг белка, а в слизистой оболочке проксимального отдела тощей кишки этот показатель повышается, достигая максимума в дистальном отделе – 4,057 Ед./мг белка. В слизистой оболочке подвздошной кишки, в ее проксимальном отделе, активность гамма-глутамилтрансферазы плавно снижается, принимая минимальные значения в дистальном отделе – 1,088 Ед./мг белка (рис. 1).

Зафиксирована активность гамма-глутамилтрансферазы химусе тонкого кишечника мини-пигов. отдела существенные различия в активности фермента во фракциях химуса, а также значительные отличия от его активности в слизистой оболочке, при идентичной динамике. Активность гамма-глутамилтрансферазы в плотной эндогенной фракции химуса была ниже в 2,5 раза в проксимальной части 12-перстной кишки, чем в слизистой оболочке, а в дистальном отделе, как и в слизистой оболочке 12-перстной кишки, показатель существенно снизился, достигнув минимального значения 0,100 Ед./мг белка, что в 8,5 раз ниже, чем в слизистой оболочке данного отдела. В процессе эвакуации химуса из тощей кишке, активность гамма-глутамилтрансферазы в плотной фракции возрастала до 1,210 Ед./мг белка в проксимальном отделе, а затем отмечалось снижение данного показателя до 0,672 Ед./мг белка, что выше, чем в слизистой оболочке проксимального и дистального отделов в 2,1 раза и в 6,5 раз соответственно. Однако, в подвздошной кишке активность гамма-глутамилтрансферазы в плотной эндогенной фракции химуса была выше в 1,5-2 раза чем в слизистой оболочке (рис. 1).

Максимальная активность гамма-глутамилтрансферазы была обнаружена в растворимой фракции химуса за исключением дистального отдела подвздошной кишки. Активность фермента в проксимальном отделе 12-перстной кишки была выше, чем в

слизистой оболочке в 15 раз., а в дистальном отделе – в 22 раза. В растворимой фракции тощей кишки активность гаммаглутамилтрансферазы была выше по сравнению с активностью фермента в слизистой оболочке проксимального отдела в 13 раз, а дистального – в 15 раз. Наибольшая активность глутамилтрансферазы растворимой фракции проксимальном подвздошной кишки – 99,17 Ед./мг белка, а дистальном отделе зафиксировано ее резкое снижение до 35,68 Ед./мг белка, что в 41 и 35 раз выше, чем в слизистой оболочке это части тонкого кишечника (рис. 1).

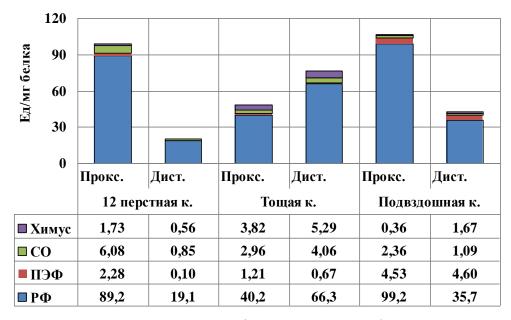


Рис. 1. Активность глутамилтрансферазы в слизистой оболочке тонкого кишечника и фракциях химуса (Ед./мг белка)

Таким образом, в ходе исследований установлено, что фермент глутамилтрансфераза, локализуется в слизистой оболочке тонкого отдела кишечника, что подтверждает результаты, полученные ранее другими авторами, а также в химусе этого отдела желудочно-кишечного такта, что обнаружено впервые.

Следует отметить, что ярко выраженная динамика активности глутамилтрансферазы в химусе, аналогична динамике активности фермента в слизистой оболочке тонкого отдела кишечника, что указывает на тесную взаимосвязь процессов, происходящих в энтеральной среде. Глутамилтрансфераза, как известно, не является гидролитическим ферментом, а участвует в транспорте аминокислот через стенку эпителиоцита, а зафиксированная ее активность в химусе,

вероятно, указывает на участие фермента в транспорте продуктов гидролиза в полости кишки к месту финального гидролиза и абсорбции.

Идентичность изменений активности глутамилтрансферазы в слизистой оболочке и в химусе по ходу тонкого отдела кишечника сопряженности 0 процессов транспорта продуктов гидролиза В полости кишки. Ранее установленная нами высокая активность амилазы в плотной эндогенной фракции химуса и выявленная высокая активность глутамилтрансферазы в растворимой фракции химуса (Иванов, 2013) указывают на присутствие в химусе не только ферментов гидролиза, но и ферментов, осуществляющих транспорт продуктов гидролиза в полости кишечника, причем, по-видимому, свою активность они проявляют, локализуясь в разных местах: гидролитические ферменты в плотной эндогенной фракции, а транспортные - в растворимой фракции химуса.

Высокая активность глутамилтрансферазы в проксимальном отделе слизистой оболочки 12-перстной, по-видимому, обусловлена синтезом и секрецией фермента железами стенки 12-перстной кишки, после чего она в составе кишечного сока и слущивающихся энтероцитов поступает в просвет кишки, участвуя там в транспорте продуктов гидролиза, и перемещаясь в составе химуса по кишечнику. В начале тонкого кишечника активность глутамилтрансферазы ярко выражена, в связи с чем, количество продуктов расщепления питательных веществ увеличивается, в том числе и в зоне слизистых наложений и щеточной каймы энтероцитов, что повышает активность глутамилтрансферазы в слизистой оболочке.

Анализ активности щелочной фосфотазы в слизистой оболочке желудочно-кишечного тракта показал, что активность фермента была достаточно низкой в слизистой оболочке тонкого отдела кишечника и составила 120-210 ед./мг белка, а в слепой кишке отмечено резкое снижение активности щелочной фосфотазы до 4,1 ед./мг белка, которое поддерживалось на таком же низком уровне в ободочной и прямой кишках толстого отдела кишечника (рис. 2).

Наивысшая активность щелочной фосфотазы была зафиксирована в слое слизистых наложений 12-перстной и тощей кишок и составила 692-893 ед./мг белка, что в 4-4,5 раза выше по сравнению с активностью данного фермента в слизистой оболочке. В подвздошной кишке отмечается резкое падение активности фермента в слое слизистых наложений до 17 ед./мг белка в слепой кишке, что возможно обусловлено участием щелочной фосфотазы в процессах пристеночного пищеварения и абсорбции нутриентов в тонком отделе кишечника (рис. 2).

Активность щелочной фосфотазы в полости кишечника изучена недостаточно. В ходе исследований установлено, что активность фермента имеет выраженную динамику по ходу кишечника в каудальном направлении. Так, в цельном химусе тонкого отдела кишечника максимальная активность щелочной фосфотазы отмечена в 12-типерстной кишке и составила 497 ед./мг белка, а в химусе тощей и подвздошной кишок этот показатель снижается почти в 2 раза до 292,4 ед./мг белка и 227,4 ед./мг белка соответственно. Следует также отметить, что эти значения в 1,8 и 3 раза ниже аналогичных показателей в слое слизистых наложений данных отделов желудочно-кишечного тракта мини-пигов. В толстом отделе кишечника обнаружено резкое снижение активности щелочной фосфотазы до 14 - 28 ед./мг белка (рис. 2).

В плотной эндогенной фракции активность данного фермента имеет аналогичную динамику. Максимальная активность щелочной фосфотазы отмечается в 12-типерстной кишке, затем происходит снижение этого показателя в 2 - 3 раза в тощей и подвздошной кишках, достигая минимального значения до 39 ед./мг белка, 32 ед./мг белка и 27 ед./мг белка в плотной эндогенной фракции слепой, ободочной и прямой кишок толстого отдела кишечника соответственно (рис. 2).

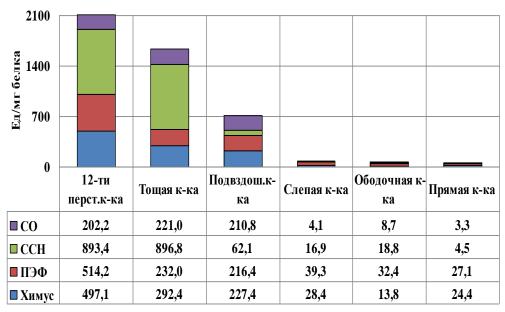


Рис. 2. Активность щелочной фосфотазы в энтеральной среде кишечника (ед./мг белка)

Таким образом, активность щелочной фосфотазы во всех исследуемых образцах кишечника имеет схожую динамику, проявляя максимальную ферментативную активность как в слизистой оболочке, так и в полости 12-типерстной кишки, где наряду с секрецией либеркюновых желез, расположенных в слизистой оболочке на протяжении всего кишечника и поверхностных бокаловидных клеток, происходит выделение секрета подслизистых бруннеровых желез и кишечный сок имеет максимальную щелочную реакцию (pH -8.5-9). При этом самая высокая активность данного фермента установлена в слое слизистых наложений, что по-видимому, определяется функцией бруннеровых и либеркюновых желёз, в секрете которых и содержится фермент. Достаточно высокая активность щелочной фосфотазы в 12-типерстной кишки обусловлена поступлением панкреатического сока, содержащего данный фермент и желчи, а также ее наличием в десквамированных энтероцитах и слизистых наложениях.

По ходу движения химуса по кишечнику наблюдается снижение активности фермента с резким падением в толстом отделе, где общее количество кишечного сока, выделяемого собственными железами толстых кишок невелико и составляет 10-15% количества сока, выделяемого в тонком отделе кишечника, также здесь наблюдается снижение рН до 6,9 — 7,2 за счет нейтрализации образующихся кислот брожения кишечным соком, поступающим преимущественно из вышележащих отделов пищеварительного тракта. Вероятно, на это также оказывает влияние возрастание количества микроорганизмов в 1г содержимого в направлении от проксимальной к дистальной части пищеварительного тракта, что оказывает влияние на скорость обновления кишечного эпителия и толщину кишечной стенки.

Заключение. Закономерные показатели распределения ферментов свидетельствуют изменения активности последовательном взаимодействии в полости кишечника. Ферменты и биологически активные беспорядочно другие вещества не размещаются в химусе, а имеют свои места локализации в структурах эндогенной фракции, обеспечивающей поверхностное взаимодействие субстрата с ферментами. Плотная эндогенная фракция, представляющая большую часть химуса во всех отделах кишечника, закономерно вступает в контакт co слизистыми наложениями и при этом образуется структурированная система транспорта между полостью и щеточной каймой слизистой оболочки кишечника, что обеспечивает направленное и регулируемое движение нутриентов к энтероцитам через систему гликокаликса.

Список литературы

- Вазина А.А., Симонова Н.Б., Герасимов В.С., Полякова Е.П. 2002. Изучение слизей разных отделов ЖКТ методом малоугловой рентгеновской дифракции // Российский журнал гастроэнтерологии, гепатологии, колопроктологии. Т. XII. № 5. С. 124.
- Вазина А.А., Железная Л.А., Ланина Н.Ф. 2015. Наноструктурная упорядоченность протеогликановых систем слизи. Тканей различных групп животных организмов и бактериальных пленок // Сборник тезисов V съезда биофизиков. Ростов-на-Дону. С. 304.
- *Гальперин Ю.М., Лазарев П.И.* 1986. Пищеварение и гомеостаз. М.: Наука, 1986. 303 с.
- Георгиевский В.И. Полякова Е.П. 1995. Кишечный химус и процессы всасывания; новые аспекты // Материалы 2-й междунар. конф. «Актуальные проблемы биологии в животноводстве». С. 128-134.
- Иванов А.А., Полякова Е.П., Ксенофонтов Д.А. 2009. Экспериментальное обоснование структурирования и других характеристик химуса в определении функциональных возможностей желудочно-кишечного тракта при проведении энтерального питания // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. № 6. С.51 56.
- Иванов А.А., Полякова Е.П., Ксенофонтов Д.А., Ксенофонтова А.А. 2013. Экспериментальное обоснование функциональной взаимосвязи минеральных элементов пищевого рациона с полостной слизью и слизистой оболочкой. // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. № 2. С. 37-41.
- Иванов А.А.Полякова Е.П., Метревели Т.В. 2013. Амилазная активность слизистых образований кишечника // Российский журнал Гастроэнтерологии, Гепатологии, Колопроктологии. № 5. Т. XXII. № 497. С. 132.
- *Морозов И.А.* Структура и функция слизистого слоя тонкой кишки. М.: Темпус. 1998. 282 с.
- Полякова Е.П., Ксенофонтов Д.А., Барбосова М.Е. 2012. Изменение структуры химуса цыплят-бройлеров по мере его продвижения по кишечному тракту // Известия ТСХА. Вып. 5. С. 93-97.
- Полякова Е.П., Ксенофонтов Д.А., Иванов А.А. 2016. Метод изучения полостного пищеварения // Экспериментальная и клиническая гастроэнтерология. Вып. 136(12). С. 110-114.
- *Скальный А.В.* 2001. Микроэлементозы человека (диагностика и лечение). М.: КМК. 96 с.
- Allen A. 1983. Mucus a protective secretion of complexity // Trends Biochem. Sci. V. 8. P. 169-179.
- *Bremner I.* 1970. Zinc, copper and manganese in alimentary tract of sheep // The Brit. J. Nutr. V. 24. № 1. P. 769-783.
- Demouveaux B., Gouyer V., Gottrand F., Narita T., Desseyn J.L. 2018. Gelforming mucin interactome drives mucus viscoelasticity // Advances in Colloid and Interface Science. V. 252. P. 69-82.
- Ito S. 1969. Structure and function of glycocalyx // Federation Proc. V. 28.

P.12-25.

- Johansson M.E.V., Sjövall H., Hansson G.C., Mueller C. 2013. The gastrointestinal mucus system in health and disease // Nature Reviews Gastroenterology & Hepatology. V. 10. P. 352-361.
- Kirk S B Bergstrom, Lijun Xia, 2013. Mucin-type O-glycans and their roles in intestinal homeostasis // Glycobiology. V. 23. Is.9. P. 1026-1037.
- *Tedeschi R.E, Sunderman F.W.* 1957. Nickel poisoning. V. The metabolism of nickel under normal conditions and after exposure to nickel carbonyl // AMA Arch. Industr. Health. V. 16. P. 486-488.
- Madushani H, Suzanne H., Bornstein Joel C., Franks Ashley E., Hill-Yardin Elisa L. 2020 The Role of the Gastrointestinal Mucus System in Intestinal Homeostasis: Implications for Neurological Disorders // Frontiers in Cellular and Infection Microbiology. № 10. P. 10-14.

DYNAMICS OF ENZYME ACTIVITY IN ENDOGENOUS STRUCTURES OF THE ENTERAL ENVIRONMENT IN MODEL ANIMALS (MINI PIGS)

D.A. Ksenofontov, T.V.Metreveli, E.P. Polyakova, A.A. Ksenofontova, O.A. Voinova, T.V.Sakovtseva

Russian State Agrarian University – Timiryazev Moscow Agricultural Academy, Moscow

The enteral environment plays an important role in maintaining homeostasis as well as in the interaction between the living body and the external environment. High molecular weight compounds that enter with food, and unable to penetrate the intestinal membrane into the internal environment of the body, must be converted to relatively simple molecules. Enzymes of the digestive glands take an active part in this process. We studied the localization sites and the activity of the enzymes gamma-glutamyltransferase and alkaline phosphatase at the level of the enteral environment in model animals (mini-pigs). The activity of enzymes in the mucous membrane, native chyme of the intestine and its fractions, dense endogenous and soluble, were determined. The activity of gamma-glutamyl transferase is found both in the mucous membrane and in the chyme of all parts of the small intestine. The highest activity of gamma-glutamyltransferase was recorded in the soluble fraction of the chyme, the lowest in the dense endogenous fraction with a similar pronounced dynamics of activity along the entire length of the small intestine. The highest activity of alkaline phosphatase was found in mucous overlays of the small intestine. During the evacuation of the chyme, the activity of the enzyme in it decreases. The maximum activity of alkaline phosphatase was recorded in the dense endogenous fraction of the chyme of the small intestine.

Keywords: gastrointestinal tract, digestion, chyme, gamma-glutamyltransferase, alkaline phosphatase, enzyme activity.

Об авторах:

КСЕНОФОНТОВ Дмитрий Анатольевич — доктор биологических наук, заведующий кафедрой физиологии, этологии и биохимии животных, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: smu@rgau-msha.ru.

МЕТРЕВЕЛИ Тина Валерьяновна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: tmetre@rgau-msha.ru.

ПОЛЯКОВА Елена Павловна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: tmetre@rgau-msha.ru.

КСЕНОФОНТОВА Анжелика Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: tmetre@rgau-msha.ru.

ВОЙНОВА Ольга Александровна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: tmetre@rgau-msha.ru.

САКОВЦЕВА Татьяна Владимировна — кандидат биологических наук, доцент кафедры физиологии, этологии и биохимии животных, ФГБОУ ВО «РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева», 127550, Москва, ул. Тимирязевская, д. 49; e-mail: tmetre@rgau-msha.ru.

Ксенофонтов Д.А. Динамика ферментативной активности в эндогенных структурах энтеральной среды модельных животных (мини-пигов) / Д.А. Ксенофонтов, Т.В. Метревели, Е.П. Полякова, А.А. Ксенофонтова, О.А. Войнова, Т.В. Саковцева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 19-30.

300ЛОГИЯ

УДК 502.53:551.3 (470.331) DOI: 10.26456/vtbio264

РЕТРОСПЕКТИВА И СОВРЕМЕННОЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ СТАРО-ТВЕРЕЦКОГО КАНАЛА И ЕГО ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ (ТВЕРСКАЯ ОБЛАСТЬ)

В.И. Николаев¹, З.Г. Каурова², В.В. Перепелкин², В.С.Колодей³

¹Национальный парк «Валдайский», Валдай (Новгородская область) ²Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины, Санкт-Петербург

³Московский государственный областной университет, Москва

Рассматриваются долговременного последствия антропогенного влияния и угрозы необратимой деградации старейшей гидросистемы России в г. Вышний Волочек и его пригородах (Тверская обл.). Описаны признаки ускоренной трансформации экосистем Старо-Тверецкого канала в связи с резким снижением его проточности в период 2014-2021 гг. Отмечено увеличение концентрации биогенных элементов в воде, что приводит к усилению процессов евтрофикации канала и его активному зарастанию.

Ключевые слова: состояние городских водно-болотных экосистем, антропогенное влияние, Вышний Волочек, Тверская область, Россия.

Введение. Среди большого комплекса проблем в сфере благоустройства планирования городской среды особую актуальность приобретают вопросы сохранения и рекультивации водно-болотных экосистем в черте населенных пунктов и вблизи их окраин. Нередко такие экосистемы остаются за рамками охранновосстановительных мероприятий, рассматриваются как малоценные, «бросовые» угодья. В этом отношении особое внимание заслуживает старейшая в России Вышневолоцкая водная система, обеспечившая экономическое развитие и рост Санкт-Петербурга в XVIII-XIX вв., ставшая мощным фактором для формирования своеобразного природно-исторического района в Тверской области, центром которого является Вышний Волочек – малый город на Каспийско-Балтийском водоразделе. В новейшей истории этот район претерпел глубокие регрессивные социально-экономические изменения, что спровоцировало целый ряд экологических последствий в городе и его окрестностях (Истомина, 2003; Широкова и др., 2011; Щукина, 2019; Николаев, Колодей, 2021б).

Материал и методика. В качестве основного объекта исследований был выбран Старо-Тверецкий канал, протяженностью 2,9 км и примыкающий к нему самый верхний участок р. Тверца (3,2 км) с прибрежными территориями в Вышнем Волочке и его пригородах. С учетом особенностей прибрежной зоны канал можно подразделить на два примерно равных участка: (селитебный) с жилой застройкой и промышленными предприятиями большей частью уже не работающими, протянувшийся от р. Цна до железнодорожного моста через этот канал и пригородный участок – от железнодорожного моста до Старо-Тверецкой плотины. За верховья Тверцы принимается участок этой реки от Старо-Тверецкой плотины до места впадения в нее Ново-Тверецкого канала (рис. 1).



Рис. 1. Старо-Тверецкий канал и верховья Тверцы: 1 – городской участок канала, 2 – пригородный участок канала, 3 – верховья р. Тверца

Для понимания современного экологического состояния канала и его прибрежной зоны необходим комплексный анализ природно-хозяйственной обстановки с начала проведения первых гидро-инженерных работ до настоящего времени. Для этих целей привлекались все доступные литературные источники, а также наблюдения одного из авторов на протяжении 40 лет (В.И. Николаев). С 2014 г. экологическое обследование канала осуществлялось ежегодно, в 2021 г. проведены рекогносцировочные гидрохимические исследования с отбором и анализом 46 проб воды в указанных выше водных объектах (17 июля, 10 августа, 25, 27 сентября, 5,6 ноября). Отбор проб осуществлялся с резиновой лодки из срединной части русла с помощью батометра.

Результаты и обсуждение. История создания Вышневолоцкой водной системы началась с указа Петра I по строительству канала между реками Цной и Тверцой (1703 г.), трасса которого пролегала через заболоченную низину, превращавшуюся весной в единый разлив, питавший водами обе эти реки. Строительство канала, получившего имя Тверецкого или Гагаринского (в честь руководителя строительства князя М.П. Гагарина) длиной 2811 м и шириной 15 м с двумя шлюзами, было закончено весной 1709 г. В последующие десятилетия XVIII в. по инициативе М.И. Сердюкова проводится реконструкция водной системы капитальная созданием Вышневолоцкого (Заводского) водохранилища, что позволило поддерживать необходимый для проводки судов уровень воды в городских каналах и реках, продлить сроки навигации и сократить время доставки грузов речным путем.

В конце 1820-х гг. акватория водохранилища достигла 60 км², а объём воды в нём 0,16 км³. Водный путь достиг исторического максимума как по количеству пропускаемых за сезон судов, так и по их грузоподъемности. Через Тверецкий канал проходило до 5 тыс. судов в год; но с развитием Мариинской водной системы и с постройкой железных дорог (Николаевской и Рыбинско-Бологовской) движение по каналу начало быстро сокращаться. В конце XIX в. шлюзы, более уже ненужные за отсутствием транзитного движения судов, перестраиваются в водоспуски с лотками для пропуска леса. Первым серьезным экологическим последствием хозяйственного освоения водораздельного пространства стало обмеление рек в меженный период по мере вырубки лесов в течение XVIII-XIX столетий (Быков, 1994; Истомина, 2003; Широкова и др., 2011).

Во второй половине XIX в. вокруг города сформировалась обширная пригородная зона (Воронежцев, Яковлева, 2016). Вблизи Старо-Тверецкого канала и ручья Серебряного были построены каменные корпуса Казанского монастыря, а на прилегающей к нему

обширной болотной низине устроены пруды со стоком в верховья Тверцы, что не только улучшило дренаж восточной окраины города, но и повысило ее рекреационное значение в совокупности с другими элементами прибрежной зоны.

Советский период вблизи Старо-Тверецкого появилось несколько предприятий: мясокомбинат, завод дубильных экстрактов и кирпичный завод, проложен железнодорожный путь с мостом через канал. В районе Казанского монастыря и на прилегающей нему территории размещались войсковые подразделения и жилой городок для военнослужащих. У восточных окраин города близ дер. Терелесово началась добыча торфа и песка, сопровождающаяся появлением новых, не имеющих природных аналогов, водоемов (торфяные и песчано-гравийные карьеры).



Рис. 2. Старо-Тверецкий канал, 1970 г. (фото В.И. Николаев)

Важным моментом экологического состояния ДЛЯ Вышневолоцкой водной системы стала ее реконструкция в 1943-1947, 1951 гг., в ходе которой был построен пятикилометровый Ново-Тверецкий канал между Вышневолоцким водохранилищем и Тверцой. Суммарная площадь акваторий, омывающих и пронизывающих город составила более 200 км², в т.ч. водохранилища 109 км² с общим объемом 0,33 км³ воды. Если ранее большая часть вод направлялась в Мсту, то теперь до 80% всего стока были развёрнуты через новый канал в Тверцу и в Волгу (Широкова и др., 2011). Водопропускные возможности старого Тверецкого (Старо-Тверецкого) канала хотя и сокращаются, сохраняются достаточном но на уровне, обеспечивающим его проточность (рис. 2).

До конца 1970-х гг. прилегающие к Старо-Тверецкому каналу осоково-хвощевые болота ежегодно выкашиваются владельцами домашнего скота. Заготовка сена была долгие годы важным условием сохранения побережий каналов и рек от кустарникового зарастания.

Возрастание антропогенной нагрузки на городской водноболотный комплекс пришлось в конце 1970-х – первой половине 1980х гг. В этот период расширяется промзона на восточной окраине города, осущаются и засыпаются топкие низинные болота, строятся новые цеха мясокомбината, завода железобетонных изделий, опытноэкспериментального завода, автотранспортного предприятия, электроподстанции и др. Начинается активное зарастание древеснокустарниковой растительностью болот в прибрежной зоне Старо-Тверецкого канала, но сам канал в силу своей проточности меняется незначительно.

На рубеже XX и XXI вв. вектор антропогенного воздействия на водно-болотный комплекс меняет свою направленность. Многие промышленные предприятия закрываются или резко сокращают объемы производства (Щукина, 2019). Долговременные последствия осущения и загрязнение приканальных болот способствуют широкому распространению густых зарослей серой ольхи, ивняков с примесью березы и осины. Зарастание охватило и прилегающие к болотам суходолы – заброшенные окраины пригородной зоны, «поглощая» под пологом деревьев руины зданий, производственных цехов, складских помещений, стройплощадок, подъездных путей, карьеров, выемок и свалок. Наблюдается забурьянивание необрабатываемых сельхозугодий и брошенных дачно-огородных участков, зарастают и становятся непроходимыми многие старые проселочные дороги и тропы.

Таким образом за более чем 300 лет существования Вышневолоцкая городская водная система и Старо-Тверецкий канал в частности, прошли четыре этапа антропогенного воздействия, отражающих различные последствия модификации водных и прибрежных экосистем (табл. 1).

В последнее десятилетие отмечаются признаки ускоренной трансформации экосистем Старо-Тверецкого канала на фоне резкого снижения его проточности из-за практически полного прекращения сброса воды через Старо-Тверецкую плотину в Тверцу. С 2014 г. сброс воды из Вышневолоцкого водохранилища в эту реку стал осуществляться практически только по Ново-Тверецкому каналу, минуя сам город. Зарастанию канала способствуют его незначительные глубины (в срединной части русла 1,5-1,8 (до 2) м), сильная захламленность дна, поступление поверхностного стока с городских кварталов.

Таблица 1 Периодизация антропогенного воздействия на Вышневолоцкую городскую водную систему

П	водную систему
Периоды антропогенного	Основные особенности хозяйственной
воздействия	деятельности и экологические последствия
Судоходный	Создание первых каналов и водохранилища.
(1703 г. –1850-е гг.)	Рост интенсивности судоходства к 1820-м гг.
	Вырубка лесов на водосборных территориях,
	нарушение режима водообеспеченности
	водной системы в летний период.
Судоходно-лесосплавный	Резкое сокращение судоходства в связи с
(1850-е гг. – 1920-е гг.)	вводом в строй железной дороги между Санкт-
, i	Петербургом и Москвой (1851 г.). Молевой
	сплав леса. Возрастание рекреационных
	качеств аквально-прибрежной зоны.
Индустриальный	Постепенное снижение объемов лесосплава.
(1930-е – 1980-е гг.)	Увеличение акватории водохранилища.
,	Строительство Ново-Тверецкого канала.
	Формирование в результате добычи торфа и
	песка новых искусственных водоемов.
	Развитие промышленных предприятий в
	пригородной зоне, осушение и загрязнение
	водоемов и болот.
Постиндустриальный	Спад хозяйственной деятельности. Закрытие
(1990-е – до настоящего	многих промышленных предприятий,
время)	прекращение добычи торфа и песчано-
-F)	гравийных смесей в пригородной зоне.
	Широкое распространение вторичных
	длительно-производных древесно-
	кустарниковых сообществ на полуосущенных
	болотах и суходолах. Резкое снижение
	проточности каналов и рек в городской черте,
	усиление их зарастания. Значительная утрата
	экологических и рекреационных качеств
	аквально-прибрежной зоны.

Концентрация биогенных элементов в воде увеличивается по направлению к Старо-Тверецкой плотине, что приводит к усилению процессов евтрофикации Старо-Тверецкого канала и его активному зарастанию. Класс качества воды определяется как III — умеренно загрязненные воды (Каурова, Перепелкин, в печати).

За период 2014-2021 гг. проективное покрытие водной растительности увеличилось с 50-60% до 80-100% акватории канала (табл. 2). Основная масса гидрофитов представлена элодеей канадской

(Elodea canadensis Michaux), рдестами (в основном Potamogeton natans L.), рясками (Lemna), многокоренником обыкновенным (Spirodela polyrrhiza (L.)), кубышкой желтой (Nuphar lutea (L.) Smith), роголистником погруженным (Ceratophyllum demersum L.) и другими видами. Жители набережных канала вынуждены регулярно очищать ближайшие к домам участки акватории от растительной массы при помощи вил и граблей (рис. 3).

 Таблица 2

 Некоторые показатели экологического состояния Старо-Тверецкого канала

и верховьев Тверцы				
Участок канала и его протяженность (км)	Степень зарастае мости акватории (%)	Общий фосфор PO ₄ , мг/дм ³	Индекс загрязненности воды	Тип водоема
Городской с жилой застройкой и промпредприятиям и (1,4 км)	65-85	0,0-0,25	1,4	Мезотроф ный
Пригородный с примыкающими к нему болотами (1,5 км)	70-100	0,25-0,50	1,4	Евтрофный
Верховья р. Тверца (3,2 км)	80-100	0,25	1,2	Мезо- евтрофный

За пределами городской застройки в канале идет активное формирование береговых сплавин с участием аира болотного (Acorus calamus L.), телореза алоэвидного (Stratiotes aloides L.), частухи подорожниковой (Alisma plantago-aquatica L.), омежника водного (Oenanthe aquatica (L.) Poir.), стрелолиста обыкновенного (Sagittaria sagittifolia L.), тростника (Phragmites australis Trin. ex Steud.) и других болотных растений. Ниже Старо-Тверецкой плотины процесс сплавинообразования охватил всю русловую часть Тверцы, глубины которой не превышает 0,5-1,0 м (рис. 4). Практически полностью заполнились иловыми отложениями и заросли старица р. Тверцы и пруды у Казанского монастыря, принимающие загрязненные стоки руч. Серебряного (индекс загрязненности воды 1,8). Сходные процессы наблюдаются и на других каналах и реках в черте Вышнего Волочка, в которых водообмен стал поддерживаться лишь весенними кратковременными санитарными попусками воды из водохранилища в «балтийском» направлении в р. Мста.



Рис. 3. Старо-Тверецкий канал, 2021 г. (фото В.И Николаев)



Рис. 4. Река Тверца ниже Старо-Тверецкой плотины, 2021 г. (фото В.И Николаев)

По мере зарастания акватории канала и его прибрежной зоны за последние 40 лет отмечаются глубокие изменения зооценозов, утративших ряд обычных луго-полевых и околоводных видов (погоныш (Porzana porzana (L.)), чибис (Vanellus vanellus (L.)), бекас (Gallinago gallinago (L.)), полевой жаворонок (Alauda arvensis L.), желтая трясогузка (Motacilla flava L.) и др.), увеличилась доля участия в населении древесно-кустарниковых птиц (сороки (Pica pica (L.)), варакушки (Luscinia svecica (L.)), зяблика (Fringilla coelebs L.) и др.). Вблизи селитебной части канала в 2021 г. отмечен недавно появившийся в городе вид — горихвостка-чернушка (Phoenicurus ochruros (Gm.)). На Старо-Тверецком канале и других водоемах сформировалась городская популяция кряквы (Anas platyrhynchos L.), появилась лысуха (Fulica atra L.), болотные канавы и руч. Серебряный заселил бобр (Castor fiber L.) (Николаев, Колодей, 2021а).

В настоящее время Старо-Тверецкий канал характеризуется ухудшающимся экологическим состоянием, снижением качества воды, прогрессирующим зарастанием русла, распространением в прибрежной зоне низкополнотных древесно-кустарниковых формаций с соответствующими зооценозами, что свидетельствует о начале глубокой трансформации и деструкции экосистемы. Если в прошлые периоды XX столетия канал был излюбленным местом летнего отдыха горожан (лодочные прогулки, купание, любительская рыбная ловля), то в настоящее время он практически полностью утратил свои рекреационные функции.

Заключение. На примере Старо-Тверецкого канала ярко проявляются особенности антропогенного воздействия на Вышневолоцкую городскую водную систему в разные периоды ее хозяйственного использования, сопровождающиеся модификацией водных и прибрежных экосистем. В последние десятилетия приканальная зона превращается в заброшенное пространство с техногенным рельефом и нарушенным гидрорежимом, а сам канал заболачивается, что в конечном итоге может привести к утрате его водопропускной функции, повышая угрозу необратимой деградации старейшей гидросистемы России. Учитывая, что данные негативные экологические процессы приобретают широкое распространение, они заслуживают самого пристального и разностороннего изучения.

Список литературы

Быков Л.С. 1994. По Петровскому указу – канал на древнем волоке. М.: Транспорт. 219 с.

Воронежцев И.С., Яковлева С.И. 2016. Пригороды тверских городов // Вестн. ТвГУ. Сер. География и геоэкология. № 2. С. 77-90.

Истомина Э.Г. 2003. Вышневолоцкая водная система (История водной системы

- от начала функционирования магистрального водного пути) // Вышневолоцкий историко-краеведческий альманах. № 1. Вышний Волочек. С. 30-40.
- Каурова З.Г., Перепелкин В.В. Оценка качества искусственных и естественных водоемов Вышневолоцкого водно-болотного комплекса, (в печати).
- Николаев В.И., Колодей В.С. 2021а. Долговременные изменения орнитофауны Вышневолоцкого городского водно-болотного комплекса //Процессы урбанизации и синантропизации птиц: мат-лы Второй межд. орнитол. конф. (14-17 сентября, г. Ялта) / под. ред. Т.К. Железновой. М.: Изд-во «У Никитских ворот». С. 226-231.
- Николаев В.И., Колодей В.С. 20216. Признаки экологической деградации Вышневолоцкого водно-болотного комплекса и её причины (Тверская область) // Трешниковские чтения 2021: Современная географическая картина мира и технологии географического образования: мат-лы. Всерос. науч. практ. конф. с межд. участ. (8 апреля 2021, г. Ульяновск) / под. ред. И.Н. Тимошиной, Е.Ю. Анисимовой и др. Ульяновск: ФГБОУ ВО «УлГПУ им. И.Н. Ульянова». С. 142-143.
- Широкова В.А., Снытко В.А., Чеснов В.М., Фролова Н.Л., Низовцев В.А., Дмитрук Н.Г., Широков Р.С. 2011. Вышневолоцкая водная система: ретроспектива и современность. Гидролого-экологическая обстановка и ландшафтные изменения в районе водного пути. Экспедиционные исследования: состояние, итоги, перспективы. М.: ООО «ИПП «КУНА», 2011. 316 с.
- Щукина А.С. 2019. Проблемы и перспективы демографического развития Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. География и геоэкология. № 2. С. 14-24.

RETROSPECTIVE AND CURRENT ECOLOGICAL STATE OF THE STARO-TVERETSKY CANAL AND ITS COASTAL ZONE (TVER REGION)

V.I. Nikolaev¹, Z.G. Kaurova², V.V. Perepelkin², V.S. Colodei³

¹Valdai National Park, Valdai (Novgorod region)

²Saint-Petersburg State University of Veterinary Medicine, Saint Petersburg

³Moscow State Regional University, Moscow

The consequences of long-term anthropogenic influence and the threat of irreversible degradation of the oldest hydraulic system in Russia in the city of Vyshny Volochyok and its suburbs (Tver region) are considered. The signs of accelerated transformation of the ecosystems of the Staro-Tveretsky Canal due to a sharp decrease in its flow rate in the period 2014-2021 are described. An increase in the concentration of biogenic elements in the water was noted, which leads to an increase in the processes of eutrophication of the channel and its active overgrowth.

Keywords: urban wetlands, human influence, Vyshny Volochyok, Tver region, Russia.

Об авторах:

НИКОЛАЕВ Валерий Иванович – доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУ «Национальный парк «Валдайский», 175400, Новгородская область, г. Валдай, ул. Победы, 5: e-mail: nikval.cz@mail.ru.

КАУРОВА Злата Геннадьевна — кандидат биологических наук, доцент, доцент кафедры биологии, экологии и гистологии, ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5; e-mail: 6zlata@mail.ru.

ПЕРЕПЕЛКИН Вячеслав Викторович — студент 4 курса факультета биоэкологии, $\Phi\Gamma EOV$ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет ветеринарной медицины», 196084, Санкт-Петербург, ул. Черниговская, 5; e-mail: perepyolkin.via4eslav@yandex.ru.

КОЛОДЕЙ Вячеслав Сергеевич — аспирант биологохимического факультета, ФГБОУ ВО «Московский государственный областной университет», 141014, Московская область, г. Мытищи, ул. Веры Волошиной, 24; e-mail: slav_s@mail.ru.

Николаев В.И. Ретроспектива и современное экологическое состояние Старо-Тверецкого канала и его прибрежной зоны (Тверская область) / В.И. Николаев, З.Г. Каурова, В.В. Перепелкин, В.С. Колодей // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 31-41.

УДК 591.9 (571.52) DOI: 10.26456/vtbio265

ТЕРИОФАУНА ЯКУТИИ: ФОРМИРОВАНИЕ И СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ

В.Е. Колодезников, И.И. Мордосов

Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, Якутск

Приведены материалы по становлению современного состава и распространению фауны млекопитающих Якутии. Большое значение в расселении териофауны имели Ленский И Енисейский зоогеографические рубежи, и горная система Южной Якутии. Палеогеографические реконструкции позволяют констатировать, что развитие хладолюбивой флоры и фауны северных районов Азии началось еще в плиоцене и в начале плейстоцена уже сформировалась своеобразная териофауна. Существенное место в ней занимали автохтоны Субарктики и некоторые представители бореальной фауны умеренной зоны. Современные фауны провинций Восточно-Сибирской тайги и Берингийской северотаежной характеризуются не только наличием или отсутствием специфических сочетаний широко распространенных видов, но и большим количеством видов и подвидов, имеюших злесь предел своего распространения. Существующие в настоящее время в пределах Якутии териокомплексы, состоят из разных фаунистических элементов, имеющих различное происхождение. Отмечено, что современная наземная териофауна всего Северо-Востока Евразии в значительной мере обеднена по сравнению с таковой позднего плейстоцена. В пределах Западной Якутии она насчитывает 47 аборигенных видов. Такое же количество видов (47) отмечено в Северо-Восточной Якутии, на крайнем Северо-Востоке – 45 и в Южной Якутии – 45 видов. Приведены виды, в современных условиях расширяющие свой ареал и виды, значительно сократившие ареал за последние 100 лет. Установлено, что в современном распределении отдельных видов оказывает влияние, установившийся с середины XIX в. сухой, теплый климат, а также антропогенное воздействие на окружающую среду и промысел.

Ключевые слова: ареал, плейстоцен, бореальная фауна, автохтон, палеогеографическая реконструкция, зоогеографический рубеж, интродукция.

Введение. Процесс формирования териофауны Якутии раскрыт в работах ряда палеонтологов и зоологов (Тавровский и др, 1971; Чернявский, 1984; Ревин, 1989; Мордосов, 1997). Современная хладолюбивая фауна северных районов Азии начала формироваться в плиоцене и в начале плейстоцена уже сформировалась современная

териофауна. В формировании современной териофауны приняли участие автохтоны Субарктики, представители бореальной фауны умеренной зоны.

Современная наземная териофауна всего Северо-Востока Евразии в значительной мере обеднена по сравнению с таковой позднего плейстоцена. В пределах Западной Якутии она насчитывает 47 аборигенных видов (Мордосов, 1997). Такое же количество видов (47) отмечено в Северо-Восточной Якутии (Тавровский и др, 1971), на крайнем Северо-Востоке – 45 (Чернявский, 1984) и в Южной Якутии – 45 видов (Ревин, 1989).

В формировании фауны в современных условиях огромное значение имеет антропогенный фактор, который оказывает с одной стороны созидательный характер, с другой – разрушающий. В течение исторического времени из фауны Якутии исчезли ряд видов: Castor fiber Linnaeus, 1758, Ovibos moschatus Zimmermann, 1780, почти полностью исчезал Martes zibellina Linnaeus, 1758, во многих местах ареала исчезла Ochotona hyverborea Pallas, 1811. Одновременно проникли сопутствующие человека виды Mus musculus Linnaeus, 1758 и Rattis norvegicus Berkenhaut, 1769. Путем искусственного расселения восстановлен ареал M. zibellina, в фауну Якутии по разным причинам введены новые виды — Ondatra zibetica Linnaeus, 1766, Mustela vison Schreber, 1777, Mustela eversmanni Lesson, 1827, Ovibos moschatus Zimmermann, 1780.

Большое значение в расселении териофауны имели Ленский и Енисейский зоогеографические рубежи, и горная система Южной Якутии. Разрушение Енисейской границы путем уничтожения лесной растительности, строительством железной дороги и другими промышленными объектами позволило проникнуть в пределы Якутии многим видам птиц, насекомых, в т.ч. и клещей Ixodes. возможных переносчиков клещевого энцефалита. Хозяйственная деятельность человека способствовала расширению ареала Spermophilus undulatus Pallas, 1771, основные местообитания которого открытые остепененные местообитания. Большое значение в расширении ареала в северо-восточном направлении Capreolus pygargus Pallas, 1771, Cervus elavus Linnaeus, 1758, Moschus moschiferus Linnaeus, 1758 имели периодически повторяющиеся маловодные годы, малоснежные зимы и сокращение численности волка.

Изучение характера движения численности популяций млекопитающих, их зависимость от различных факторов внешней среды и антропогенного фактора имеет важное значение в сохранении биоразнообразия.

Методика. Материал для данной статьи собирался в течение длительного периода (с 1966 г.) в разных регионах Якутии. В процессе

сбора полевого материала использовались различные методы фаунистических, экологических работ. Полевые работы проведены во всей территории Якутии путем стационарных, полустационарных исследований, проведением наземных и авиаучетных работ. Кроме того, использовался литературный материал по фауне млекопитающих.

Результаты и обсуждение. На формирование териофауны Якутии оказали влияние исторические условия становления ее ландшафтов и изменяющаяся в настоящее время под воздействием антропогенных факторов экологическая обстановка.

Палеогеографические реконструкции позволяют констатировать, что развитие хладолюбивой флоры и фауны северных районов Азии началось еще в плиоцене и в начале плейстоцена уже сформировалась своеобразная териофауна. Существенное место в ней автохтоны Субарктики и некоторые представители бореальной фауны умеренной зоны. Эта наиболее древняя в северном полушарии Субарктическая териофауна отмечена в отложениях Олерской свиты (Шер, 1971). Близкая к этому комплексу фауна была распространена на Алдане, Вилюе, Нижней Тунгуске, в бассейнах рр. Яна и Индигирка (Дуброво, 1957; Вангенгейм, 1977). В отложениях среднего эоплейстоцена на р. Алдан обнаружены Alces latifrons, Canis of variabilis, Equis of summenieris, Bison sp. и др. (Вангенгейм, 1961) (рис. 1).

Дальнейшая эволюция териофауны в плейстоцене тесно связана с тектоническими движениями, изменениями климата и оледенениями. Общая тенденция эволюции климата - большее возрастание континентальности в постледниковый период [Зольников, Попова, 1957].

В нижнем плейстоцене уже существовали горные системы Прибайкалья, Станового хребта. Образовавшиеся горные системы стали экологической преградой проникновения в пределы Якутии представителей других фаун. В связи с образованием этой экологической преграды проникновение в пределы бассейна Средней Лены представителей степных, южнотаежных и других фаунистических комплексов происходило вдоль долины Лены.

Начавшаяся в голоцене потепление климата привело к наступлению лесной растительности, сократило лугово-степные ассоциации и образовало достаточно обширное лесное пространство, которое стало экологической преградой — Енисейской зоогеографической преградой (Рогачева, 1987) препятствовавшей

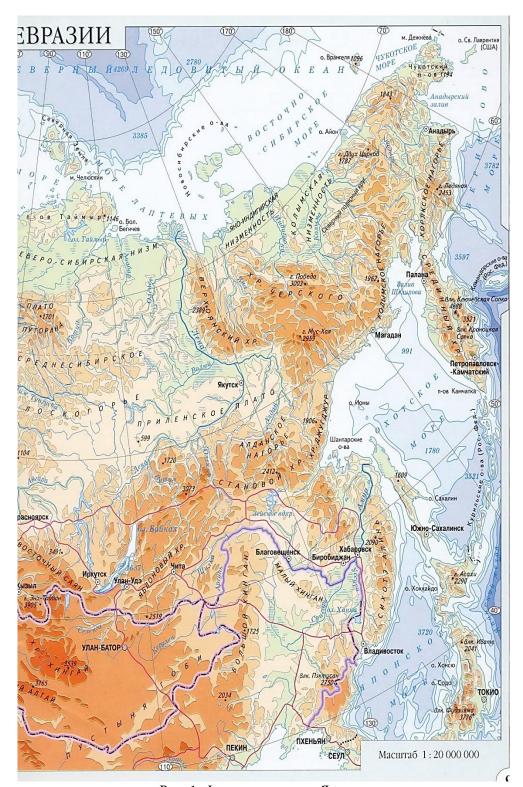


Рис. 1. Физическая карта Якутии

проникновению в последующее время южнотаежных и степных фаунистических комплексов в Центральную Якутию. Кроме того, это потепление привело к исчезновению большинства представителей мамонтовой фауны.

В нижнем плейстоцене одновременно с возникновением горных систем Прибайкалья и Станового хребта возникла система горных Верхоянский и Сэттэ-Дабан, имевших меридиальное направление. Направление р. Лена, начиная с ее среднего течения, и ее притока р. Алдан были сходны с современными. Обширная горная система хребтов Верхоянский и Сэттэ-Дабан и водная система рр. Алдан и Лена образовали Ленскую зоогеографическую границу, разделяющую сформировавшиеся специфические ландшафты Средне-Сибирского плоскогорья, Центрально-Якутской низменности и горных стран на востоке и юге, что и способствовало возникновению и формированию различных фаунистических комплексов. Современные фауны провинций Восточно-Сибирской тайги и Берингийской северотаежной характеризуются не только наличием или отсутствием специфических сочетаний широко распространенных видов, но и большим количеством видов и подвидов, имеющих здесь предел своего распространения. По современным данным (Тавровский, 1971; Чернявский, 1984; Ревин и др., 1988; Ревин, 1989; Мордосов, 1997 и др.) ареалы Sorex isodon Turov, 1924, Myotis daubentoni Kuhl, 1817, Eptesicus nilssoni Keyserling&Blasius, 1839, Plecotus auritus Linnaeus, 1758, S. undulatus, Microtus agrestis Linnaeus, 1761, Arvicola terrestris Linnaeus, 1758, Apodemus peninsulae Thomas, 1907, Micromys minutus Pallas, 1771, Mustela sibiricus Pallas, 1773 ограничиваются на востоке этим рубежом. Для многих видов, интенсивно расселявшихся в бореальных лесах, Ленская зоогеографическая граница непреодолимой преградой. A. peninsulae, автохтон Юго-Восточной Азии, широко расселилась на север и северо-восток, однако этот рубеж стал для нее непреодолимой преградой. Таким же барьером она стала и для A. terrestris - одного из автохтонов Европейской части Палеоарктики, появившейся в Центральной Якутии еще в неолите и сразу приобретший статус многочисленного вида. С востока на запад данный рубеж не пересекают Marmota camtschatica Pallas, 1811, Spermophilus parryi Richardson, 1825 и Lemmus amurensis Vinogradov, 1924. Последний вид проникает в Южную Якутию, но к западу от р. Алдан он еще не зарегистрирован. Для двух подвидов лося (Alces alces pfizenmayeri и Alces alces gigas) этот рубеж стал разделительной границей. В последнее время работами кариосистематиков (Wurster, Benirschke, 1967; Графодатский, Раджабли, 1988; Боескоров, 2001) доказана видовая самостоятельность лосей Западной и Северо-Восточной Якутии.

В период максимального развития тундростепного ландшафта на территории Якутии проник *S. undulatus*. Исследования хромосомного аппарата современных видов рода *Spermophilus* (Воронцов, Ляпунова, 1969, 1970) позволили предположить близкое родство *S. undulatus* и *S. columbianus* и считать *S. undulatus* раннеплейстоценным мигрантом из Америки в Восточную Сибирь (Воронцов, Ляпунова, 1969). Ареал этого вида в плейстоцене был более обширным и в пределах Якутии занимал левобережье Лены.

В Ленском зоогеографическом рубеже имеются «прорывы в барьерах» (Вангенгейм, 1977) в северных отрогах хребтов Хараулахский и Чекановского через которые с древнейших времен осуществлялась взаимосвязь териофауны Северо-Сибирской и Яно-Индигирской низменностей. Существование этого «прорыва» еще до голоценового потепления и наступления лесных насаждений, повидимому, способствовала широкому распространению *Microtus gregalis* Pallas, 1779 по всему северо-востоку Якутии (Соколов, Поляков, 1977).

Существующие в настоящее время в пределах Якутии териокомплексы, состоят из разных фаунистических элементов, имеющих различное происхождение (таблица).

Таблица

Географо-генетические группировки видов (фаунулы) Якутии

Географо-генетические группировки видов (фаунулы)	Виды	
Циркумполярные арктические	Lemmus sibiricus Kerr, 1792;, Dicrostonyx torquatus Pallas, 1778; Microtus middendorffi Poliakov, 1881; Alopex lagopus Linnaeus, 1758; Ursus maritimus Phipps, 1774	
Голарктические бореальные элементы северной тайги	Sorex tundrensis Merriam, 1900; Lepus timidus Linnaeus, 1758; Clethrionomys rutilus Pallas, 1779; Microtus oeconomus Pallas, 1776; Canis lupus Linnaeus, 1758; Vulpes vulpes Linnaeus, 1758; Ursus arctos Linnaeus, 1758; Gulo gulo Linnaeus, 1758; Mustela erminea Linnaeus, 1758; Mustela nivalis Linnaeus, 1766; Alces alces Linnaeus, 1758; Rangifer tarandus Linnaeus, 1758	
Бореальные западнопалеарктические элементы	Microtus agrestis Linnaues, 1761	
Палеарктические элементы темнохвойной тайги с неарктическими связями	Sorex daphaendon Thomas, 1907; Sorex caecutiens Laxmann, 1788; Sorex isodon Turov, 1924; Sorex roboratus Hollister, 1913; Sorex minutissimus Zimmermann, 1780; Pteromys volans Linnaeus, 1785; Tamias sibiricus Laxmann, 1769; Sciurus vulgaris Linnaeus, 1758, Myopus schisticolor Lilljeborg, 1844,	

	Clethreonomys rufocanus Sundevall, 1846;	
	Martes zibellina Linnaeus, 1758; Lynx lynx	
	Linnaeus, 1758, Apodemus peninsulae Thomas,	
	1907	
Неморальные восточно-	Talpa altaica Nikolsky, 1883, Mustela sibiricus	
палеарктические элементы	Pallas, 1773, Cervus elaphus Linnaeus, 1758,	
	Meles meles Linnaeus, 1758, Neomys fodiens	
	Pennant, 1771	
Неморальные	Arvicola terrestris Linnaeus, 1758, Lutra lutra	
западнопалеарктические	Linnaeus, 1758	
элементы		
Тундростепные палеарктические	Microtus gregalis Pallas, 1779	
элементы		
Южнопалеарктические	Myotis daubentoni Kuhl, 1817, Eptesicus nilssoni	
элементы, способные к полету	Keyserling&Blasius, 1839, Plecotus auritus	
	Linnaeus, 1758, Myotis ikonnikovi Ognev, 1912	
Восточноазиатские	Moschus moschiferus Linnaeus, 1758	
горнотаежные элементы		
Горные	Ochotona hyperborea Pallas, 1811, Marmota	
восточнопалеарктические и	camtschatica Pallas, 1811, Artricola macrotis	
восточносибирские элементы	Radde, 1862, Ovis nivicola Escyscholtz, 1829	
Лесостепные палеарктические	Micromys minutus Pall., 1771, Capreolus	
элементы	pygargus Pallas, 1771, Mustela eversmanni	
	Lesson, 1827	
Тундростепные элементы с	Spermophilus undulatus Pallas, 1771,	
неарктическими связями	Spermophilus parryi Richardson, 1825	
Синантропные космополитные	Mus musculus Linnaeus, 1758, Rattus norvegicus	
	Berkenhout, 1769	

В данный список мы не включили китообразных — Delphinapterus leucas Pallas, 1776, Monodon monoceros Linnaeus, 1758, ластоногих — Odobenus rosmarus Linnaeus, 1758, Pusa hispida Schreber, 1775, Erignathus barbatus Erxleben, 1777, и акклиматизированных североамериканских околоводных видов — O. zibethica, M. vison.

Несколько видов млекопитающих в фауну Якутии были интродуцированы. *М. vison* была интродуцирована в 1961–1963 гг. [Грязнухин, Мордосов, 1975] в Южной Якутии. За длительное время существования в местах выпусков, вид практически не расселялся. Лишь в последние десятилетия плотность ее популяции в местах выпуска стала увеличиваться, что позволило виду начать заселять новые территории. На Лено-Амгинском междуречье вид начал заселять левые притоки р. Амга. В марте 2011г. мы зарегистрировали обитание 2 особей в левом притоке р. Мундуруччу на р. Таастах. В Оймяконском районе на северо-востоке Якутии имеются сведения 2012 г. о том, что американская норка заселила незамерзающие горные речки. Здесь вид немночисленен, но является обычным. Подобное расселение М. vison наблюдается в бассейне р. Колыма. В бассейне

этой реки американская норка была интродуцирована в пределах Магаданской области и путем естественного расселения проникла в пределы Верхнеколымского района Якутии. Такое же расселение вида наблюдается и в бассейне р. Олекма. Расселению норки способствует резкое снижение уровня воды в реках после ледостава и промерзания почвы. В результате снижения уровня воды образовавшийся лед у берегов провисает и под ним образуются пустоты, через которые зверьки находят доступ к воде и кормовым ресурсам.

М. eversmanni был интродуцирован в двух точках долины р. Лена и есть сведения, что он здесь прижился, но заметного увеличения его численности не зарегистрировано. Хорек обнаружен нами во всех трех долинах (Эркээни, Тумаада, Энгсиэли) левобережья среднего течения р. Лены. Интродукция этого вида в Центральной Якутии совпала с резким снижением численности длиннохвостого суслика, его основного корма. Эта депрессия численности суслика продолжается и в настоящее время.

Интродуцированная в 1930–1932 гг. *О. zibethica* стала обычным видом по всей таежной части Якутии. В последние годы этот вид стал заходить в тундровые районы Северо-Восточной Якутии, где, в связи со слабой кормовой базой этих озер, устойчивых популяций еще не образовала.

Интродукция *О. moschatus* началась в 1996 г. в тундровых районах Алллаиховского, Анабарского и Булунского районов. Вид довольно хорошо адаптировался и в настоящее время его численность постепенно нарастает.

В 2006г. в парк «Усть-Буотама» в Центральной Якутии по программе реинтродукции из Канады было завезено 30 особей лесных бизонов Bison bison athabascae Rhoads, 1897. Благоприятные условия обитания позволили зверю успешно размножаться и весной 2009 г. родилось 6 бизонов. Общее количество бизонов в Якутии в 2017 г. в результате дополнительного завоза (всего завезено 90 особей) и размножения достигло 171. В ноябре 2017 г. в Горном улусе 30 разновозрастных особей было выпущено на волю.

Как сопутствующие человека виды — M. musculus и R. norvegicus проникли на территорию Якутии и широко заселили населенные пункты во второй половине XX в.

В настоящее время на формирование фауны оказывают антропогенные факторы и потепление климата. По существующей концепции многовекового цикла климата в голоцене начало проявления современного теплого сухого климата приходится на отрезок со второй половины XIX в. (Шнитников, 1957). Это потепление и установление засушливого периода, по-видимому, способствовало интенсивному продвижению на северо-восток

S. undulates, C. pygargus, C. elaphus, M. sibiricus, и заселению таежноаласного ландшафта M. moschiferus. Расширение ареалов этих видов представляет лишь отдельные детали сложнейшего комплекса явлений, вызванного изменением климатических условий существования воздействием разносторонней хозяйственной деятельности человека. Заселению территории Центральной Якутии C. pygargus и Лено-Амгинского междуречья C. elavus, M. moschiferus способствовали периодически наступавшие маловодные годы и сокращение численности волка в результате мероприятий по его истреблению.

Современный ареал *С. pygargus* Pallas в Якутии сложился в результате неоднократной пульсации его ареала в северо-восточном направлении, начиная с середины XIX в, когда она начала проникать в бассейн р. Олекма из соседних областей обитания в Витимском нагорье. Согласно К.К. Флерову (1952) северная граница ареала косули проходила по бассейну р. Витим, а на юге Якутии до бассейна р. Алдан.

С середины XIX в. установился сухой теплый период, который охватил все северное полушарие (Шнитников, 1957; Босиков, Саввинов, 2005). Как одно из проявлений этого сухого теплого периода являются периодические наступления маловодных лет: 1918-1930, 1935-1950, 1973-1979 и 1985-1990 гг. Эти маловодные периоды сменялись многоводными. Анализ времени пульсации ареалов C. pygargus показал, что имеется связь с периодической сменой маловодных и многоводных годов. Подобная пульсация ареала этого вида наблюдалась в Северном Урале в первые годы заселения его косулей (Флеров, 1952; Рогачева, 1987). В настоящее время северная граница ареала косули проходит по средним течениям левых притоков р. Вилюй - рек Марха, Тюкян, Тюнг и далее устье р. Линде, левый приток р. Лена $(64^{\circ}30' \text{ с.ш.})$ и на северо-востоке по правобережью р. Алдан. Дальнейшее продвижение вида на север невозможно из-за уплотнения снегового покрова редкостойной лиственничной тайге, а на северо-востоке препятствует Ленская зоогеографическая граница (Зольников, Попова, 1957; Мордосов, 1997).

В середине XIX в. ареал *С. elaphus* L. ограничивался крайней юго-западной частью Якутии — бассейнами рр. Чара и Токко, левыми притоками р. Олекма. В конце XIX — в начале XX вв. изюбрь начал расселяться в северо-восточном направлении и в начале XX в. заселил бассейн р. Олекма (Ревин, 1989). Это расселение шло медленно и в маловодный период с 1918-1930 гг. он стал редко заходить из бассейна р. Олекма в бассейн верхнего течения р. Амга (Ревин, 1989) и в последующие годы северная граница его ареала продвинулась до

бассейна верхнего течения р. Амга. В период после 1950 г. изюбрь начал заселять восточную часть Приленского плато, однако в начале 1970-х гг. его еще не было в бассейнах рр. Сылгылыр, Мундуруччу и Борулах, левых притоков р. Амга. Интенсивное расселение вида в северо-восточном направлении и заселение таежно-аласного ландшафта началось в период после 1985 г. В эти годы установились маловодные годы. Кроме того, в пределах Лено-Амгинского междуречья численность волка была минимальной. В настоящее время изюбрь заселил всю северо-восточную часть Лено-Амгинского междуречья и есть сведения об обитании его в предгорных частях Верхоянских гор.

Весьма интересным является с точки зрения заселения горнотаежного вида M. moschiferus, нехарактерного для таежно-аласного ландшафта Лено-Амгинского междуречья, где отсутствуют удобные для отстоя зверьков скальные выступы. Интенсивное продвижение вида в северо-восточном направлении началось со второй половины 1970-х гг. Ареал вида в этой части Центральной Якутии ограничивался бассейнами верхних течений рр. Амга и Буотома и по правобережью р. Алдан. В середине XX в. она стала изредка заходить по правобережью р. Лена до Ленских Столбов. Современный ареал кабарги занимает все Лено-Амгинское междуречье и здесь образовался практически сплошной ареал с северо-западной границей по правобережью р. Лена. По-видимому, эта граница ареала вида временная, т.к. начиная с 1980-х гг. отдельные зверьки стали заходить на левобережье р. Лена. Существуют достоверные сведения о добыче кабарги в окрестностях п. Маган, в 25-30 км западнее г. Якутска. В пределы Северо-Западной Якутии наблюдались заходы кабарги с бассейна р. Нижняя Тунгуска и самая восточная точка захода зарегистрирована в районе г. Вилюйска (Ревин, 1989). Еще Р.К. Маак (1886) отметил кабаргу в бассейне р. Икикит, приток р. Оленек в самом ее истоке. Обитание здесь кабарги О.В. Егоров (Тавровский и др., 1971) считал ошибочным. Однако в 1999г. орнитолог А.Г. Дегтярев встретил кабаргу в среднем течении р. Хання, левого притока р. Марха (66° с.ш.).

К одной из немаловажных причин, способствовавших расселению на северо-восток *С. elavus, М. moschiferus, С. pygargus* относится сокращение численности С. lupus в период 1930-1950 гг. (Зольников, Попова, 1957; Мордосов, 1997). В результате отстрела волк исчез или стал малочисленным во многих районах Центральной Якутии. Но с 2017г. численность волка снова увеличивается.

Потепление климата в голоцене и наступление лесной растительности привели к разрыву некогда сплошного ареала *M. gregalis* и образованию двух изолированных — центральноякутский и тундровый. Северная граница ареала *M. gregalis* в Западной Якутии

проходит по о. Эйк (66^0 с.ш.), по бассейнам средних течений рр. Тюнг, Тюкан, левых притоков р. Вилюй и по долине р. Лена до района Бестях $(65^0$ с.ш.). В Юго-Западной Якутии эта полевка малочисленная в бассейне р. Нюя, отсутствует в бассейне р. Чона. Здесь она начинает встречаться в долине р. Вилюй в районе сс. Крестях, Шея, где нами она отлавливалась в жилых и хозяйственных постройках человека. В Южной Якутии – в бассейне р. Олекма она полностью отсутствует [Ревин, 1989]. В пределах Лено-Амгинского междуречья она отсутствовала в наших сборах в Приленском плато. Южная граница северного (тундрового) ареала узкочерепной полевки (Microtus gregalis) в бассейне нижнего течения р. Лена проходит в районе местности Чекуровка (72⁰ с.ш.), где она отмечена нами как редкий вид. Южнее этой местности в наших отловах отсутствовала. Основной ареал этой полевки занимает Северо-Сибирскую, Яно-Индигирскую и Колымскую низменности. На западе Якутии южная граница ареала вида проходит несколько севернее 70° с.ш. Этот вид отсутствовал в наших сборах в бассейне р. Малая Куонамка (Мордосов, 1997; Колодезников, 2005).

На Северо-Востоке Якутии полевка отсутствует в горнотаежных районах. Здесь по долинам рек она проникает довольно далеко на юг — по р. Яна до р. Адыча, по рр. Индигирка и Колыма до широты г. Среднеколымск. В этой части Якутии мы добывали ее в районе п. Казачье, в бассейнах рр. Хрома и Берелях, в бассейне р. Аллайха, левого притока р.Индигирка. В сборах, проведенных Я.Л. Вольперт и Е.Г. Шадриной (2002) в местности Шаманиха, в 30 км южнее от места наших сборов, эта полевка отсутствовала. Однако, обитание ее в районе с. Белая Гора отмечено В.А. Тавровским и др. (1971). На востоке ареал вида ограничивался западными отрогами Анюйского и Олорского хребтов. Согласно Ф.Б. Чернявскому (1984) она отсутствует на всей территории крайнего северо-востока Сибири.

Колонок (*Mustela sibiricus*) - проник на территорию Центральной Якутии в относительно недавнее время и достиг своего северного предела распространения, который проходит, примерно, по междуречью рр. Вилюй и Оленек. Продвижению вида на север препятствует существенный экологический барьер — плотность снежного покрова, который ограничивает доступность основных кормовых объектов — мышевидных грызунов. На востоке ареал вида ограничивается Ленской зоогеографической границей.

Наряду с видами, расширяющими свой ареал, имеются виды, ареал которых за последние 100 лет значительно сократился. К ним относится северная пищуха (Ochotona hyperborea). В начале XX в. О. hyperborea широко заселяла Лено-Амгинское междуречье (Соломонов, 1973), долину и острова р. Лены вплоть до г. Якутска

(Ларионов, 1954). Отдельные изолированные поселения вида были обнаружены юго-западной части Лено-Вилюйского нами В междуречья (Мордосов, 1997). Широкое распространение вида отмечено в редкостойной лиственничной тайге Северо-Западной Якутии и по горным системам северо-востока. Отмеченные ранее В.А. Тавровским и др. (1971) поселения вида в районе п. Чокурдах нами не обнаружены. Не были найдены его поселения и на северных отрогах хребтов Черского и Селенняхский. На исчезновение популяции этого вида в Центральной Якутии оказали влияние незначительный промысловый пресс и пресс хищников на фоне низкого потенциала размножения и разобщенности отдельных поселений. На севере Западной Якутии поселения пищухи занимают обширные редкостойные лиственничные леса, что, очевидно, делает их относительно устойчивыми и сокращение территории, занятой пищухой, здесь до сих пор не отмечено. Северная пищуха была обнаружена нами в среднем течении р. Анабар (Колодезников, 2005). На террасе р. Эбелях, правого притока р. Анабар северная пищуха населяет скалистые склоны из доломитов и известняков с моховоголубичным покровом. На водоразделах вид отсутствует. характерных местообитаниях, пищуха входит в группу «доминантсодоминант», уступая только красной полевке. В Южной Якутии на Алданском нагорье на 7-ми километровом маршруте в окрестностях п. Заречный в 2008 г. отмечено 5 поселений пищухи. По визуальным наблюдениям и подсчетам посвистов на каменистой осыпи площадью в 2100 м² установлено обитание 10 особей (Колодезников, 2014). Такие небольшие изолированные друг от друга колонии, по-видимому, очень нестабильны и уязвимы к воздействиям различных факторов.

Интродуцированный обыкновенный бобр *Castor fiber* L., 1785 исчез в результате неудачного выбора мест выпуска. Они были уничтожены высокими весенними и летними паводками на реках Лена и Учур.

Не совсем оправданной оказалась интродукция в начале 2000-х годов зайца-беляка Lepus timidus L., 1756 из Верхоянья в Центральную Якутию, основная цель которой заключалась в увеличении численности зайца — беляка в этом регионе. Отлов и выпуски зайцев проводились в период спада его численности, которое обусловлено увеличением зараженности гельминтными и другими заболеваниями. Кроме того, небольшое количество особей для огромной территории выпуска не могло оказать должного воздействия на рост численности этого вида в Центральной Якутии.

Перспективными для интродукции в Верхоянской впадине являются изюбрь *Cervus elaphus* L., 1758 и сибирская косуля *Capreolus pigargus* L.1758, которые стали заселять Лено-Алданское междуречье.

Установившийся сухой теплый климат способствовал продвижению на северо-восток не только млекопитающих, но и птиц. Кроме климатических факторов на расселение млекопитающих и появления новых видов птиц и насекомых важное место занимает антропогенное воздействие на окружающую среду.

Особенно значительное изменение в составе флоры и фауны в Центральной Якутии началось с появления скотоводческих племен якутов.

Следующий этап воздействия на фауну промысловых животных начался в первой половине XVII в., когда на территорию Якутии проникли русские «промышленные люди», начавшие беспримерную хищническую эксплуатацию промысловых животных. Это повлекло к резкому снижению численности соболя, который в Центральной Якутии исчез уже в XVII в., а на северо-восточных районах в середине XVIII в. Уничтожались и другие промысловые виды — лось, дикий северный олень, песец и лисица.

Последующий этап начался с XIX в., когда впервые стали возделывать зерновые культуры. В первую очередь распахивались остепененные участки в долинах рр. Лена и Амга. В связи с интенсификацией сельскохозяйственного производства во второй половине XX в. были распаханы обширные остепененные участки, вырублены и распаханы огромные площади долинных и междуречных лесов. В этот период проводились интенсивные мелиоративные работы по осушению озер для расширения сенокосных угодий и т.д.

В этот период началось развитие же лобывающей промышленности, когда беспланово вырубались леса, строительство промышленных объектов производилось без очистных сооружений, в большинстве случаев строительство их производилось без учета экологического воздействия на окружающую среду. К ним относятся все промышленные объекты, построенные до 1980-х гг. – Вилюйская ГЭС с огромным водохранилищем, где лесные массивы были затоплены, прииска Депутатского ГОКа, Куларзолото и другие. Эти воздействия на окружающую среду чувствуются и в настоящее время могут быть ликвидированы лишь в течение длительных рекультивационных работ. На северной границе сведенные леса уже не восстановятся и отступление лесопокрытой территории на юг ведет к изменению целого комплекса природных явлений, в том числе к исчезновению животных таежного комплекса. В то же время эти процессы обуславливают продвижение на юг автохтонов тундры -L. sibiricus, D. torquatus, M. middendorffi и расширению гнездовых участков многих гнездящихся в тундровой зоне птиц.

В конце XX и в начале XXI вв. наблюдается следующий этап воздействия на состояние окружающей среды и животного мира

Якутии. В эти годы проведены грандиозные по охвату территории Якутии строительство водовода из района п. Н-Бестях в районы, расположенные в междуречье Лены и Амга, завершилось строительство железной дороги до п. Н-Бестях, введен в строй нефтепровод ВСТО, начались разработки месторождений нефти и газа в Юго-Западной Якутии и другие мегапроекты по промышленному освоению месторождений полезных ископаемых.

Строительство железной дороги на многолетнемерзлом грунте и в сильно пересеченном рельефе в пределах Приленского плато сопровождалось с необходимостью его выравнивания при помощи насыпи, которая местами достигает 5–6, иногда и выше, метров. Железная дорога проложена вдоль существующей Аямо–Якутской автомагистрали. Кроме того, здесь вырублена широкая просека для линии электропередач. Весь этот комплекс с одной стороны способствовал разрушению экологической преграды для продвижения на север многих видов птиц и клещей Ixodidae — переносчиков клещевого энцефалита. С другой стороны, полотно железной дороги препятствует естественному расселению и миграциям промысловых зверей.

Построенный без учета существующего колебания маловодных и многоводных лет, водовод с р. Лена в районы Лено-Амгинского междуречья оказался бесполезным, в настоящее время оказался серьезным препятствием для передвижения диких и домашних животных.

Заключение. Формирование териофауны Якутии в основном завершилось в начале плейстоцена. Тем не менее, процессы проникновения И адаптации новых видов млекопитающих продолжается в настоящее время. Большое место в нем имеют процессы пульсации маловодных и многоводных периодов в XIX-XX вв., установление теплого сухого периода с середины XIX в. Немаловажное значение имеет и воздействие хищников, особенно в годы их низкой и высокой численности, такое как сокращение численности волка. Значительное место в этом процессе играет антропогенный фактор. Одним из этих воздействий является разрушение существовавших экологических барьеров, прямое и косвенное воздействие, ввод и интродукция новых видов.

Современная териофауна представлена представителями различных фаунул, основу которых составляют голарктические бореальные элементы и палеарктические элементы темнохвойной тайги с неарктическими связями. Представители других фаунул имеют относительно небольшое место.

В течение XX в интенсивно расширили свой ареал *C. elavus*, *C. pygargus*, *M. moschiferus*, *M. musculus*, *R. norvegicus*,

акклиматизированы O. zibethica, M. vison, M. eversmanni, O. moschatus. В связи с небольшой репродуктивной способностью даже небольшие антропогенные воздействия не выдерживает O. hyperborea и во многих районах своего ареала начала исчезать.

Существующие типы движения ареалов различных животных разные, разные и причины, вызывающие эти изменения. Изучение этих процессов и выявление основных причин показывает их сложность. Особое значение имеют происходящие пульсации ареалов. Периодичость последних может занимать длительные сроки, и только наступление наиболее благоприятных внешних условий может способствовать адаптации вида в новых местах обитания.

Список литературы

- *Боескоров Г.Г.* 2001. Систематика и происхождение современных лосей. Новосибирск: Наука. 117 с.
- Босиков Н.П., Саввинов Д.Д. 2005. Аласы уникальные природные явления Севера // Аласные экосистемы. Структура, функционирование, динамика. Новосибирск: Наука. С. 7-17.
- Вангенгейм Э.М. 1977. Палеонтологическое обоснование стратиграфии антропогена Северной Азии (по млекопитающим). М.: Наука. 170 с.
- Вангенгейм Э.М. 1961. Палеонтологические обоснование стратиграфии антропогеновых отложений севера Восточной Сибири // Тр. Геол.ин-та АН СССР. Вып. 48. С. 3-182.
- Вольперт Я.Л., Шадрина Е.Г. 2002. Мелкие млекопитающие Северо-Востока Сибири. Новосибирск: Наука. 246 с.
- Воронцов Н.Н., Ляпунова Е.А. 1969. Строение хромосом *Citellus undulatus* и история становления ареалов *C. undulates* и *C. parryi* // Докл. АН СССР. Т. 187. № 1. С. 207-210.
- Воронцов Н.Н., Ляпунова Е.А. 1970. Хромосомные числа и видообразования у наземных беличьих (Sciuridae, Xerinae et Marmotinae) // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 75. Вып. 8. С. 112-126.
- Графодатский А.С., Раджабли С.И. 1988. Хромосомы сельскохозяйтсвенных и лабораторных млекопитающих. Новосибирск.: Наука. 128 с.
- *Грязнухин А.Н., Мордосов И.И.* 1975. Акклиматизация норки в Якутии и меры по ее охраны // Природа Якутии и ее охрана. Якутск: Якутск. книж. изд-во. С. 145-147.
- Дуброво И.А. 1957. Первая находка ископаемого яка (*Phoephagus* sp.) в Якутии // Vertebrata palasiatica. Vol. 1. № 4. С. 293-299.
- Зольников В.Г., Попова А.И. 1957. Схема четвертичного периода равнины Центральной Якутии // Тр. ин-та биологии ЯФ СО АН СССР. М.: Изд-во АН СССР. Вып. 3.
- Колодезников В.Е. 2014. Экология массовых видов млекопитающих урановорудного месторождения Эльконского горста в Южной Якутии //

- Известия Самарского научного центра РАН. Самара. Т. 16. N_2 1. С. 160-163.
- *Колодезников В.Е.* 2005. Мелкие млекопитающие Северо-Западной Якутии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Якутск. 17 с.
- *Ларионов П.Д.* 1954. Мелкие грызуны Мегино-Кангаласского района и их стационарное распределение // Уч. зап. Якутск. пед. и учительского инста. Якутск. С. 34-36.
- Маак Р.К. 1886. Вилюйский округ Якутской области. СПб. Ч. 2. 360 с.
- *Мордосов И.И.* 1997. Млекопитающие таежной части Западной Якутии. Якутск.: ЯНЦ СО РАН. 220 с.
- Рогачева Э.В. 1987. Енисейская зоогеографическая граница Палеарктики: современные аспекты, проблемы // Фауна и экология птиц и млекопитающих Средней Сибири. М.: Наука. С. 9-18.
- Ревин Ю.В., Сафронов В.М., Вольперт Я.Л. 1988. Экология и динамика численности млекопитающих Предверхоянья. Новосибирск: Наука. 200 с.
- *Ревин Ю.В.* 1989. Млекопитающие Южной Якутии. Новосибирск: Наука. Сиб. отделение. 321 с.
- Соколов И.М., Поляков И.Я. 1977. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. III. Вып. 8. Полевки (Microtinae). Л.: Наука. 503 с.
- Соломонов Н.Г. 1973. Очерк популяционной экологии грызунов и зайцабеляка в Центральной Якутии. Якутск: Якутск. Книж.изд-во. 248 с.
- *Тавровский В.А., Егоров О.В., Кривошеев В.Г.* 1971. Млекопитающие Якутии. М: Наука. 660 с.
- *Чернявский Б.Ф.* 1984. Млекопитающие крайнего северо-востока Сибири. 387 с.
- Чернявский Ф.Б. 1972. О распространении и географической изменчивости американского длиннохвостого суслика (*Citellus parryi* Ruch, 1827) Северо-Восточной Сибири // Тр. МОИП. Т. 48. С. 199-214.
- Шер А.В. 1971. Млекопитающие и стратификация плейстоцена крайнего Северо-Востока СССР и Северной Америки. М.: Наука. 312 с.
- *Шнитников А.В.* 1957. Изменчивость общей увлажненности материков северного полушария // Зап. ГО СССР. Нов сер. М.- Л. Т. 16. 337 с.
- Флеров К.К. 1952. Фауна СССР. Млекопитающие. Т. 1. Вып. 2. Изд-во АН СССР. 256 с.
- *Wurster D., Benirschke K.* 1967. The chromosomes of twenty-three species of the Cervoidea and Bovoidea // Mammal. Chrom. Newsl. V .8. P. 326-328.

THERIOFAUNA OF YAKUTIA: FORMATION AND CURRENT STATUS

V.E. Kolodeznikov, I.I. Mordosov

Ammosov North-East Federal University, Yakutsk

Materials on the formation of the modern composition and distribution of the mammalian fauna of Yakutia are given. The Lena and Yenisei

zoogeographic boundaries, as well as the mountain system of South Yakutia, were of great importance in the formation of the theriofauna. Paleogeographic reconstructions make it possible to state that the development of the cold-loving flora and fauna of the northern regions of Asia began as early as the Pliocene, and a peculiar theriofauna had already been formed at the beginning of the Pleistocene. The autochthons of the Subarctic and some representatives of the boreal fauna of the temperate zone occupied a significant place in it. The modern faunas of the provinces of the East Siberian taiga and the Beringian north taiga are characterized by not only the presence or absence of specific combinations of widespread species, but also by a large number of species and subspecies that have a limit to their distribution here. The theriocomplexes currently existing within Yakutia consist of different faunal elements of different origin. It is noted that the modern terrestrial theriofauna of the entire Northeast of Eurasia is significantly depleted compared to that of the late Pleistocene. It has 47 native species within Western Yakutia, The same number of species (47) was noted in Northeastern Yakutia, 45 species in the Far Northeast, and 45 species in Southern Yakutia. We also give lists of species that are expanding their range under modern conditions and species that have significantly reduced their range over the past 100 years. Recent distribution of particular species was influenced by dry, warm climate that has established since the middle of the 19th century, as well as by anthropogenic impact on the environment and fisheries.

Keywords: area, pleistocene, boreal fauna, autochthon, paleogeographic reconstruction, zoogeographic boundary, introduction.

Об авторах:

КОЛОДЕЗНИКОВ Василий Егорович — кандидат биологических наук, директор института естественных наук, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова», 677000, Республика Саха, Якутск, ул. Белинского, 58; email: ve.kolodeznikov@s-vfu.ru.

МОРДОСОВ Иннокентий Иннокентьевич — доктор биологических наук, профессор института естественных наук, ФГАОУ ВО «Северо-Восточный федеральный университетт им. М.К. Аммосова», 677000, Республика Саха, Якутск, ул. Белинского, 58; е-mail: ii.mordosov@s-vfu.ru.

Колодезников В.Е. Териофауна Якутии: формирование и современное состояние / В.Е. Колодезников, И.И. Мордосов. И.М. Охлопков // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 42-58.

БОТАНИКА

УДК 502.45:581.526.45(477.75) DOI: 10.26456/vtbio266

СОХРАНЕНИЕ РЕДКИХ ЮЖНОАФРИКАНСКИХ СУККУЛЕНТОВ В КОЛЛЕКЦИЯХ БОТАНИЧЕСКИХ САДОВ*

Л.В. Озерова¹, Е.С. Чичканова²

¹Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва ²Никитский ботанический сад — Национальный научный центр РАН, Ялта

Приведен перечень из 36 редких южноафриканских суккулентов с локальным распространением в их природном ареале в ЮАР. Выявлено, что в коллекции Никитского ботанического сада (НБС) представлено таких 18 южноафриканских видов суккулентов из 9 родов, а в коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН представлено 17 видов из 8 родов. Определено, что в коллекции НБС 11 видов имеют статус категории – **DD**, который подтверждает отсутствие достаточной информации о их редкости. В коллекции ГБС преобладает 11 видов южноафриканских суккулентов, которые имеют статус Vulnerable (Vu) – «уязвимые». Преобладающее число видов (8) коллекции НБС локализовано в ЮАР в Западно-Капской и Восточно-Капской провинциях; в коллекции ГБС преобладающее число видов (11) локализовано в Северо-Капской провинции. Таким образом, коллекции редких видов способствуют сохранению генетического и морфологического разнообразия живых систем познанию закономерностей их формирования.

Ключевые слова: южноафриканские суккуленты, редкие виды, сохранение, коллекции, Никитский ботанический сад, Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН.

Введение. В настоящее время сохранение редких видов растений в культуре приобретает ключевое значение в природоохранной деятельности ботанических садов (Багрикова, Чичканова, 2017). В связи с разрушением естественных биоценозов и исчезновением редких видов в природе, роль ботанических садов оказывается незаменимой. При этом важно, чтобы редкие растения

^{*} Работа выполнена в рамках госзадания ГБС РАН «Биологическое разнообразие природной и культурной флоры: фундаментальные и прикладные вопросы изучения и сохранения» (№ госрегистрации 122042700002-6) на базе УНУ «Фондовая оранжерея»; а также в рамках госзадания ФГБУН «НБС-ННЦ» по теме: «Интродукция, селекция декоративных растений и разработка принципов создания устойчивых культурных фитоценозов Крыма и Юга России»

сохранялись в разных ботанических садах, что позволяет существенно сократить риск утраты видов в силу непредвиденных чрезвычайных ситуаций. Особенно интересным источником для интродукции являются очаги биоразнообразия в природе — biodiversity hotspots.

Южная Африка представляет собой мощный центр Hotspot диверсификации ксерофильных покрытосеменных растений, территории которой известно 9 703 эндемичных таксонов (Тимонин, 2002), большинство из них имеют узколокальное распространение, а нередко и низкую численность (см. рис. 3). Сохранение биоразнообразия южноафриканской флоры требует не только природоохранных мер in situ, но и разработки приемов эффективного сохранения ее видового фонда в культуре с перспективой реинтродукции в природу. Особенно отличается разнообразием суккулентов – Succulent Karoo (суккулентное Кару), в котором встречается около 1 700 видов суккулентов (треть всех существующих на Земле видов) и это доминирование является уникальным среди пустынь мира. Succulent Karoo является единственным в мире засушливым biodiversity hotspot и поэтому представители его наиболее интересны для изучения. Succulent Karoo занимает площадь 116 000 км² и простирается с юго-запада через северо-западные районы Южной Африки в Южную Намибию. северо-западное Флористически представляет собой биотоп продолжение выделенного А. Энглером Капского флористического царства, вместе с которым его теперь все чаще объединяют в Greater Cape Floristic Region. Флора Succulent Karoo, как и его биом в целом, сформировалась под влиянием климата со значительно более выраженным сухим летним периодом, чем в прилегающем Капском флористическом царстве (Тимонин и др., 2012). Уникальное биома Succulent Karoo объясняется сложным биоразнообразие сочетанием разных типов местообитаний, полученных топографических и климатических различий в регионе скалистых гор и прибрежных дюн. Флористическое богатство является результатом высокой композиционной изменчивости видового разнообразия сообществ и экологических и географических градиентов (Schmiedel, 2002) связывает такое разнообразие с различными почво-типами на ограниченных площадях.

Материал и методика. Объектом исследования являлись 36 видов редких суккулентных растений, в их числе — 18 видов из 9 родов (Aloe L., Aloinopsis Schwantes, Bergeranthus (Haw.) Schwantes, Cheiridopsis L., Gasteria Duval., Gibbaeum Haw., Haworthia Duval., Lampranthus N.E. Br., Pleiospilos N.E. Br.), представленных в коллекции Никитского ботанического сада (НБС), и 17 видов из 8 родов (Aloe L., Adromischus A. Berger., Conophytum N.E. Br., Crassothonna B. Nord.,

Сигіо L., Othonna L., Mesembryanthemum L., Tylecodon Toelken), представленных в коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (ГБС). При уточнении и рассмотрении таксономической принадлежности некоторых исследуемых видов использовали базу данных — Royal Botanic Gardens Kew (Plants of the World Online, 2017); а при рассмотрении статуса редкости видов мы пользовались базой данных — The Red List of South African Plants (2020) и согласно этой базе выделили наиболее редкие виды, которые относятся к категориям Critically Endangered (CR) — под угрозой исчезновения с чрезвычайно высоким риском; Endangered (EN) — находящийся под угрозой исчезновения; Vulnerable (Vu) — уязвимый; Rare — редкий; особый статус имеют виды, которые настолько редки, что их относят к категории Data Deficient (DD) — нет достаточной информации. Перечень редких видов из коллекций ботанических садов, представлен в таблице 1.

Была использована общепринятая схема для получения культур побегов *in vitro*. Материал (побеги растений) собирали в оранжерее, удаляли скальпелем листья и апикальную меристему побега, после чего подвергали поверхностной стерилизации раствором Лизоформина-3000.

В качестве эксплантов использовали узел и нижележащее На следующем этапе экспланты переносили на междоузлие. питательную среду MS30, содержащую дополнительно набор фитогормонов для индукции (см. рис. 1). Оптимальный гормональный состав среды был установлен экспериментально в ходе работы: добавление в питательную среду 1,5 мг/л 2ір (N6-(2-изопентенил) аденин) давало наилучшие результаты индукции боковых почек у всех 3-х исследуемых видов *Curio citriformis* (G.D. Rowley) P.V. Heath, *C*. rowleyanus (H. Jacobsen) P.V. Heath, C. talinoides (DC.) P.V. Heath. Данная методика по размножению эксплантов была отработана на примере вида Curio articulata (L. f.) Paul V. Heath (syn. Baculellum articulatum (L. f.) L.V. Ozerova & A.C. Timonin). Оптимальными условиями элонгации побегов в условиях in vitro для большинства видов по результатам исследования оказалось добавление питательную среду MS30 1,5 мг/л 2ip и 1,5 мг/л IAA β индолилуксусной кислоты (рис. 1) (Федотов, Озерова, 2021).

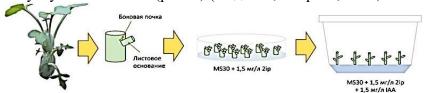


Рис. 1. Этапы развития эксплантов в питательной среде на примере вида рода Curio L. (вид – C. articulata (L. f.) Paul V. Heath)

Результаты и обсуждение. Изучение группы редких суккулентов крайне затруднено вследствие малочисленности и труднодоступности известных популяций в природе, из-за большой трудоёмкости получения семенного материала, небольшой скорости роста этих растений и редкого ветвления их побегов. Исходя из этого, разработаны протоколы ДЛЯ микроклонального размножения растений посредством культур in vitro, которые могут стать альтернативой традиционному методу черенкования (Федотов, Озерова, 2021). Поскольку значительную часть видов составляют суккуленты, ДЛЯ работы были листовые нами выбраны 3 представителя рода Curio L. (С. citriformis, С. rowleyanus, С. talinoides) (см. табл. 1), которые представляют морфологическое разнообразие листьев в данном роде (Van Jaarsveld, 2015). Было показано положительное влияние понижения температуры культивирования эксплантов (до 18,0°С (день) / 14,0°С (ночь) на индукцию боковых почек и элонгацию побегов в условиях in vitro. Кроме того, анатомическое исследование методами флуоресцентной и световой микроскопии показало, что при понижении температуры культивирования эксплантов в стеблях возникает анатомическая структура, наиболее приближенная к анатомической структуре растений in vivo.

Таблица 1 Редкие южноафриканские суккуленты в коллекциях Никитского ботанического сада Национального Научного Центра РАН (НБС) и Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН (ГБС)

Редкие суккуленты, представленные в коллекциях ботанических садов		
НБС	ГБС	
Aloe peglerae Schönland (CR)	Aloe pearsonii Schönland (VU)	
Aloinopsis malherbei L. Bolus (DD)	Adromischus montium-klinghardtii (Dinter)	
	A. Berger (VU)	
Bergeranthus multiceps Schwantes (DD)	Conophytum subfenestratum Schwantes (EN)	
Cheiridopsis herrei L. Bolus (EN)	Crassothonna opima (Merxm.) B. Nord. (VU)	
Gasteria nitida var. armstrongii (Schonland)	Curio citriformis (G.D. Rowley) P.V. Heath	
van Jaarsv. (CR)	(DD)	
Gasteria obliqua (Aiton) Duval (VU)	C. rowleyanus (H. Jacobsen) P.V. Heath (DD)	
Gibbaeum velutinum Schwantes (VU)	C. muirii (L. Bolus) van Jaarsv. (Rare)	
Gibbaeum esterhuyseniae L. Bolus (CR)	C. talinoides (DC.) P.V. Heath (DD)	
Haworthia herbacea (Mill.) Stearn (DD)	Othonna arbuscula (Thunb.) Sch. Bip. (VU)	
H. maculata (Poelln.) M.B. Bayer (DD)	O. armiana van Jaarsv. (VU)	
H. marumiana Uitewaal (DD)	O. cacalioides L. f. (VU)	
H. mirabilis (Haw.) Haw. (DD)	O. coronopifolia L. (VU)	
H. retusa (L.) Duval (DD).	O. herrei Pillans (VU)	
H. mucronata Haw. (DD).	O. lepidocaulis Schltr. (VU)	
Lampranthus formosus (Haw.) N.E. Br. (DD)	O. pavelkae Lavranos (Rare)	
L. multiradiatus (Jacg.) N.E. Br. (DD)	Mesembryanthemum tenuiflorum Jacq. (VU)	
Pleiospilos bolusii (Hook.) N.E. Br. (VU)	Tylecodon schaeferianus	
Pleiospilos nelii Schwantes (DD)	(Dinter) Toelken (VU)	

Особенности распространения некоторых редких южноафриканских видов

Во флоре Succulent Karoo заметно преобладают виды трибы Othonninae с разнообразными жизненными формами, большинство из них – клубневые, или каудексные травы с гемисуккулентными или несуккулентными однолетними побегами (рис. 2, 3).



Puc. 2 Внешний вид представителя Othonna armiana van Jaarsv.



Рис. 3 Локалитет *Othonna armiana* van Jaarsv. в Южной Африке

Лишь немногие виды – стеблевые суккуленты, а еще меньшее число видов – листовые суккуленты. Суккулентные *Othonna* являются важными элементами полупустынной растительности Succulent Karoo.

Почти все виды, имеющиеся в коллекции Фондовой оранжереи ГБС из родов Crassothonna Nordenstam и Othonna L. включены в The Red List of South African Plants (табл. 1). Многие из коллекционных видов отонн относятся к уязвимым видам O. herrei – эндемик горной пустыни Ричтерсвельд, на границе ЮАР и Намибии, O. armiana эндемик гор Eksteenfontein в Северном Кейпе. Othonna pavelkae Lavranos – каудексный суккулент до 20,0 см выс., с цельными, опадающими на сухой период, листьями, редкий, узколокальный эндемик (ареал <500 км²) в суккулентном Карру, где встречается на обнажениях кварца (Schmiedel, 2002). Вид Curio muirii L. Bolus из рода Curio L. (Van Jaarsveld, 2015), известен на сегодняшний день только в двух локальных местонахождениях на обращенных на юг сланцевых скалах Gouritz River и ее притоков; его состояние оценено как Rare. Виды С. citriformis (G.D. Rowley) P.V. Heath, С. rowleyanus (H. Jacobsen) P.V. Heath, C. talinoides (DC.) P.V. Heath распространены не так узко, но настолько редки, что их относят к категории видов (DD-Data, Deficient), для которых нет достаточной информации (рис. 4).

Установлено, что преобладающее число видов (по 8 видов) коллекции НБС локализовано в Западно-Капской провинции (Western Cape) в ЮАР и в Восточно-Капской провинции (Eastern Cape); что относительно коллекции ГБС, то преобладающее число

южноафриканских видов (11) локализовано в Северо-Капской провинции в ЮАР. Кроме того, большинство видов из коллекции ГБС в природе встречаются в нескольких областях ЮАР – это Nordh West (Северный Мыс, Северо-Капская провинция), Western Cape (Западно-Капская провинция) и единично в Eastern Cape (Восточно-Капская провинция) (см. табл. 2, рис. 4).



НБС – локалитеты южноафриканских суккулентов представленных в коллекции Никитского ботанического сада;

ГБС – локалитеты южноафриканских суккулентов представленных в коллекции Главного ботанического сада им. Н.В. Цицина РАН

Рис. 4. Природный ареал исследуемых суккулентов в Южно-Африканской Республике (ЮАР)

Локальный эндемизм является наиболее заметным среди суккулентов из семейства Aizoaceae Juss., на примере *Glottiphyllum regium* N.E. Br. (рис. 5, 6).

Примером локального эндемизма является также — *Conophytum subfenestratum* Schwantes, приуроченый к Knersvlakte, где произрастает на белом кварцевом гравии, который отражает солнечный свет и не так сильно прогревается, как более темные камни и почва.

Таблица 2 Природный ареал исследуемых суккулентов в Южно-Африканской Республике (ЮАР)

Локалитеты	Суккуленты коллекции	Суккуленты коллекции
южноафриканских	Никитского ботанического	Главного ботанического
суккулентов в ЮАР	сада	сада им. Н.В. Цицина РАН
<u> </u>		Aloe pearsonii, Adromischus
Nordh West	Aloe peglerae,	montium-klinghardtii,
(Северный Мыс,	Aloinopsis malherbei,	Crassothonna opima,
Северо-Капская	Bergeranthus multiceps,	Othonna arbuscula,
провинция)	Cheiridopsis herrei	O. armiana, O. cacalioides ,
1 , ,	(4 вида)	O. coronopifolia, O. herrei,
		O. lepidocaulis, O. pavelkae,
		Mesembryanthemum
		tenuiflorum (11 видов)
		Conophytum subfenestratum,
Western Cape	Gibbaeum esterhuyseniae,	Curio citriformis,
(Западно-Капская	Haworthia herbacea,	C. talinoides, O. cacalioides,
провинция)	H. maculata, H. mirabilis,	Othonna coronopifolia,
	H. mirabilis, H. retusa,	O. lepidocaulis,
	H. mucronata,	Mesembryanthemum
	Pleiospilos bolusii	tenuiflorum, Curio muirii
	(8 видов)	(8 видов)
	Gasteria nitida var.	
Eastern Cape	armstrongii, Gasteria obliqua,	
(Восточно-Капская	Haworthia marumiana,	Curio rowleyanus, C.
провинция)	Lampranthus formosus, L.	talinoides, Tylecodon
	multiradiatus, Pleiospilos	schaeferianus
	bolusii , Pleiospilos nelii,	(3 вида)
	Cheiridopsis herrei	
	(8 видов)	

Примечание: жирным шрифтом обозначены виды локализованные в нескольких провинциях ЮАР.



Puc. 5. Внешний вид Glottiphyllum regium N.E. Br.



Рис. 6. Локалитет *G. regium* в Южной Африке

Ha выходах кварцита В Succulent Karoo растет Mesembryanthemum tenuiflorum Jacq. (syn. Phyllobolus tenuiflorus (Jacq.) Gerbaulet) – каудексный суккулент с цилиндрическими листьями, полупрозрачными пузырчатыми покрытыми клетками, высыхают полностью в сухой период. Площадь произрастания *M. tenuiflorum* менее $1\ 100\ \text{кm}^2$, известно всего до $10\$ локальных точек. В оранжерее ГБС цветет в сентябре-октябре, цветки эффектные, малинового цвета с желтой срединной полосой.

Aloe pearsonii Schönland — это необычный вид алое с вертикальными рядами листьев. Эндемик северной части Рихтерсфельдского заповедника, а также встречается в горах к северу от Оранжевой реки в южной части Намибии. Рихтерсвельд является единственной истинной горной пустыней. Здесь экстремально мало осадков, которых выпадает от 52 мм до 154 мм в год. Алоэ может выживать в течение нескольких сезонов без воды, в этот момент листья становятся красноватыми, что обычно ассоциируется со стрессом. Вид находиться под угрозой исчезновения в природе в результате незаконного сбора и потери среды обитания из-за горнодобывающей деятельности, и чрезмерного выпаса скота.

Особенности выращивания редких суккулентных растений в условиях культуры.

В культуре редкие виды южноафриканских суккулентов выращивать сложнее других растений, так как большинство из них являются локальными эндемиками с узкими адаптациями к субстратам и климату (см. рис. 4). Они отличаются сезонностью поведения, как в природе, так и в коллекциях. Например, представители рода Othonna, в отличие от многих других суккулентов не имеют периода зимнего покоя и требуют зимой особого режима полива. Кроме того, они более теплолюбивые, чем другие суккуленты. Даже свежесобранные семена, например – Othonna всходят очень неравномерно (Озерова, 2020). В то же время следует отметить, что в культуре не всегда обязательно строго выдерживать условия освещённости, близкие к природным, т.к. для растений достаточны лишь близкие световые режимы, тем более что в условиях культуры нет активных световых конкурентов, а агротехника выращивания В какой-то степени компенсирует недостаток освещенности для растений (Чичканова, 2019). Условия освещённости непостоянны и зависят от географической широты региона, влажности и прозрачности атмосферы, времени года, суток и других факторов, а в оранжереях не только от чистоты остекления, но и угла наклона стёкол. Наряду со световым, температурным режимом, важнейшим фактором при выращивании растений в условиях оранжереи является влажность воздуха. При излишней влажности воздуха (более 95,0%), особенно в зимний период, практически прекращается доступ воздуха к корневым волоскам, что ведёт к закисанию почвенной системы (Горницкая, 2007).

Успешная интродукция редких суккулентов Южной Африки

Проходит и в оптимальных условиях открытого грунта на Южном берегу Крыма в НБС, где климат засушливый, жаркий, субтропический, с умеренно-теплой зимой, поэтому суккуленты здесь могут зимовать и в открытом грунте (Delosperma cooperi (Hook. f.) L. Bolus, Lampranthus multiradiatus (Willd.) Schwantes (syn. L. roseus (Willd.) Schwantes), или в оранжерее, где представлены виды, природный ареал которых местности Южной Африка и о. Мадагаскар из следующих родов: Aeonium Webb. & Berthel., Aloinopsis Schwantes, Aloe L., Bergeranthus (Haw.) Schwantes, Lithops N.E. Br., Crassula L., Conophytum N.E. Br., Cheiridopsis L., Euphorbia L., Faucaria Tisch., Gasteria Duval., Gibbaeum Haw., Glottiphyllum Nebr., Haworthia Duval., Kalanchoe Adans., Lampranthus N.E. Br., Pleiospilos N.E. Br., Stapelia L. представленных родов В оранжерее Никитского ботанического сада, виды – Aloe, Aloinopsis, Bergeranthus, Cheiridopsis, Gasteria, Gibbaeum, Haworthia, Lampranthus, Pleiospilos имеют статус редкости на который следует обращать особое внимание при сохранении коллекции в целом (см. табл. 1, 2). Большинство таксонов видов) южноафриканских суккулентов представленных коллекции НБС имеют статус Data Deficient (DD), что указывает на отсутствие достаточной информации о таксонах и на их чрезвычайную редкость (Aloinopsis malherbei, Lampranthus formosus, L. multiradiatus, Pleiospilos nelii, Bergeranthus multiceps, Haworthia herbacea, H. maculata, H. marumiana, H. mirabilis, H. retusa, H. mucronata). Три таксона южноафриканских суккулентов имеют статус - Critically Endangered (CR), или являются под угрозой исчезновения с чрезвычайно высоким риском их исчезновения (Aloe peglerae, Gasteria nitida var. armstrongii, Gibbaeum esterhuyseniae), один вид (Cheiridopsis herrei) находится под угрозой исчезновения, имея статус – EN (см. табл. 1, 2). В коллекции ГБС представлены южноафриканские суккуленты (11 видов), которые имеют статус Vulnerable (Vu) -«уязвимые», к их числу принадлежат: Aloe pearsonii, Adromischus montium-klinghardtii, Crassothonna opima, Othonna arbuscula, O. armiana, O. cacalioides, O. coronopifolia, O. herrei, O. lepidocaulis, Mesembryanthemum tenuiflorum, Tylecodon schaeferianus (рис. 7).

Определено, что в коллекции НБС 11 видов южноафриканских суккулентов имеют статус категории – \mathbf{DD} , что составляет – 61,3%. Данный статус подтверждает отсутствие достаточной информации о редкости видов. В коллекции ГБС преобладает 11 видов

южноафриканских суккулентов, которые имеют статус Vulnerable (**Vu**) – «уязвимые», что составляет 64,8 % от числа исследуемых видов.

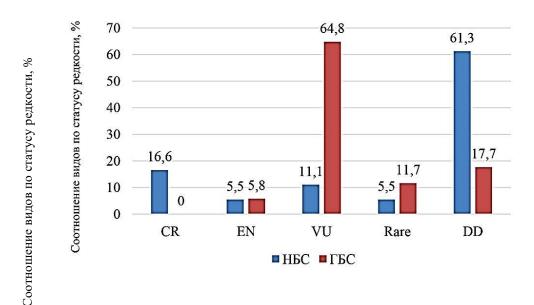


Рис. 7. Соотношение южноафриканских видов в коллекциях НБС и ГБС, распределенных по их статусу редкости: Critically Endangered (**CR**) – под угрозой исчезновения с чрезвычайно высоким риском; Endangered (**EN**) – находящийся под угрозой исчезновения; Vulnerable (**Vu**) – уязвимый; **Rare** – редкий; особый статус имеют виды, которые настолько редки, что их относят к категории Data Deficient (**DD**) – нет достаточной информации; НБС – Никитский ботанический сад (г. Ялта); ГБС – Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН (г. Москва)

Таким образом, коллекции редких видов НБС и ГБС обладают уникальной образовательной ценностью и имеют большое значение, как источник материала для научных исследований, а также способствуют сохранению генетического И морфологического разнообразия живых систем и познанию закономерностей их формирования (Плугатарь и др., 2021). Коллекции редких видов южноафриканских суккулентов способствуют их популяризации среди населения, в тематических изданиях по комнатному цветоводству и других средствах массовой информации; кроме этого, коллекции играют большую роль при проведении научных конференций и симпозиумов по систематике растений, ботанике, таксономии и филогении, проблемам коллекционных работ; поддержанию развитию контактов с ботаническими учреждениями, имеющими коллекции, с целью привлечения нового генетического материала в коллекцию.

Список литературы

- Багрикова Н.А., Чичканова Е.С. 2017. Роль ботанических садов в сохранении представителей семейства Cactaceae Juss. // Редкие виды живых организмов: проблемы, перспективы и уровни охраны: материалы международной научно-практической конференции, 17 ноября 2017 г., г. Тамбов. Тамбов. С. 828-832.
- Горницкая И.П. 2007. Научные основы интродукции тропических и субтропических растений на юго-востоке Украины // Промышленная ботаника. Вып. 7. С. 22.
- Озерова Л.В. 2020. Род *Othonna* L. в природе и культуре // Растительное разнообразие: состояние, тренды, концепция сохранения: тезисы докладов Всероссийской конференции с участием иностранных ученых, 30 сентября 3 октября 2020 г. Новосибирск. С. 128.
- Плугатарь Ю.В., Чичканова Е.С., Головнева Е.Е., Головнёв И.И. 2021. К 25летнему юбилею кактусовой оранжереи Никитского ботанического сада // Plant biology and Horticulture: theory, innovation. Биология растений и садоводство: теория, инновации. № 2 (159). С. 83-95.
- Тимонин А.К., Озерова Л.В., Эбервайн Р.К. 2012. Seneciooneae Суккулентного Кару: модель для проверки концепции исторической биогеографии // Материалы конф. «Биогеография: методология, региональный и методологический аспекты». М.: КМК. С.163-166.
- *Тимонин А.К., Озерова Л.В.* 2002. Основы географии растений. М.: МГПУ. 136 с.
- Федотов А.П., Озерова Л.В. 2021. Разработка методов размножения узкоареальных видов южноафриканских суккулентов из круга родства Curio (Asteraceae) в культурах побегов *in vitro* // Труды по интродукции и акклиматизации растений. Вып. 1. С. 415-420.
- *Чичканова Е.С.* 2019. Биоморфологические особенности представителей рода *Rebutia* K.Schum. семейства Cactaceae Juss. в условиях защищённого грунта: автореферат дис. ... канд. биол. наук. Ялта. 24 с.
- Schmiedel U. 2002. The Quartz Fields of Southern Africa flora, phytogeography, vegetation and habitat ecology: doctor thesis. Köln. 383 p.
- Plants of the World Online. 2017. [Электронный ресурс]. Режим доступа: https://powo.science.kew.org/
- Red List of South African Plants version 2020.1. Downloaded from Redlist.sanbi.org on 2021.03.03.
- Van Jaarsveld E.J., Visagie M. 2015. Curio muirii // Flowering Plants of Afric. V. 64. P. 144-149.

PRESERVATION OF RARE SOUTH AFRICAN SUCCULENTS IN COLLECTIONS OF BOTANICAL GARDENS

L.V. Ozerova¹, E.S. Chichkanova²

¹Tsitsina Main Botanical Garden RAS, Moscow ²Nikitsky Botanical Garden – National Scientific Center RAS, Yalta

A list of 36 rare South African succulents with local distribution in their natural range in South Africa is given. It was revealed that the collection of the Nikitsky Botanical Gardens (NBG) contains 18 such South African succulent species from nine genera, and the collection of the N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences contains 17 such species from eight genera. It was determined that 11 species in the NBG's collection have the status of category – **DD**, which confirms the lack of sufficient information about their rarity. The MBG's collection is dominated by 11 species of South African succulents, which have the status of Vulnerable (Vu) – "vulnerable". The predominant number of species (8) in the NBG's collection is localized in South Africa in the Western Cape and Eastern Cape provinces; in the MBG's collection, the predominant number of species (11) is localized in the Northern Cape Province. Thus, collections of rare species contribute to the preservation of the genetic and morphological diversity of living systems and the knowledge of the patterns of their formation.

Keywords: South African succulents, rare species, preservation, collections, Nikitsky Botanical Gardens, N.V. Tsitsin Main Botanical Garden of the Russian Academy of Sciences.

Об авторах:

ОЗЕРОВА Людмила Викторовна — кандидат биологических наук, доцент, старший научный сотрудник лаборатории тропических растений, ФГБУН «Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН», 127276, Москва, Ботаническая улица, д. 4, e-mail: lyozerova@yandex.ru.

ЧИЧКАНОВА Елена Сергеевна — кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории дендрологии, парковедения и ландшафтной архитектуры, отдела дендрологии, цветоводства и ландшафтной архитектуры, ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский ботанический сад — Национальный Научный Центр», 298648, Республика Крым, Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, д. 52, e-mail: lena.chichkanovarevenko@mail.ru.

Озерова Л.В. Сохрарнение реких южноафриканских суккулентов в коллекциях ботанических садов / Л.В. Озерова, Е.С. Чичканова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 59-70.

УДК 581.821.1

DOI: 10.26456/vtbio267

СТРОЕНИЕ СТРУКТУРНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ЛИСТОВОЙ ПЛАСТИНКИ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *AMELANCHIER* MEDIK. В КУЛЬТУРЕ *IN VITRO* И НА ЭТАПЕ АДАПТАЦИИ*

Е.Н. Раева-Богословская, О.И. Молканова, Ю.К. Виноградова, Ю.Н. Горбунов

Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, Москва

Адаптивная способность растения *in vitro* во многом зависит от строения листовой пластинки. Устьичный аппарат, а также другие элементы эпидермиса могут играть решающую роль в устойчивости растения к различным стрессовым факторам. Однако данные, отражающие строение эпидермиса листа у таксонов Amelanchier Medik (Ирга), в научной литературе представлены неполно и фрагментарно. Целью работы является установление закономерностей изменения структурных элементов листовой пластинки регенерантов, относящихся к различным видам рода Ирга, в культуре in vitro и ex vitro. Для изучения особенностей развития устьичного аппарата проведено сравнение листовых пластинок в различных условиях культивирования: in vitro и на этапе адаптации. -Использован метод исследования отпечатков устьиц по Полаччи. Морфометрические признаки устьиц (длина полярной экваториальный диаметр) измеряли с помощью цифрового микроскопа Keyence VHX-1000E на лаковых репликах с листьев срединной формации. Все представители рода Amelanchier вне зависимости от условий культивирования имеют гипостоматический тип листа. Все образцы характеризовались аномоцитным типом строения устьичного аппарата, на этапе собственно клонального микроразмножения единично встречался анизоцитный тип устьиц. Отмечено, что форма устьиц при переходе из культуры in vitro в ex vitro почти у всех изучаемых представителей рода Amelanchier, кроме ×Amelasorbus, изменялась от округлой к эллиптической. У ×Amelasorbus данный показатель достоверно не изменился, отношение полярной оси к экваториальному диаметру меньше 1,5. Установлены статистически значимые различия между площадью устьичного аппарата у культивируемых эксплантов и растений, действием абиотического прошедших изменения под Относительная площадь транспирации снизилась у ×Amelasorbus в 3,5 раза, у А. canadensis почти в 2 раза, у А. alnifolia - в 1,5 раза.

Ключевые слова: Amelanchier, in vitro, ex vitro, устычный аппарат.

_

^{*} Работа выполнена при поддержке госзаданий № 122042700002-6 и 122042600141-3

Введение. Род Ирга Amelanchier Medik. относится к семейству Розовые (Rosaceae), подсемейству Яблоневые (Maloideae) и включает от 24 до 28 видов, распространенных в умеренной зоне Северного полушария, в основном, в Северной Америке (ITIS, 2022; POWO, 2022).

Ирга относится к перспективным для России культурам. Растение устойчиво к различным абиотическим факторам и характеризуется рядом хозяйственно ценных признаков (Куклина, 2007; Герасимова, 2017). Плоды пригодны для переработки, высокое содержание антоциана дает возможность использовать их в качестве натурального красителя (Архипова, 2006; Хромов, 2007; Лисовец, 2019). Наличие полезных для человека биологически активных веществ и антиоксидантные свойства позволяют рекомендовать иргу для применения в лекарственных целях (Лаксаева, 2013). В России кустарник известен, по большей части, как плодовая культура и редко встречается в качестве элемента ландшафтной композиции. Однако в Европе, Канаде и США данное растение активно используют как декоративное благодаря весеннему цветению и яркой осенней окраске листьев.

Одной из основных задач растениеводства является расширение ассортимента возделываемых культур. Решение этой задачи заключается во введении в коммерческое производство растений с высоким биоресурсным потенциалом из других регионов. Внедрение новых культиваров в широкое использование зависит от способа получения посадочного материала и адаптивной способности интродуцированного вида.

На сегодняшний день одним из высокотехнологичных методов получения посадочного материала является клональное микроразмножение. Для многих плодовых и декоративных растений уже разработаны протоколы культивирования в условиях *in vitro* (Кильчевский, 2012). Данный способ позволяет не только эффективнее использовать площади питомника и уменьшить сроки выращивания стандартных саженцев на 1-3 года в зависимости от вида растения, но и сохранять в коллекции *in vitro* редкие генотипы (Малаева, 2016).

Адаптивная способность растения во многом зависит от строения листовой пластинки. Многие авторы сходятся во мнении, что устьичный аппарат, а также другие элементы эпидермиса могут играть решающую роль в устойчивости растения к различным стрессовым факторам (Киселева, 2009; Папихин, Дубровский, 2011; Кутас, 2012; Кумахова, Воронкова и др., 2019; Vinogradova, 2019). Наиболее критическим этапом в технологии клонального микроразмножения является адаптация растений к условиям *ex vitro*. Гибель регенерантов на этом этапе связана с рядом анатомических и физиологических

особенностей, которые они приобретают в условиях повышенной влажности. Такие растения отличаются снижением работы устьичного аппарата, отвечающего за транспирацию, что ведет к быстрой потере влаги (Blanke, 1989).

Имеются сообщения об изучении листьев в культуре *in vitro* и *ex vitro* различных видов растений (Кутас, 2012; Rogova, Ganeva et al., 2015; Егорова, Виноградова и др., 2016; Aliniaeifard, Asayesh, Driver, 2020; Tilkat, Hoşgören, 2020). Исследователи выявляют факторы, влияющие на формирование и работу устьичного аппарата, с целью увеличения выхода адаптированных растений. Помимо этого, микроморфологические особенности эпидермиса могут служить дополнительными диагностическими признаками для разграничения таксонов. Это доказано на примере других видов двудольных – *Solidago* L., *Cydonia oblonga* Mill., *Pseudocydonia sinensis* (Thouin) С.К. Schneid., *Chaenomeles japonica* (Thunb.) Lindl.ex Spach и т.д. (Vinogradova, Riabchenko et al., 2018; Vinogradova, Grygorieva, Vergun, 2019, 2020; Виноградова, 2021).

Анатомо-морфологическое строение листовой пластинки Ирги практически не изучено. Для Amelanchier ovalis Medic. установлен ксеноморфный тип строения эпидермиса, что объясняет высокую приспособляемость A. ovalis к различному диапазону высот при произрастании в горных условиях (Ganeva, 2010). При изучении Amelanchier spicata (Lam.) С. Косh выявлены признаки, характерные других растений семейства розоцветные (простые одноклеточные толстостенные, с гладкой поверхностью трихомы), так и совокупность отличительных признаков, характерных именно для этого вида (мезофилл содержит кристаллические включения оксалата кальция – друзы; жилки листа окружены кристаллоносной обкладкой оксалата кальция) (Дроздова, 2019). Таким образом, в научной литературе представлено недостаточно данных, отражающих строение эпидермиса листа у таксонов Amelanchier Medik., что делает актуальными исследования в данном направлении. Целью работы является установление закономерностей изменения структурных элементов листовой пластинки регенерантов, относящихся различным видам рода Ирга, на этапе адаптации.

Материалы и методы. В качестве объектов исследования использованы различные представители рода *Amelanchier* Medik.: *A. alnifolia*) Nutt. ex M.Roem., *A. canadensis* (L.) Medik, *×Amelasorbus* Rehder (= *A. alnifolia×Sorbus scopulina* Greene).

Изучение особенностей развития устьичного аппарата проводили в два этапа:

1. Размножение в условиях *in vitro* изучаемых объектов на питательной среде Murasige and Skooga (1962) с добавлением 1,0 мг/л

6-бензиламинопурина. Листья с микропобегов отбирали через два месяца после переноса на свежую питательную среду.

2. Адаптация уже укорененных растений-регенерантов в условиях теплицы. Листья для анализа изменений характеристик устьиц собраны с растений через 2 месяца после адаптации.

На всех этапах исследования использован метод отпечатков устьиц по Полаччи. Метод основан на получении тонкой прозрачной пленки с отпечатками (репликами) устьиц при помощи нанесения прозрачного лака на поверхность листа. Морфометрические признаки устьиц (длина полярной оси и экваториальный диаметр) измеряли с помощью цифрового микроскопа Кеуепсе VHX-1000E на лаковых репликах с листьев срединной формации в не менее чем 5 полях зрения. Статистические данные обрабатывались в пакете программ для анализа данных – PAST 2.17с.

Результаты. Процесс адаптации регенерантов обеспечивается перестройкой структурно-функциональной организации различных частей растения под действием изменившихся условий культивирования. Особенности листовой пластинки и её пластичность могут характеризовать адаптивную способность вида.

У всех изучаемых представителей рода *Amelanchier* Medik. вне зависимости от окружающих условий (*in vitro* или адаптированное растение) устьица находились только на абаксиальной (нижней) стороне листовой пластинки, что является признаком гипостоматического типа листа (Лотова, 2001) (рис. 1).



Рис. 1. Верхняя сторона листовой пластинки A. alnifolia

Все образцы характеризовались, в основном, аномоцитным типом устьиц, то есть замыкающие клетки устьица были окружены неопределенным количеством побочных клеток, которые не отличались от основных клеток эпидермы. Данный тип устьичного аппарата наблюдается у многих двудольных растений (Лотова, 2001). Однако, в наших исследованиях у листьев, отобранных из асептических условий, иногда встречался и анизоцитный тип устьиц (рис 2).

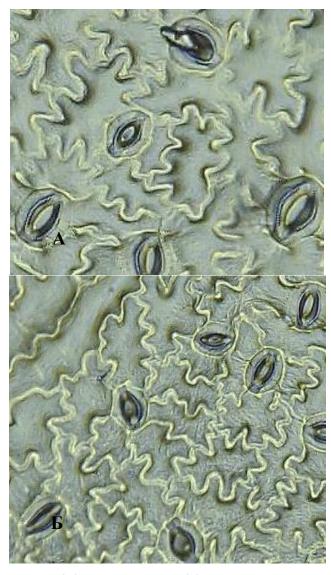


Рис. 2. Анизоцитные (A) и аномоцитные (Б) типы устьичного аппарата у $A.\ alnifolia$

Морфометрические данные по размерам устьиц приведены в таблице 1. Коэффициент вариации (CV) морфометрических признаков у большинства образцов находится в пределах от 13 до 20%, что по шкале С.А. Мамаева говорит о среднем уровне изменчивости признаков (Мамаева, 1972). Исключение составляют полярные оси устьиц у A. alnifolia in vitro, A. canadensis ex vitro, ×Amelasorbus in vitro и ex vitro, которые характеризовались низким уровнем изменчивости (CV от 8 до 12%).

Таблица 1

Морфометрические показатели размеров и формы устьиц										
		A.canadensis in vitro	A.canadensis ex vitro	A. alnifolia in vitro	A. alnifolia ex vitro	×Amelasorbus in vitro	×Amelasorbus ex vitro			
Полярная ось (L), мкм	min	28,2	29,5	30,6	29,1	25,7	24,5			
	max	44,8	43	43,8	40,1	39,3	33,3			
	CV, %	13	9	9	8	10	8			
	M±m	37,6±0,9	36,2±0,5	35,6±0,6	34,7±0,5	31,9±0,5	28,6±0,4			
Экватори- альный диаметр (D), мкм	min	16,7	15,6	21,9	15,7	18,9	14,8			
	max	41,2	34,7	34,6	28,8	38,6	29,7			
	CV, %	13	16	9	14	10	11			
	M±m	32,9±0,9	22,6±0,7	29,6±0,5	21,9±0,6	$28,5\pm0,7$	21,9±0,4			
Форма (L/D)	min	0,8	1,1	1	1,2	0,8	1			
	max	1,7	2,1	1,4	2,3 1,6		1,9			
	CV, %	14	14	11	14	14	13			
	M±m	1,2±0,0	1,6±0,0	1,2±0,0	1,6±0,0	$1,1\pm0,0$	1,3±0,0			

В условиях *in vitro* максимальными показателями по длине полярной оси (L) и экваториального диаметра (D) характеризовался A. canadensis (37,6±0,9 и 32,9±0,9, соответственно), минимальными — \times Amelasorbus (31,9±0,5 и 28,5±0,7). В условиях ex vitro наибольшие показатели L и D (36,2±0,5; 22,6±0,7) также наблюдали у A. canadensis, а наименьшие у \times Amelasorbus (28,6±0,4 и 21,9±0,4). Средняя длина поляной оси у A. canadensis и A. alnifolia существенно не различалась на различных этапах, в то время как у \times Amelasorbus на этапе адаптации она стала ниже. После этапа адаптации у всех изучаемых генотипов средняя длина экваториального диаметра устьица значительно снизилась.

Форму устьиц определяли как отношение полярной оси (L) к экваториальному диаметру (D). Округлыми считаются устьица, у которых соотношение L/D лежит в пределах 1,0-1,4, а эллиптическими -1,5-2. Таким образом, у всех образцов, взятых из культуры *in vitro*, отмечена округлая форма устьиц, а у собранных с адаптированных

растений, кроме ×*Amelasorbus*, – эллиптическая, при этом у *A. alnifolia* выявлен низкий уровень вариации данного признака.

Исходя из измерений полярной оси и экваториального диаметра, можно рассчитать площадь одного устьица по формуле $S=\pi^*L^*D/4$. На рисунке 3 визуализированы площади одного устьица и форма устьица в различных условиях у отобранных образцов

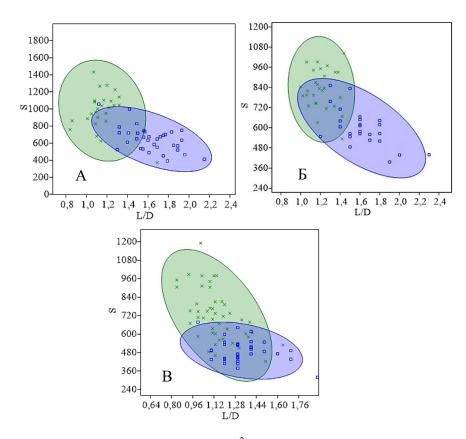


Рис. 3. Площадь одного устьица (мкм²) и форма устьица у различных представителей рода Ирга *in vitro* (зеленый цвет) и *ex vitro* (синий цвет): A-A. *canadensis*; B-A. *alnifolia*; B-X

Наибольшими площадями стерильной В культуре $980,0\pm43,5$ характеризовались устьица canadensis MKM^2 , A. наименьшей — \times Amelasorbus (721,0 \pm 24,7 мкм²). В условиях *ex vitro* сохранялось аналогичное соотношение площадей устьичного максимальной аппарата: canadensis отличался площадью $(646,5\pm25,0 \text{ мкм}^2)$, а $\times Amelasorbus$ — минимальной $(491,8\pm11,6 \text{ мкм}^2)$. Максимальное число устьиц в одном поле зрения наблюдали у ×Amelasorbus in vitro – 9,2 шт., минимальное у ×Amelasorbus ex vitro –

3,8 шт. В процессе адаптации к нестерильным условиям у всех видов площадь устьичного аппарата снизилась в 1,5 раза.

Зная площадь и число устьиц в поле зрения, можно рассчитать относительную площадь транспирации по формуле $I_{ot} = \frac{\Sigma nS}{\Sigma S_f} * 100\%$, где n — число устьиц в поле зрения, S — площадь одного устьица, а S_f — площадь одного поля зрения (37272,04 мкм²) (Vinogradova, 2019). Наибольшее изменение относительной площади транспирации отмечено у \times Amelasorbus (от 17,5% в культуре in vitro до 5,0% после адаптации). Относительная площадь транспирации у A. canadensis снизилась почти вдвое (с 17,1% до 9,7%), в то время как у A. alnifolia — в 1,5 раза (с 12,4% до 8,0%).

Выводы. На этапе клонального микроразмножения таксоны рода *Amelanchier* не имеют диагностических различий по признакам устьичного аппарата. У всех представителей рода *Amelanchier* листья гипостоматические, и устьица находятся только на абаксиальной стороне листовой пластинки.

Тип устьичного аппарата, в основном, аномоцитный, единично встречается анизоцитный тип у листьев, отобранных из стерильных условий.

В ходе адаптации и у A. canadensis, и у A. alnifolia меняется форма устьиц: в условиях *in vitro* устьица округлые, тогда как в условиях *ex vitro* устьица приобретают эллиптическую форму.

×Amelasorbus быстрее адаптируется к меняющимся условиям среды, в сравнении с A. alnifolia и A. canadensis: в условиях ex vitro площадь одного устьица и число устьиц ниже, из-за чего снижается площадь транспирации.

Список литературы

Архипова Т.Н., Крылова Н.В. 2006. Пюре из мелкоплодных сибирских яблок и ирги // Садоводство и виноградарство. С. 12-13.

Виноградова Ю.К. 2021 Строение устьичного аппарата видов рода Impatiens // Бюлл. Гл. ботан. сада 2021. Вып. 207. № 1. С.40-45.

Герасимова Е.Ю. 2017. Эколого-биологическая оценка видового состава и методы создания зеленых насаждений с использованием интродуцентов в условиях степной зоны Южного Урала: на примере Оренбургской области: автореф. дис. ... канд. биол. наук. 19 с.

Дроздова И.Л., Трембаля Я.С. 2019. Изучение микродиагностических признаков листа ирги колосистой (*Amelanchier spicata* (Lam.) С. Косh.) // Курский научно-практический вестник человек и здоровье. Курск: Курский государственный медицинский университет. № 3. С. 79-86.

Егорова Д.А., Виноградова Ю.К., Горбунов Ю.Н., Молканова О.И. 2016. Клональное микроразмножение и оценка адаптивной способности

- белоцветковой формы *Chamaenerion angustifolium* (L.) Scop. // Вестник Удмуртского ун-та. Сер. Биология. Науки о земле. Т. 26. № 4. С. 25-31.
- Кильчевский А.В. 2012. Генетические основы селекции растений. В 4 т. Т. 3. Биотехнология в селекции растений. Клеточная инженерия Минск: Беларус. навука. 489 с.
- Киселева Н.С. 2009. Оценка адаптационной способности различных генотипов груши по морфоанатомическому и физиологическому состоянию листьев // Сельхозбиология. № 3. С. 34-38.
- *Куклина А.Г.* 2007. Жимолость, ирга. М.: Ниола-пресс. 240 с.
- Кумахова Т.Х., Воронкова А.С., Бабоша А.В., Рябченко А.С. 2019. Морфофункциональная характеристика листьев и плодов Maloideae (Rosaceae): Микроструктура поверхностных тканей // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. СПб.: ФГБНУ Федеральный исследовательский центр Всероссийский институт генетических ресурсов растений им. Н.И. Вавилова. Т. 180. № 1. С. 105-112.
- Кутас Е.Н. 2012. Адаптация регенерантов интродуцированных сортов голубики высокой и брусники обыкновенной, регенерированных в культуре *in vitro*, к условиям *ex vitro* // Голубиководство в Беларуси: итоги и перспективы: сб. тр. науч.-практ. конф. Минск. С. 29-35
- Лаксаева Е.А., Сычев И.А. 2013. Влияние полисахарида ирги обыкновенной на резистентность мембран эритроцитов. // Российский медико-биологический вестник им. акад. И.П. Павлова / Рязан. гос. мед. ун-т им. акад. И.П. Павлова. С. 65-68.
- Лисовец Т.А., Мельникова Е.В. 2019. Получение порошка из ягод ирги для использования в кондитерских изделиях // Проблемы современной аграрной науки: сб. трудов междунар. науч. конференции, 15 октября, Красноярск. С. 341-345.
- *Лотова Л.И.* Морфология и анатомия высших растений 2001. М.: Эдиториал УРСС. 528 с.
- Малаева Е.В., Молканова О.И., Коновалова Л.Н. 2016. Использование биотехнологических методов для ускоренного размножения ягодных культур // Плодоводство и ягодоводство России. М.: ФГБНУ ВСТИСП. Т. 45. С. 103-108.
- *Мамев С.А.* 1972. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства Pinaceae на Урале). М.: Наука. 284 с.
- Папихин Р.В., Дубровский М.Л., Кружков А.В. 2011. Цитоанатомический анализ устьиц у сортов и форм абрикоса для оценки потенциала засухоустойчивости // Плодоводство и ягодоводство России. М.: Всероссийский селекционно-технологический институт садоводства и питомниководства. Т. 28. № 2. С. 123-129.
- *Хромов Н.В.* 2007. Оценка генофонда ирги по хозяйственно-биологическим признакам и технология размножения в условиях Тамбовской области: автореф. дис. канд. . . . с.-х. наук. 23 с.
- Aliniaeifard S., Asayesh Z.M., Driver J. 2020. Stomatal features and desiccation responses of Persian walnut leaf as caused by in vitro stimuli aimed at stomatal closure // Trees. V. 34. P. 1219-1232.

- *Blanke M.M.* 1989. Stomata of apple leaves cultured in vitro // Plant. Cell. Tissue and Organ Culture. V. 19. № 1. P. 85-89.
- Ganeva T., Uzunova K. 2010 Leaf Epidermis Structure in Amelanchier ovalis Medic. (Rosaceae) // Biotechnology & Biotechnological Equipment. V. 24. Sup. 1. P. 36-38.
- ITIS. 2022. Integrated Taxonomic Information System / Published on the Internet / Accessed 04.08.2022.
- POWO. 2022. Plants of the World Online. Facilitated by the Royal Botanic Gardens, Kew / Published on the Internet; https://powo.science.kew.org/Accessed 04.08.2022
- Rogova M., Ganeva T., Stefanova M., Koleva D., K.-Toteva Vol. 2015. Morphoanatomical study of *in vitro* propagated and *ex vitro* adapted *Achillea thracica* velen. Plants // Bulgarian Journal of Agricultural Science. V. 21. P. 947-950.
- *Tilkat E., Hoşgören, H., Kaplan A., Tilkat E.* 2020. Stomatal and morphological characteristics of micropropagated pistachio // Journal of the Institute of Science and Technology. V. 10(2). P. 799-807.
- Vinogradova Yu.K., Grygorieva O.V., Vergun E.N. 2020. Stomatal structure in Symphyotrichum Nees species as an additional index of invasiveness // Russian Journal of Biological Invasions. V. 12. № 1. P. 27-35
- Vinogradova Yu., Grygorieva O. Vergun, Olena. 2019. Stomatal Structure in Solidago L. species as the index of their adaptation opportunities // Agrobiodiversity for Improving Nutrition, Health and Life Quality. V. 3. P. 101-110.
- Vinogradova Yu., Riabchenko A., Gorbunov Yu., Grygorieva O., Brindza J. 2018. Characteristic of stomata for Cydonia oblonga Mill., Pseudocydonia sinensis (Thouin) C.K. Schneid. and Chaenomeles japonica (Thunb.) Lindl.ex Spach species // Annals of the Romanian Society for Cell Biology. V. 22. Is. 2. P.18-25.

STRUCTURE OF THE LEAF BLADE OF AMELANCHIER MEDIK. PLANTS IN VITRO AND AT THE ADAPTATION STAGE

E.N. Raeva-Bogoslovskaya, O.I. Molkanova, Yu.K. Vinogradova Tsitsin Main Botanical Garden RAS, Moscow

The adaptive ability of a plant *in vitro* largely depends on the structure of the leaf blade. The stomatal apparatus and other elements of the epidermis can play a decisive role in plant resistance to various stress factors. Data reflecting the structure of the leaf epidermis of the taxa *Amelanchier* Medik (serviceberry) are incomplete and fragmentary in the scientific literature. The purpose of the work is to establish patterns of changes in the structural elements of regenerants leaf blade of the genus *Amelanchier in vitro* and *ex vitro*. To study the features of the development of the stomatal apparatus, we compared leaf blades under various cultivation conditions: *in vitro* and at the

stage of adaptation. The method of studying the imprints of stomata according to Polacci was used. Morphometric features of stomata (polar axis length and equatorial diameter) were measured using a Keyence VHX-1000E digital microscope on lacquer replicas from leaves of the median formation. All representatives of the genus Amelanchier, regardless of cultivation conditions, have a hypostomatic leaf type. All samples were characterized by the anomocytic type of stomatal apparatus structure; at the stage of proper clonal micropropagation, the anisocytic type of stomata was encountered sporadically. It was noted that the shape of stomata during the transition from in vitro to ex vitro culture in almost all studied representatives of the genus Amelanchier, except for ×Amelasorbus, changed from round to elliptical. In ×Amelasorbus, this indicator did not change significantly; the ratio of the polar axis to the equatorial diameter was less than 1,5. Statistically significant differences were established between the area of the stomatal apparatus in cultivated explants and plants that underwent changes under the influence of abiotic stress. The relative transpiration area decreased by 3,5 times in ×Amelasorbus, by almost 2 times in A. canadensis, and by 1,5 times in A. alnifolia.

Keywords: Amelanchier Medik., in vitro, ex vitro, stomatal apparatus.

Об авторах:

РАЕВА-БОГОСЛОВСКАЯ Екатерина Николаевна — младший научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: katyaraeva@rambler.ru_

МОЛКАНОВА Ольга Ивановна — кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: molkanova@mail.ru.

ВИНОГРАДОВА Юлия Константиновна — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, ФГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsad@mail.ru.

ГОРБУНОВ Юрий Николаевич — доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Φ ГБУН Главный ботанический сад им. Н.В. Цицина РАН, 127276, Москва, ул. Ботаническая д. 4; e-mail: gbsran@mail.ru.

Раева-Богословская Е.Н. Строение структурных элементов листовой пластинки представителей рода *Amelanchier* Medik. в культуре in vitro и на этапе адаптации / Е.Н. Раева-Богословская, О.Н. Молканова. Ю.К. Виноградова, Ю.Н. Горбунов // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 71-81.

УДК 582.475:57.045:551.58 DOI: 10.26456/vtbio268

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛИСТВЕННИЦЫ СИБИРСКОЙ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ДЕПОНИРОВАНИЯ УГЛЕРОДА ЛЕСАМИ

Н.П. Савиных¹, А.А. Тетерин^{1,2}

¹Вятский государственный университет, Киров ²Министерство природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, Пермь

Ареал и эколого-биологические особенности лиственницы сибирской (Larix sibirica L.) оценены с позиций способностей изъятия из атмосферы и связывания углерода. Отмечена обусловленность широкого географического и экологического ареалов экологическими предпочтениями и биологическими особенностями вида. Показаны высокие секвестрирующие и депонирующие свойства особей вида. Сделан вывод о возможности использования L. sibirica для восстановления лесов на северо-востоке европейской России (в частности, в Кировской области) и повышения, в связи с этим, биоразнообразия и экосистемных функций лесов, включая продукцию высококачественной древесины.

Ключевые слова: климат планеты, секвестрация углерода, депонирование углерода, лиственница сибирская, прирост древесины, запас древесины, экологические потенции вида.

Введение. Неблагоприятные последствия изменения климата планеты из-за повышения выбросов парниковых газов в атмосферу стали объектом пристального внимания человечества на протяжении последних десятилетий. Потепление климата признано всеобщей проблемой. В 1992 году подписана Рамочная конвенция Организации Объединенных Наций об изменении климата Земли (Рамочная конвенция, 1992). Но реальных результатов на основе этого документа достигнуть не удалось: повсеместно наблюдалось повышение средних температур и увеличение природных катаклизмов. Для активизации положений Конвенции в 2015 году ведущими странами мира подписано Парижское соглашение по климату. Одним из наиболее эффективных приемов выведения парниковых газов из атмосферы признаны биологические методы на основе использования потенциала природных экосистем (Битва за климат..., 2021). Президент России В.В. Путин на саммите мировых лидеров в Глазго в рамках 26-й сессии Конференции Сторон Рамочной конвенции ООН об изменении климат 02 ноября 2021 года отметил, что одним из действенных способов регулирования климата Земли может стать устойчивое управление лесами. Россия — одна из крупнейших стран для решения этих проблем в мире: здесь расположено 20% всех лесов планеты (около 809 млн. га) (Битва за климат..., 2021). Деревья выполняют главную роль в процессах связывания и депонирования углерода. Но скорость этих процессов напрямую зависит от конкретного вида и стадии развития лесного сообщества. Поэтому выявление видов, способных в наибольшей степени обеспечить выведение углерода из атмосферы, и введение их в процессы лесовосстановления в настоящее время особенно актуальны.

В связи с этим цель данного исследования — оценка возможностей депонирования углерода одним из наиболее распространенных видов лесных деревьев России — лиственницы сибирской (*Larix sibirica* L.) на основе ее экологических и биологических особенностей в климатических условиях Кировской области — одного из крупнейших лесных регионов Европейской части РФ. В соответствии с этим решали следующие задачи:

- 1. Охарактеризовать экологические и биологические особенности *L. sibirica*, обеспечивающие ее широкое распространение.
- 2. Оценить биологические особенности вида в связи с механизмами секвестрации и депонирования углерода.
- 3. Оценить возможности использования *L. sibirica* в восстановлении лесов на северо-востоке европейской России (на примере Кировской области).

Методика. В работе использованы лесоводственные, ботанические и экологические подходы к оценке L. sibirica в сравнении с другими лесообразующими породами с позиций секвестрации и депонирования углерода. Понятия «секвестрация углерода» углерода» И «депонирование рассматриваем общепринятой трактовке. Секвестрация углерода – долгосрочное удаление, улавливание углекислого газа из атмосферы, свидетельствует о способности улучшения её газового состава. Депонирование углерода – связывание, накопление углерода и предотвращение его выхода в атмосферу (Битва за климат..., 2021 и др.).

Ареал вида приведен по Флоре СССР (1934). Жизненная форма определена по И.Г. Серебрякову (1962).

Экологические позиции *L. sibirica* описаны в соответствии со шкалами Д. Н. Цыганова (Цыганов, 1983; Экологические шкалы, 2010). Приведены характеристики вида по большинству факторов (за исключением шкал богатства почвы азотом (Nt) и переменности увлажнения (fH), по которым нет данных). По указанным в шкалах значениям определены 1) экологическая амплитуда (амплитуда толерантности вида) — отрезок шкалы режима фактора, в пределах

которого возможно существование вида; 2) экологический ареал — жизненное поле вида, ограниченное совокупностью экологических амплитуд по всем основным или нескольким избранным факторам. При соотнесении экологической амплитуды с числом ступеней шкалы по фактору рассчитана потенциальная экологическая валентность (PEV) как мера приспособленности популяций конкретного вида к изменению только одного экологического фактора. На основании полученных данных установлены индексы толерантности климатический, почвенный и общий, фракции валентности и группы толерантности вида.

По каждому фактору рассчитан балл условно оптимального режима (БУОР) как среднее межу двумя крайними значениями экологической амплитуды и установлены типы режима. По значениям БУОР каждого фактора определен коэффициент удовлетворительности условий среды обитания (КС) L. sibirica, определяющий качество среды для особей вида. Этот показатель вычисляется как частное от делимого (разности произведения удвоенного числа порядкового номера типа режима от края амплитуды толерантности вида по этому фактору и единицы) и делителя (числового значения числа элементарных режимов фактора, охватываемых амплитудой толерантности вида (Цыганов, 1983).

По известным данным (Природа..., 1960; Переведенцев и др., 2010) установлены значения основных факторов среды для подзоны южной тайги, распространенной на большей части Кировской области: теплового режима в мДж/м²/год, средней температуры самого холодного месяца (январь), гидротермического коэффициента (соотношение средних осадков и испарения), содержанию гумуса в почве, её кислотности. Соотнесены значения климата региона и каждого типа экологического режима по Д.Н. Цыганову (1983); оценено качество режима, возможности и способности существования лиственницы сибирской в Кировской области. Данные занесены в таблицу.

Непосредственная способность *L. sibirica* к секвестрации и депонированию углерода оценена на основании запасов и годового прироста древесины, продуктивности лесов. Для этого использованы литературные источники и лесоводственные материалы: региональные таблицы хода роста основных лесообразующих древесных пород для лесов Европейской части соответствующих бонитетов (Таблицы и модели роста..., 2006). Для сосны обыкновенней (*Pinus sylvestris* L.) и лиственницы использовали таблицы хода роста лесных культур. По ели (*Picea* L.) и березе (*Betula* L.) подобные таблицы в справочных материалах отсутствуют, поэтому в работе использованы таблицы хода роста древостоев. Поскольку осина обыкновенная (*Populus*

tremula L.) имеет обычно порослевое возобновление, для этого вида использовали таблицы хода роста осины порослевого происхождения.

Из указанных выше табличных данных использовали показатели запаса насаждения в кубических метрах по возрастам от 20 до 110 лет, а также текущее изменение запаса в кубических метрах на 1 гектар в год — прирост насаждения (далее — прирост).

Результаты и обсуждение. Территория Кировской области 120 тыс. км², простирается на 570 км с севера на юг и 440 км с запада на восток. Вследствие разного количества тепла и влаги, поступающих в природную среду, спектра типов почв и лесов, на территории региона выделены три лесорастительные зоны: средней тайги, южной тайги и хвойно-широколиственных лесов и соответственно три подзоны растительности: южной тайги, средней тайги, широколиственно-хвойных лесов (Природа..., 1960).

Климат континентальный с умеренно-холодной зимой и теплым летом. Поступление тепла оценивается в 300 мДж/м 2 /год; гидротермический коэффициент 1,4–1,5, что определяет превышение выпадающих осадков над испарением; температура самого холодного месяца (январь) — -12.8^0 — -14.5^0 . Территория расположена в зоне достаточного увлажнения с максимумом на лето. Почвы, пригодные для выращивания лесов, в основном дерново-подзолистые: слабо- и сильно оподзоленные с содержанием гумуса от 1,5 до 2,5 %, невысокой кислотности (РН 5,6–6,5) и сильно оподзоленные малоплодородные с содержанием гумуса 0,1–0,4 % и высокой кислотности (РН 4,0–5,5).

Леса в регионе расположены на около 7542,6 тыс. га (20% лесов Приволжского федерального округа); преимущественно бореального типа. Средний состав насаждений по породному составу выражается формулой 2С3Е3Б1Ос1Лц+ПедОлс (Лесной план Кировской области., 2018; О состоянии..., 2021). Основные лесообразующие породы: ель (на 2295,4 тыс. га с запасом 356,94 млн. м³), сосна обыкновенная (на 1594,6 тыс. га с запасом 268,55 млн. м³), осина обыкновенная (732,9 тыс. га с запасом 108,54 млн. м³), береза (2683,4 тыс. га с запасом 367,13 млн. м³). Также встречаются лиственница сибирская (*L. sibirica* L.), пихта сибирская (*Abies sibirica* L.), ольха серая (*Alnus incana* L.) Общий запас древесины в лесах, расположенных на землях всех категорий, составляет около 1,14 млрд. м³, в том числе хвойных пород 0,64 млрд. м³ (56%), мягколиственных – 0,50 млрд. м³ (44%).

Один из наиболее распространенных лесообразующих видов в России – *Larix sibirica*. Лиственничники занимают 41,6% покрытой лесом площади страны (Карасева, 2003).

 $Larix\ sibirica\ -$ летнезеленое листопадное прямостоячее одноствольное дерево. На западе ареал вида охватывает подзону

северной тайги до Белого моря. Северная граница ареала совпадает с границей тундр и достигает низовий Енисея и Пясины. Восточная граница проходит по водоразделу Лены и Енисея и далее к Яблоневому хребту. Изолированный участок ареала расположен в горах Саур и Табагатай. Larix rossica (Rgl.) Trautv., распространенная в части России, морфологически и экологически Европейской практически не отличается от сибирских популяций и рассматривается ныне как синоним Larix sibirica (Афонин и др., 2008). В Кировской области L. rossica активно возобновляется, особенно в сосняках на песчаных почвах. Среди вятских лесов есть участки разновозрастных лиственничников, возможно, естественного происхождения, особенно вдоль реки Вятки. По нашим наблюдениям, они представлены полноценными продуктивными лесами с элементами борового и неморального эколого-ценотических комплексов. Такие сообщества включены в перечень высоких природоохранных ценностей региона (Савиных и др., 2021).

Экологические позиции *L. sibirica* определены с помощью экологических шкал Д.Н. Цыганова (1983) (рис. 1, таблица).

Экологические амплитуды *L. sibirica* по разным факторам включают разное число элементарных режимов (ступеней по шкалам): три из 15 по От и 11 из 13 по Rc. Экологические режимы занимают на шкалах разное положение: по Tm, Cr, Tr – от минимальных до средних значений; по От и Hd – только средние значения; по Kn – от средних до максимальных. Этим определяется потенциальная экологическая валентность (PEV) вида. По От и Cr лиственница сибирская стенобионт; по Tm, Tr и Hd – гемистенобионт; по Rc и Lc – эврибионт.

Индекс толерантности климатический (0,34) характеризует вид как гемистенобионт; почвенный (0,56) – как мезобионт; общий (0,45) – также как гемистенобионт. Согласно этим данным, *L. sibirica* достаточно требовательна к условиям среды. Но по коэффициенту удовлетворительности среды (КС) основные климатические факторы (Тт, Kn, Om) и Нд лучшие (КС равен или более 100%). По шкалам Сг и Нд — хорошие. Лишь по шкалам Rc и Lc с широкой зоной толерантности удовлетворительные. По-видимому, это обусловлено расположением экологических режимов вида в пределах шкалы фактора. Именно поэтому, несмотря на значения PEV, растение способно существовать в широком диапазоне экологических режимов и имеет значительный экологический ареал. Наиболее показательным для оценки условий региона согласно общим позициям вида, имеет, на наш взгляд, определение условно оптимального экологического режима.

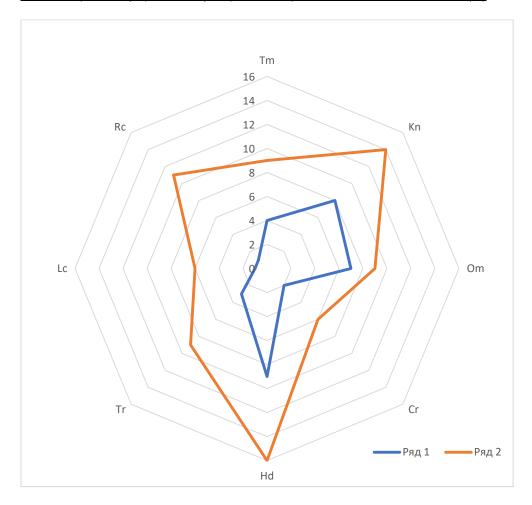


Рис. 1. Экологический ареал *Larix sibirica*: шкалы: Тт – термоклиматическая; Кп – континентальности климата; От – аридности-гумидности; Ст –криоклиматическая; Нd – увлажнения почвы; Тт – солевого режима; Lc –освещенности – затенения; Rc – кислотности почв; ряд 1 – минимальные, ряд 2 – максимальные значения фактора среды; цифровые значения амплитуды факторов указаны в таблице

Оказалось, что БУОР и определенный по нему этот показатель по всем факторам соответствуют континентальному климату с умеренно-холодной зимой и особенностям почв (небогатых, от слабокислых до кислых) Кировской области. Поэтому, согласно экологическим потребностям, *L. sibirica* можно успешно использовать для восстановления лесных ресурсов Кировской области. Но при выборе участка для создания посадок необходимо учитывать кислотность почв, а при уходе за посадками поддерживать необходимый световой режим.

Таблица

Экологические позиции Larix sibirica

Экологические позиции Larix sibirica											
Шкала_(признак) значения для Кировской области	1	2	3	4	5	6	7				
Tm <u>(</u> ккал/см² /год) 300 мДж/м² /год		<u>4–9</u> 6,5	0,35 Гс		Бореальный – субборельный	133/ 100/ 116					
Кп (изотерма самого холодного месяца) Климат континентальный	15	<u>8–14</u> 11	0,47 M		Субконтинентальный	107	Минимальные значения КС 100%, вид вынослив по этому фактору по				
От (разность годовых сумм осадков и испаряемости) Гидротермический коэффициент 1,4–1.5	15	<u>7–9</u> 8	0,2 C	0,34 ГС	Субаридный – субгумидный		всему ареалу. Условия лучшие.				
Сг (температура самого холодного месяца) — 12,8° — 14.5° Умеренно холодная зима. Теплое лето.	15	<u>2–6</u> 4	0,33 C		Промежуточная межу условиями суровых зим и довольно суровых зим	00/ 33/	Популяция устойчиво сущест- вует при КС 7–8%. Условия хорошие				
Hd	23	9–16 12,5			Промежуточная между сухолесо- луговой и влажнолесолуговой	200/ 219	Минимальные значения КС более 100%, по всему ареалу условия лучшие				
<u>Tr</u> Содержание гумуса 1,5–2%, у 45% почв – 0,1–0,4		<u>3–9</u> 6	0,37 Гс		Промежуточная между небогатыми и довольно богатыми почвами	57/	Условия хорошие, при выборе площадки для посадок учитывать тип почв				
<u>Rc</u> PH = 5,6–6,5 у слабокислых почв, 4,0–5,5 у кислых	13	<u>1-11</u> 6	0,85 Э	0,56 M	Промежуточная между кислыми и слабокислыми почвами	18/ 0/ 9	По среднему показателю условия удовлетворительные, КС больше 7–8%. При посадках учитывать кислотность почв				
Lc	9	<u>1–6</u> 3,5	0,67 Э		От полуоткрытых пространств до светлых лесов	0/	Условия удовлетворительные, освещенность регулировать уходами				

Примечание. 1— число ступеней шкалы; 2— в числителе— экологический ареал, в знаменателе— балл условно оптимального режима; 3— потенциальная экологическая валентность; 4— индекс толерантности; 5— условно оптимальный экологический режим; 6— коэффициент удовлетворительности среды: по максимальному значению/по минимальному значению/по баллу условно оптимального режима; 7— примечание.

В середине прошлого века кировские лесоводы активно экспериментировали, создавая лесные культуры из разных видов основных лесообразующих пород. В ряде районов в 50–60-е годы была посажена и *L. sibirica*. Преимущественно это были небольшие по площади участки среди лесов или в их окрестностях, на зарастающих лесом полях. К настоящему времени на месте посадок сформировались самостоятельные лесные насаждения. Эти данные дополнительно свидетельствуют о возможности создания лиственничных лесов в Кировской области.

По сравнению с другими лесообразующими видами хвойных деревьев лиственницы обладают особыми биологическими свойствами. Благодаря толстой коре, деревья наиболее устойчивы к низовым лесным пожарам и практически не повреждаются при низкой и средней степени их интенсивности, препятствуя возвращению углерода в атмосферу и повышению содержания парниковых газов.

Лиственницы способны всасывать воду при минимальных ее значениях (Карасева, 2003), отличаются высокой ассимиляционной способностью. Они в 2–2,5 раза быстрее поглощает углекислый газ из воздуха, чем ель, и почти в 1,5 раза быстрее, чем сосна (Иванов, 1946).

Один килограмм хвои лиственницы продуцирует до 3 кг органического вещества, тогда как ель — 0,5—0,6 кг, сосна — 1,3—2,0 кг (Дылис, Носова, 1977). В теплые солнечные дни 1 га лиственницы, поглощая 220—280 кг углекислого газа, выделяет 150—220 кг кислорода (Белов, 1964; Карасева, 2003). Очевидны высокие секвестрирующие и депонирующие способности особей этого вида.

Из-за продуцирования особых биологически активных веществ, особенно содержащихся в смоле, *Larix* превосходит все древесные породы по прочности древесины и сопротивляемости гниению в самых неблагоприятных условиях, в том числе в сырых местах и воде (Карасева, 2003). Поэтому это дерево дольше, чем другие лесообразующие породы умеренного пояса, способны сохранять углерод в многолетних вегетативных органах, поддерживая депонирующую функцию лесных экосистем.

Согласно Таблицам хода роста мы составили графики динамики изменения запасов и прироста основных лесообразующих пород в Кировской области (рис. 2). Очевидно, что в благоприятных условиях лиственница сибирская к 110 годам характеризуется по сравнению с другими хвойными деревьями наибольшим запасом насаждения — 491 м³/га против 450 м³/га у ели и менее 400 м³/га у сосны. Поскольку лиственницы живут дольше остальных (до 450–600 лет лиственница сибирская, 300–400 лет – лиственница даурская и русская) против 200 лет у сосны и 250–300 лет у ели, запасы, как отдельных деревьев, так и лесов в целом, могут быть и более высокими.

Известно, что в Линдуловской роще культуры лиственницы сибирской, заложенные посевом семян, в 216 — летнем возрасте имели высоту до 42 м, диаметр до 45 см и запас свыше 1600 м^3 /га (Карасева, 2003; Тимофеев, 1977).

Формирование бо́льших запасов древесины определяется особенностями прироста (в м³ в год на один га) деревьев и лесного фитоценоза в целом (далее – прирост лиственницы, березы, ели и т.п.).

Сравнительный анализ значений прироста у разных видов показал следующее. Период активного роста продолжается у всех видов (за исключением осины порослевого происхождения) до 110 лет, но сформированный запас к этому возрасту у лиственницы выше всех.

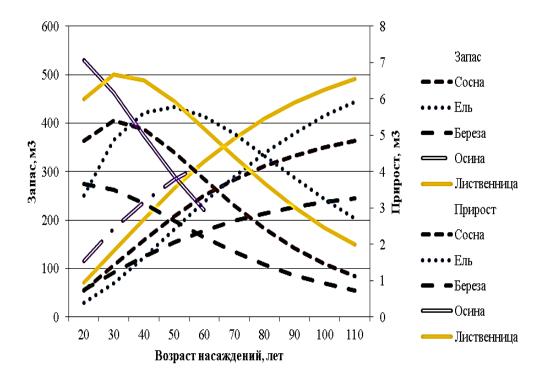


Рис. 2. Динамика изменения запасов и прироста основных лесообразующих пород Кировской области

Сравнивая приросты лесообразующих пород, очевидно, что в возрасте 20 лет, максимальным значением обладает осина, средние значения у лиственницы и сосны, наименьшие – у березы и ели.

Высокие показатели прироста осины объясняются ее вегетативным (порослевым) происхождением. Однако после 20 лет прирост осины стремительно снижается.

Прирост лиственницы к 30 годам достигает максимального значения $6,67~{\rm M}^3$ / га в год, и она становится лидером по этому показателю среди остальных пород. Своего максимального значения к 30 годам достигает также и прирост сосны.

Однако он несколько ниже, чем у лиственницы на протяжении всего периода роста с 20 до 110 лет (кривые прироста пород идут практически параллельно). В целом, высокий уровень прироста у лиственницы и сосны сохраняется с 20 до 40 лет, после чего начинается устойчиво снижаться.

У ели высокие значения прироста отмечаются в более старшем возрасте — 40–60 лет и объясняются ее медленным ростом, по сравнению с другими породами. К 50 годам кривые приростов ели и лиственницы пересекаются, после чего прирост ели становится наибольшим из всех пород до 110 лет. Несмотря на это, как указывалось ранее, ель, сформировав к возрасту 110 лет, запас насаждения порядка 444 м³/га не может догнать по этому показателю лиственницу.

Таким образом, лиственница сибирская характеризуется более высоким способностями к секвестрации углерода, чем другие хвойные лесообразующие породы северных широт. Высокая продуктивность лиственничных насаждений, качество древесины, продуцирование ценных веществ, устойчивость к биологическим и абиотическим факторам, многообразие средообразующих функций определяют значимость *L. sibirica* для повышения ресурсной функции лесов в Европейской части России, которая определяется в отношении древесины как сырья, главным образом, секвестрирующими и депонирующими свойствами деревьев.

Выводы. Широкое распространение и возможности восстановления лесов за счет *L. sibirica* обеспечиваются экологическими позициями и биологическими особенностями вила.

Биологические особенности *L. sibirica* позволяют активно осуществлять секвестрацию углерода из атмосферы, накапливать большое количество запасов древесины на единицу площади и длительное время обеспечивать хранение его в связанном виде.

Использование лиственницы сибирской при лесовосстановлении на территории Кировской области повысит биоразнообразие лесов региона, улучшит их экосистемные функции, увеличив скорости поглощения парниковых газов атмосферы, сроки депонирования углерода и запасы высококачественной древесины.

Список литературы

- Афонин А.Н., Грин С.Л., Дзюбенко Н.И., Фролов А.Н. 2008. Агроэкологический атлас России и сопредельных стран: экономически значимые растения, их вредители, болезни и сорные растения [DVD-версия]. http://www.agroatlas.ru.
- Белов С.В. 1964. Количественная оценка гигиенической роли леса и нормы лесов зеленых зон: Методическое пособие. Л.: ЛенНИИЛХ, ротапринт ВЗЛТИ. 65 с.
- Битва за климат: карбоновое земледелие как ставка России: экспертный доклад. 2021 / под ред. А.Ю. Иванова, Н.Д. Дурманова (руководители авт. кол.); М.П. Орлов, К.В. Пиксендеев, Ю.Е. Ровнов и др.; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». М.: Изд. дом Высшей школы экономики. 120 с.
- Дылис Н.В., Носова Л.М. 1977. Фитомасса лесных биогеоценозов Подмосковья / Академия Наук СССР, Научный совет по проблемам биогеоценологии и охраны природы, Ботан. институт им. В.Л. Комарова. М.: Наука. 143 с.
- Иванов Л.А. 1946. Свет и влага в жизни наших древесных пород: Доложено на 5-м ежегод. Тимирязевск. чтении 29-го апр. 1944 г. М.: Изд-ва Акад. наук СССР. 60 с.
- *Карасева М.А.* 2003. Лиственница сибирская в Среднем Поволжье // Научное издание. Йошкар-Ола: МарГТУ. 376 с.
- *Комаров В.Л.* 1934. Лиственница *Larix* Miller // Флора СССР. М.; Л.: Изд-во АН СССР. Т. 1. С. 155-156.
- *Лесной план* Кировской области на 2019 2028 годы, утвержденный Указом Губернатора Кировской области от 29.12.2018 № 165.
- О состоянии окружающей среды Кировской области в 2020 году: Региональный доклад. 2021 / под общей редакцией А.В. Албеговой. Киров. 205 с.
- Переведенцев Ю.П., Френкель М.О., Шаймарданов М.З. 2010. Современные изменения климатических условий и ресурсов Кировской области / Кировский обл. центр по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды Верхне-Волжского УГМС Росгидромета; науч. ред. Э.П. Наумов. Казань: Казан. гос. ун-т. 242 с.
- *Природа Кировской области*. 1960 / под общ. ред. С.Л. Щеклеина, А.И. Шернина. Киров: Кировское книжное издательство. 252 с.
- Рамочная конвенция ООН «Об изменении климата», 1992. Рио-де-Жанейро, 23 с.
- Савиных Н.П., Шабалкина С.В., Пересторонина О.Н. 2021. Особенности выделения высоких природоохранных ценностей типа «Редкие экосистемы и местообитания» для сертификации лесов Кировской области. // Теоретическая и прикладная экология. № 2. С. 229-234.
- Серебряков И.Г. 1962. Экологическая морфология растений. М.: Высшая школа. 378 с.
- *Таблицы и модели роста* и продуктивности основных лесообразующих пород Северной Евразии. Одобрены Федеральным агентством лесного

хозяйства и рекомендованы для использования в практической лесохозяйственной деятельности (протокол заседания Совета Федерального агентства лесного хозяйства \mathbb{N} 2 от 08.06.2006). 886 с.

Тетерин А.А. 2009. Роль лиственницы в регулировании климата Земли // Проблемы региональной экологии в условиях устойчивого развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф., 1-2 декабря 2009 г. Вып. 7. Ч. 1 / Правительство Киров. обл., Упр. охраны окружающей среды и природопользования Киров. обл., Учреждение Рос. акад. наук, Ин-т биологии Коми НЦ УрО РАН, Вят. гос. гуманит. ун-т; ред. Т.Я. Ашихмина и др. Киров. 283 с.

Тимофеев В.П. 1977. Лесные культуры лиственницы. М.: Лесная промышленность. 216 с.

Цыганов Д.Н. 1983. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М: Наука. 198 с.

Экологические шкалы и методы анализа экологического разнообразия растений = Ecological indicator values and methods of analysis of ecological diversity of plants 2010. / Л.А. Жукова, Ю.А. Дорогова, Н.В. Турмухаметова и др.; под общей ред. проф. Л.А. Жуковой: монография. Йошкар-Ола: Марийский государственный университет. 368 с.

ON THE USE OF SIBERIAN LARCH TO INCREASE FOREST CARBON STORAGE

N.P. Savinykh¹, A.A. Teterin^{1,2}

¹Vyatka State University, Kirov

²Ministry of Natural Resources, Forestry and Ecology of the Perm Territory, Perm

The range and ecological and biological features of Siberian larch (*Larix sibirica* L.) were assessed from the point of view of the ability to remove carbon from the atmosphere and deposit carbon. The wide geographic and ecological ranges are determined by ecological preferences and biological features of the species. The high sequestering and depositing properties of individuals of the species are shown. A conclusion was made about the possibility of using *L. sibirica* in reforestation in the northeast of European Russia (in particular, in the Kirov region) and, in this regard, increasing the biodiversity and ecosystem functions of forests, including the production of high-quality wood.

Keywords: climate of the planet, carbon sequestration, carbon deposition, Siberian larch, wood growth, wood supply, species ecological potency.

Об авторах:

САВИНЫХ Наталья Павловна — доктор биологических наук, профессор кафедры биологии и методики обучения биологии института биологи и биотехнологии, ФГБОУ ВО «Вятский государственный университет», 610000, Киров, ул. Московская, д. 36; e-mail: savva_09@mail.ru.

ТЕТЕРИН Андрей Алексеевич – начальник управления охраны, защиты и надзора в лесах Министерства природных ресурсов, лесного хозяйства и экологии Пермского края, 614015, Пермь, ул. Попова, 11; e-mail: teterin-andrej@yandex.ru.

Савиных Н.П. Об использовании лиственницы сибирской для повышения депонирования углерода лесами / Н.П. Савиных, А.А. Тетерин // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 82-94.

УДК 633.88 (571.6) DOI: 10.26456/vtbio269

ЛЕКАРСТВЕННЫЕ РАСТЕНИЯ ПРИМОРСКОГО КРАЯ: ИСТОРИЯ ИЗУЧЕНИЯ

А.С. Коляда¹, С.А. Берсенева¹, А.Н. Белов^{1,2}, Н.В. Репш¹ Приморская государственная сельскохозяйственная академия, Уссурийск ²Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

территории Приморского края (Российская Федерация) произрастают около 3 тыс. видов высших сосудистых растений. Из них не менее 300 видов обладают лекарственными свойствами и используются в официальной и народной медицине. Культивирование и эмпирическое использование лекарственных растений Приморского края отмечается во второй половине XIX в. Изучение их химического состава и фармакологических свойств началось в 1940-х гг., при этом первоначальными объектами стали растения семейства Araliaceae (Panax ginseng и др.) и Schisandraceae (Schisandra chinensis), обладающие стимулирующими и адаптогенными свойствами. Впоследствии круг исследуемых лекарственных значительно расширился. Ведущими научными учреждениями края по изучению лекарственных растений являются Тихоокеанский институт биоорганической химии и Федеральный научный центр биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН.

Ключевые слова: Дальний Восток, Приморский край, лекарственные растения, фитомедицина, адаптогены.

Результатом геологической истории южной части Дальнего Востока России явился богатый флористический состав региона, представленный к настоящему времени 2781 видом из 878 родов и 173 семейств (Kozhevnikov et al., 2019).

Заселение Российского Дальнего Востока началось во второй половине XIX в. Прибывая в Уссурийский край, русские и украинские переселенцы принесли с собой и богатый опыт использования в лечебных целяхрастений.

Прежде всего, это касалось культивируемых видов – плодовых (Hippophae rhamnoides L., Malus Mill., Pyrus L. и др.), овощных (Rheum rhabarbarum L., Daucus carota L., Armoracia rusticana Gaertn., Mey. et Scherb. и др.), кормовых (Trifolium L.) и других хозяйственно важных растений (Humulus lupulus L., Nicotiana tabacum L. и др.). Пути использования этих растений, в том числе в народной медицине,

переселенцам были уже известны.

Кроме того, они обнаружили здесь растения, которые своим внешним видом напоминали растенияих родины. Они также нашли применение, поскольку было естественным предположить, что они обладают и похожими свойствами. Среди них такие викарианты, как Achillea asiatica Serg., Vitis amurensis Rupr., Juglans mandshurica Maxim., Berberis amurensis Rupr., Fragaria orientalis Losinsk., Chelidonium asiaticum (Hara) Krachulkova и многие другие — всего более 70 видов (Степанова, 1997а, 6; Степанова и др., 1998, 2006). Они действительно используются так же, как и их европейские родственники, большей частью, все же, в народной медицине.

Однако поселенцы повстречали на новых местах растения, им совершенно неизвестные — Schisandra chinensis (Turcz.) Bail. Phellodendron amurense Rupr. виды Actinidia Lindl. и др. О том, как использовать эти растения, им было неизвестно. Знания о путях их применения они получили от местных народностей, а также от проживавших здесь китайцев и корейцев.

Китайская медицина – одна из древнейших на нашей планете, она насчитывает не менее 5000 лет (Справочник..., 2003; Самойленко, 2019). Отличительная особенность ее состоит в том, что она уделяет лекарственным препаратам внимание естественного происхождения, в том числе растениям (You-Ping Zhu, Woerdenbag, 1995). В настоящее время в Китае используются более 5000 видов растений, что составляет примерно 14% от всех видов китайской флоры. Здесь ежегодно добывают около 700 тыс. т лекарственного сырья дикорастущих и культивируемых видов. В Китае выпускаются специальные издания, полностью посвященные изучению рецептов народной медицины и идентификации составляющих их растений. Компьютерный анализ рецептов китайской медицины был проведен также российскими исследователями (Гриневич, 1990).

С момента Приморского края русскими наблюдалосьих взаимодействие с проживавшими здесь китайцами в различных областях деятельности, в т.ч. в сфере фитомедицины. Продолжалось это взаимодействие вплоть до начала 1940-х гг., когда китайская диаспора была депортирована на родину. Однаков целом китайская медицина так и не нашла восприятия у русского населения дальневосточных окраин. Возможно, это связано с тем, что она основана на изучении энергетики человека, включает в себя сложную систему применения лекарственных средств, вместе с точной диагностикой заболевания, тщательным приготовлением растительных препаратов, преимущественно многокомпонентных, учетом при приеме лекарств как свойств самого заболевания, так и лекарства, а также времени и способа употребления препаратов. Тем не менее,

отдельные рецепты до сегодняшнего времени с успехом используются русскоязычным населением Приморского края.

Корейская диаспора в регионе лишь ненамного уступала китайской. В результате соприкосновения культур неизбежно происходило и взаимопроникновение фитомедицин. Корейская народная фитомедицина, как и китайская, насчитывает не одно тысячелетие (Чхве Тхэсоп, 1987; Medicinal..., 1998; Kumaretal., 2013; Ермолаева, Филимонова, 2017). Сегодня ряд исконно корейских рецептов использования растений применяется и русским населением края.

Полноценное изучение лекарственных растений в Приморском крае началось с *Panax ginseng* С.А. Меу. – к концу XIXв. запасы в Поднебесной этого легендарного и популярного в Восточной Азии растения резко сократились, и в Приморье устремились сборщики «корня жизни», а некоторые китайцы осели в регионе, выращивая его на затерянных в тайге участках. Женьшеневый промысел описывали в своих путевых заметках, статьях и книгах Р.К. Маак (1861), А.Ф. Будищев (1883), И.П. Надаров (1887), В.П. Врадий (1903) и др.

С 1907–1910 гг. к заготовке дикорастущего *Panax ginseng* подключились русские (Журавлев, Коляда, 1996). Продолжилась она и после установления на Дальнем Востоке Советской власти, причем под контролем таких государственных организаций, как «Госторг» и «Лектехсырье». С начала XX в. началось и культивирование этого растения. В 1910 г. М.И. Янковский на полуострове Сидим и с помощью китайских специалистов создал плантацию *Panax ginseng* площадью более гектара.

Интерес для первых исследователей юга Дальнего Востока представлял не только *Panax ginseng*. Так, в конце XIX в. на о. Путятина купец 1-й гильдии А.Д. Старцев заложил плантацию различных лекарственных растений. Позднее в г. Никольске-Уссурийском сведения об использовании лекарственных растений местными жителями, а также китайцами и корейцами, собирал член Южно-Уссурийского отделения Русского географического общества Т.П. Гордеев. Появились отдельные энтузиасты выращивания лекарственных растений (Еловицкий, 1928). Публикуется работа о ядовитых растениях Дальнего Востока (Кардакова, 1928).

Первые в советский период опыты по культивированию *Panax ginseng* произвели сотрудники Ботанического кабинета Южно-Уссурийского отделения РГО – в 1927 г. на хуторе «Кривой Ключ» (в этом месте сейчас находится Горнотаежная станция ДВО РАН) были созданы две небольшие плантации, на которых высадили около 100 экземпляров «корня жизни».

После реорганизации Ботанического кабинета в Горнотаежную станцию Дальневосточного филиала Академии наук СССР изучение *Panax ginseng* продолжили А.М. Скибинская в Супутинском, впоследствии Уссурийском, заповеднике она заложила еще две плантации *Panax ginseng* на 700 растений), а затем З.И. Гутникова. Начались исследования по особенностям фенологии *Panax ginseng*, условиям его культуры. В 1934 г. была создана плантация женьшеня в заповеднике «Кедровая Падь», в 1952 г. – в Сихотэ-Алинском заповеднике.

Научное изучение химического состава и фармакологии *Panax ginseng*, а затем и других лекарственных растений, началось с 1932 г. после образования на Дальнем Востоке филиала Академии наук СССР. До этого времени работы по изучению химического состава растений дальневосточной флоры (прежде всего, для нужд химической промышленности) проводились в Государственном дальневосточном университете (Хисамутдинова, 2010).

На Горнотаежной станции сотрудники химической лаборатории (впоследствии лаборатории анализов растительного сырья) в 1933 г. изучали содержание эфирных масел и смол в растениях местной флоры (Бранке, Парышев, 1937), ученые Ботанического кабинета в 1934–1941 гг. исследовали фенологию женьшеня, условия его произрастания в природе и культуре. В 1937 г. был заложен питомник лекарственных растений, выявивший возможность культивирования почти 40 местных лекарственных растений и около 60 инорайонных (Коляда, 1995). Д.А. Баландин разработал метол для выделениядействующего начала лимонника китайского.

В «Трудах» Горнотаежной станции появилась и первая обзорная работа по лекарственным растениям Дальнего Востока (Куренцова, 1941). В ней Г.Э. Куренцова (впоследствии известный дальневосточный геоботаник) осуществила краткий обзор литературы по лекарственным растениям Дальнего Востока, разделив имеющуюся литературу на пять групп: научно-популярная; общая ботаническая; литература, выявляющая новые растения; литература, разбирающая химизм растений и действие их на человеческий организм; литература по культуре лекарственных растений. В этой же статье дается общий геоботанический очерк распределения лекарственных растений и их распространение на Дальнем Востоке, описываются основные типы растительности и произрастающий в них лекарственные растения. Основную часть статьи занимает описание семейств и входящих в них лекарственных растений с указанием путей их использования в лечебных целях. Всего рассмотрен 351 вид из 70 семейств.

После Великой Отечественной войны началось изучение воздействия препаратов *Panax ginseng* на человека. В 1949 г. для

всестороннего исследования его лекарственных свойств при Дальневосточном филиале АН СССР был создан Женьшеневый комитет. В результате *Panax ginseng* был включен в Государственную фармакопею СССР, а также фармакопеи ряда зарубежных стран. А в 1961 г. для культивирования ценного растения в Анучинском районе Приморского края был создан совхоз «Женьшень» (существовал до 2002 г., в 2017 г. работы вновь были вновь возобновлены), причем при выращивании «корня жизни» были реализованы все существовавшие на тот момент наработки ученых-дальневосточников.

Большую роль в изучении и культивировании лекарственных растений сыграла Дальневосточная зональная опытная станция Всесоюзного института лекарственных и ароматических растений (создан в 1931 г.).

К 1960 г. начали изучаться и другие лекарственные растения, а Женьшеневый комитет был переименован в Комитет по изучению женьшеня и другого лекарственного сырья Дальневосточного филиала Сибирского отделения АН СССР. Последовали многочисленные работы по биологии, фармакологии и ресурсам *Panax ginseng* (Брехман, 1951, 1960 и др.) и других адаптогенов, прежде всего из семейств Araliaceae Juss. — *Oplopanax elatus* (Nakai) Nakai (Шретер, Шретер, 1968 и др.), *Aralia elata* (Міq.) Seem. (Алешкина, 1962; Комиссаренко, 1962; Губина, 1962). В 1950 г. к применению была разрешена настойка корней *Aralia elata*, а в 1955 г. — настойка корней и корневищ *Oplopanax elatus* (Горовой, Балышев, 2017).

Особый интерес вызвал представитель семейства Araliaceae Eleutherococcus senticosus (Rupr. et Maxim.) Maxim. (Добряков, 2004). В конце 1950-х гг. стало очевидным, что природные запасы Рапах ginseng ограничены, а страна нуждалась в большом количестве его препаратов. Ученые решили обратить внимание представителей этого семейства. Их интерес вызвал Eleutherococcus senticosus, большие запасы которого решали проблему получения лекарственного растительного сырья. Первое сообщение лекарственных свойствах растения появилось в 1958 г. (Брехман, 1958). С этого времени началось интенсивное изучение этого растения, в котором приняли участие сотни научных сотрудников из 70 научных организаций страны, a впоследствии И зарубежных. Были опубликованы сотни научных статей и монографий (Брехман, 1968; Дардымов, Хасина, 1993 и др.), проведены несколько симпозиумов (в т.ч. международных), посвященных этому растению. Его изучение продолжается и сегодня.

Пристальное внимание привлек также *Schisandra chinensis* (Schisandraceae Blume) (Агеенко, 1960). По свидетельству В.Л. Комарова, нанайцы-охотники брали с собой в тайгу сухие плоды этого

растения, что давало им возможность весь день без еды и отдыха проводить в движении. С началом Великой Отечественной войны началось изучение лекарственных свойств растения, и его препараты начали использовать в госпиталях для восстановления сил раненых воинов. Впоследствии были подробно изучены химический состав и действующие вещества, биологические особенности и культивирование, пути использования не только в медицинской, но и пищевой промышленности.

Изучались и другие лекарственные растения (Шретер и др., 1969; Гамаева и др., 2017): *Dioscorea nipponica* Makino (Шретер и др., 1965), *Phellodendron amurense* Rupr. (Лиепинь и др., 1968), виды *Actinidia* Lindl. (Титлянов, 1969).

В это же время появились обобщающие научно-популярные работы, посвященные лекарственным растениям Дальнего Востока (Куренцова, 1954; Брехман, 1957; Брехман, Куренцова, 1961; Грушвицкий, 1961; Кадаев, Фруентов, 1968; Шретер, Пименов, 1968; Валова, 1968).

В 1967-1973 ГΓ. кафедра фармакологии ботаники Хабаровского медицинского института проводила исследования народной медицины малых народностей Дальнего Востока (нанайцев, удэгейцев, тазов и др.). По их результатам (и в процессе дальнейшего изучения лекарственных средств, используемых малыми народностями региона) появился ряд статей и монографий, в которой описываются также И лекарственные растения, рассматривается их действие и спектр заболеваний, при которых они применяются (Брехман, Сем, 1970; Вострикова, 1970, 1971, 1973а, б, 1978; Вострикова, Востриков, 1974; Подмаскин, 1978, 1998, 2006, 2011, 2017; Березницкий, 2021). Из этих работ видно, что наибольшим количеством (89 видов из 77 родов и 41 семейства) лекарственных растений пользуются нанайцы, затем идут удэгейцы (66 видов из 58 родов и 36 семейств) и ульчи (63 вида из 52 родов и 32 семейств). При этом 25 видов (Panax ginseng, Symplocarpus renifolius Schott ex Tzvel, Allium ochotense Prokh., Hemerocallis minor Mill., Artemisia gmelinii Web. ex Stechm., Aconitum sczukinii Turcz., Quercus mongolica Fisch. ex Ledeb. и др.) являются общими для фитомедицин этих народностей. У удэгейцев в наибольшей степени используются ветви и плоды, листья деревьев. Широко применяется смола хвойных, а также *Panax ginseng* и Schisandra chinensis.

В 1970-х гг. был опубликован ставший классическим обзор А.И. Шретера «Лекарственная флора советского Дальнего Востока». Подобный же обзор («Лекарственные растения Дальнего Востока») вышел в 1972 г. и составлен Н.К. Фруентовым. Эта работа переиздавалась в 1974 и 1987 гг. (Фруентов, 1987). В последнем

издании даны материалы о растениях из 129 семейств: представлены географическое распространение, химический состав и лечебное значение. Появилась работа о ядовитых растениях региона (Фруентов, Кадаев, 1971).

В 1980-х гг. появились исследования по медицинской этноботаникеПриморского края (Гриневич, 1987; Москаленко, 1987; Москаленко, Шатковский, 1987). Согласно полученным данным, на Раздольненской низменности, например, наибольшей популярностью пользовались растения из семейств Rosaceae Juss. и Asteraceae Dumort. (поскольку они произрастают чаще всего вблизи жилья). Среди наиболее популярных растений — Asarum sieboldii Miq., Betula platyphylla Sukacz., Viburnum sargentii Koehne, Achillea asiatica Serg., Arctium lappaL., Lepidotheca suaveolens (Pursh) Nutt.), Taraxacum spp. и др., т.е. растения, викарные встречающимся в западных областях России.

С появлением компьютерной техники появилась возможность компьютерного анализа и поиска лекарственных растений (Шретер, Терехин, 1980; Шретер и др., 1984).

С 1990-х гг. отмечается появление многочисленной научнопопулярной литературы по лекарственным растениям Дальнего Востока и Приморского края (Коляда, Фролов, 1992; Коляда, Морева, 1999; Зориков, 2004; Тагильцев, Колесникова, 1996; Тагильцев и др., 2004; Зориков, 2005; Храпко, 2007; Stepanova, Stusenko, 2008 и др.). В 1992 г. вышла работа А.И. Шретера «Целебные растения Дальнего Востока», а в последующие годы — ее переиздания (Шретер, 2000). Появляется много переводной литературы, отмечается проникновение в практику народной фитомедицины отдельных рецептов тибетской медицины, народной медицины Северной Америки (Беркутенко, Вирек, 1995) и др.

В настоящее время изучением лекарственных растений региона занимается целый ряд исследовательских учреждений Приморского края, ведущее место среди которых принадлежит Тихоокеанскому институту биоорганической химии (ТИБОХ) и Федеральному научному центру (ФНЦ) биоразнообразия наземной биоты Восточной Азии Дальневосточного отделения РАН.

Изучаются химический состав лекарственных растений (Зорикова, 2013; Маняхин, Колбин, 2013; Иваненко, Ковековдова, 2014; Шемякина, 2014; Маняхин, Колдаев, 2019 и др.), их биологическая активность (Зорикова, Хасина, 2005; Зорикова, 2011), вопросы размножения (Доан Тху Тхуй, 2013). Публикуются работы обзорного плана (Горовой, Балышев, 2017), продолжается изучение опыта народной медицины (Гуков и др., 2016).

Учеными ТИБОХа на основе изучения химического состава растения разработан целый ряд новых лекарственных препаратов и биологически активных добавок (Стоник, 2004).

Лекарственные препараты — гепатопротективное средство «Максар» на основе экстракта древесины *Maackia amurensis* Rupr. et Maxim. (Федореев и др., 2004), «Зостерин» — средство профилактики и лечения отравлений, в т.ч. тяжелыми металлами, инфекций пищеварительной системы, лучевой болезни на основе пектинов, выделенных из представителей семейства Zosteraceae Dumort. (Лоенко и др., 1997).

Большую известность получили безалкогольные бальзамы «Гербамарин» (общеукрепляющий, сердечно-сосудистый. антидиабетический гепатопротекторный), рекомендованные И Министерством здравоохранения России в качестве пищевой добавки. Много биологически активных веществ лекарственных растений «Марилайф», содержит бальзамный сироп повышающий неспецифическую сопротивляемость организма негативным внешним факторам.

Основные направления работы в области лекарственных растений ФНЦ – создание клеточных культур ряда видов (Рапах ginseng, видов Rubia L., Gynostemma Blume, Codonopsis Wall. и др.), которые используются для изучения механизмов синтеза вторичных метаболитов; проводятся работы по реинтродукции приморской популяции Panax ginseng, а также изучение внутривидовой изменчивости этого растения. Создана коллекция семян лекарственных растений, изучается способы хранения семян при сверхнизких температурах; изучаются особенности семенного размножения лекарственных растений.

Исследования такого лекарственного растения, как *Lithospermum erythrorhizon* Siebold et Zucc. позволило организовать промышленное производство основного действующего вещества этого растения — шиконина, являющегося антисептиком широкого спектра действия (Таран и др., 2015).

Таким образом, флора Приморского края предоставляет широкий выбор лекарственных растений, обладающих широким спектром воздействия на организм человека.

Список литературы

Агеенко А.С. 1960. Лимонник и его лечебное применение. Южно-Сахалинск: Сахалинское кн. изд-во. 40 с.

Алешкина Я.А. 1962. Фармакологические свойства аралии маньчжурской // Лекарственные средства из растений. М. С. 258.

- *Байков Н.А.* 1923. Кедр, соболь, изюбрь и жэнь-шэнь в Северной Маньчжурии // Вестник Азии. № 51. С. 285-287.
- *Березницкий С.В.* 2021. Природные галлюциногены и спиртные напитки как атрибут коммуникации коренных народов Амуро-Сахалинского региона с сакральным миром // Гуманитарные исследования в Восточной Сибири и на Дальнем Востоке. № 4. С. 5-14.
- Беркутенко А.Н., Вирек Э.Г. 1995. Лекарственные и пищевые растения Аляски и Дальнего Востока России. Владивосток: Изд-во Дальневост. ун-та. 192 с.
- *Бранке Ю.В., Парышев И.* 1937. Душистые растения Приморья и их эфирные масла. Владивосток: ДВФ АН СССР. 45 с.
- *Брехман И.И.* 1951. К вопросу о гипогликемическом действии женьшеня // Материалы к изучению стимулирующих средств корня женьшеня и лимонника. Вып. 1. Владивосток. С. 69-72.
- *Брехман И.И.* 1957. Женьшень. Л.: Медгиз. 182 с.
- Брехман И.И. 1958. Повышение сопротивляемости организма к вредным воздействиям препаратами женьшеня и некоторых других растений семейства аралиевых // Конф. по проблеме приспособительных реакций и методам повышения сопротивляемости к неблагоприятным воздействиям. Л. С. 11-13.
- *Брехман И.И.* 1960. Результаты сравнительного фармакологического изучения женьшеня, элеутерококка, заманихи и аралии маньчжурской // XVIII научная сессия Хабаровского мед. института, посвященная 30-летию ин-та. Тезисы докладов. Хабаровск. С. 55-56.
- Брехман И.И. 1968. Элеутерококк. Л.: Наука. 186 с.
- *Брехман И.И., Куренцова Г.Э.* 1961. Лекарственные растения Приморского края. Владивосток: Прим. кн. изд-во. 94 с.
- *Брехман И.И., Сем Ю.А.* 1970. Этнофармакологическое исследование некоторых психоактивных средств малых народов Сибири и Дальнего Востока // Лекарственные средства Дальнего Востока. Вып. 10. С. 16-19.
- Будищев А.Ф. 1883. Описание лесов по пути от д. Суанчинза на р. Суйфун, черезд. Лефу на р. Лефу до русла р. Дауби и по ее руслу // Сборник главнейших документов по управлению Восточной Сибирью. Т. 5. Леса Приамурского края. Вып. 1. Описание лесов Приморской области. С. 372-393.
- Валова З.Г. 1968. Лекарственные растения Судзухинского заповедника и южной части Хасанского района // Зап. Приморского филиала ГО СССР. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во. С. 158-162.
- Вострикова Γ . Γ . 1970. Использование некоторых дальневосточных викарных видов растений в народной медицине Приморья // Материалы 3-й науч. конф. молодых ученых ХГМИ. Хабаровск. С. 27-28.
- Вострикова Г.Г. 1971. К изучению лекарственных растений народной медицины Приамурья // Биологически активные вещества флоры и фауны Дальнего Востока и Тихого океана. Владивосток. С. 8-9.
- Вострикова Г.Г. 1973а. К изучению лекарственных средств народной медицины нанайцев // Вопросы фармации на Дальнем Востоке. Вып. 1.

- Хабаровск. С. 60-69.
- Вострикова Г.Г. 1973б. Лекарственные растения, общие для народной медицины удэгейцев, нанайцев и ульчей Приамурья // Успехи изучения лекарственных растений Сибири. Томск: Изд-во Томск, ун-та. С. 15-16.
- Вострикова Г.Г. 1978. Ботанический анализ природного лекарственного сырья, используемого удэгейцами, нанайцами, ульчами // Биологические ресурсы Восточной и Юго-Восточной Азии и их использование. Владивосток: ДВНЦ. С. 61-64.
- *Вострикова Г.Г., Востриков Л.А.* 1974. Медицина народов Дерсу. Хабаровск: Кн. изд-во. 64 с.
- *Врадий В.П.* 1903. Монография о китайском корне «Джень-Шень» (человеккорень) // Сельское хозяйство и лесоводство. Т. 209. № 6. 61 с.
- Гамаева С.В., Костырина Т.В., Минхайдаров В.Ю. 2017. Заготовка и переработка лекарственных растений в советский период в Приморском крае // Роль аграрной науки в развитии лесного и сельского хозяйства Дальнего Востока: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 60-летию со дня образования ФГБОУ ВО Приморская ГСХА. Уссурийск: Приморская государственная сельскохозяйственная академия. С. 45-51.
- Горовой П.Г., Балышев М.Е. 2017. Возможности и перспективы использования лекарственных растений Российского Дальнего Востока // Тихоокеанский медицинский журнал. № 3. С. 5-14.
- Гриневич М.А. 1987. Лекарственные растения советского Дальнего Востока, применяемые в эмпирической фармакологии здоровья // Медикогеографические аспекты изучения здоровья населения Дальнего Востока. Владивосток: ДВО АН СССР. С. 140-149.
- Гриневич М.А. 1990. Информационный поиск перспективных лекарственных растений. Опыт изучения традиционной медицины стран Восточной Азии с помощью ЭВМ. Л.: Наука. 141 с.
- Грушвицкий И.В. 1961. Женьшень: вопросы биологии. Л. 344 с.
- *Губина Г.П.* 1962. Клиническое применение настойки аралии маньчжурской // Лекарственные средства из растений. М.: Медгиз. С. 245-259.
- Гуков Г.В., Костырина Т.В., Розломий Н.Г., Ли М.А. 2016. Комплексное использование лекарственных свойств шишек сосны корейской (*Pinus koraiensis* Siebold et Zucc.) в народной медицине Дальнего Востока // Рациональное питание, пищевые добавки и биостимуляторы. № 4. С. 5-9.
- Дардымов И.В., Хасина Э.И. Элеутерококк тайна «панацеи». СПб.: Наука. 1993. 124 с.
- Доан Тху Тхуй 2013. Особенности клонального микроразмножения редких и лекарственных растений (*Euonymus nana* Bieb., *Dioscorea nipponica* Makino, *Dioscorea caucasia* Lipsky. и *Aristolochiam anshuriensis* Kom.): автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- Добряков Ю.И. 2004. Результаты фармакологических исследований природного лекарственного сырья Дальневосточного региона // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 87-92.
- Еловицкий К.И. 1928. О культуре лекарственных растений в Приморье //

- Уссурийское садоводство и огородничество. № 4.
- Ермолаева Е.М., Филимонова Е.С. 2017. История развития корейской // Universum: Общественные традиционной медицины науки: электронный научный журнал. Ŋoౖ 4(34). URL: http://7universum.com/ru/social/archive/item/4719. (дата обращения: 12.05.2022)
- Журавлев Ю.Н., Коляда А.С. 1996. Araliaceae: женьшень и другие. Владивосток: Дальнаука. 280 с.
- *Зориков П.С.* 2004. Основные лекарственные растения Приморского края. Владивосток: Дальнаука. 129 с.
- Зориков П.С. 2005. Ядовитые растения леса: учебное пособие. Владивосток: Дальнаука. 120 с.
- Зорикова О.Г., Хасина Э.И. 2005. Патриния скабиозолистная. Владивосток: Дальнаука. 111 с.
- *Зорикова О.Г., Якименко Л.В.* 2013. Химический анализ патринии скабиозолистной // Тихоокеанский медицинский журнал. № 2. С. 61-63.
- Зорикова С.П. 2011. Рейнутрия японская (*Reynoutria japonica* Houtt.) в Приморском крае: биология развития, флавоноидный состав, биологическая активность: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Владивосток. 21 с.
- Иваненко Н.В., Ковековдова Л.Т. 2014. Микроэлементный состав лекарственных растений Приморского края // Тихоокеанский медицинский журнал. № 2. С. 18-20.
- *Кадаев Г.Н., Фруентов Н.К.* 1968. Дикорастущие лекарственные растения Приамурья. Хабаровск: Кн. изд-во. 196 с.
- *Кардакова Е.А.* 1928. Ядовитые растения Дальнего Востока. Хабаровск: Книжное дело. 86 с.
- Коляда А.С. 1995. Биологические исследования на Горнотаежной станции в период 1932–1940 гг. // Биологические исследования на Горнотаежной станции. Вып. 2. Уссурийск. С. 252-274.
- Коляда А.С., Морева Е.Б. 1999.О народнойфитомедицине в Приморском крае // Поиск молодых. Вып. 2. Уссурийск: Изд-во УГПИ. С. 230-232.
- Коляда А.С., Фролов В.Д. 1992. Лекарственные растения Приморья свойства и применение. Владивосток: Дальпресс. 91 с.
- *Комиссаренко Б.Т.* 1962. Аралия новое стимулирующее и тонизирующее средство // Советская медицина. Т. 25. № 3. С. 115-117.
- *Куренцова Г.*Э. 1941. Лекарственные растения советского Дальнего Востока // Труды ГТС ДВФ АН СССР. Т. 4. С. 131-226.
- *Куренцова Г.Э.* 1954. Лекарственные растения Приморского края. Владивосток. 84 с.
- Лиепинь В.К., Шретер А.И., Васильева В.Д. 1968. Сроки, районы заготовок луба бархата амурского (*Phellodendron amurense* Rupr.) и локализация в нем берберина // Фармация. № 6. С. 17.
- *Лоенко Ю.Н., Артюков А.А., Козловская Э.П. и др.* 1997. Зостерин. Владивосток: Дальнаука. 212 с.
- Маак Р.К. 1861. Путешествие в долине реки Уссури. СПб.: Тип. В.

- Безобразова и компании. Т. 2. 345 с.
- *Маняхин А.Ю., Колбин П.С.* 2013. Динамика содержания флавоноидов в сырье шлемника байкальского // Тихоокеанский медицинский журнал. № 2(52). С. 60-61.
- Маняхин А.Ю., Колдаев В.М. 2019. Амигдалин в плодах растений семейства Rosaceae, произрастающих в Приморье // Тихоокеанский медицинский журнал. Т. 2. С. 62-64. DOI:10.17238/PmJ1609-1175.2019.2.62-64.
- Москаленко С.А. 1987. Лекарственные растения в этноботанике Раздольненской низменности // Медико-географические аспекты изучения здоровья населения Дальнего Востока. Владивосток. С. 150-160.
- Москаленко С.А., Шатковский А.Г. 1987. Использование лекарственных растений населением верхней части долины реки Уссури Приморского края // Медико-географические аспекты изучения здоровья населения Дальнего Востока. Владивосток. С. 161-167.
- Надаров И.П. 1887. Северно-Уссурийский край. СПб.: Военная типография. 169 с.
- Подмаскин В.В. 1978. Использование лекарственных растений и животных удэгейцами // Биологические ресурсы Восточной и Юго-Восточной Азии и их использование. Владивосток: ДВНЦ АН СССР. С. 54-60.
- Подмаскин В.В. 1998. Народные знания удэгейцев: историкоэтнографические исследования по материалам XIX – XX вв Владивосток: ДВО РАН. 228 с.
- *Подмаскин В.В.* 2006. Народные знания тунгусо-маньчжуров и нивхов. Владивосток: Дальнаука. 540 с.
- Подмаскин В.В. 2011. Этномедицина и этнодиетология в истории и культуре народов Дальнего Востока России (XVIII XX вв.). Владивосток. 304 с.
- *Подмаскин В.В.* 2017. Народные знания тазов Приморья (XIX–XX вв.) // Россия и АТР. № 1 (95). С. 138-156.
- Самойленко В.В. 2019. Современное состояние традиционной китайской народной медицины: история формирования // Проблемы Дальнего Востока. № 5(2). С. 133-142. DOI: 10.31857/S013128120007512-4.
- Справочник по лекарственным средствам китайской медицины. 2003. М.: Муравей. 590 с.
- Степанова Т.А. 1997а. Виды флоры Дальнего Востока России, викарные к официнальным. Сообщение 1. Анализ проблемы и перспективы использования викариантов // Растительные ресурсы. Т. 33. Вып. 3. С. 12-31.
- *Степанова Т.А.* 1997б. Виды флоры Дальнего Востока России, викарные к официнальным. Сообщение 2. *Tanacetum boreale* Fisch. ex DC. // Растительные ресурсы. Т. 33. Вып. 4. С. 54-66.
- Степанова Т.А., Каминская А.В., Деркач А.И., Комиссаренко Н.Ф. 1998. Виды флоры Дальнего Востока России, викарные к официнальным. Сообщение 3. Viburnum sargentiiKoehne // Растительные ресурсы. Т. 34. Вып. 3. С. 21-34.
- Степанова Т.А., Мечикова Г.Я., Будо А.Е. 2006. Практика и перспективы

- использования викарных видов лекарственных растений Дальнего Востока // Наука и природа Дальнего Востока. № 2. С. 65-76.
- Стих В.А. 2004. Фундаментальные исследования в интересах медицины в Тихоокеанском институте биоорганической химии ДВО РАН и их прикладные результаты // Вестник ДВО РАН. № 3. С. 11-23.
- Тагильцев Ю.Г., Колесникова Р.Д. 1996. Перспективы использования эфирных масел и водомасляных продуктов из багульников Дальнего Востока // Флора и растительность Сибири и Дальнего Востока: Чтения памяти Л.М. Черепнина: тез. докл. 2 Рос. конф. Красноярск. С. 354-356.
- *Тагильцев Ю.Г., Колесникова Р.Д., Нечаев А.А.* 2004. Дальневосточные растения наш домашний доктор. Хабаровск. 520 с.
- *Таран Л.М., Слободенюк Е.В., Башаров А.Я.* 2015. Фармакологические свойства шиконина и его производных // Дальневосточный медицинский журнал. № 1. С. 98-103.
- *Титлянов А.* 1969. Актинидии и лимонник. Владивосток: Дальневосточное книжное издательство. 176 с.
- Федореев С.А., Кулеш Н.И., Глебко Л.И., Покушалова Т.В., Веселова М.В., Саратиков А.С., Венгеровский А.И., Чучалин В.С. 2004. Препарат Максар из дальневосточного растения маакии амурской // Химикофармацевтический журнал. Т. 38. № 11. С. 22-26.
- Фруентов Н.К., Кадаев Г.Н. 1971. Ядовитые растения. Медицинская токсикология растений Дальнего Востока. Хабаровск: Кн. изд-во. 256 с.
- *Фруентов Н.К.* 1987. Лекарственные растения Дальнего Востока. Хабаровск: Кн. изд-во. 350 с.
- *Хисамутдинова Н.В.* 2010. Начало химических исследований на Дальнем Востоке: к истории науки и высшего образования // Вестник СВНЦ ДВО РАН. № 4. С. 93-99.
- *Храпко О.В.* 2007. Дальневосточные папоротники: возможности использования // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. Вып. 1(1). С. 81-87.
- Чхве Тхэсоп. 1987. Лекарственные растения. М.: Медицина. 608 с.
- Шемякина А.В. 2014. Биологически активные вещества дальневосточных представителей рода *Betula* L.: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Хабаровск. 151 с.
- *Шретер А.И.* 1975. Лекарственная флора советского Дальнего Востока. М.: Медицина. 326 с.
- *Шретер А.И.* 1992. Целебные растения Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во. 160 с.
- *Шретер А.И.* 2000. Целебные растения Дальнего Востока. Владивосток: Дальневост. кн. изд-во. 143 с.
- *Шретер А.И., Пименов М.Г.* 1968. Ресурсы важнейших лекарственных растений советского Дальнего Востока // Ресурсы дикорастущих лекарственных растений СССР. Л.: Наука. С. 69-79.
- Шретер А.И., Пименов М.Г., Васильева В.Д. 1965. О номенклатуре, распространении и запасах сырья дискореи советского Дальнего Востока // Растительные ресурсы. Т. 1. № 3. С. 390-397.

- *Шретер А.И.*, *Пименова Р.Е.*, *Пименов М.Г.* 1969. Обследование дальневосточных растений на наличие флавоноидов // Растительные ресурсы. Т. 5. С. 120.
- Шретер А.И., Терехин А.Т. 1980. Некоторые итоги и перспективы использования ЭВМ при поиске новых лекарственных растений // Растительные ресурсы. Т. 16. № 4. С. 481-493.
- Шретер А.И., Терехин А.Т., Будилова Е.В. 1984. Анализ с помощью ЭВМ опыта использования лекарственных растений в эмпирических медицинах разных народов (на примере флоры Советского Дальнего Востока) // Растительные ресурсы. Т. 20. № 1. С. 3-8.
- Шретер А.И., Шретер Г.К. 1968. Распространение и режим эксплуатации зарослей заманихи высокой на Дальнем Востоке // Ресурсы дикорастущих лекарственных растений СССР. Л.: Наука.
- Kozhevnikov A.E., Kozhevnikova Z.V., Myounghai K., Byoung Y.L. 2019. Illustrated flora of the Primorsky Territory (Russian Far East). Incheon: National Institute of Biological Resources. 1126 p.
- Kumar H., Song S.Y., More S.V., Kang S.M., Kim B.W., Kim I.S., Choi D.K. 2013. Traditional Korean East Asian medicines and herbal formulations for cognitive impairment // Molecules. V. 18(12). P. 14670-93. DOI: 10.3390/molecules181214670.
- Medicinal plants in the Republic of Korea. 1998. Manila: World Health Organization. 316 p.
- Stepanova T.A., Stusenko O.V. 2008. Medicinal plants of the Russian Far East // Australian journal of medical herbalism. V. 20. Iss. 4. P. 142-145.
- You-Ping Zhu, Woerdenbag H.J. 1995. Traditional Chinese herbal medicine // Pharmacy World ans Science. № 17. P. 103-112. https://doi.org/10.1007/BF01872386.

MEDICINAL PLANTS OF PRIMORSKY KRAI: HISTORY OF STUDY

A.S. Kolyada¹, S.A. Berseneva¹, A.N. Belov^{1,2}, N.V. Repsh¹

¹Primorskaya State Academy of Agriculture, Ussuriisk

²Far Eastern Federal University, Vladivostok

About 3 thousand species of higher vascular plants grow on the territory of Primorsky Krai (Russian Federation). Of these, at least 300 species have medicinal properties and are used in official and folk medicine. The cultivation and empirical use of medicinal plants in Primorsky Krai is noted in the second half of the 19th century. The study of their chemical composition and pharmacological properties began in the 1940s, with plants of the Araliaceae (*Panax ginseng* and others) and Schisandraceae (*Schisandra chinensis*) families, which have stimulating and adaptogenic properties. Subsequently, the range of researched medicinal plants has expanded significantly. The leading scientific institutions of the region for

the study of medicinal plants are the Pacific Institute of Bioorganic Chemistry and the Federal Scientific Center for Biodiversity of Terrestrial Biota of East Asia of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences.

Keywords: Russian Far East, Primorsky Krai, medicinal plants, phytomedicine, adaptogens.

Об авторах:

КОЛЯДА Александр Степанович — кандидат биологических наук, доцент Института землеустройства и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», 692510, Приморский край, Уссурийск, проспект Блюхера, 44, e-mail: a.s.pinus@mail.ru.

БЕРСЕНЕВА Светлана Анатольевна –кандидат биологических наук, проректор по учебной работе, ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», 692510, Приморский край, Уссурийск, проспект Блюхера, 44, e-mail: svshatal@mail.ru.

БЕЛОВ Александр Никитович — кандидат сельскохозяйственных наук, доцент Института землеустройства и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», доцент Института наук о жизни и биомедицины (Школа), департамента фармации и фармакологии, ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», 690922, Приморский край, Владивосток, о. Русский, п. Аякс, 10, e-mail: belov.an@dvfu.ru.

РЕПШ Наталья Викторовна — кандидат биологических наук, доцент Института землеустройства и агротехнологий, ФГБОУ ВО «Приморская государственная сельскохозяйственная академия», 692510, Приморский край, Уссурийск, проспект Блюхера, 44, e-mail: repsh_78@mail.ru.

Коляда А.С. Лекартсвенные растения Приморского края: история изучения / А.С. Коляда, А.С. Берсенева, А.Н. Белов, Н.В. Репш // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 95-109.

БИОРАЗНООБРАЗИЕ И ОХРАНА ПРИРОДЫ

УДК 581.9+502.4(470.31) DOI: 10.26456/vtbio270

О ФЛОРИСТИЧЕСКОМ РАЗНООБРАЗИИ ЛЕСОБОЛОТНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРАВОБЕРЕЖЬЯ ЛОБИ

А.А. Нотов¹, В.И. Фертиков², А.В. Павлов², В.А. Нотов^{3,1}, С.А. Иванова¹, Л.В. Зуева¹

¹Тверской государственный университет, Тверь ²Государственный комплекс «Завидово», Тверская область ³МБОУ СОШ № 3, пос. Релкино

Лесоболотные массивы правого берега реки Лоби приурочены к территории национального парка «Государственный комплекс «Завидово». Они характеризуются высоким уровнем флористического разнообразия. Выявлено распространение видов сосудистых растений, мохообразных и лишайников, занесенных в региональные и федеральную Красные книги, индикаторных видов биологически ценных лесов. Среди видов, включенных в Красную книгу Российской Федерации, Cypripedium calceolus L., Dactylorhiza baltica (Klinge) Nevski, D. traunsteineri (Saut. ex Rchb. f.) Soó, Lobaria pulmonaria (L.) Ноffm., Menegazzia terebrata (Hoffm.) А. Massal. Большая часть местообитаний охраняемых и индикаторных видов расположена в старовозрастных черноольшаниках, осинниках, участках неморальных сообшеств с липой.

Ключевые слова: национальный парк «Государственный комплекс «Завидово», река Лобь, Тверская область, Московская область, редкие и охраняемые виды, сохранение биоразнообразия, Красная книга, индикаторные виды биологически ценных лесов, мониторинг.

Введение. Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» является одной из наиболее интересных охраняемых природных территорий Центральной России (Фертиков, 1998; Нотов, 2010, 2019, 2020; Егоров, 2019). В её пределах выявлены уникальные природные комплексы и значительное число нуждающихся в охране объектов растительного мира (Нотов, 2010, 2019; Нотов и др., 2019; Носова и др., 2022 и др.). В этой связи особое значение приобретают детальные исследования растительного покрова и ландшафтной структуры, оценка флористической оригинальности разных участков лесоболотных массивов и комплексный анализ уникальных экосистем. Все это позволит контролировать степень стабильности их состояния и выявлять основные направления динамики. Особого внимания заслуживает высокое биоразнообразие природных комплексов правого берега реки Лоби (Нотов, 2010, 2019; Нотов и др., 2019). В ходе

многолетних флористических исследований на этом участке регулярно выявляются новые для национального парка растения и лишайники, неизвестные ранее местонахождения охраняемых видов и индикаторов биологически ценных лесов (Нотов и др., 2011, 2016, 2018, 2019, 2022; Abolin et al., 2011; Софронова и др., 2012, 2013; Нотов, Гимельбрант, 2015, 2017; Notov et al., 2019; Чернядьева и др., 2020, 2021). Среди них немало видов, впервые приводимых для Тверской и Московской областей (Нотов, 2006; Гимельбрант, 2015, 2017; Нотов и др., 2018, 2019; Нотов, Notov et al., 2019; Чернядьева и др., 2020, 2021 и др.). Цель данной статьи — обобщить полученные к настоящему времени данные о флористическом разнообразии лесоболотных экосистем правобережья реки Лоби.

Методика. Полевые исследования проведены в 2007–2022 гг. Маршрутный метод сочетается с работой на стационарах. Изучены лесные и болотные массивы нижнего течения реки Лоби и ее правых притоков. Собранные материалы хранятся в гербарии Ботанического сада ТвГУ (TVBG), дублеты переданы в гербарий Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (LE). Более детально исследованы кварталы 28, 31–33, 39, 41–43, 49–54, 59–64, 72–75, 82–84, 90–92, 99–102, 109–113, 120–123, 130 Тургиновского лесничества (Тверская область), кварталы 1–2, 3–7, 17–19, 28–29, 35–36 Ошейкинского лесничества (Московская область), приграничные территории правого берега Лоби (рис. 1). Особое внимание было уделено изучению старовозрастных лесов, связанных с ручьями и болотными массивами.

Регулярно проводятся специальные поиски редких видов мхов, печеночников, лишайников, систематически близких к лишайникам лихенофильных и сапротрофных нелихенизированных грибов (Abolin et al., 2011; Софронова и др., 2012, 2013; Нотов и др., 2016, 2018, 2019; Нотов, Гимельбрант, 2015, 2017; Нотов, 2019; Notov et al., 2019; Чернядьева и др., 2020, 2021 и др.). Для обеспечения дальнейшего мониторинга произведено картирование всех местонахождений и пунктов сбора материалов. Для каждого пункта (точки) с помощью навигатора Garmin GPSmap 60CSx определены географические координаты. Эта информация включена в электронную базу данных, отражающую особенности распространения редких и индикаторных видов национального парка «Государственный комплекс «Завидово». В настоящее время в этой базе содержатся данные более чем о двух тысячах местонахождений и опорных точках (Нотов и др., 2019). Информация о географических координатах местообитаний сопряжена с ГИС-материалами по национальному парку. Созданы специальные базы по охраняемым и индикаторным видам. Точная координатная привязка всех местонахождений сделала доступным для регулярного повторного наблюдения более 2000 пунктов мониторига. При этом учтены характеристики местообитаний, фитоценозов, информация об обилии видов, составе и структуре синузий с участием охраняемых и индикаторных видов. Произведена также оценка встречаемости, проективного покрытия, константности видов в различных экотопах. Выяснена зависимость распространения от типа местообитания, особенностей геоморфологии, гидрологии, растительного покрова, возраста и состава древесных пород (Нотов и др., 2018, 2019).

Более детально исследовано распространение и экология охраняемых видов и индикаторов биологически ценных лесов (БЦЛ). Использованы методики, разработанные в рамках международного проекта для Северо-Запада Европейской России (Выявление..., 2009). В 2009–2014 гг. создана необходимая основа для осуществления многоуровневого мониторинга растений и лишайников, занесеных в Красные книги Тверской и Московской областей и Российской Федерации (Красная..., 2008, 2016, 2018). Уточнен видовой состав охраняемых объектов растительного мира, выявлен характер их распространения на территории национального парка, оценено состояние их ценопопуляций (Нотов и др., 2019).

Результаты и обсуждение. К настоящему времени обобщены результаты 15-летних исследований (Нотов и др., 2019, 2022). Вопрос о точных границах лесоболотного массива правобережья реки Лоби находится в стадии обсуждения и согласования. Предстоит обосновать целесообразность объединения или обособления ландшафтов правого берега Лоби с выделенными ранее на территории национального парка уникальными лесоболотными комплексами – «Ламовское озеро» «Дудинское болото» (Егоров, Кривецкая, 2019). В этой связи мы не приводим точные цифровые данные о флористическом разнообразии комплекса экосистем правобережья реки Лоби. При любом варианте рассмотрения границ в составе его флоры представлено более 650 видов сосудистых растений, более 180 видов мохообразных и более 190 видов лишайников. Флористическое богатство этой территории превышает таксономическое разнообразие всех других уникальных природных комплексов национального парка (см. Нотов, 2010; Егоров, Кривецкая, 2019).

С помощью созданных нами баз данных и ГИС-материалов проанализировано пространственное распределение охраняемых и индикаторных видов. Это позволило оценить их активность и фитоценотическую роль в экосистемах разного масштаба (Нотов и др., 2019 и др.).

В ходе мониторинговых исследований, проведенных нами в национальном парке за последние пять лет, были сделаны важные дополнения в новое издание Красной книги Московской области (Красная..., 2018; Нотов и др., 2018, 2019).

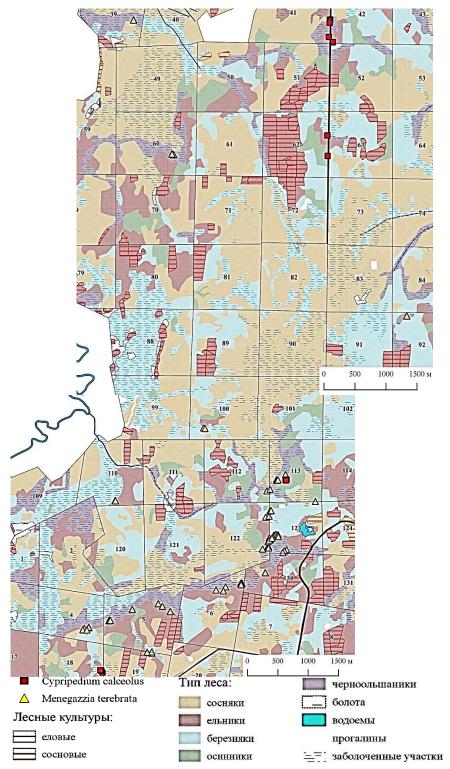


Рис. 1. Местонахождения Menegazzia terebrata (треугольник) и Cypripedium calceolus (квадрат) в экосистемах правого берега реки Лоби

В настоящее время правобережье Лоби В пределах национального пакрка «Государственный комплекс «Завидово» – единственная в Московской области территория, на которой сохранилась Menegazzia terebrata (Hoffm.) A. Massal. – лишайник из Красной книги Российской Федерации (рис. 1) (Красная..., 2018; Нотов и др., 2018, 2019). Здесь встречаются также некоторые виды, находящиеся в Московской области под угрозой исчезновения (Красная..., 2018; Нотов и др., 2018, 2019). В их числе *Carex* paupercula Michx., Flavoparmelia caperata (L.) Hale, Imshaugia aleurites (Ach.) S.L.F. Meyer, Ramalina dilacerata (Hoffm.) Hoffm., Stereocaulon tomentosum Fr., Usnea glabrescens (Nyl. ex Vain.) Vain. ex Räsänen (Нотов и др., 2019). Среди видов этой категрии статуса из Красной книги Тверской области (2016) в экосистемах правого берега Лоби встречаются Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov., Splachnum ampullaceum Hedw., Lecanora cenisia Ach., Rhizocarpon grande (Flörke) Arnold (Нотов и др., 2019).

Таблица 1 Число охраняемых видов растений и лишайников во флоре правобережья реки Лоби

во флоре привосерский реки лоон			
Компоненты флоры	Число охраняемых видов		
	без учета ДС	с учетом ДС	
ЛИШАЙНИКИ	27 (2)	29 (2)	
МОХООБРАЗНЫЕ	17	25	
Мхи	12	16	
Печеночники	5	9	
СОСУДИСТЫЕ РАСТЕНИЯ	34 (3)	38 (3)	
Папоротниковидные	2	2	
Плауновидные	_	2	
Покрытосеменные	32 (3)	34 (3)	
ВСЕГО	78 (5)	92 (5)	

Примечание. ДС – дополнительный список таксонов, нуждающихся на территории Московской области в постоянном контроле и наблюдении (Красная..., 2018). В круглых скобках дано число видов из Красной книги Российской Федерации (2008).

На правом берегу Лоби расположено единственное известное в настоящее время в национальном парке «Государственный комплекс «Завидово» местонахождение Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. В отличие коренных сообществ Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника (ЦЛГПБЗ), где данный вид продолжительно сохраняет стабильные позиции (Истомина, 1993, 1996; Нотов и др., 2019), в экосистемах национального парка он имеет ограниченное распространение.

В общей сложности на территории правобережья реки Лоби встречается 5 видов из Красной книги Российской Федерации (2008). Среди них *Cypripedium calceolus* L., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *Dactylorhiza traunsteineri* (Saut. ex Rchb. f.) Soó, *Lobaria pulmonaria*, *Menegazzia terebrata* (Нотов и др., 2019). В приграничной зоне на левом берегу Лоби обнаружена популяция *Orchis militaris* L. (Пушай, Дементьева, 2008; Нотов, 2010).

На правобережье Лоби выявлено 78 видов из региональных Красных книг (Красная..., 2016, 2018). С учетом дополнительного списка на данной территории отмечено 92 вида растений и лишайников, которые нуждаются в мониторинге и региональной охране, а также 5 видов, охраняемых на федеральном уровне (табл. 2).

Мониторинговые наблюдения на правом берегу реки Лоби носят комплексный характер (Нотов и др., 2019). Они включают флористические, геоботанические и популяционные исследования. Такой подход дает возможность не только регулярно оценивать состояние популяций охраняемых видов и экосистем, к которым они приурочены, но и позволяет существенно уточнять состав флоры, выявлять неизвестные ранее местонахождения редких видов. Благодаря сотрудничеству со специалистами Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН и Санкт-Петербургского государственного университета удается точно идентифицировать собранные материалы по микролишайникам, печеночникам, лихенофильным грибам (Нотов и др., 2011, 2016, 2018, 2019, 2022; Abolin et al., 2011; Софронова и др., 2012, 2013; Нотов, Гимельбрант, 2015, 2017; Notov et al., 2019; Чернядьева и др., 2020, 2021 и др.). Такие продуктивные научные контакты позволяют постоянно повышать уровень изученности биоразнообразия (Нотов, 2019).

Целенаправленное изучение правобережья Лоби проводилось в 2012–2020 гг. (Нотов и др., 2018, 2019) (рис. 1). Эта территория характеризуется большой площадью и высоким уровнем целостности генезиса ландшафтных комплексов. При этом растительный покров очень мозаичен (рис. 1). На правом берегу реки Лоби сформировалась сложная система крупных пойменных и болотных комплексов разного типа. Они приуроченны к многочисленным ручьям, ложбинам и котловинам. К ним примыкают уникальные с точки зрения флоры болотные массивы — Ламовское озеро и Дудинское болото (Нотов, 2010). К пойменным расширениям Лоби приурочены самые большие по площади черноольховые и березовые топи. Они окружают также наиболее крупные сфагновые и переходные болота (рис. 1). На повышенных элементах рельефа сформировались разные типы сосняков, ельников, встречаются фрагменты осинников, неморальных ельников с липой. Местами сохранились старовозрастные участки

сложных ельников. Подобное сочетание растительных формаций, значительная степень непрерывности лесоболотных массивов и отсутствие эксплуатационной деятельности весьма благоприятны для сохранения биоразнообразия охраняемых объектов флоры и индикаторов биологически ценных лесов (Выявление..., 2009; Нотов и др., 2019).

Детальный анализ основных пунктов правобережья Лоби позволил существенно уточнить распространение Menegazzia terebrata и Cypripedium calceolus (рис. 1) (Нотов и др., 2019). Выявлены также местонахождения других редких, охраняемых и индикаторных видов. В их числе не отмечавшиеся ранее в национальном парке Cetrelia cetrarioides (Delise) W.L.Culb. et C.F.Culb., Collema furfuraceum (Arnold) Du Rietz, Collema nigrescens (Huds.) DC., Flavoparmelia caperata (L.) Hale, Gyalecta derivata (Nyl.) H. Olivier, Heterodermia japonica (M. Sato) Swinscow et Krog., Heterodermia speciosa (Wulfen) Trevis., Hypogymnia vittata (Ach.) Parrique, Nephroma bellum (Spreng.) Tuck., Isothecium alopecuroides (Dubois) Isov. (Софронова и др. 2013; Нотов и др., 2018, 2019; Нотов, 2019). Все эти виды, за исключением Gyalecta derivata, распространены в национальном пакрке «Государственный комплекс «Завидово» только на правом берегу реки Лоби.

Проведенное нами изучение болотных и лесных комплексов на правом берегу реки Лоби позволило уточнить встречаемость редких и охраняемых видов лишайников, найти новые для Московской области виды. Среди них *Chaenotheca brachypoda* (Ach.) Tibell, *Evernia divaricata* (L.) Ach., *Gyalecta truncigena* (Ach.) Hepp., *Microcalicium disseminatum* (Ach.) Vain. (Нотов и др., 2018).

Результаты флористических и мониторинговых исследований свидетельствуют о том, что природные комплексы правого берега реки Лоби характеризуются высокой степенью уникальности. Только здесь обнаружены Cephalozia connivens (Dicks.) Lindb., Cetrelia olivetorum, Collema furfuraceum, Collema nigrescens, Evernia divaricata, Flavoparmelia caperata, Hypogymnia vittata, Isothecium alopecuroides, Lobaria pulmonaria, Menegazzia terebrata, Nephroma bellum, Pleurosticta acetabulum (Neck.) Elix. et Lumbsch., Ramalina fraxinea (L.) Ach. (Нотов, 2019; Нотов и др., 2019).

В ходе мониторинговых наблюдений сообществ с видами, занесенными в Красную книгу Российской Федерации (2008), были существенно уточнены особенности их экологии и характер распространения в национальном парке «Завидово» (Нотов и др., 2019). Детально изучена эколого-фитоценотическая приуроченность Cypripedium calceolus, Dactylorhiza baltica, Dactylorhiza traunsteineri, Menegazzia terebrata (Нотов и др., 2019). Показано, что некоторые ценопопуляции Cypripedium calceolus встречаются в нетипичных для

этого вида местообитаниях (Дементьева, 1985; Варлыгина, 2008; Пушай, Дементьева, 2008; Вахрамеева и др., 2014). Полученные материалы важны для разработки подходов к сохранению их популяций (ценопопуляций) в национальном парке.

Большая часть местообитаний охраняемых и индикаторных видов приурочена к старовозрастным черноольшаникам, старым осинникам, участкам неморальных сообществ с липой, которые расположены, как правило, по краю заболоченных или топких участков (Нотов и др., 2018, 2019; Нотов, 2019, 2020). Такие сообщества представляют специальный интерес для изучения динамики формирования эпифитных обрастаний на разных этапах онтогенеза деревьев (Жукова, Нотов, 2020). В отмеченных фитоценозах достаточно старых генеративных и субсенильных особей деревьев для исследования завершающих стадий развития моховолишайниковых синузий. Другой крайне значимой для таких исследований модельной территорией можно считать Центрально-Лесной государственный природный биосферный заповедник, в котором степень сохранности старовозрастных сообществ еще выше (Жукова, Нотов, 2020; Нотов и др., 2022).

Заключение. Таким образом, благодаря хорошей сохранности биотопов, которые являются специфическими для многих охраняемых растений и лишайников, а также индикаторов биологически ценных лесов и разнообразию природных экосистем, уровень видового богатства флоры правобережья Лоби высокий. Полученные материалы свидетельствуют об уникальности его лесоболотных комплексов, целесообразности продолжения дальнейшего изучения и проведения мониторинговых наблюдений. Они будут способствовать выяснению закономерностей формирования биоразнообразия коренных лесных фитоценозов южной тайги и сопряженных с ними болотных массивов.

Список литературы

Варлыгина Т.И. 2008. Венерин башмачок настоящий — *Cypripedium calceolus* L. // Красная книга Московской области. 2-е изд., доп. и перераб. М.: КМК. С. 541.

Вахрамеева М.Г., Варлыгина Т.И., Татаренко И.В. 2014. Орхидные России (биология, экология и охрана). М.: КМК. 437 с.

Выявление и обследование биологически ценных лесов на Северо-Западе Европейской части России. 2009. СПб. Т. 1: Методика выявления и картографирования. 238 с. Т. 2: Пособие по определению видов, используемых при обследовании на уровне выделов. 258 с.

Дементьева С.М. 1985. Венерин башмачок *Cypripedium calceolus* L. в лесных экосистемах Верхневолжья // Взаимоотношения компонентов биогеоценозов в южной тайге. Калинин: КГУ. С. 36-46.

Егоров А.Н. 2019. Национальному парку «Государственный комплекс

- «Завидово» 90 лет // Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» 90 лет. М.: ИД Меркурий. С. 17-36.
- *Егоров А.Н., Кривецкая Т.Н.* 2019. Структура территории национального парка «Государственный комплекс «Завидово» и его земельных площадей // Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» 90 лет. М.: ИД Меркурий. С. 37-46.
- Жукова Л.А., Нотов А.А. 2020. О проблеме сопряженного анализа онтогенеза дерева и динамики эпифитного мохово-лишайникового покрова // Полевой журнал биолога. Т. 2. № 4. С. 310-320.
- *Истомина Н.Б.* 1993. Новое местонахождение *Menegazzia terebrata* (Hypogymniaceae, Lichenes) в европейской части России // Бот. журн. Т. 78. № 6. С. 139-141.
- Истомина Н.Б. 1996. Биология Lobaria pulmonaria (L.) Hoffm. и Menegazzia terebrata (Hoffm.) А. Massal. в южной тайге Европейской части России: автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 24 с.
- *Красная* книга Московской области. 2018. 3-е изд., перераб. и доп. Московская обл.: Верховье. 809 с.
- Красная книга Российской Федерации (растения и грибы) 2008. М.: КМК. 855 с.
- Красная книга Тверской области. 2016. 2-е изд., перераб. и доп. Тверь: Тверской Печатный Двор. 400 с.
- Носова М.Б., Лапиина Е.Д., Нотов А.А., Игнатов М.С. 2022. Голоценовая динамика реликтового комплекса мхов Коротовского болота (Государственный комплекс «Завидово», Россия) // Nature Conservation Research. Заповедная наука. Т. 7. № 1. С. 80-95.
- *Нотов А.А.* 2006. Дополнения к бриофлоре Тверской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 111. Вып. 3. С. 54-55.
- Нотов А.А. 2010. Национальный парк «Завидово»: Сосудистые растения, мохообразные, лишайники. М.: Деловой мир. 432 с. (Национальный парк «Завидово»; Вып. VIII: Юбилейные научные чтения).
- Нотов А.А. 2019. Некоторые итоги флористических исследований в национальном парке за последние пять лет (2014—2018 гг.) // Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» 90 лет. М.: ИД Меркурий. С. 47-76.
- Нотов А.А. 2020. Роль Центрально-Лесного заповедника и национального парка «Завидово» в изучении разнообразия лишайников лесных и болотных экосистем южной тайги // Труды Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника. Вып. 7. М.: КМК. С. 141-158.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е. 2015. Новые дополнения к лихенофлоре Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1. С. 151-155.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е. 2017. Материалы к лихенофлоре Тверской области. 1 // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1. С. 246-254.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С. 2016. Новые дополнения к лихенофлоре Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3. С. 119-126.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Степанчикова И.С., Волков В.П. 2022. Дополнение к лихенофлоре Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2(66). С. 122-132.
- Нотов А.А., Гимельбрант Д.Е., Урбанавичюс Г.П. 2011. Аннотированный список

- лихенофлоры Тверской области. Тверь: Твер. гос. ун-т. 124 с.
- Нотов А.А., Нотов В.А., Павлов А.В. 2019. Мониторинг растений и лишайников, включенных в федеральную и региональные Красные книги, в национальном парке // Национальный парк «Государственный комплекс «Завидово» 90 лет. М.: ИД Меркурий. С. 165-204.
- Нотов А.А., Нотов В.А., Фертиков В.И. 2018. О распространении некоторых редких и охраняемых видов лишайников в московской части национального парка «Завидово» // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 1. С. 138-150.
- *Пушай Е.С., Дементьева С.М.* 2008. Биология, экология и распространение видов сем. Orchidaceae Juss. в Тверской области. Тверь: Твер. гос. ун-т. 206 с.
- Софронова Е.В., Абакарова А.С., Афонина О.М., Бадмаева Н.К., Боровичев Е.А., Бойчук М.А., Чернядьева И.В., Дорошина Г.Я., Дулин М.В., Дьяченко А.П., Федосов В.Э., Ибатуллин А.А., Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Иванова Е.И., Ивченко Т.Г., Кокошникова Ю.С., Кожин М.Н., Кузьмина Е.Ю., Максимов А.И. и др. 2012. Новые бриологические находки. 1 // Arctoa. T. 21. C. 275-300.
- Софронова Е.В., Абакарова А.С., Афонина О.М., Акатова Т.В., Бай Х.Л., Баишева Э.З., Безгодов А.Г., Бочкин В.Д., Боровичев Е.А., Чернядьева И.В., Дирксен В.Г., Дорошина Г.Я., Дулин М.В., Дьяченко А.П., Энхжаргал Э., Федосов В.Э., Филин В.Р., Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Ивченко Т.Г. и др. 2013. Новые бриологические находки. 2 // Arctoa. T. 22. C. 239-262.
- Фертиков В.И. 1998. Национальный парк «Завидово» / Под ред. Е.Е. Сыроечковского, Э.В. Рогачевой. М.: Триада-Х. 72 с.
- Чернядьева И.В. (ред.), Афонина О.М., Давыдов Е.А., Дорошина Г.Я., Дугарова О.Д., Етылина А.С., Филиппов И.В., Фрейдин Г.Л., Галанина О.В., Гимельбрант Д.Е., Игнатов М.С., Игнатова Е.А., Коткова В.М., Кукуричкин Г.М., Курагина Н.С., Кузьмина Е.Ю., Лапшина Е.Д., Лаврентьев М.В., Макуха Ю.А., Мороз Е.Л., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Попов С.Ю., Попова Н.Н., Потемкин А.Д., Степанчикова И.С., Стороженко Ю.В., Тубанова Д.Я., Власенко В.А., Яковченко Л.С., Зятнина М.В. 2020. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 5 // Новости систематики низших растений. Т. 54 (1). С. 261-286.
- Чернядьева И.В. (ред.), Давыдов Е.А., Ефимова А.А., Гогорев Р.М., Гимельбрант Д.Е., Коткова В.М., Кузьмина Е.Ю., Леострин А.В., Мороз Е.Л., Нешатаева В.Ю., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Пауков А.Г., Попова Н.Н., Потемкин А.Д., Степанчикова И.С., Стороженко Ю.В., Яковченко Л.С., Юрчак М.И., Волоснова Л.Ф., Журбенко М.П., Зятнина М.В. 2021. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 7 // Новости систематики низших растений. Т. 55 (1). С. 249-277.
- Abolin A.A., Andreeva E.N., Afonina O.M., Badmaeva N.K., Bakalin V.A., Belkina O.A., Borovichev E.A., Chemeris E.V., Cherdantseva V.Ya., Cherednichenko O.V., Czernyadjeva I.V., Doroshina G.Ya., Dulin M.V., Ibatullin A.A., Ignatov M.S., Ignatova E.A., Kokoshnikova Yu.S., Konstantinova N.A., Kotseruba V.V., Malashkina E.V. et al. 2011. New records // Arctoa. V. 20. P. 247-268.
- Notov A.A., Himelbrant D.E., Stepanchikova I.S. 2019. New records of lichens and lichenicolous fungi from the Tver Region // Novosti sistematiki nizshikh rastenii. T. 53(1). P. 157-166.

ON THE FLORISTIC DIVERSITY OF FOREST-SWAMP ECOSYSTEMS ON THE RIGHT BANK OF THE LOB RIVER

A.A. Notov¹, V.I. Fertikov², A.V. Pavlov², V.A. Notov^{3,1}, S.A. Ivanova¹, L.V. Zueva¹

¹Tver State University, Tver
²State complex «Zavidovo», Tver and Moscow Region
³Secondary School № 3, Redkino Settlement, Tver Region

Forest-swamp ecosystems on the right bank of the Lob River are located on the territory of the «State Complex «Zavidovo» National Park. They are characterized by a high level of floristic diversity. We have studied the distribution of vascular plant species, lichens and bryophytes that are listed in the federal and regional Red Data Books, as well as indicator species of biologically valuable forests. Among the species listed in the Red Data Book of the Russian Federation are *Cypripedium calceolus* L., *Dactylorhiza baltica* (Klinge) Nevski, *D. traunsteineri* (Saut. ex Rchb. f.) Soó, *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm., *Menegazzia terebrata* (Hoffm.) A.Massal. Most of the habitats of protected and indicator species are located in old-growth black alder forests, aspen forests and nemoral communities with linden.

Keywords: «State Complex «Zavidovo» National Park, Lob River, Tver region, Moscow region, rare and protected species, biodiversity conservation, Red Book, indicator species of biologically valuable forests, monitoring.

Об авторах:

НОТОВ Александр Александрович — доктор биологических наук, профессор кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: anotov@mail.ru.

ФЕРТИКОВ Владимир Иванович – доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Госкомплекс «Завидово» Федеральной службы охраны Российской Федерации, 171274, Тверская обл., Конаковский р-н, пос. Козлово, д. 10, e-mail: chukarina_tv@fso.gov.ru.

ПАВЛОВ Александр Вадимович — кандидат биологических наук, специалист, Госкомплекс «Завидово» Федеральной службы охраны Российской Федерации, 171274, Тверская обл., Конаковский р-н, пос. Козлово, д. 10, e-mail: al.pavlow@yandex.ru.

НОТОВ Валерий Александрович — кандидат биологических наук, учитель биологии МБОУ СОШ № 3 пос. Редкино, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 171261, Тверская обл., Конаковский р-н, пгт. Редкино, Диева, д. 33a, e-mail: vnotov123@mail.ru.

ИВАНОВА Светлана Алексеевна — кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: dmitrievas@mail.ru.

ЗУЕВА Людмила Викторовна — кандидат биологических наук, доцент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: zuevabio2012@ yandex.ru.

Нотов А.А. О флористическом разнообразии лесоболотных экосистем правобережья Лоби / А.А. Нотов, В.И. Фертиков, А.В. Павлов, В.А. Нотов, С.А. Иванова, Л.В. Зуева // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 110-121.

УДК (470.331)

DOI: 10.26456/vtbio271

КОНЦЕПЦИЯ КРАСНОЙ КНИГИ ТВЕРСКОЙ ОБЛАСТИ 2022

А.А. Рыбакова², И.С. Перова¹

¹Министерство природных ресурсов и экологии Тверской области, Тверь ²ООО «Стратегия ЭКО», Тверь

Приводятся основные подходы к формированию нового, третьего, издания Красной книги Тверской области, обзор изменений в законодательстве, некоторые результаты работ по мониторингу редких видов флоры и фауны, выполненных ООО «Стратегия ЭКО» в рамках государственного контракта № 91 от 06.07.2021 по заказу Минприроды Тверской области, приводится перечень стратегических мероприятий по охране биоразнообразия на территории области

Ключевые слова: Красная книга, особо охраняемые природные территории, Тверская область.

Ведение Красной книги субъекта Российской Федерации и реализация стратегий сохранения редких и исчезающих видов растений, животных и других организмов — является одним из основных механизмов реализации государственной политики в сфере обеспечения экологической безопасности Российской Федерации (Указ ..., 2017).

В 2021-2022 гг. по заказу Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области ведется работа по мониторингу редких видов флоры и фауны Тверской области. Результатом данной работы является подготовка рукописи нового, третьего, издания Красной книги Тверской области. Выход электронного и печатного издания планируется в 2023 и 2024 годы.

Закон Тверской области № 87-3О от 07.11.2014 «О Красной книге Тверской области» определяет Красную книгу региона (далее – ККТО, Книга) как официальный документ, содержащий свод сведений о состоянии, распространении, мерах охраны и восстановления редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (подвидов, популяций) диких животных и дикорастущих растений, и грибов, обитающих (произрастающих) на территории Тверской области (Закон Тверской области от 7 ноября 2014 г № 87-3О).

Однако в 2017 году введено четкое определение на уровне Российской Федерации. Согласно Национальному стандарту РФ ГОСТ Р 57007-2016 «Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения» (Национальный ..., 2016), п.

2.52.: Красная книга субъекта Российской Федерации — официальный документ, содержащий свод сведений о состоянии, распространении и мерах охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (подвидов, популяций) диких животных, дикорастущих растений и грибов, обитающих (произрастающих) на территории субъекта Российской Федерации, включая виды (подвиды, популяции), занесенные в Красную книгу Российской Федерации и обитающие на территории субъекта Российской Федерации.

Основной целью ведения Красной книги Тверской области является обеспечение выявления, учета и охраны редких и находящихся под угрозой исчезновения объектов животного и растительного мира, а также организация мониторинга за их состоянием, разработка и осуществление мероприятий по их сохранению и восстановлению (Закон Тверской области от 7 ноября 2014 г N 87-3O).

Необходимо понимать, что создание и ведение Красной книги как основополагающего механизма сохранения биоразнообразия в конечном итоге является важной задачей в обеспечении устойчивости экосистем региона и, как следствие, высокого уровня жизни населения (Соболев, 2020).

Цели (области приложения) Красной книги Тверской области:

- восстановление Сохранение. популяций, генетического разнообразия редких видов. Из трех принципов сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов (видовой, популяционный, организменный) (Распоряжение . . . , 2014) для Тверской области, как региона с ограниченной площадью для развития биологических видов, не имеющего четкой географической изоляции, на первом месте стоит популяционный принцип, основанный на сохранении или восстановлении численности и ареалов природных популяций, достаточных для их устойчивого существования; на втором - организменный принцип, основанный на сохранении отдельных особей, обеспечении их воспроизводства и сохранении генотипов (Ушаков, 2016).
- ✓ Юридический механизм регулирования. Список редких и находящихся под угрозой исчезновения видов, занесенных в ККТО нормативный правовой документ. За нарушения законодательных положений в сфере охраны окружающей среды (биоразнообразия) предусмотрены административная и уголовная ответственность.
- Наука. Красная книга пополняется и ведется на основе научных сведений об особенностях распространения, экологии и биологии редких видов. Является основанием ДЛЯ научных программ восстановления генофонда сохранения, И других научных исследований в данной сфере.

- ✓ Хозяйственная деятельность. Места обитания редких видов, занесенных в ККТО, учитываются при планировании размещения, эксплуатации различных хозяйственных объектов и, в конечном итоге, влияет на осуществление градостроительной деятельности на муниципальном, региональном и федеральном уровнях.
- ✓ Сохранение местообитаний. ККТО основа для выделения особо охраняемых природных территорий (ООПТ), сохранения разнообразия ландшафтов. Территориальная охрана популяций краснокнижных видов одновременно должна обеспечивать сохранение местообитаний всего разнообразия нативных видов (от редких до типичных, не занесенных в Красные книги Российской Федерации и Тверской области). Данное условие приводит к сохранению экологического баланса региона, следовательно, к гармоничному существованию и развитию основного для нас биологического вида человека разумного (Рыбакова, 2020).
- ✓ Просвещение. В Книге в наглядной форме приводятся сведения о видах флоры и фауны, причинах их редкости и уязвимости, а также основных путях их сохранения и восстановления, что позволяет широкое использование в качестве учебного пособия (Сорокин, 2017). Значение Книги для экологического просвещения сложно переоценить. Поэтому издание Книги должно предназначаться для широкого круга читателей, от строителей до природоохранников, от ученых до младших школьников, от ресурсных ведомств до натуралистов-любителей.

Составление списков Красной книги Тверской области

Исходя из целей, в подходах к созданию Красной книги необходимо выдерживать баланс между наукоёмкостью, практическим применением в градостроительстве и природопользовании, задач по сохранению (восстановлению) экологического баланса (высокий экологически благоприятный уровень жизни населения), популяризацией и просвещением (рис.1). При этом, в случае усиления одного из направлений, применимость в других существенно падает. Так, составление полных с научной точки зрения списков редких применимость таксонов практическую затрудняет градостроительстве (и даже может вызвать обратную реакцию, когда положения Красной книги начинают игнорироваться), и сводит к образовательную функцию широкого минимуму ДЛЯ неспециалистов.



Рис. 1. Концептуальные основы создания, ведения Красной книги

Критерии и статусы

Подходы к выделению редких видов, подлежащих к занесению в Красную книгу, достаточно субъективны, и основываются, главным образом на экспертном мнении о состоянии популяции (Трепет, Акатов, 2019).

Таблица 1 Тралиционные критерии оценки таксонов животных

градиционные критерии оценки таксонов животных			
Критерии оценки видов (подвидов, популяций) животных	Категория	Статус	
Известные ранее на территории (или	0	Вероятно	
акватории) региона (авт.), нахождение		исчезнувшие	
которых в природе не подтверждено (для			
беспозвоночных животных - в последние 100			
лет, для позвоночных - в последние 50 лет)			
Численность особей уменьшилась до	1	Находящиеся под	
критического уровня таким образом, что в		угрозой исчезновения	
ближайшее время они могут исчезнуть			
С неуклонно сокращающейся численностью	2	Сокращающиеся в	
и/или распространением, которые при		численности и/или	
дальнейшем воздействии факторов,		распространении	
снижающих численность и/или			
распространение, могут в короткие сроки			
попасть в категорию находящихся под			
угрозой исчезновения			
Имеют малую численность и	3	Редкие	
распространены на ограниченной			
территории (или акватории) или			
спорадически распространены на			
значительных территориях (акваториях)			

Вероятно относятся к одной из предыдущих	4	Неопределенные по
категорий, но достаточных сведений об их		статусу
состоянии в природе в настоящее время нет,		
либо они не в полной мере соответствуют		
критериям всех остальных категорий		
Численность и распространение под	5	Восстанавливаемые и
воздействием естественных причин или в		восстанавливающиеся
результате принятых мер охраны начали		
восстанавливаться и приближаются к		
состоянию, когда не будут нуждаться в		
срочных мерах по сохранению и		
восстановлению		

С 1 апреля 2022 года начал действовать Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 59783-2021 "Охрана окружающей среды. Биологическое разнообразие. Критерии оценки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов" (Национальный ..., 2021). Данным документом стандартизированы подходы к оценке видов (таксонов), заносимых в Красную книгу Российской Федерации и Красные книги регионов (Тверская область).

Виды, заносимые в Красную книгу, ранжируются на основе трех классификаций (ГОСТ Р 59783-2021):

1) традиционная классификация видов (по степени редкости и угроз исчезновения)

Таблица 2 Традиционные критерии оценки таксонов растений и грибов

Критерии оценки видов, подвидов	•	•
Известные ранее с территории (или	0	Вероятно исчезнувшие
акватории) региона (авт.), нахождение		1
которых в природе не подтверждено в		
последние 50 лет, но возможность их		
сохранения нельзя исключить		
Численность особей уменьшилась до	1	Находящиеся под
такого уровня или число их		угрозой исчезновения
местонахождений настолько сократилось,		
что в ближайшее время они могут		
исчезнуть		
С неуклонно сокращающейся	2	Сокращающиеся в
численностью, которые при дальнейшем		численности
воздействии факторов, снижающих		
численность, могут в короткие сроки		
попасть в категорию находящихся под		
угрозой исчезновения:		
а) численность сокращается в результате		
изменения условий существования или		
разрушения местообитаний;		
б) численность сокращается в результате		
чрезмерного использования их человеком и		

		T
может быть стабилизирована		
специальными мерами охраны		
(лекарственные, пищевые, декоративные и		
другие растения)		
С естественной невысокой численностью,	3	Редкие
встречающиеся на ограниченной		
территории (акватории) или спорадически		
распространенные на значительных		
территориях (акваториях), для выживания		
которых необходимо принятие		
специальных мер охраны:		
а) узкоареальные эндемики;		
б) имеющие значительный ареал, в		
пределах которого встречаются		
спорадически и с небольшой численностью		
популяций;		
в) имеющие узкую экологическую		
приуроченность, связанные со		
специфическими условиями произрастания		
(выходами известняков или других пород,		
засоленными почвами, литоральными		
местообитаниями и др.);		
г) имеющие значительный общий ареал, но		
находящиеся в пределах региона (авт.) на		
границе распространения;		
д) имеющие ограниченный ареал, часть		
которого находится на территории		
(акватории) региона (авт.)		
Вероятно, относятся к одной из	4	Неопределенные по
предыдущих категорий, но достаточных	•	статусу
сведений об их состоянии в природе в		ciarycy
настоящее время нет, либо они не в полной		
мере соответствуют критериям других		
категорий, но нуждаются в специальных		
мерах охраны		
1 1	5	Розотомориморомию и
Численность и область распространения	3	Восстанавливаемые и
под воздействием естественных причин		восстанавливающиеся
или в результате принятых мер охраны		
начали восстанавливаться и приближаются		
к состоянию, когда не будут нуждаться в		
специальных мерах по сохранению и		
восстановлению		

- 2) классификация видов по степени угроз исчезновения (по классификации Международного союза охраны природы МСОП):
- ИП Исчезнувший в дикой природе Extinct in the Wild (EW). Вид признан исчезнувшим в природе, когда известно его существование только в искусственно созданной среде в культуре, в неволе или как натурализованная популяция за пределами

естественных для этого вида местообитаний исторического ареала;

- ИР Исчезнувший в Тверской области Regionally Extinct (RE). Виды, нахождение которых в природе не подтверждено (для беспозвоночных животных в последние 100 лет, для позвоночных животных, растений и грибов в последние 50 лет), но возможность их сохранения нельзя исключить;
- KP Находящийся под критической угрозой исчезновения Critically Endangered (CR). Вид признан находящимся под критической угрозой исчезновения, когда он подпадает под определения подкритериев А-Е (см. таблицу 3) для этого статуса и существует высокий риск исчезновения в природе;
- И Исчезающий Endangered (EN). Вид признан исчезающим, когда он подпадает под определения подкритериев А-Е для этого статуса и существует высокий риск исчезновения в природе;
- У Уязвимый Vulnerable (VU). Вид признан уязвимым, когда он подпадает под определения подкритериев А-Е для этого статуса и существует высокий риск исчезновения в природе;
- БУ Находящийся в состоянии, близком к угрожаемому Near Threatened (NT). Вид признан находящимся близко к угрозе исчезновения, когда он соответствует критериям, но не может быть квалифицирован сейчас как КР (CR), И (EN) или У (VU), однако находится близко к этим статусам или может быть квалифицирован как находящийся под угрозой исчезновения в ближайшем будущем;
- НО Вызывающий наименьшие опасения Least Concern (LC). Вид признан находящимся под минимальной угрозой исчезновения, когда он соответствует критериям, но не может быть квалифицирован сейчас, как КР (CR), И (EN), У (VU) или БУ (NT). Широко распространенные, но немногочисленные объекты включают в этот статус;
- НД Недостаточно данных Data Deficient (DD). Вид относят к этому статусу, когда не имеется достаточной информации, прямой или косвенной, указывающей на угрозу его исчезновения. Включение в этот статус указывает на необходимость сбора большего количества информации и исследований для определения степени его уязвимости. Необходимо тщательно оценивать разницу между этим и другими статусами.

Для статусов "Находящийся под критической угрозой исчезновения", "Исчезающий" и "Уязвимый" вводятся количественные подкритерии.

Таблица 3 Количественные подкритерии определения статуса по степени угроз исчезновения

Использование любого из подкритериев А-Е	Находящиеся под критической угрозой исчезновения КР (CR)	Исчезающие И (EN)	Уязвимые У (VU)
А Сокращение размеров популяции			
	Сокращение размеров популяции оценено за период более чем 10 лет или на протяжении трех генераций		
A1	> 90 %	> 70 %	> 50 %
А2, А3 и А4	> 80 %	> 50 %	> 30 %

- A1 Сокращение популяции наблюдалось, оценивалось, подразумевалось или происходило в прошлом, когда случаи сокращения понимаемы и основаны на следующих признаках:
- (а) прямые наблюдения;
- (b) индекс обилия, применимый к объекту;
- (с) сокращение территории обитания, степени встречаемости и/или изменение качественных характеристик их местообитаний;
- (d) действующее или потенциальное использование популяций;
- (е) эффекты интродукции, гибридизации, патогенности, загрязненности, конкуренции и паразитизма.
- A2 Сокращение популяции наблюдалось, оценивалось, подразумевалось или происходило в прошлом, когда причина сокращения не определялась или не понималась, или не подразумевалась на основании признаков (a-e), описанных в A1.
- АЗ Сокращение популяции прогнозируется или ожидается в будущем (на период 100 лет) на основании признаков (b-e) в А1.
- А4 Сокращение популяции наблюдалось, оценивалось, подразумевалось или происходило (на период 100 лет), но временной период может включать прошлое и будущее и когда причины сокращения не могут быть приостановлены, или непонимаемы, или необратимы, основываясь на любом из признаков а-е A1.

В Географическое распространение: ареал (В1) и местообитание (В2)				
В1 Ареал	$< 100 \text{ km}^2$	$< 5000 \text{ km}^2$	$< 20000 \text{ km}^2$	
В2 Местообитание	$< 10 \text{ km}^2$	$< 500 \text{ km}^2$	$< 2000 \text{ km}^2$	
и 2 из следующих трех	= 1	≤ ₅	≤ 10	
(a, b, c):		3	10	
(а) опасная				
фрагментация или число				
локальных поселений				

- (b) продолжающееся сокращение: (I) ареала, (II) мест обитания, (III) территории, встречаемости и/или ухудшение качества местообитаний, (IV) числа локальных поселений или субпопуляций, (V) числа размножающихся особей.
- (c) экстремальные флуктуации, выражающиеся в: (I) степени встречаемости, (II) сокращении мест обитания, (III) числе локальных поселений или субпопуляций и (IV) числе размножающихся особей.

С Малые размеры и сокращение численности популяций			
Число размножающихся	< 250	< 2500	< 10000
особей и/или С1 или С2			
С1 Ожидаемое	на 25 % в течение	на 20 % в течение	на 10 % в течение
продолжение	трех лет или в	пяти лет или в	10 лет или в
сокращения на	течение одной	течение двух	течение трех
основании данных,	генерации	генераций	генераций

	1	1	
полученных в течение,			
по крайней мере, свыше			
последних 100 лет			
С2 Продолжающееся			
сокращение и (а) и/или			
(b)			
(a I) число	< 50	< 250	< 1000
размножающихся			
особей в самой крупной			
субпопуляции			
(а II) или доля	90-100 %	95-100 %	100 %
размножающихся			
особей в одной			
субпопуляции			
(b) экстремальные флукту	апии численности раз	ножающихся особей	
Использование любого	Находящиеся под	Исчезающие И	Уязвимые У (VU)
из подкритериев А-Е	критической	(EN)	()
	угрозой	(== -)	
	исчезновения КР		
	(CR)		
D Очень маленькие или ра		И	
D1 Число	< 50	< 250	< 1000
размножающихся			
особей			
D2 Ограниченные	нет пригодных	нет пригодных	типично:
местообитания			площадь
Meerocomanna			местообитания <
			20 км ² или число
			локальных
			поселений ≤ 5
Е Качественный анализ	<u> </u>	<u> </u>	noconomin 5
Индикаторы	50 % за 10 лет или	20 % за 20 лет или	10 % за 100 лет
вероятности	на протяжении	на протяжении	
исчезновения в природе	трех генераций	пяти генераций	
пе тезповения в природе	(100 лет	(100 лет	
	максимум)	максимум)	
	Marchini y Wij	Marchini y Wi	

Примечание: Обозначение подкритериев А-Е и их определяющие признаки приведены в соответствии с системой МСОП

3) классификация по степени и первоочередности принимаемых и планируемых к принятию природоохранных мер (природоохранный статус): 1 приоритет - требуется незамедлительное принятие комплексных мер, включая разработку и реализацию стратегии по сохранению и/или программы по восстановлению (реинтродукции) объекта животного мира и планов действий; II приоритет - необходима реализация одного или нескольких специальных мероприятий по сохранению объекта животного мира; III приоритет - достаточно общих мер, предусмотренных нормативными правовыми актами Российской Федерации и Тверской области в области охраны окружающей среды, организации, охраны и использования особо

охраняемых природных территорий и охраны и использования животного мира и среды его обитания, для сохранения объектов животного или растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации и Тверской области (Приказ ..., 2020, Приказ ..., 2016).

Список объектов животного и растительного мира, не включенных в Красную книгу Тверской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении.

Помимо редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов, составляется Приложение № 1 к Красной книге — Перечень (список) объектов животного и растительного мира, не включенных в Красную книгу Тверской области, но нуждающихся на территории области в постоянном контроле и наблюдении, в который включаются виды (таксоны):

- 1. исключенные из основного списка Красной книги;
- 2. виды, впервые встреченные на территории области в единичных местообитаниях и единичных экземплярах, для которых недостаточно сведений для определения статуса;
- 3. виды редкие, но являющиеся менее уязвимыми, менее узнаваемыми, занимающие близкие экологические ниши, аналогичные места обитания, видами-аналогами, близкими к видам, занесенным в Красную книгу.

Виды, занесенные в Приложение 1, подлежат обязательному мониторингу. Занесение в Приложение 1 к Красной книге является также рекомендацией к последующему пересмотру статуса и возможному включению в основной список Красной книги.

О проведенных обследованиях природных территорий

На август 2022 в ходе работ 2021–2022 гг. по сбору данных, мониторингу известных и поиску новых мест обитания живых организмов, занесенных в Красную книгу Тверской области было обследовано не менее 55 природных территорий (в том числе 31 особо охраняемая природная территория), находящихся в 27 муниципальном образовании Тверской области (64%) (см. рисунок 2).

Собрана информация о местах обитания и произрастания 456 редких и охраняемых видов растительного и животного мира на территории Тверской области, в том числе ранее выявленных и зафиксированных впервые. Среди подтвержденных видов представлено 11 групп.

Для отдельных видов были применены систематические поиски, в том числе в целях подтверждения ранее известных мест обитания. Предварительно можно отметить, что по результатам организованных выездов и многодневных экспедиций на многих

природных территориях, обследованных в рамках проверки ранее известных мест обитаний видов, искомые виды не были найдены (наиболее яркие примеры – беркут (личн. сообщ. Д.А. Керданова), кортуза Маттиоли). Эти данные могут свидетельствовать о сукцессии, смене природных условий, или внутрипопуляционных процессах (Соболев и др., 2005). По группе мхов: отсутствие ранее известных Cinclidium stygium и Scorpidium scorpioides на болоте в окрестностях оз. Волошно, отсутствие краснокнижного вида Myurella julacea на небольшом участке (обнажение на р. Цна) свидетельствует о высокой степени вероятности выпадения этих видов из сообществ в связи с сукцессией (личн. сообщ. Е.Н. Андреевой, Е.А. Куракиной). Эти и стенобионтные местообитания подобные необходимо другие систематически наблюдать, выявить причину исчезновения ряда видов.

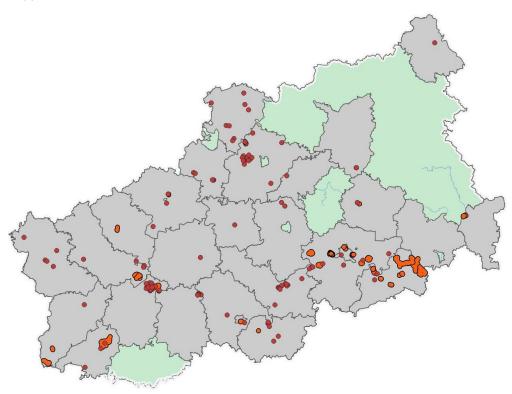


Рис. 2. География полевых исследований в целях мониторинга, поиска новых мест обитания редких видов

Полученные данные по результатам обследования отдельных групп организмов публикуются отдельными статьями за авторством исследовательских групп.

Основные сложности

Основной проблемой при составлении третьего издания Красной книги Тверской области является отсутствие достоверной информации о распространении на территории региона по многим видам, занесенным в Красные книги Тверской области и Российской Федерации, вследствие, в первую очередь, фактического отсутствия в регионе мониторинга биоразнообразия на постоянной основе, единой, постоянно пополняемой базы данных. Также сказывается отсутствие активных специалистов, занимающихся вопросами биоразнообразия по некоторым группам, отсутствие преемственности и взаимодействия между немногочисленными действующими специалистами.

О «федеральных краснокнижниках»

Приказом Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области от 23 октября 2015 г. N 7-нп "О внесении изменений в приказ Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области от 10.10.2012 N 135-кв" из Перечня (списка) объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Тверской области, был исключен ряд видов живых организмов, занесенных в Красную книгу Российской Федерации.

На 2015 год для этого события были объективные предпосылки в региональном законодательстве.

Однако, это привело к некоторым негативным последствиям.

При утверждении нового перечня объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, (приказ МПР РФ от 25 октября 2005 г. N 289 с изменениями и дополнениями от 20.12.2018), из охраняемых на федеральном уровне видов были исключены редкие и находящиеся под угрозой исчезновения на территории Тверской области (но ранее выведенные из списка Красной книги региона) хариус европейский (Thymallus thymallus) (популяция бассейна Верхней подкаменщик обыкновенный (Cottus gobio L.), русская быстрянка (Alburnoides rossicus В.), серый сорокопут (Lanius excubitor L.), мнемозина (черный аполлон) (Parnassius mnemosyne L.). Таким образом, до выхода нового издания Красной книги Тверской области эти объекты животного мира находятся под угрозой, и лишены охранного статуса (Сорокин, Кошелева, 2020; Сорокин, 2020).

Во избежание повторения данной коллизии, предпринята попытка всестороннего анализа вопроса включения в основной перечень Красной книги Тверской области объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации.

Ведение государственного мониторинга объектов животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской

Федерации, Красную книгу субъекта Российской Федерации, осуществляет орган государственной власти субъекта РФ – Тверская область (Приказ ..., 2016).

Субъект РФ собирает сведения об объектах животного и растительного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации, в рамках ведения государственного кадастра объектов животного мира, обитающих в регионе, и предоставляет эти сведения для ведения Красной книги Российской Федерации (Приказ ..., 2021).

Федеральное и региональное законодательство не противоречит в вопросе административных наказаний за вред охраняемым объектам животного и растительного мира, а, напротив, дополняет друг друга. При этом, косвенно не вводятся ограничения на наличие у отдельных объектов животного и растительного мира двойного статуса охраны — федерального и регионального уровня (КоАП РФ, Закон Тверской области от 14 июля 2003 г. N 46-3O). Уровень применения наказаний разводится путем превалирующей значимости более высокого уровня — федерального.

Во всех соседних областях – Московской, Смоленской, Псковской, Новгородской, Вологодской, Ярославской объекты животного и растительного мира внесены в основные списки (перечни) объектов региональных Красных книг (Красная ..., 2004; Красная ..., 2014; Красная ..., 2015а, б; Красная ..., 2016; Красная ..., 2018; Приказ ..., 2012).

Согласно Методическим рекомендациям по ведению красной книги субъекта Российской Федерации, разработанным по заказу Министерства природных ресурсов Российской Федерации (Методические ..., 2006) в Красную книгу субъекта Российской Федерации включаются объекты животного и растительного мира, объекты отвечающие следующим условиям: a) растительного мира, нуждающиеся в специальных мерах охраны на всей территории субъекта Российской Федерации; б) объекты животного и растительного мира, занесенные в Красную книгу и/или подпадающие под действие международных конвенций и соглашений, подписанных Российской Федерацией, с учетом состояния природного комплекса страны и популяций в пределах территории субъекта Российской Федерации.

В Национальном стандарте РФ ГОСТ Р 57007-2016 "Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения", п. 2.52., при определении Красной книги субъекта Российской Федерации имеется прямое указание на включение в Красную книгу региона федеральных краснокнижников.

Таким образом, по общепринятым рекомендациям и подходам объекты животного и растительного мира, имеющие международный или

федеральный охранный статус, нужно включать в Красную книгу региона.

Основные направления развития мониторинга и охраны редких видов в Тверской области:

Краткосрочные обязательные (2022):

- 1. приведение законодательства Тверской области в соответствие с федеральным в сфере ведения Красной книги и охраны биоразнообразия;
- 2. утверждение (утверждение новых или корректировка на основании результатов мониторинга) списков редких и находящихся под угрозой исчезновения видов флоры и фауны региона;
- 3. выход третьего издания Красной книги Тверской области. Среднесрочные рекомендуемые (до 2025):
- 4. Создание коллаборации научно-исследовательских институтов, образовательных учреждений, государственных природоохранных учреждений, органов государственной власти, муниципалитетов, коммерческих и некоммерческих организаций, общественности в реализации единой цели сохранения биоразнообразия региона.
- 5. Разработка и утверждение на правительственном уровне региональной стратегии сохранения биоразнообразия региона.
- 6. Разработка и утверждение региональной стратегии сохранения особо ценного объекта животного мира беркута как «видафлагмана» болотных экосистем.
- 7. Популяризация. Развитие проекта Красная книга Тверской области в интернет-сообществах. Подготовка и выпуск серии научно-популярных сборников-определителей редких видов Тверской области.

Долгосрочные постоянные:

- 8. Организация систематического ежегодного мониторинга редких видов, создание и ведение единой, постоянно пополняемой базы данных биоразнообразия региона.
- 9. Для видов, известных по 1-3 находками на регион, организация мониторинга известных мест обитания и систематический поиск новых.
- 10. Реализация специальных мер по охране и восстановлению редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов, и их местообитаний, в том числе воспроизводство в искусственных условиях.
- 11. Развитие эколого-просветительской деятельности в сфере сохранения и воспроизводства редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов.

- 12. Развитие межрегионального и международного сотрудничества в сфере организации охраны, изучения, восстановления редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов
- 13. Оптимизация системы ООПТ в Тверской области.

Предложения по оптимизации системы ООПТ Тверской области

По данным Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области в Тверской области 989 особо охраняемых природных территорий регионального значения (572 государственных природных заказников, 412 памятников природы, 4 природных парка и 1 Ботанический сад). Площадь особо охраняемых природных территорий регионального значения (далее – ООПТ) приблизительно 1 млн га, что составляет около 12 % от площади региона.

С 2017 года в работе Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области особо охраняемым природным территориям регионального значения уделяется особое внимание. Проводится работа по комплексному экологическому обследованию, разработке и утверждению положений (паспортов) и описанию границ особо охраняемых природных территорий, а также внесению соответствующих сведений о границах в Единый государственный реестр недвижимости.

Всего по состоянию на 04.08.2022 в Единый государственный реестр недвижимости внесено сведений о границах 463 ООПТ, работа по внесению сведений в ЕГРН продолжается.

На данный момент установлено 40 информационных щитов, обозначающих границы особо охраняемых природных территорий, в 2023-2025 планируется установка по 49 щитов ежегодно.

В 2021 году создано 2 новых ООПТ – памятник природы «Монастырский лес» (Калининский муниципальный район) и памятник природы «Дуб Скорбященский» (г. Тверь). Запланировано создание еще 3 новых объектов в 2023 году.

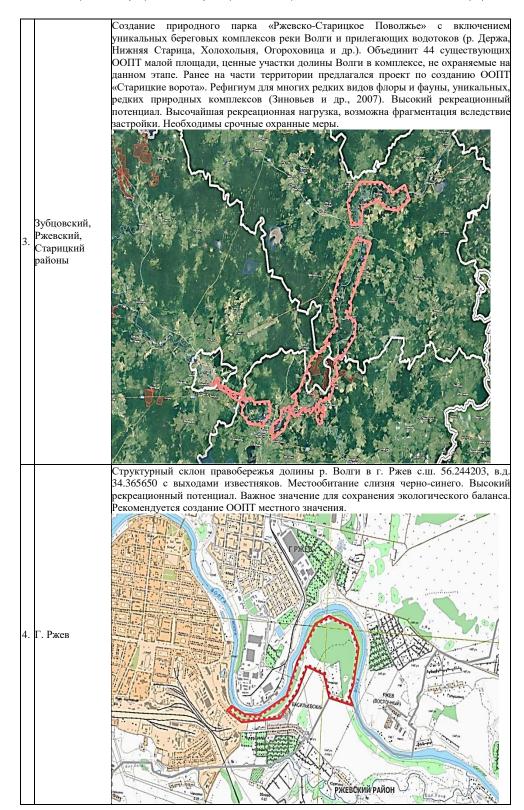
На основании проведенных полевых исследований 2021-2022 в рамках мониторинга известных местообитаний редких и находящихся под угрозой исчезновения видов флоры и фауны и поиска новых местообитаний также предлагаются 10 позиций по корректировке системы ООПТ в некоторых районах Тверской области с целью организации максимально эффективной охраны редких и типичных, хорошо сохранившихся природных комплексов — биотопов редких и охраняемых видов (Таблица 4).

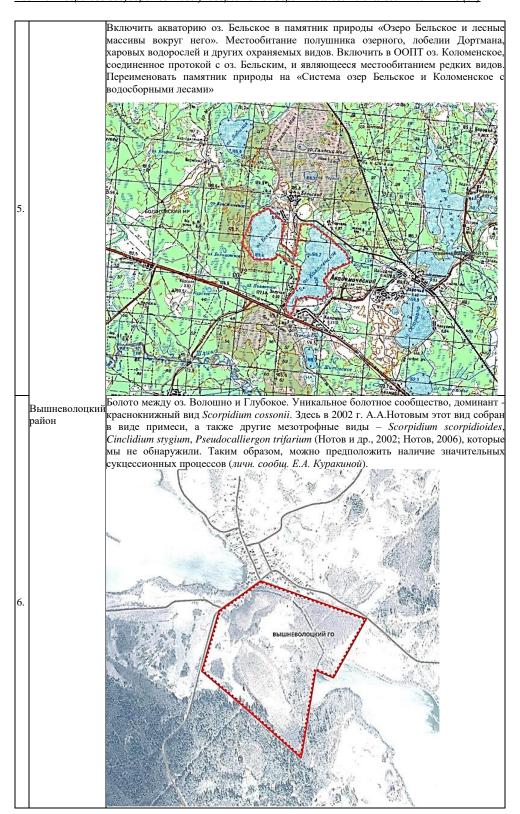
Реализация данных предложений позволит в значительной мере улучшить функциональность системы ООПТ Тверской области в отдельных районах, привести аппарат ограничений хозяйственной

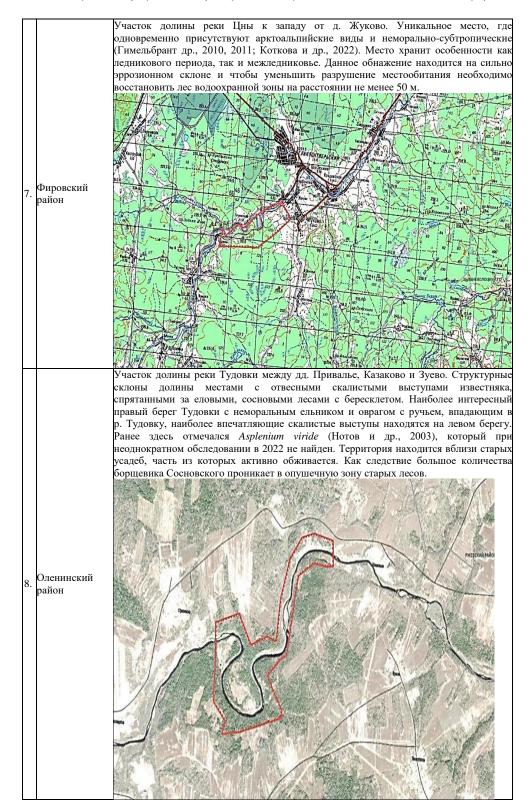
деятельности существующих ООПТ в соответствие с современными негативными воздействиями. При этом общее количество ООПТ в регионе уменьшится на 46 объектов, площадь охраняемых территорий, наоборот, вырастет и будет включать именно ценные и особо ценные природные комплексы.

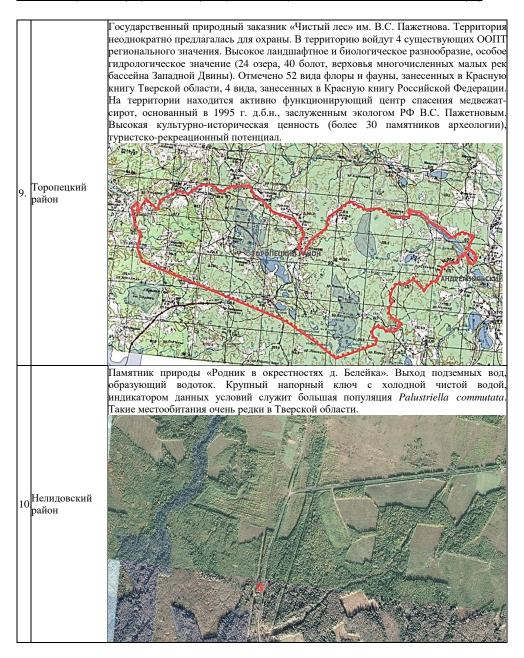
Таблица 4

Предложения по оптимизации системы ООПТ Муниципальное Описание территории, обоснование образование Участок леса с крупнейшей в Твери популяцией сон-травы между С/Т Весна и д Сокол, прилегающее верховое болото в стадии естественного восстановления. Высокое значение для сохранения биоразнообразия и поддержания экобаланса. Включение в состав особо охраняемой природной территории регионального значения природного парка «Тверь Заповедная» 1. Г. Тверь Левобережный лесоболотный комплекс с луговыми сообществами. 1,5 км на восток от дер. Шернево и левый берег Волги в окр. д. Избрижье. Местообитание редких видов птиц Калининский









Материалы этой статьи были доложены на Всероссийской конференции с международным участием «Научные исследования и экологический мониторинг на особо охраняемых природных территориях России и сопредельных стран», посвященной 90-летию со дня образования Центрально-Лесного государственного природного биосферного заповедника и прошедшей 15–18 августа 2022 г.

Авторы выражают благодарность ФГБУ «Центрально-Лесной Государственный Заповедник», Министерству природных ресурсов и экологии Тверской области, их сотрудникам и специалистам, а также А.В. Зиновьеву, Э.В. Гарину, М.В. Маркову, О.П. Ведерниковой, Е.Н. Андреевой, А.Г. Медведеву, Е.А. Куракиной, Д.А. Керданову, Л.П. Митрофановой, Е.А. Подолян.

Список литературы

- Гимельбрант Д.Е., Нотов А.А., Степанчикова И.С. 2010. О находках новых и редких для Тверской области видов лишайников // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 20. С. 99-114.
- Гимельбрант Д.Е., Нотов А.А., Степанчикова И.С. 2011. Дополнения к лихенофлоре Тверской области // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 21. С. 157-167.
- Закон Тверской области от 14 июля 2003 г. № 46-3О «Об административных правонарушениях».
- Закон Тверской области от 7 ноября 2014 г N 87-3O «О Красной книге Тверской области».
- Зиновьев А.В. Нотов А.А., Сорокин А.С., Тюсов А.В. 2007. О проекте создания национального парка «Ордино» // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. Вып. 6. С. 219-229.
- КоАП $P\Phi$. Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях от 30 декабря 2001 г. N 195- Φ 3.
- Коткова В.М., Белякова Р.Н., Горин К.К., Гимельбрант Д.Е., Ханов З.М., Колганихина Г.Б., Мороз Е.Л., Нотов А.А., Новожилов Ю.К., Попова Н.Н., Степанчикова И.С., Жданов И.С., Жолобова Ж.О. 2022. Новые находки водорослей, грибов, лишайников и мохообразных. 9 // Новости систематики низших растений. Т. 56 (1). С. 203-220.
- Красная книга Вологодской области. Том 2. Растения и грибы. 2004 / отв. ред. Конечная Г.Ю., Суслова Т.А. Вологда: ВГПУ, изд-во «Русь». 360 с.
- Красная книга Московской области. 3-е изд., пер. и доп. 2018 / Варлыгина Т.И., Зубакин В.А., Никитский Н.Б., Свиридов А.В. (ред.). Московская обл.: ПФ «Верховье». 810 с.
- Красная книга Новгородской области. 2015 / отв. ред. Ю.Е. Веткин, Д.В. Гельтман, Е.М. Литвинова, Г.Ю. Конечная, А.Л. Мищенко. Санкт-Петербург: издательство «ДИТОН». 480 с.
- Красная книга Псковской области. 2014. Псков. 544 с.
- *Красная книга Тверской области*. 2016 / ред. С.В. Орлов и др. Изд. 2-е, перераб. и доп. Тверь: Тверской Печатный Двор. 400 с.
- Красная книга Ярославской области 2015. Ярославль: Академия 76. 472 с.
- Методические рекомендации по ведению красной книги субъекта Российской Федерации. 2006. Министерство природных ресурсов Российской Федерации.
- Национальный стандарт РФ ГОСТ Р 57007-2016 «Наилучшие доступные технологии. Биологическое разнообразие. Термины и определения"

- Национальный стандарт $P\Phi$ ГОСТ Р 59783-2021 «Охрана окружающей среды. Биологическое разнообразие. Критерии оценки редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов".
- *Нотов А.А.* 2006. Дополнения к бриофлоре Тверской области // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 111. Вып. 3. С. 54-55.
- Нотов А.А., Маркелова Н.Р., Колосова Л.В. 2003. Вторая в Центральной России находка Asplenium viride Huds. // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 108. Вып. 6. С. 60.
- Нотов А.А., Спирина У.Н., Игнатова Е.А., Игнатов М.С. 2002. Листостебельные мхи Тверской области (средняя полоса Европейской России) // Arctoa. 2002. Т. 11. С. 297-332.
- Приказ Департамента Смоленской области по охране, контролю и регулированию использования объектов животного мира и среды их обитания № 118 от 29.05.2012 «Об утверждении перечней (списков) видов грибов, лишайников и растений, занесенных в Красную книгу Смоленской области и исключенных из Красной книги Смоленской области (по состоянию на 1 марта 2012 г.)»
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии $P\Phi$ от 23 мая 2016 г. N 306 «Об утверждении Порядка ведения Красной книги Российской Федерации»
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 24 марта 2020 г. № 162 «Об утверждении Перечня объектов животного мира, занесенных в Красную книгу Российской Федерации»
- Приказ Министерства природных ресурсов и экологии РФ от 30 июня 2021 г. № 456 «Об утверждении Порядка ведения государственного мониторинга и государственного кадастра объектов животного мира»
- Распоряжение Правительства РФ от 17 февраля 2014 г. № 212-р О Стратегии сохранения редких и находящихся под угрозой исчезновения видов животных, растений и грибов в Российской Федерации на период до 2030 г.
- Рыбакова А.А. 2020. Механизмы территориальной охраны мест обитания редких и находящихся под угрозой исчезновения видов флоры и фауны России // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3(59). С. 115-124.
- Соболев Н.А., Казакова М.В., Бирюкова Е.В. 2005. Территориальная охрана природы. Рязань: РГПУ им. С.А. Есенина; М.: Изд-во МСоЭС. 64 с.
- Соболев Н.А. 2020. Биологическое разнообразие и экосистемы как ресурс экологической стабильности / Н.А. Соболев; Институт географии РАН // Использование и охрана природных ресурсов в России. №1/НИА-Природа (М.). № 1(161). С. 48-55
- Сорокин А.С. 2017. Красная книга Тверской области как средство экологического образования обучающихся // Экологическое образование Тверской области в условиях перехода к модели устойчивого развития России и региона: материалы регион. науч.-практ. конф. Тверь: ТвГУ. С. 120.
- Сорокин А.С. 2020. Актуальные задачи ведения Красной книги и развития системы особо охраняемых природных территорий Тверской области //

- Актуальные проблемы сохранения природного наследия Верхневолжья: материалы регион. науч.-практ. конф. (23–24 окт. 2020 г.). Тверь. С. 194-197.
- Сорокин А.С., Кошелева А.А. 2020. О позиции федеральных «краснокнижников» в региональных Красных книгах (на примере Тверской области) Актуальные проблемы сохранения природного наследия Верхневолжья: материалы регион. науч.-практ. конф. (23–24 окт. 2020 г.). Тверь. С. 198-205.
- *Трепет С.А., Акатов В.В.* 2019. Редкие виды и их сохранение. Майкоп: ИП Войнов Д.В. 178 с.
- Указ Президента РФ от 19 апреля 2017 г. N 176 «О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года»
- *Ушаков М.В.* 2016. Теоретические аспекты региональной Красной книги // Бюл. МОИП. Отд. биол. Т. 121. Вып. 6 С. 46-55.

THE CONCEPT OF THE RED BOOK OF THE TVER REGION 2022

A.A. Rybakova², I.S. Perova¹

¹Ministry of Natural Resources and Ecology of the Tver Region, Tver ²Limited Liability Company «ECO Strategy», Tver

The main approaches to the formation of a new, third edition of the Red Data Book of the Tver Region, as well as an overview of changes in legislation are provided. Some results of work on monitoring of the rare species of flora and fauna of Tver Region, performed according to Strategy ECO LLC under state contract No. 91 of 07/06/2021 by order of the Ministry of Natural Resources are given. The list of the strategic measures to protect the regional biodiversity is given.

Keywords: Red Data Book, specially protected natural territories.

Об авторах:

РЫБАКОВА Анна Алексеевна – специалист, генеральный директор ООО «Стратегия ЭКО», 117342, Москва, ул. Бутлерова, д. 17Б; e-mail: anna-poll@mail.ru.

ПЕРОВА Ирина Сергеевна — специалист, начальник отдела охраны окружающей среды Министерства природных ресурсов и экологии Тверской области, 170042, Тверь, ул. Горького, 97; e-mail: mpr@tverreg.ru.

Рыбакова А.А. Концепция Красной книги Тверской области 2022 / А.А. Рыбакова, И.С. Перова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 122-144.

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

УДК 574.2: 582.34 (470.331) DOI: 10.26456/vtbio272

БИОИНДИКАЦИОННЫЕ ВОЗМОЖНОСТИ MXA NYHOLMIELLA OBTUSIFOLIA ПРИ ОЦЕНКЕ СОСТОЯНИЯ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ

Е.Ю. Бревдо, А.Ф. Мейсурова

Тверской государственный университет, Тверь

В рекреационных зонах г. Твери выяснена возможность использования мха *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Ноlmen et E. Warncke. (*Orthotrichum obtusifolium* Brid.) в биомониторинге состояния воздушной среды. Число выводковых телец на его листьях изменяется в зависимости от уровня загрязнения атмосферного воздуха. Оно уменьшается при повышении уровня загрязнения воздуха поллютантами. В Заволжском районе г. Твери, где обнаружены наиболее высокие значения коэффициента токсичности автомобилей (K_T) и концентрации оксида углерода (II) (K_{CO}), число выводковых телец на одном листе выше в 3 раза, чем в Центральном районе. С помощью Фурье-ИК спектроскопии в образцах из Заволжского района выявлены изменения химического состава, обусловленные присутствием в воздушной среде поллютанта, источником которого является автотранспорт.

Ключевые слова: биоиндикация, бриоиндикация, Тверь, Фурье-ИК спектроскопия, Nyholmiella obtusifolia, загрязнение атмосферы, выводковые тельца, поллютанты.

Введение. Одним из эффективных способов оценки состояния окружающей среды является биоиндикационный метод (Шуберт, 1988; Выходцева, 2015; Омарова, 2019). В качестве биоиндикаторов активно используют лишайники, водоросли, голосеменные и цветковые растения (Мейсурова и др., 2009; Балакирев, 2013; Гордеева, 2016; Ворошилова, 2017; Завалий, 2017; Сафронова, 2022). Относительно недавно для осуществления биомониторинговых исследований в качестве объекта стали использовать моховидные, а само направление биоиндикации получило название — бриоиндикация (Анищенко, 2009). Благодаря высокоразвитой поверхности моховой покров является хорошим сорбентом, а низкий уровень метаболизма способствует накоплению различных поллютантов (Отнюкова, 2012; Мосталыгина, 2020). У мхов отсутствуют специализированные покровные ткани, у большинства представителей не происходит ежегодного обновления фотосинтезирующего аппарата (Межибор, 2014; Мосталыгина, 2020).

Отсутствие корневой системы также делает мхи удобным объектом биомониторинга состояния воздушной среды, поскольку исключает влияния других источников, кроме атмосферных выделений. Кроме этого, мхи могут расти в условиях сильного атмосферного загрязнения атмосферы. Отмечено, что поглощение поллютантов в них в меньшей степени зависит от климатических условий, по сравнению с лишайниками (Вардуни, 2015).

С помощью бриоиндикации проводили оценку состояния воздушной среды в Прибайкалье, Приволжье, Калининградской области (Корейкин 2007; Межибор, 2014; Боженко, 2015). Выяснено, что в влияния антропогенных факторов морфологическая структура (Ignatov, 2007; Osakabe, 2014). Например, установлено изменение числа и строения парафиллиев у Leskea polycarpa Hedw. в условиях стресса (Спирина, 2017; Spirina, 2019). Перспективным объектом в бриоиндикации может быть мох Nyholmiella obtusifolia (Brid.) Holmen et E. Warncke., для которого ранее использовали название Orthotrichum obtusifolium Brid. (Федосов, 2018; Плантариум..., 2022). У образуются специальные ланного вила органы вегетативного размножения – выводковые тельца, которые представляют собой многоклеточные однорядные структуры, состоящие из 4-7 плоских, эллиптических или удлиненных клеток, образующиеся на обеих сторонах листа (Игнатьев, 2003; Ignatov, 2007). Число выводковых телец может меняться в зависимости от разных факторов, в том числе антропогенных. Однако характер изменения числа выводковых телец при различных уровнях загрязнения окружающей среды изучен недостаточно.

N. obtusifolia широко распространена в Тверской области (Нотов и др., 2002). В качестве модельной территории для оценки возможностей применения его в целях биоиндикации атмосферного загрязнения целесообразно использовать административный центр области город Тверь. В нем при хорошо развитой промышленной инфраструктуре сохранились крупные по площади участки с фрагментами естественной растительности, которые включены в состав особо охраняемых природных территорий (ООПТ), много также парков и скверов (Цыганов, 2019) В городе неоднократно проводили экологические исследования, что позволяет сопоставлять данные с результатами полученными другими способами (Мейсурова и др., 2009, 2011; Мейсурова, Нотов, 2016; Мейсурова, 2017 и др.).

Целью работы — изучение морфологических характеристик эпифитного мха *N. obtusifolia* в урбоэкосистемах г. Твери с разным уровнем загрязнения. Задачи: 1) определить пункты сбора материала с разными уровнями антропогенной нагрузки и загрязнения среды; 2) выявить характер закладки и формирования выводковых телец у *N. obtusifolia*; 3) выявить зависимость морфологической структуры и

числа—выводковых телец от уровня загрязнения воздушной среды; 4) оценить индикаторные возможности вида в биомониторинге.

Материал и методы. Объектом исследования стали образцы мха N. obtusifolia. Сбор материала проведен в 2019-2020 гг. в Заволжском и Центральном районах города Твери (рис. 1; табл. 1). Местом отбора образцов были зеленые насаждения вдоль крупных магистралей с интенсивным движением автотранспорта. При выборе пунктов отбора (ПО) учитывали природные условия, возможность произрастания N. obtusifolia в этих местообитаниях, а также особенности хозяйственнопромышленной инфраструктуры и сети автотранспортных путей (Цыганов, 2019). Общее число ПО составило 9. Выделенные ПО различаются по уровню загрязнения воздуха отработанными газами автотранспорта и концентрации оксида углерода, (Вронский, 1996; Сердюкова, 2018). Значения коэффициента токсичности автомобилей (K_T) и концентрации оксида углерода (II) (K_{CO}) в Заволжском районе (ПО 1-5) выше, чем в Центральном (ПО 6-9) (табл. 1).



Рис. 1. Схема расположения пунктов отбора (ПО 1—9) образцов *N. obtusifolia* в Заволжском (А) и Центральном (Б) районах г. Твери

В пределах каждого ПО отбирали нормально развитые дерновинки *N. obtusifolia*, из которых было взято по 25 побегов для изучения листьев срединной формации (Бревдо и др., 2022). Общее число изученных образцов составило свыше 220. У каждого листа было выявлено общее число выводковых телец и плотность их размещения. Кроме этого, определены размерные характеристики и число клеток у каждого выводкового тельца. Изучение и обсчет перечисленных параметров выполнен с применением компьютерной программы INFINITY ANALYZE and CAPTURE for Windows v 5.0.2. (Luminera Software). Результаты анатомо-морфологических исследований фиксировали в виде микрофотографий (разрешение × 160, фотоаппарат).

Для оценки изменений в химическом составе собранных образцов в условиях загрязнения воздушной среды использовали Фурье-ИК спектральный анализ. Для записи ИК спектров применяли стандартную методику приготовления таблеток с бромидом калия (КВг) (Duraees et al., 2008; Мейсурова и др., 2011, 2014).

ПО	Расположение	Координаты	Источники загрязнения			K_{CO}			
			автотранс- промышленность и другие						
			порт (АТ)						
	Заволжский р-н								
1	ул. Волынская,	56.874827 с.ш.,	AT	000					
	д. 65	35.911112 в.д.		«Тверьспецавтохозяйство»,		46,61			
				Тверской консервный завод					
2	ул. Мичурина,	56.874367 с.ш.,	AT	000					
	д. 41	35.911117 в.д.		«Тверьспецавтохозяйство»,	1 67	55,81			
				ООО "ТМП-СТРОЙ»,	1,07				
				Тверской консервный завод					
3	б-р. Шмидта,	56.872570 с.ш.,	AT	ООО «ТМП-СТРОЙ»,	1,59	64,43			
	д. 40	35.910307 в.д.		Тверской консервный завод					
4	ул. З. Коноплян-	56.874432 с.ш.,	AT	ООО «ТМП-СТРОЙ»,	1 78	49,50			
	никовой, д.22а	35.910722 в.д.		Тверской консервный завод,		77,50			
5	б-р Шмидта,	56.871781 с.ш.,	AT	ООО «ЭтанолЭко»	1 77	47,11			
	д. 49 к. 1	35.909818 в.д			1,//	47,11			
	Центральный р-н								
6	ул. Фадеева,	56.839756 с.ш.,	AT		1,15	0.07			
	д. 6в	35.901442д.с.		ООО «Тверской Спектр»,		2,07			
7	ул. Садовая 1-я,	56.841003 с.ш.,	AT	Завод готовых теплиц,	1,30	7 33			
	д. 40/5	35.902308 в.д.		ЖБИ-сервис-производство		1,55			
8	пр. Чайковского,	56.841275 с.ш.,	AT		1,21	7 70			
	около д. 70/1	35.901684 в.д.			1,21	7,70			
9	ул. Фадеева,	56.839351 с.ш.,	AT	ЖБИ-сервис-производство	1,13	6 37			
	д. 8	35.902619 в.д.			1,13	0,57			

Запись ИК спектров образцов осуществляли на ИК-Фурьеспектрометр ФСМ 1202 «Инфраспек» (Россия). Повторность измерений ИК спектров каждого образца была трехкратной. Интерпретацию ИК спектров образцов осуществляли с помощью отечественных и зарубежных руководств по отнесению ИК полос поглощения (Смит, 1982; Infrared characteristic ..., 1994; Методы исследования ..., 2002; Ilyashenko, 2011; Голубцова, 2016).

Резульматы и обсуждение. Изучение морфологических особенностей образцов *N. obtusifolia* из ПО 1–9 показало, что число выводковых телец на листе варьирует от 1 (ПО 1) до 41 (ПО 7) (рис. 2). Среднее число выводковых телец, формирующихся на одном листе, меняется довольно сильно и составляет от 8 до 31 шт. на 1 листе.

Средняя плотность размещения выводковых телец на поверхности листа колеблется от 2 до 7 шт/мм^2 (ПО 6, 8–9).

Минимальная длина выводкового тельца в изученном материале составила 59 μ m, максимальная — 81 μ m. Средние размеры выводковых телец менялись незначительно: длина — от 64 до 74 μ m, ширина — от 24 до 31 μ m. Общее число клеток в пределах выводковых телец, в среднем составило от 4 до 6.

Минимальным числом выводковых телец и низкой плотностью их размещения характеризуются листья образцов из ПО 1. При этом размерные характеристики выводковых телец для образцов из этого пункта (линейные размеры и число клеток) не отличаются от таковых из других ПО.



Рис. 1. Листья *N. obtusifolia* с выводковыми тельцами из Π O г. Твери: A-c единичными (Π O 2), B-c многочисленными тельцами (Π O 8)

Наибольшее число выводковых телец отмечено в образцах из ПО 7. Однако плотность их размещения на листе не была максимальной. Наибольшая средняя плотность выводковых телец на листе отмечена в ПО 6, 8–9 (рис. 3).

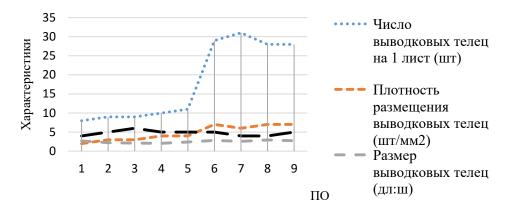


Рис. 3. Морфологические характеристики выводковых телец образцов *N. obtusifolia* из ПО 1–9 г. Твери

Сопоставление данных между средним числом выводковых телец и местом сбора образцов позволило ранжировать территории. По среднему числу выводковых телец на одном листе можно выделить два кластера: первый кластер составляют образцы с низкими значениями из Центрального района (ПО 6–9); второй кластер – с высокими значениями (больше в 3 раза) из Заволжского района (ПО 1–5). Согласно расчетным данным оценки уровня загрязнения воздуха отработанными газами автотранспорта, значения Кт и К_{СО} в Заволжском районе (ПО 6–9) выше, чем в Центральном районе (ПО 1–5): Кт – в 1,5 раза, Ксо – в 6,9 раза. Транспорт является источником не только окиси углерода, но других поллютантов – окиси азота и серы, углеводородов, формальдегида, бенз(а)пирена, соединений тяжелых металлов (Исаева, 2017; Сердюкова, 2018).

Результаты Фурье-ИК спектрального анализа показали наличие изменений в химическом составе образцов из ПО Заволжского района, обусловленные накоплением поллютанта (рис. 4). В ИК-спектрах образцов отмечены изменения на частоте 1385 см⁻¹, вызванные колебаниями $v_s(-O-NO_2)$, а также 875 и 779 см⁻¹ – $\delta(O-N-O)$ (Infrared characteristic ..., 1994; Мейсурова и др., 2006а, б, 2007; Мейсурова и др., 2011; Редькин, 2019). Изменения в ИК спектрах на данных частотах свидетельствует о наличии в образцах алкилнитратов (R-O- NO_2). Они указывают на присутствие в воздухе диоксида азота (Гуревич, 1972). Источником диоксида азота в воздухе являются выбросы автотранспорта, высокую интенсивность подтверждают расчётные данные оценки уровня загрязнения атмосферного воздуха отработанными газами автотранспорта по концентрации оксида углерода, где отмечены повышенные значения величин K_T и K_{CO} (табл. 1).

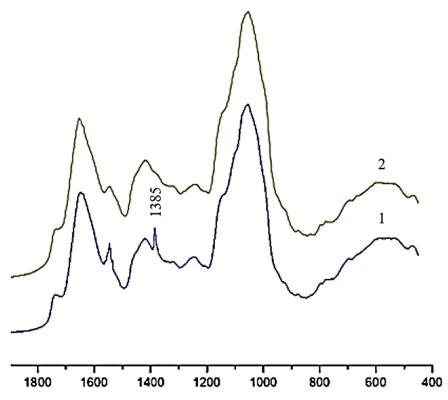


Рис. 2. ИК-спектры поглощения образцов *N. obtusifolia* из г. Твери: $1-\Pi O$ 4; $2-\Pi O$ 7

Повышенные концентрации поллютантов воздухе Заволжского района (ПО 6–9) по сравнению с Центральным (ПО 1–5) могут выступать в качестве ингибирующего фактора механизма закладки новых выводковых телец. Поскольку характеристики выводковых телец и число клеток в их составе остаются относительно стабильными в независимости от мест сбора, то можно предположить, что процесс развития уже заложившихся морфологических структур относительно устойчив к загрязнению, в отличие от процесса регуляции их закладки.

Таким образом, анализ изменений морфологических структур образцов *N. obtusifolia* показал, что загрязнения воздушной среды влияет на процесс развития выводковых телец. Выяснено, что наибольшее число выводковых телец на одном листе характерно для образцов из местообитаний, в которых отмечены низкие значения Кт и Ксо – в ПО из Центрального района г. Твери. Согласно данным Фурье-ИК спектрального анализа, в ИК-спектрах этих образцов отсутствуют изменения химического состава, обусловленные накоплением

поллютантов. Наименьшее число выводковых телец в образцах из ПО Заволжского района, в которых зарегистрированы высокие значения Кт и Ксо. В ИК-спектрах образцов из этих пунктов выявлены изменения на частотах 1385 ($v_s(-O-NO_2)$, 875 и 779 см⁻¹ ($\delta(O-N-O)$), связанные с наличием в них алкилнтратов (R-O-NO₂), образующихся в результате поглощения мхами широко распространенного полютанта — диоксида азота, сопряженного с выбросами автотранспорта. Такие параметры, как размерные характеристики выводковых телец и число клеток, входящих в их состав, осталось неизменным вне зависимости от места сбора. В этой связи, в биомониторнговых исследованиях состояния среды целесообразно использование, прежде всего, такого показателя как среднее число выводковых телец на одном листе.

В дальнейшем, актуально продолжение исследований, ориентированных на сопряженный анализ изменения среднего числа выводковых телец на одном листе в зависимости от содержания конкретных поллютантов, например, тяжелых металлов, которые активно поглощаются мхами в условиях техногенного загрязнения среды. Особый интерес представляет также выяснение возможностей использования других биоиндикаторных видов мхов.

Заключение. В биомониторинге загрязнения атмосферы с использованием мха *N. obtusifolia* целесообразен анализ, прежде всего, среднего числа выводковых телец на одном листе вида. Установлена зависимость между этим параметром и уровнем загрязнения воздуха. Чем выше уровнем загрязнения воздуха, тем меньше среднее число выводковых телец на одном листе. Размерные характеристики выводковых телец и число клеток, входящих в их состав, остаются стабильными в независимости от состояния воздушной среды.

Список литературы

- Анищенко Л.Н. 2009. Бриоиндикация общего состояния атмосферы городской экосистемы (на примере г. Брянска) // Экология. № 4. С. 264-270.
- Балакирев И.В., Никишова А.С., Ильякова Е.Е., Липник С.И. 2013. Применение методов биоиндикации при экологическом мониторинге объектов добычи газа // Вести газовой науки. № 2(13). С. 118-121.
- *Биоиндикация* загрязнений наземных экосистем 1988 / под ред. Р. Шуберта. М. 350 с.
- Бревдо Е.Ю., Мейсурова А.Ф., Спирина У.Н. 2022. Морфологические особенности Orthotrichum obtusifolium Brid в условиях загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта // ХимБиоSeasons-2022: сборник тезисов докладов форума молодых исследователей. Калининград: Балтийский федеральный университет им. И. Канта. С. 7.
- *Боженко Н.П.* 2015. Роль эпифитных мхов в накоплении загрязнителей атмосферы // Творчество юных шаг в успешное будущее. Томск.

- C. 216-218.
- Вардуни Т.В., Минкина Т.М., Горбов С.Н. 2015. Анализ содержания тяжелых металлов в пилезии многоцветковой (*Pylaisia polyantha*), произрастающей в г. Ростов-на-Дону // Научный журнал КубГАУ. № 106(02). С. 77-90.
- Ворошилова А.Е. 2017. Использование растений в качестве тест-объектов биоиндикации при изучении экологичских дисциплин // Конкурентоспособность территорий: материалы XX Всеросийского экономического форума молодых ученых и стдентов / отв. за выпуск Я.П. Силин, Е.Б. Дворякина. Екатеринбург. С. 36-38
- Вронский В.А. 1996. Прикладная экология. Ростов н/Д.: Феникс. 512 с.
- Выходиева И.С., Рыхлова Т.А. 2015. Биоиндикация как метод оценки окружающей среды: актуальность и перспективы исследования // Вестник ландшафтной архитектры. № 6. С. 44-47.
- Голубцова Ю.В. 2016. Изучение возможности применения метода ИК- Фурьеспектроскопии для идентификации плодово-ягодного сырья в многокомпонентных пищевых системах // Успехи современного естествознания. № 10. С. 20-24.
- *Гуревич И.Л.* 1972. Технология переработки нефти и газа. Часть певая. М.: изд-во «Химия». С. 360.
- Завалий А.А., Стрлельников И.И. 2017. Оценка использования дескрипторов форматов формы листьев в целях биоиндикации на примере Platanus х acerifolia (Aiton) Willd // Донецкие чтения 2017: Русский мир как цивилизованная основа научно-образовательного и культурного развития Донбасса: материалы Межд. науч. конф., Донецк, 17-20 октября 2017 (Донецк): Донецкий национальный университет. С. 69-71.
- Зудина П.Ю., Мейсурова А.Ф. 2017. Оценка содержания металлов в слоевищах лишайника *Hypogymnia physodes* из рекреационных зон г. Твери // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития: тезисы докл. Всерос. науч. конф., Москва, 20–22 марта 2017 г. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. С. 572-573.
- Игнатов М.С., Игнатова Е.А. 2003. Флора мхов средней части Европейской России. Т.1: Sphagnaceae Hedwigiaceae. М.: КМК. 680 с. (Arctoa; Т. 11, приложение 1).
- *Исаева С.Э., Оказова З.П.* 2017. Анализ методов биотестирования, применяемых для оценки состояния окружающей среды // Успехи современной науки. № 7. С. 80-83.
- Корейкин А.А. 2007. Влияние загрязнения атмосферы на видовой и количественный состов мхов г. Чебоксары // Вестник Мордовского университета. № 4. С. 116-118.
- Межибор А.М., Большунова Т.С. 2014. Биогеохимическая характеристика сфагновых мхов и эпифитных лишайников в районах нефтегазодобывающего комплекса Томской области // Известия Томского политехнического университета. Т. 325. № 1. С. 205-213.
- Мейсурова А.Ф. 2017. Техногенное загрязнение почв тяжелыми металлами в

- г. Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 2. С. 324-342.
- Мейсурова А.Ф., Нотов А.А. 2016. Содержание металлов в лишайниках на особо охраняемых природных территориях, сопряженных с урбоэкосистемами // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 83. № 4. С. 794-802.
- Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. 2009. ИК спектральный анализ химического состава лишайника *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. как метод оценки состояния атмосферы // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 76. № 3. С. 447-453.
- Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М. 2011. Определение химического состава эпифитных лишайников по данным ИК спектроскопии // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 78. № 5. С. 764-771.
- Методы исследования древесины и ее производных / под ред. Н.Г. Базарновой. Барнаул: Изд-во Алт. гос. ун-та, 2002. С. 160
- Нотов А.А., Спирина У.Н., Игнатова Е.А., Игнатов М.С. 2002. Листостебельные мхи Тверской области (средняя полоса Европейской России) // Arctoa. 2002. Т. 11. С. 297-332.
- Мосталыгина Л.В., Елизарова С.Н., Костин А.В. 2020. Сорбционная способнсть мхов и лишайников Зауралья по отношению к иновам свинца // Химия растительного сырья. № 3. С. 315-321.
- Омарова Н.М., Ташенков А.К., Нуркасимова М.У., Кокораева А.К. 2019. Исследование состава мха естественного биоиндикатора для мониторинга воздуха Восточно-Казахстанской области // Вестник Международного университета природы общества и человека «Дубна». № 1(42). С. 19
- Отнюкова Т.Н., Дутбаева А.Т., Жижаев А.М. 2012. Особенности биоразнообразия эпифитного покрова и элементного состава древесного субстрата и мхов в условиях различного уровня загрязнения // Вестник Красноярского государственного аграрного университета. № 3. С. 85-90.
- Плантариум. Растения и лишайники России и сопредельных стран: открытый онлайн атлас и определитель растений 2022: [электрон. pecypc]. URL: https://www.plantarium.ru/page/view/item/90979.html (дата обращения: 04.10.2022).
- Редькин Н.А. 2019. ИК-Фурье спектрометрия и масс-спектрометрия в идентификации органических соединений: учеб. пособие. Самара: Издво Самарского университета. 92 с.
- Сафронова Д.Р., Бауков А.М., Ерофеева Т.В. 2022. Использование лишайников в биоиндикации // Экология и природопользование: тенденции, модели, прогнозы, прикладные аспекты: материалы Национальной науч.-практ. конф. / Рязанский государственный агрономический университет им. П.А. Костычева. Рязань. С. 131-134.
- *Сердюкова А.Ф.*, *Барабанщикова Д.А.* 2018. Влияние автотранспорта на окружающую среду // Молодой ученый. № 25(211). Казань. С. 31-33.
- Спирина У.Н., Игнатов М.С., Воронкова Т.В. 2017. Морфогенез парафиллиев в разных группах бокоплодных мхов // Биоразнообразие: подходы к

- изучению и сохранению: материалы междунар. науч. конф., посвящ. 100-летию каф. ботаники Тверского гос. ун-та (г. Тверь, 8–11 ноября 2017 г.). Тверь: Твер. гос. ун-т. С. 379-381.
- Федосов В.Э. 2018. Семейство Orthotrichaceae (Bryophyta) во флоре России: итоги ревизии и биогеографический обзор // Новости систематики низших растений. Т. 52-2. С. 519-534.
- *Цыганов А.А.* 2019. Оценка состояния окружающей среды города Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. География и геология. № 2 (26). С. 56-77.
- Duraees N., Bobos I., Ferreira da Silva E. 2008. Chemistry and FT-IR spectroscopic studies of plants from contaminated mining sites in the Iberian Pyrite Belt // Portugal Mineralogical Magazine. V. 72. № 1. P. 405-409.
- Ignatov M.S., Hedenäs L. 2007. Homologies of stem structures in pleurocarpous mosses, especially of pseudoparaphyllia and similar organs // Pleurocarpous mosses: systematic and evolution / eds. A.E. Newton, R. Tangery. Boca Raton, FL: CRC Press. P. 269-286.
- Infrared characteristic group frequencies. Tabtees and Charts 1994. / ed. G. Socrates. London: Jorn Wiley & Sons. 256 p.
- Ilyashenko N.V., Khizhnyak S.D., Pakhomov P.M. 2011. Effect of anthropogenic factor on the content of biologically active compounds in Bidens tripartita L. And Potentilla erecta L. // International Conference «Renewable Wood and Plant Resources: Chemistry, Technology, Pharmacology, Medicine», June 21–24, 2011: Book of abstracts. Saint-Petersburg. P. 265-266.
- Osakabe Y., Osakabe K., Shinozaki K., Tran L.S. 2014. Response of plants to water stress. Front. Plant Sci. V. 5. P. 86. doi.org/10.3389/fpls.2014.00086.
- Spirina U.N., Voronkova T.V., Ignatov M.S. 2019. Once again on moss paraphyllia // Plant anatomy: traditions and perspectives: materials of the International Symposium dedicated to the 90th anniversary of Prof. L.I. Lotova, Sept. 16–22, 2019. M.: MAKS Press. Part 1: Contributions in English / ed. A.C. Timonin, D.D. Sokoloff. P. 237-238.

BIOINDICATION CAPABILITIES OF MOSS NYHOLMIELLA OBTUSIFOLIA WHEN ASSESSING THE STATE OF THE AIR ENVIRONMENT

E.Yu. Brevdo, A.F. Meysurova

Tver State University, Tver

The possibility of using the moss *Nyholmiella obtusifolia* (Brid.) Holmen et E. Warncke (*Orthotrichum obtusifolium* Brid.) in air biomonitoring of the recreational areas in the city of Tver has been clarified. The number of brood bodies on its leaves varies depending on the level of air pollution. It decreases with an increase in the level of air pollution by pollutants. In the Zavolzhsky district of Tver, where the highest values of the coefficient of toxicity of cars (CT) and the concentration of carbon monoxide (II) (CSR)

were found, the number of brood bodies on one leaf is 3 times higher than in the Central region. Changes in the chemical composition due to the presence of a pollutant in the air, the source of which is vehicles were revealed with the help of Fourier-IR spectroscopy in samples from the Zavolzhsky part of Tver.

Keywords: bioindication, bryoindication, Tver, FTIR-spectroscopy, Nyholmiella obtusifolia, atmospheric pollution, brood corpuscles, pollutants.

Об авторах:

БРЕВДО Екатерина Юрьевна – ассисистент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: ekaterina.brevdo@yandex.ru.

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна — доктор биологических наук, декан биологического факультета, заведующая кафедрой ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33; e-mail: alexandrauraz@mail.ru.

Бревдо Е.Ю. Биоиндикационные возможности мха *Nyholmiella obtusifolia* при оценке состояния воздушной среды / Е.Ю. Бревдо, А.Ф. Мейсурова // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 145-156.

УДК 574.24+582.32 DOI: 10.26456/vtbio273

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ СОДЕРЖАНИЯ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ У НЕКОТОРЫХ ВИДОВ МХОВ В РЕКРЕАЦИОННЫХ ЗОНАХ ГОРОДА ТВЕРИ

А.Ф. Мейсурова, А.А. Суворова, Е.Ю. Бревдо

Тверской государственный университет, Тверь

Проведена сравнительная оценка содержания фотосинтетических пигментов у двух видов листостебельных мхов (Leskea polycarpa Hedw. и Lewinskya speciosa (Nees) F. Lara, Garilleti et Goffinet) в урбоэкосистемах города Твери с разным уровнем антропогенной трансформации. Эти виды имеют сходные значения основных показателей (концентрации хлорофиллов $X_{\rm J}$ a и $X_{\rm J}$ b, суммарное содержание $X_{л}$ a и $X_{л}$ b; соотношения концентраций хлорофиллов a/b). Амплитуды изменения этих величин концентраций пигментов сопряжены с разными уровнями загрязнения среды (Хл а) и микроклиматические условия произрастания видов (X_{π} b). Несмотря на изменения в содержании пигментов, индикаторные возможности сравниваемых видов отличаются. С помощью Фурье-ИК спектрального анализа показано, что степень чувствительности к изменению химического состава воздуха у Lewinskya speciosa выше, чем у Leskea polycarpa. В ИК-спектрах образцов Lewinskya speciosa обнаружены изменения, связанные с накоплением алкилнитратов (R-O- NO_2), которые указывают на наличие в воздухе NO_2 .

Ключевые слова: фотосинтетические пигменты, мохообразные, бриоиндикация, хлорофилл a, хлорофилл b, Leskea polycarpa, Lewinskya speciosa, биомониторинг, Тверь.

– одно Введение. Бриоиндикация ИЗ перспективных направлений мониторинга состояния окружающей среды (Шматова, 2012; Богданова и др., 2016). Ее использовали при оценке состояния воздушной среды разными поллютантами, в том числе тяжелыми металлами (Любимов и др., 2011; Богданова и др., 2016; Злыднев, Анищенко, 2018; Баркан, Лянгузова, 2018; Алексеенок и др., 2021). Специальные исследования посвящены выявлению мониторингового потенциала мохообразных (Анищенко, 2012; Ибатуллин и др., 2013; Анищенко и др., 2017; Жалов, Амриддинова, 2019; Бревдо и др., 2022). Используют разную информацию о мохообразных. Например, данные об изменении видового состава (Любимов и др., 2011; Анищенко, Сафранкова, 2013; Морозова, 2018) и анатомо-морфологических особенностях (Анищенко, 2012; Цеплая, 2022; Бревдо и др., 2022).

Существенно меньше исследований, связанных c изучением физиолого-биохимических характеристик (Онофрейчук и др., 2017; Злыднев, Анищенко, 2018). Состояние фотосинтетической системы – чувствительный параметр, отражающий изменения условий среды (Онофрейчук и др., 2017). Уровень содержания фотосинтетических пигментов видоспецифичен и зависит от многих (Онофрейчук и др., 2017; Злыднев, Анищенко, 2018). В этой связи особый интерес представляет исследования, связанные с изучением содержания пигментов у разных видов эпифитных мхов в городских условиях В зависимости от степени загрязнения среды трансформации условий их местообитаний.

В качестве модельной территории для проведения подобных исследований целесообразно использовать административный центр Тверской области — г. Тверь. В городе развита промышленная инфраструктура, сеть автомагистралей, в том числе выходами на трассы федерального значения. При этом сохранились крупные зелёные массивы в рекреационных зонах (РЗ). В городе неоднократно проводили мониторинговые исследования, получена разноплановая информация об экологическом состоянии с помощью разных методов (Мейсурова, 2015; Мейсурова, Нотов, 2016; Тихомиров, Пахомов, 2017; Цыганов, 2019; Мейсурова и др., 2021; Савинов и др., 2021).

Перспективными объектами для изучения пигментного состава являются два вида листостебельных мхов — Leskea polycarpa Hedw. и Lewinskya speciosa (Nees) F. Lara, Garilleti & Goffinet. Эти виды широко распространены в Тверской области и г. Твери (Нотов и др., 2002). Для последнего из них ранее использовали название Orthotrichum speciosum Nees (Lara et al., 2016; Федосов, 2018) Виды хорошо различимы морфологически. Leskea polycarpa имеет ползучие переплетающиеся побеги и рыхлые дерновинки (Экосистема..., 2020). Прямостоячие побеги Lewinskya speciosa, образуют плотную, подушковидную дерновинку (Экосистема..., 2020). Оба вида чувствительны к изменению состояния воздушной среды (Шматова, 2012).

Цель работы — сравнительный анализ уровня содержания фотосинтетических пигментов (хлорофиллов a и b) у Leskea polycarpa и Lewinskya speciosa в урбоэкосистемах г. Твери с разной степенью антропогенной трансформации. Задачи: 1) сбор образцов и определение концентраций $X_{\rm I}$ a и $X_{\rm I}$ b; 2) выяснение характера зависимости их значений концентраций от типа местообитания и уровня антропогенной трансформации; 3) оценка биоиндикаторных возможностей видов и перспектив использования в биомониторинге.

Методика. Сбор образцов Leskea polycarpa и Lewinskya speciosa провели в июне 2022 года. Пунктами отбора (ПО) материала служили РЗ, расположенные в разных районах г. Твери: памятники природы (ПП)

регионального значения, парки, скверы, древесные насаждения вдоль крупных магистралей с интенсивным движением автотранспорта (рис. 1; табл. 1). РЗ различны по площади и степени удаленности от промышленных предприятий, а также по типу растительности. Общее число МС – 10 шт. В пределах каждого ПО было собрано по три образца каждого вида. В общей сложности обработано свыше 60 проб. При сборе образцов фиксировали параметры климатических условий (температуру и влажность воздуха, освещенность), а также тип субстрата. Уровень освещённости измеряли в трехкратной повторности с помощью люксметра «МЕГЕОН-21550».

Образы изучали в лаборатории ЦКП Тверского государственного университета. Содержание пигментов (Хл а, Хл b) определяли по общепринятой методике на фотоколориметре КФК-3-3ОМЗ (Россия) при λ = 630, 647, 664 и 750 нм (ГОСТ 17.1.4.02-90; Мейсурова и др., 2021). Для экстрагирования использовали ацетон (80%). Концентрацию Хл а рассчитали по формулам 1 и 2:

$$c_{xa} = 2,44 \frac{D_{664} - D_{664}^k}{D_{664}} c'_{xa} \tag{1},$$

$$c_{xa} = 2,44 \frac{D_{664} - D_{664}^k}{D_{664}} c'_{xa}$$
(1),
$$c'_{xa} = (11,85D_{664} - 1,54D_{647} - 0,08D_{630}) \frac{V_3}{V_{\text{TID}} \cdot l}$$
(2),

где $D_{630},\ D_{647}$, D_{664} и D_{750} — оптические плотности экстракта при $\lambda=630,$ 647, 664 и 750 нм; V_9 – объем экстракта, см³; V_{np} – объем пробы, дм³; 1 – длина кюветы, см.

Концентрацию Хл в определили по формуле 3:

$$c_b = (21,03D_{647} - 5,43D_{664} - 2,66D_{630}) \frac{V_3}{V_{\text{Im}} \cdot l}$$
 (3),

где $D_{630},\,D_{647}$, D_{664} и D_{750} — оптические плотности экстракта при $\lambda=630,$ 647, 664 и 750 нм; V_9 – объем экстракта, см³; V_{np} – объем пробы, дм³; 1 – длина кюветы, см.



Рис. 1. Расположение пунктов отбора (ПО 1–10) образцов мхов в г. Твери

(по: Зудина, Мейсурова, 2017; Мейсурова и др., 2017, 2021)

	(110.	. Зудина, міси	сурова, 2017, 1	Меисурова и др., 2017, 2021)			
№	Название ПО	Коорд	цинаты	Источники загрязнения			
ПО		L. polycarpa	L. speciosa	промышленность	A'		
			Центральн	ьій р-н	•		
1	Городской парк	6,86207с.ш., 5,9056 в.д.	6,86241 с.ш. 5,9054 в.д.	-	A'		
2	Парк Победы	6,84554с.ш. 5,9144 в.д.	6,84554 с.ш. 5,9144 в.д.	лёгкая промышленность: ОАО «Тверская швейная фабрика»	A'		
			Пролетарс				
	Первомайская роща (ПП)		56,84173 с.ш. 35,84432 в.д.	энергетическая отрасль: Тверская ТЭЦ- 1; машиностроение: ОАО «Тверской завод электроаппаратуры — ЭЛТОР», ООО «Тверьстроймаш», ООО «ЖБИ-1»; полиграфическая отрасль: ОАО «Тверской полиграфический комбинат»			
	Парк Текстильщик		56,84846 с.ш. 35,85752 в.д.	энергетическая отрасль: Тверская ТЭЦ- 1; машиностроение: ООО «Текмаш-М»	A		
		I	Заволжск		<u> </u>		
	Комсомольская	6,88546с.ш.	5аволжек 6,88546 с.ш.	ии р-н машиностроение: ОАО «Тверской	A		
5	роща (ПП)	58241 в.д.	58241 в.д.	вагоностроение. ОАО «Тверской вагоностроительный завод», ОАО Центросвармаш «Ритм»; строительное производство: ООО «Тверской ДСК»	А		
6	Сквер на набережной А. Никитина	*	6,86534 с.ш. 35,9086 в.д.	_	A		
7	Сахаровский парк (ПП)		6,881 с.ш. 6,0165 в.д.				
	-	I	Московск	*	٠		
8	Березовая роща (ПП)		56.80721 с.ш. 36.02686 в.д.	производство металлоконструкций: Технопарк АО «ДКС», ООО «БНКСталь»; химическая промышленность: ООО «ПОЛИПЛАСТ»	A'		
9	Бобачевская роща (ПП)		56.83171 с.ш. 35.93924 в.д.	энергетическая отрасль: ООО «Калининский электромеханический завод», ТЭЦ-4; машиностроение: ОАО «Тверской экскаваторный завод»; химическая промышленность: ОАО «Тверьхимволокно», ОАО «Тверьхимволокно – Вискоза»	A'		
10	Южный парк		56,82886 с.ш. 35,90321 в.д.	пищевая промышленность: Холдинг «Афанасий»; энергетическая отрасль: ООО «Калининский электромеханический завод»	A'		
	l	l	l	электрошелани тескии завод//	ட		

Примечание: ПП – памятники природы; АТ – автотранспорт.

Величины оптических плотностей, используемые при расчете в формулах 1—3, выбирали с учетом поправки, равной оптической плотности при $\lambda=750\,$ нм. Эта поправка вычитается из значения измеренной оптической плотности.

Статистическая обработка данных и определение параметров (средние значения концентрации хлорофиллов, их соотношения у каждого вида и между видами, коэффициенты корреляции) проведены стандартными методами математической обработки с использованием лицензионных программных продуктов Microsoft Office Excel 2013 (Мейсурова и др., 2017).

Для оценки изменений в химическом составе образцов в условиях загрязнения воздушной среды использовали Фурье-ИК спектральный анализ. Для записи ИК спектров применяли стандартную методику приготовления таблеток с бромидом калия (КВг) (Смит, 1982; Мейсурова и др., 2014 Мейсурова и др., 2021). Запись ИК-спектров образцов осуществляли на Фурье-ИК спектрометр ФМС-1202 фирмы Инфраспек в диапазоне 450–4000 см⁻¹. Повторность измерений ИК-спектров образцов каждого образца была трехкратной. Интерпретацию ИК-спектров осуществляли с помощью отечественных и зарубежных руководств по отнесению ИК полос поглощения (Наканиси, 1965; Infrared characteristic ..., 1994).

Результаты и обсуждение. В ходе пигментного анализа образцов получены следующие результаты (рис. 2; табл. 2). Выяснено, что у изученных видов среднее суммарное содержание пигментов (Хл $a + X_{\rm J} b$) сходно: Leskea polycarpa – 4,98, Lewinskya speciosa – 4,91. Наибольшие значения суммарного содержания пигментов (Хл а + Хл b) выявлены в образцах из ПО 6-7, 9-10. Максимальные значения суммарного содержания пигментов ($X_{J} a + X_{J} b$) обнаружены в образцах из $\Pi O 10$ (Leskea polycarpa – 7,72, Lewinskya speciosa – 8,36). Корреляционный анализ показал наличие сильных взаимосвязей между содержанием Хл а и Хл в в образцах обоих изученных видов (r≥0.9). Во всех образцах изученных видов среднее содержание Хл а выше, чем содержание Хл b. Значения соотношения средних концентраций хлорофиллов а/b у видов различаются - в образцах Leskea polycarpa (3,13) выше, чем в образцах Lewinskya speciosa (2,73). Отметим, что соотношение средних концентраций хлорофиллов a/b выше оптимального в 1,5-2 раза, отмеченного у мхов в других крупных городах (Злыднев и др., 2018).

Среднее содержание $X_{\rm J}$ a в образцах обоих видов имеет сходство: Leskea polycarpa — 3,67, Lewinskya speciosa — 3,52. Отмечена широкая вариабельность значений валовых концентраций $X_{\rm J}$ a в зависимости от места сбора: Leskea polycarpa — от 1,87 до 5,27, Lewinskya speciosa — от 1,52 до 5,81 (табл. 2). В образцах Leskea

polycarpa максимальное значение валовой концентрации Xл a выше минимального почти в 3 раза; $Lewinskya\ speciosa-$ в 4 раза.

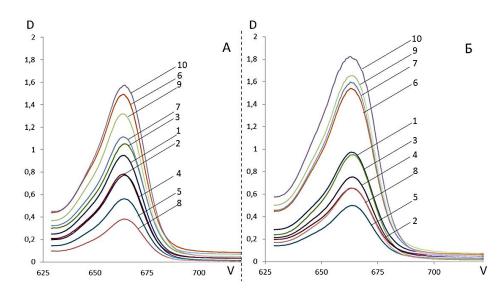


Рис. 2. Спектры поглощения ДМСО-экстрактов пигментов образцов мхов из $\Pi O 1-10$ г. Твери: $A-Leskea\ polycarpa,\ B-Lewinskya\ speciosa$

Ранее установлено, что градиент изменения концентраций Хл а может отражать разный уровень загрязнения среды (Мейсурова и др., 2021). Наибольшее содержание Хл а в образцах обоих видов обнаружено в местах, окруженных преимущественно магистралями с интенсивным движением автотранспорта (ΠO) 6–7, 9-10). Максимальные значения концентраций Хл а в образцах мхов отмечены в $\Pi O 10$ (Leskea polycarpa – 5,27, Lewinskya speciosa – 5,81), который располагается вдоль широкой автомагистрали с интенсивным движением транспорта c многочисленными прилегающими парковками и автозаправочной станцией. Транспорт – источник выбросов различных поллютантов: оксида углерода (СО), диоксида азота (NO_2) , оксида азота (NO), углеводородов (CH), сажи (C), диоксида серы (SO₂), формальдегида (CH₂O), бенз(а)пирена, аммиака (NH₃), соединений свинца (Pb) и других металлов (Тихомиров, 2020; Кочнов, 2021; Черёмухин, 2021).

С помощью Фурье-ИК спектрального анализа удалось выявить изменения, связанные с накоплением поллютанта в образцах одного из сравниваемых видов мхов. В ИК-спектрах образцов Lewinskya speciosa из ПО 10 обнаружены изменения на частотах 1385 см⁻¹, вызванные колебаниями $v_s(-O-NO_2)$, а также 875 и 779 см⁻¹, связанные с колебаниями $\delta(O-N-O)$ (рис. 3) (Infrared characteristic ..., 1994;

Мейсурова и др., 2011; Мейсурова, 2014). Появление этих изменений связано с наличием алкилнитратов (R-O-NO₂), которые образуются в результате накопления данным эпифитным видом основного поллютанта от автотранспорта – диоксида азота (NO₂) (Тихомиров, 2020; Кочнов, 2021; Черемухин, 2021). Изменения в ИК-спектрах образцов, обусловленные поглощением других поллютантов не выявлены. Не обнаружены изменения в ИК-спектрах образцов Lewinskya speciosa из других ПО.

Таблица 2 Сравнительный анализ среднего содержания пигментов

№ ПО	Leskea polycarpa			Lewinsky		
	Xл a , мг/г	Xл b , мг/г	Хл а/b	Xл a , мг/г	Xл b , мг/г	Xл <i>a/b</i>
1	3,46±0,4	1,17±0,1	2,97	3,38±0,2	1,26±0,2	2,69
2	2,29±0,2	0,93±0,1	2,47	2,95±0,3	1,00±0,2	2,94
3	3,56±0,2	1,41±0,4	2,51	3,67±0,5	1,43±0,4	2,57
4	2,78±0,1	0,80±0,3	3,45	2,43±0,8	0,81±0,3	3,00
5	1,87±0,1	$0,58\pm0,1$	3,22	2,02±0,3	$0,58\pm0,1$	3,46
6	4,83±0,2	2,08±0,3	2,32	5,07±0,2	2,32±0,6	2,18
7	5,05±0.1	1,35±0,5	3,73	3,90±1,2	1,54±0,7	2,53
8	2,63±0,2	0,46±0,1	5,72	1,52±0,1	0,46±0,1	3,31
9	5,00±0,1	1,80±0,6	2,77	4,49±0,9	1,90±0,7	2,37
10	5,27±0,6	2,45±0,5	2,15	5,81±0,8	2,55±0,7	2,28

Фурье-ИК спектральный анализ показал, что в отличие от Lewinskya speciosum, степень чувствительности к изменению химического состава воздуха, обусловленного загрязнением, у Leskea polycarpa ниже. В ИК-спектрах образцов Leskea polycarpa не выявлены изменения, обусловленные накоплением поллютантов, ни в одном из ПО.

Среднее содержание $X_{\rm J}$ b в образцах обоих видов, как и $X_{\rm J}$ a, сходно: Leskea polycarpa — 1,30, Lewinskya speciosa — 1,39. Сопоставима и амплитуда вариабельности значений концентраций $X_{\rm J}$ b: Leskea polycarpa — от 0,46 до 2,45, Lewinskya speciosa — от 0,46 до 2,55 (табл. 2). Величины максимальных концентраций $X_{\rm J}$ b выше минимальных в 5,3—5,6 раза. В отличие от $X_{\rm J}$ a, градиент изменения значений концентраций $X_{\rm J}$ b в большей степени отражает зависимость от микроклиматических условий и характеристик экологических ниш в местах произрастания мхов (Мейсурова и др., 2021). Особенности урбосреды (разное освещение, влажность) оказывают существенное влияние на фотосинтетическую систему (Онофрейчук и др., 2017).

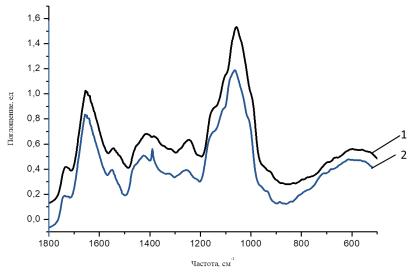


Рис. 3. ИК спектры поглощения образцов мхов из ΠO 10 г. Твери: $1-Leskea\ polycarpa,\ 2-Lewinskya\ speciosa$

Наибольшие значения валовых концентраций $X_{\rm I}$ b обнаружены в образцах из ПО 6, 9–10. Данные приурочены к разреженным сообществам с бедным видовым составом, в которых повышенная интенсивность света сочетается с низким и менее стабильным уровнем влажности воздуха (Мейсурова и др., 2020). Замеры освещения с помощью люксметра в местах обитания мхов показали наибольшие значения интенсивности освещения по сравнению с другими местами их произрастания. Как у эпифитных лишайников, у мхов в условиях яркого солнечного света в определенной степени проявляется адаптивная роль $X_{\rm I}$ b, определяя повышенные значения в данных местообитаниях (Онофрейчук и др., 2017).

Наименьшие значения валовых концентраций $Xл\ b$ обнаружены в образцах из ΠO 5, 8, где уровень освещения существенно ниже за счёт высокой плотности насаждений и значительного видового разнообразия. Обе территории являются памятниками природы, включают крупные фрагменты естественной растительности: смешанный лес с преобладанием хвойных пород (Комсомольская роща) и березняк с примесью хвойных и лиственных пород (Березовая роща).

Таким образом, фотосинтетическая система изученных эпифитных видов мхов имеет индикационное значение, которое может быть использовано в биомониторинге состояния воздушной среды. Модельные виды обладают сходными индикаторными свойствами. В образцах изученных видов сопоставимое содержание пигментов (Хл a и Хл b). Концентрация Хл a выше, чем Хл b. Различия в содержании Хл a

и Хл b в образцах у изученных видов в зависимости от места произрастания отражают состояние воздушной среды и условий экотопов. Повышенные значения Хл a обнаружены в образцах, собранных вблизи крупных транспортных магистралей с интенсивным движением транспорта. Данные Фурье-ИК спектрального анализа позволили уточнить степень чувствительности сравниваемых видов со сходными индикаторными возможностями. Выяснено, что при сопоставимом высоком уровне содержания Хл a в образцах из ПО 10 изменения, обусловленные накоплением поллютанта, характерны только для ИК спектров образцов $Lewinskya\ speciosa$.

Показателем трансформации местообитаний мхов в городских условиях, как и у эпифитных лишайников, является содержание $Xл\ b$. Его повышенные концентрации выявлены в образцах обоих видов из мест, где высокая интенсивность света сочетается с низким и менее стабильным уровнем влажности воздуха. Преимущественно, это P3 с искусственными посадками деревьев, характеризующиеся бедным видовым составом и высокой разрежённостью древостоя.

Заключение. Таким образом, у эпифитных листостебельных мхов Leskea polycarpa и Lewinskya speciosa проанализирован пигментный состав в разных рекреационных зонах г. Твери. У каждого из сравниваемых видов обнаружены сходные значения суммарного содержания пигментов ($X_{\rm J} \ a + X_{\rm J} \ b$), соотношений средних концентраций хлорофиллов а/b, среднего содержания хлорофиллов ($X_{\rm J} \ a + X_{\rm J} \ b$).

Выявленные различия в содержании пигментов в зависимости от мест сбора обусловлены разными уровнями загрязнения среды (прежде всего, показатели содержания Хл а), а также экологическими условиями экотопов (концентрации Хл b). С помощью Фурье-ИК спектрального анализа установлено, что, несмотря на сходные изменения в содержании пигментов в зависимости от условий произрастания (уровень загрязнения, экологические условия), индикаторные возможности сравниваемых отличаются. Обнаруженые различия связаны с избирательным накоплением поллютантов атмосферы у Lewinskya speciosa.

Авторы выражают глубокую благодарность инженеру-лаборанту ЦКП «Лаборатории биотехнологических измерений» Тарасовой Екатерине Михайловне за помощь в проведении пигментного анализа.

Список литературы

- Алексеенок Ю.В., Вергель К.Н., Юшин Н.С. 2021. Оценка уровней загрязнения территории Республики Беларусь атмосферными выпадениями тяжёлых металлов с использованием бриоиндикации // Успехи современного естествознания. № 10. С. 43-50
- Анищенко Л. Н. 2012. Бриоиндикация состояния среды района опасных техногенных отходов (на примере ОУХО Брянской области) // Ученые записки Орловского гос. ун-та. Сер. Естественные, технические и медицинские науки. № 6-1. С. 364-369
- Анищенко Л.Н., Сафранкова Е.А. 2013. Биоразнообразие и экологичекая информативность брио- и лихенофлоры урбоэкосистем в биомониторинге // Экологические проблемы промышленных городов: Сборник научных трудов по материалам 6-й Всероссийской науч.-практ. конф. с междунар. участием / под ред. Е.И. Тихомировой: Саратов: Саратовский гос. техн. унт им. Ю.А. Гагарина. С. 147-150
- Анищенко Л.Н., Злыднев А.А., Москаленко И.В. 2017. Бриоиндикация состояния воздуха крупной урбоэкосистемы (на примере г. Орла) // Современные проблемы науки и образования. № 5. С. 353
- *Баркан В.Ш., Лянгузова И.В.* 2018. Содержание тяжелых металлов в доминантных видах мхов как индикатор аэротехногенной нагрузки // Экология. № 2. С.119-126.
- *Богданова Я.А., Корчиков Е.С., Прохорова Н.В.* 2016. О выявлении экологических оптимумов мохообразных // Самарский научный вестник. № 1 (14). С. 10-14
- Бревдо Е.Ю., Мейсурова А.Ф., Спирина У.Н. 2022. Морфологические особенности Orthotrichum obustifolium Brid. в условиях загрязнения атмосферы выбросами автотранспорта // XИМБИОSEASONS 2022: сборник тезисов докладов Форума молодых исследователей. Кемерово, 2022. С. 7.
- ГОСТ 17.1.4.02-90. Вода. 2010. Методика спектрофотометрического определения хлорофилла а. Контроль качества воды: Сб. ГОСТов. М.: Стандартинформ
- Жалов Х.Х., Амриддинова Д.Ж. 2019. Мохообразные как биоиндикаторы в качестве экологии загрязнения природы Самаркандской области // Вестник современных исследований. № 1.2 (28). С. 19-21
- Злыднев А.А., Анищенко Л.Н. 2018. Опыт бриоиндикации городской среды: химические исследования // Сборник статей XX Международной науч.практ. конф. Пенза: Пензенский гос. аграрн. ун-т. С. 40-44.
- Злыднев А.А., Онофрейчук О.Н., Анищенко Л.Н. 2018. Пигментный состав фоновых эпифитных видов брио- и лихенобиоты крупных городов как биоиндикационный признак // В мире научных открытий. Т. 10. № 1. С. 75-89.
- Зудина П.Ю., Мейсурова А.Ф. 2017. Оценка содержания металлов в слоевищах лишайника *Нуродумпіа physodes* из рекреационных зон г. Твери // Мониторинг состояния и загрязнения окружающей среды. Основные результаты и пути развития: тезисы докладов Всероссийской науч. конф., Москва, 20-22 марта 2017 года. М.: Институт глобального климата и экологии Росгидромета и РАН. С. 572-573.
- Ибатуллин А.А., Коврижин М.Н., Емельянова М.С., Хамов Р.С. 2013. Тенденции в аккумуляции химических элементов у Orthotrichum anomalum со

- Среднего Урала // Человек и природа: грани гармонии и углы соприкосновения. № 1. С. 12-19
- Кочнов Ю.М. 2021. Современные подходы к оценке уровня воздействия на атмосферных воздух выбросов передвижных источников // Охрана окружающей среды и заповедное дело. № 1 (2). С. 72-85.
- Любимов В.Б., Анищенко Л.Н., Борздыко Е.В., Маркелова Н.В., Поцепай Ю.Г., Сковородникова Н.А., Азарченкова Е.А., Мокрогузова В.Н. 2011. Итоги разработки системы биоанализа на региональной основе в мониторинге сред обитания // Ежегодник НИИ Фундаментальных и прикладных исследований. №1 (2). С. 49-60.
- Мейсурова А.Ф. 2014. Биомониторинг атмосферного воздуха с использованием ИК спектрального анализа индикаторных видов лишайников (на примере Тверской области): автореф. дис. ... д-ра биол. наук; спец. 03.02.08. Тверь. 43 с.
- *Мейсурова А.Ф.* 2015. Анализ содержания металлов в пробах воды на гидрологических объектах г. Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3. С. 182-192.
- Мейсурова А.Ф., Борисова Е.М., Тарасова Е.М. 2021. Содержание фотосинтетических пигментов в талломах *Parmelia sulcata* в рекреационных зонах города Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 4(64). С. 153-163.
- Мейсурова А.Ф., Нотов А.А. 2016. Содержание металлов в лишайниках на особо охраняемых природных территориях, сопряженных с урбоэкосистемами // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 83. № 4. С. 794-802.
- Мейсурова А.Ф., Нотов А.А., Пунгин А.В. 2017. Фотосинтетические пигменты в образцах лишайника *Hypogymnia physodes* при разном уровне содержания металлов // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 84. №6. С. 961-968.
- Мейсурова А.Ф., Нотов А.А., Пунгин А.В., Скрыпник Л.Н. 2020. Комплексный физико-химический анализ лишайника *Hypogymnia physodes* в разных фитоценозах // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 87, № 5. С. 816-827.
- Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Нотов А.А., Пахомов П.М. 2014. Биомониторинг серосодержащих поллютантов в атмосфере города методом ИК-Фурье спектроскопии // Журная прикладной спектроскопии. Т. 81. № 4. С. 599-605.
- *Мейсурова А.Ф., Хижняк С.Д., Пахомов П.М.* 2011. Определение химического состава эпифитных лишайников по данным ИК спектроскопии // Журнал прикладной спектроскопии. Т. 78. № 5. С. 764-771.
- Морозова Е.И. 2018. Бриофлора Горняцкого района г. Макеевки // Вестн. студ. научн. общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Т. 1. № 10. С. 71-74.
- *Наканиси К.* 1965. Инфракрасные спектры и строение органических соединений. М.: Мир. 216 с.
- Нотов А.А., Спирина У.Н., Игнатова Е.А., Игнатов М.С. 2002. Листостебельные мхи Тверской области (средняя полоса Европейской России) // Arctoa. 2002. Т. 11. С. 297-332.
- Онофрейчук О.Н., Злыднев А.А., Анищенко Л.Н. 2017. Эколого-физиологические особенности видов лихено- и бриобиоты как комплексный показатель биомониторинга // Биодиагностика состояния природных и природнотехногенных систем: материалы XV Всеросс. науч.-практ. конф. с

- международным участием / ФГБУН Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. С. 190-195.
- Савинов А.Б., Мейсурова А.Ф., Нотов А.А., Новожилов Д.А. 2021. Фенетическая фитоиндикация и биотестирования почв в рекреационных зонах г. Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. № 3 (63). С. 114-126.
- Смит А. 1982. Прикладная ИК-спектроскопия. М.: Мир. 327 с.
- *Тихомиров О.А., Пахомов П.М.* 2017. К формированию системы мониторинга эколого-гидрохимического состояния водных объектов региона. // Вестн. ТвГУ. Сер. Химия. 2017. № 2. С. 140-151.
- *Тихомиров О.А.* 2020. Эколого-геохимический анализ состояния природной среды Тверского региона // Вестн. ТвГУ. Сер. Химия. № 1 (39). С. 135-149
- Федосов В.Э. 2018. Семейство Orthotrichaceae (Bryophyta) во флоре России: итоги ревизии и биогеографический обзор // Новости систематики низших растений. Т. 52-2. С. 519-534.
- *Цеплая Е.А.* 2022. Бриоиндикационный мониторинг Горловско-Енакиевского промышленного конгломерата Донбасса // Вестн. студ. науч. общества ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет». Т 1. № 14. С. 109-114.
- *Цыганов А.А.* 2019. Оценка состояния окружающей среды города Твери // Вестн. ТвГУ. Сер. География и геоэкология. № 2 (26). С. 56-77.
- Черемухин Д. Д. 2021. Влияние автотранспорта на состояние атмосферного воздуха г. Твери // География, экология, туризм: научный поиск студентов и аспирантов: материалы IX Всеросс. науч.-практ. конф. Тверь: Твер. гос. ун-т. 251 с.
- Шматова Л.М. 2012. Бриоиндикация состояния лесных экосистем района опасных техногенных объектов: автореф. дисс. ... канд. биол. наук. Брянск: РИО Брянского гос. ун-та им. академика И.Г. Петровского. 24. с.
- Экосистема 2020. [электрон. pecypc]. URL: http://ecosystema.ru/08nature/moss/124s.htm (дата обращения 18.09.2022).
- Экосистема 2020. [электрон. pecypc]. URL: http://ecosystema.ru/08nature/moss/140p.htm (дата обращения 18.09.2022).
- Lara F., Garilleti R., Goffinet B., Draper I., Medina R., Vigalondo Garcla B., Mazimpaka V. 2016. Lewinskya, a new genus to accommodate the phaneroporous and monoicous taxa of Orthotrichum (Bryophyta, Orthotrichaceae) // Cryptogamie Bryologie. V. 37. № 4. P. 361-382.
- Socrats G. 1994. Infrared characteristic group frequencies: tables and charts. 2 ed. 249 p.

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CONTENT OF PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS IN SOME TYPES OF MOSS SPECIES FROM URBAN ZONES OF THE CITY OF TVER

A.F. Meysurova, A.A. Suvorova, E.Yu. Brevdo

Tver State University, Tver

A comparative assessment of the content of photosynthetic pigments in two species of leaf mosses (*Leskea polycarpa*, *Lewinskya speciosa*) in the urban ecosystems of the city of Tver with different levels of anthropogenic

transformation was carried out. These species have similar values of the main indicators (concentrations of chlorophylls Chl a and Chl b, total content of Chl a and Chl b; ratios of chlorophyll a/b concentrations). The amplitudes of change in these values of pigment concentrations are associated with different levels of environmental pollution (Chl a) and microclimatic conditions for the growth of species (Chl b). Despite similar changes in the content of pigments, the indicator capabilities of the compared species differ. Using FTIR spectroscopy, it was shown that the degree of sensitivity to changes in the chemical composition of air in Lewinskya speciosa is higher than in Leskea polycarpa. The IR spectra of Lewinskya speciosa samples showed changes associated with the accumulation of alkyl nitrates (R-O-NO₂), which indicate the presence of NO₂ in the air.

Keywords: photosynthetic pigments, bryophytes, bryoindication, chlorophyll a, chlorophyll b, Leskea polycarpa, Lewinskya speciosa, biomonitoring, Tver.

Об авторах:

МЕЙСУРОВА Александра Федоровна — доктор биологических наук, декан биологического факультета, заведующая кафедрой ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: alexandrauraz@mail.ru.

СУВОРОВА Алена Алексеевна — студент бакалавр направления 06.03.01 Биология, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: alexeeva154@gmail.com.

БРЕВДО Екатерина Юрьевна – ассистент кафедры ботаники, ФГБОУ ВО «Тверской государственный университет», 170100, Тверь, ул. Желябова, д. 33, e-mail: ekaterina.brevdo@yandex.ru.

Мейсурова А.Ф. Сравнительный анализ содержания фотосинтетических пигментов у некоторых видов мхов в рекреационных зонах города Твери / А.Ф. Мейсурова, А.А. Суворова, Е.Ю. Бревдо, // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 157-169.

УДК 502.175:581.5 DOI: 10.26456/vtbio274

ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В РАСТЕНИЯХ ЗОНЫ РАЗРАБОТКИ МАЛМЫЖСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МЕДНО-ПОРФИРОВЫХ РУД В ОКРЕСТНОСТЯХ ПОСЕЛКОВ МАЛМЫЖ И ВЕРХНИЙ НЕРГЕН (ХАБАРОВСКИЙ КРАЙ)

Т.Н. Моторыкина

Хабаровский Федеральный исследовательский центр ДВО РАН, Хабаровск Институт водных и экологических проблем ДВО РАН, Хабаровск

В работе представлены результаты анализа содержания тяжелых металлов (кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца и цинка) в растениях в 14 объединенных растительных пробах, собранных в зоне разработки Малмыжского месторождения меднопорфировых руд в точках контроля на границе санитарно-защитной зоны, а также на аналоговых площадях в подобных контролируемых сообществах, но расположенных вне зоны воздействия. Концентрации исследованных элементов в растениях большинства пробных площадок находятся в пределах допустимых значений, что не вызывает нормального функционирования растений, в том числе и тяжелый металл высокой токсичности - кадмий. По результатам анализов в растениях на пробных площадках он находится в пределах допустимых концентраций. На девяти пробных плошалках отмечено высокое содержание марганца, что связано с природными особенностями папоротников и брусники обыкновенной накапливать этот элемент в своих тканях. Такие высокие концентрации марганца в растениях являются наследство закрепленными.

Ключевые слова: тяжелые металлы, загрязнители, Малмыжское месторождение, валовое содержание, растительные пробы.

Введение. Загрязнение окружающей среды тяжелыми металлами (ТМ) является одной из важнейших экологических проблем современности. К ТМ относятся железо, кадмий, калий, кальций, кобальт, магний, марганец, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, хром и цинк, которые отличаются токсичностью, канцерогенностью, способностью накапливаться в разных объектах (Кустанович, 1972). Загрязнению тяжелыми металлами подвергается вода, почва, растения и животные, а также промышленные отходы, аккумулирующие их, накапливая в концентрациях, превышающих предельно-допустимые концентрации. Среди приоритетных загрязнителей выделяют кадмий,

медь, свинец, цинк, причем в природных объектах и промышленных водах они часто встречаются вместе в разных сочетаниях (Мосталыгина и др., 2014).

Для оценки уровня ТМ часто используются методы биомониторинга. Биологический мониторинг – система наблюдений за экологическим состоянием компонентов природных объектов, биологическая оценка качество окружающей среды (Шаназарова, Ахматова, 2015). Для проведения биомониторинга в качестве индикаторов состояния окружающей среды используют воду, почву, растения и животных данного региона.

Растения — один из наиболее чутких индикаторов техногенного изменения среды. Реагируя на загрязнения окружающей среды, растения, показывают изменения экологической обстановки под воздействием разных факторов и поэтому широко используются при оценке загрязнения окружающей среды. Растительный покров находится под мощным техногенным прессом поллютантов, поступающих из воздуха и загрязненных почв. Растения поглощают из окружающей среды практически все химические элементы. Часть из них необходима для обменных процессов в растениях, но увеличение их концентраций является токсичным для растений. Такой элемент, как свинец и кадмий токсичны даже в низких концентрациях (Baker, 1981).

Проблема взаимоотношения растений и тяжелых металлов в окружающей среде является очень актуальной и требует изучения. А знание природных концентраций ТМ в растениях дает возможность судить о состоянии чистоты или загрязненности определенного участка территории в связи с антропогенным воздействием на окружающую среду.

С целью оценки экологического состояния территории разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд (Хабаровский край) проведено изучение валового содержания в растениях тяжелых металлов: кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца и цинка как характерных природно-антропогенных загрязнителей среды. Именно этот перечень используется многими авторами в литературных источниках по влиянию ТМ на почвы, дикорастущие и лекарственные растения (Мальгин и др., 1995; Ельчининова и др., 2008).

На момент исследования проводилось строительство карьера по добыче руд, наблюдалось активное передвижение автомашин и строительной техники по уже проложенным дорогам и прокладка новых автодорог для передвижения транспорта. В связи с этим, основные источники воздействия на растительный покров — строительные и транспортные машины (пылевая завеса, выброс

выхлопных газов в атмосферу, загрязнение территории горючесмазочными материалами).

Методика. Материал растительного происхождения для определения химического состава отбирали в июле 2021 г. с 14 заложенных пробных площадок, из которых десять ПП — точки контроля на границе санитарно-защитной зоны и четыре ПП — аналоговые площади в подобных контролируемых сообществах, но расположенные вне зоны воздействия разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд (рис. 1).

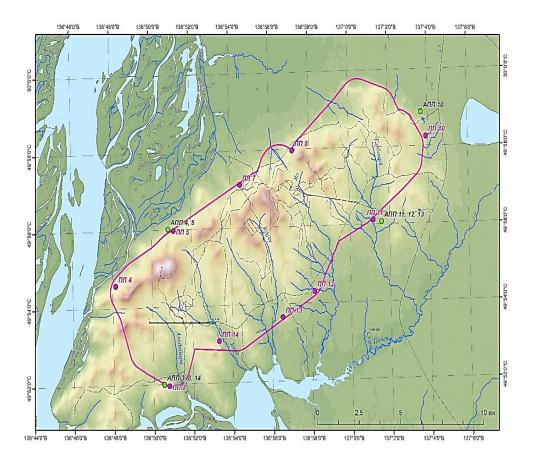


Рис. 1. Местоположение пробных площадок (ПП) в окрестностях поселков Малмыж и Верхний Нерген (Хабаровский край):

красные точки с номерами $\Pi\Pi$ — пробные площади в точках контроля на границе санитарно-защитной зоны разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд;

зеленые точки с номерами АПП – аналоговые площади в подобных контролируемых сообществах, но расположенные вне зоны воздействия разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд

При отборе растительного материала для химических анализов руководствовались требованиями репрезентативности и представительности отобранных проб. Для этого на каждой ПП с помощью специальной деревянной рамки выделяли 6–10 типичных делянок площадью 1м^2 каждая, равномерно расположенных на участке. Растения скашивали в сухую погоду и из них составляли объединенную пробу. После тщательного перемешивания на ровной площадке из объединенной пробы отбирали средний образец массой 1,5 кг, помещали его в чистые бумажные мешки, этикетировали и хранили до проведения химических анализов в свежем состоянии.

По единой методике с 14 ПП отобрано 14 объединенных растительных проб, в которых были представлены следующие виды растений: осока кривоносая (Carex campylorhina V. I. Krecz.), бор развесистый (Milium effusum L.), хвощ зимующий (Equisetum hyemale L.), чистоустник азиатский (Osmundastrum asiaticum (Fernald) Tagawa), щитовник толстокорневищный (Dryopteris crassirhizoma Nakai), страусник обыкновенный (Matteuccia struthiopteris кочедыжник китайский (Athyrium sinense Rupr.), лепторумора амурская (Leptorumohra amurensis (Christ) Tzvel.), буковник обыкновенный (Phegopteris connectilis (Michx.) Watt), щитовник сихотэ-алинский (Dryopteris sichotensis Kom.), подмаренник трехнадрезный (Galium trifidum L.), майник двулистный (Maianthemum bifolium (L.) F. W. Schmidt), тригонотис укореняющийся (Trigonotis radicans (A. DC.) Steven), фиалка Селькирка (Viola selkirkii Pursh ex Goldie), адокса мускусная (Adoxa moschatellina L.), осока мечевидная (Carex хурһіит Kom.), вейник Лангсдорфа (Calamagrostis langsdorffii (Link) Trin.), дерен канадский (Chamaepericlymenum canadense (L.) Aschers. et Graebn.), брусника обыкновенная (Rhodococcum vitis-idaea (L.) Avror.), коптис трехлистный (Coptis trifolia (L.) Salisb.), осока седеющая (Carex canescens L.), кипрей узколистный (Chamaenerion angustifolium (L.) Scop.).

В отобранных пробах растений определялось валовое содержание тяжелых металлов: кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца и цинка. Валовые содержания ТМ дают представление о степени техногенного загрязнения (Водяницкий, 2005).

Анализ проб проводили в испытательной лаборатории Федерального государственного бюджетного учреждения Центра агрохимической службы «Хабаровский» (ФГБУ ЦАС «Хабаровский») атомно-эмиссионным методом с ионизацией в индуктивно-связанной аргоновой плазме по стандартной методике ЦВ 5.18, 19.01-2005 (Методика..., 2005) с использованием эмиссионного спектрометра с индуктивно связанной плазмой Agilent 720 ICP-OES.

Результаты и обсуждение. Количественные показатели содержания ТМ в растениях представлены в таблице 1.

Марганец. В литературе, значение марганца для живых организмов хорошо изучено. Известно, что в зависимости от видовой принадлежности и места обитания растения в своей наземной части накапливают марганца от единиц до сотен миллиграммов на килограмм сухой массы. При концентрации этого элемента в растениях от 20 до 70 мг/кг организмы животных функционируют нормально. Надо полагать, что содержание марганца в растениях в пределах этих величин будет считаться нормой (Мальгин и др., 1995).

Таблица 1 Валовое содержание тяжелых металлов в растениях

Номер	Массовая доля тяжелых металлов в растениях, мг/кг							
пробной								
площади	Cd	Co	Mn	Cu	As	Ni	Pb	Zn
(ПП)								
ПП 10	0,06	0,10	509,10	2,80	0,10	0,70	1,30	14,60
ПП 8	0,07	<0,1	44,70	2,70	<0,1	0,70	1,40	12,40
ПП 7	0,31	0,10	601,00	5,70	0,10	0,90	3,20	44,90
ПП 3	0,12	<0,1	67,60	2,50	0,10	0,30	0,90	18,80
АПП	0,06	<0,1	168,10	4,00	0,10	0,80	1,20	13,00
3,8,14								
ПП 11	0,17	0,20	300,10	3,00	<0,1	0,80	1,10	18,00
АПП	<0,05	<0,1	452,60	4,30	<0,1	0,40	2,30	14,20
11,12,13								
ПП 12	<0,05	<0,1	365,60	4,00	<0,1	1,00	1,40	10,00
ПП 14	0,20	<0,1	917,70	4,30	0,10	0,60	2,80	21,50
ПП 5	0,20	<0,1	28,00	4,30	0,30	0,10	2,00	9,70
АПП 4,5	0,06	<0,1	15,50	5,70	0,10	0,20	1,00	12,60
ПП 4	<0,05	<0,1	18,60	2,50	0,10	0,20	1,10	16,10
АПП 10	0,05	0,10	742,00	3,60	0,10	0,60	1,70	14,30
ПП 13	<0,05	0,10	310,70	2,70	0,10	1,00	3,30	16,60

Примечания: Cd – кадмий; Co – кобальт; Mn – марганец; Cu – медь; As – мышьяк; Ni – никель; Pb – свинец; Zn – цинк.

Из литературных источников известно о существовании манганофилов – растений, которые способны в больших количествах накапливать марганец: лютик, полынь, папоротники, сосна, береза (Леванидов, 1961). Высокие концентрации этого элемента присуще бруснике обыкновенной (*Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror.) семейство Ericaceae Juss. – 163-1587 мг/кг, которые являются наследственно закрепленным (Мальгин, 1978). По результатам протоколов испытаний девять проб (ПП 7, 10, 11, 12, 13, 14; АПП

3,8,14; АПП 10, АПП 11,12,13) по сравнению с другими отличаются высоким содержанием марганца: $\Pi\Pi 7 - 601,00 \text{ мг/кг}$, $\Pi\Pi 10 - 509,10 \text{ мг/кг}$ мг/кг, ПП 11 - 300,10 мг/кг, ПП 12 - 365,60 мг/кг, ПП 13 - 310,70MΓ/ΚΓ, ΠΠ 14 - 917,70 <math>MΓ/ΚΓ; ΑΠΠ 3,8,14 - 168,10 <math>MΓ/ΚΓ, ΑΠΠ 10 -742,00 мг/кг, АПП 11,12,13-452,60 мг/кг. Это может объясняться наличием папоротников на этих ПП, которые способны накапливать марганец в больших количествах: ПП 7 (Osmundastrum asiaticum, Leptorumohra amurensis), III 10 (Osmundastrum asiaticum, Dryopteris crassirhizoma, Dryopteris sichotensis, Phegopteris connectilis), IIII 12 (Osmundastrum asiaticum), IIII 13 (Osmundastrum asiaticum, Phegopteris connectilis), III 14 (Leptorumohra amurensis), AIII 3,8,14 (Dryopteris crassirhizoma, Osmundastrum asiaticum, Leptorumohra amurensis, Athyrium sinense), AПП 10 (Osmundastrum asiaticum, Leptorumohra amurensis), АПП 11,12,13 (Leptorumohra amurensis) и наличием брусники обыкновенной (Rhodococcum vitis-idaea) на $\Pi\Pi$ 11. На остальных ПП концентрация марганца в растениях находится в пределах нормальных значений для их функционирования.

 $Me\partial b$. Концентрация меди в растениях из незагрязненных регионов разных стран колеблется от 1 до 10 мг/кг сухой массы (Алексеев, 1987). На всех изученных ПП в растениях уровень содержания меди в растениях находится в норме и составляет от 1,30 до 7,40 мг/кг.

Цинк. Содержание цинка в травах находится в пределах 12–47 мг/кг сухой массы (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Уровень концентрации цинка в растениях на всех исследованных ПП укладывается в диапазон нормального функционирования растений (от 9,70 до 44,90 мг/кг).

Свинец. Естественные уровни содержания свинца в растениях из незагрязненных и безрудных областей находятся в пределах 0,1-10,0 мг/кг сухой массы (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). На всех изученных ПП концентрация свинца в растениях находится в пределах допустимых значений и составляет от 0,1 до 3,30 мг/кг.

Мышьяк. Мышьяк входит в состав растений, но его биохимическая роль практически не изучена. Содержание мышьяка, например, в растениях Алтая варьирует в широком диапазоне: от <0.05 до 0.625 мг/кг, в Северном Алтае от <0.05 до 0.625 мг/кг, в Центральном Алтае от <0.05 до 0.625 мг/кг (Мальгин и др., 1995). На исследованных ПП содержание мышьяка в растениях колеблется в диапазоне от <0.1 до 0.30 мг/кг и находится в пределах нормы.

Кадмий. Кадмий — элемент чрезвычайно высокой токсичности. Ионы его обладают большой подвижностью в почвах, легко поглощаются растениями, накапливаются в них. Нормальным считается содержание кадмия в растениях в пределах 0,05-0,2 мг/кг, а

максимально допустимым -3 мг/кг (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989). Содержание кадмия в растениях на исследованных ПП колеблется от <0.05 до 0.52 мг/кг, что не превышает допустимые значения.

Никель. Средние показатели содержания никеля в растениях составляют 0,05-5 мг/кг сухой массы (Микроэлементы. Никель, 2021). При увеличении содержания этого элемента в растениях, развиваются признаки токсичности — тормозится рост растений, нарушается метаболизм. Концентрация никеля в растениях на всех исследованных ПП колеблется от 0,1 до 2,00 мг/кг и находится в пределах нормы.

Кобальт. Кобальт накапливается в пыльце и ускоряет ее прорастание, участвует в ауксиновом обмене, т.е. стимулирует процессы роста растений (в т.ч. способствует растяжению клеточных оболочек). Этот металл участвует в клеточной репродукции листьев (увеличение толщины и объема мезофилла, размеров и количества клеток столбчатой и губчатой паренхимы листа). Кроме того, кобальт повышает общее содержание воды в растениях, чем способствует увеличению засухоустойчивости культур. Установлено влияние кобальта на формирование и функционирование фотосинтетического аппарата растений путем концентрации хлоропластов и пигментов в листьях (Микроэлементы. Кобальт, 2021). Содержание кобальта в растениях немного и составляет 0,2-0,6 мг/кг сухого вещества (Минеев, 2006). Концентрация кобальта в растениях на всех исследованных ПП колеблется от <0,1 до 0,20 мг/кг и находится в пределах нормы.

Заключение. Таким образом, содержание исследованных тяжелых металлов (кадмия, кобальта, марганца, меди, мышьяка, никеля, свинца и цинка) в растениях в точках контроля на границе санитарно-защитной зоны, а также на аналоговых площадях в подобных контролируемых сообществах, но расположенных вне зоны воздействия находятся в пределах нормальных значений для функционирования растений, в том числе и тяжелый металл высокой токсичности – кадмий.

По результатам анализов в растениях на пробных площадках он находится в пределах допустимых концентраций. Отмечено высокое содержания марганца на девяти пробных площадках, что связано с природными особенностями папоротников и брусники обыкновенной этот элемент в своих тканях. Такие накапливать высокие концентрации марганца растениях являются наследство В закрепленными. В связи с этим, содержание тяжелых металлов в растениях исследованной территории позволяет говорить о том, что на момент разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд в окрестностях поселков Малмыж и Верхний Нерген не выявлено негативного влияния на окружающую среду.

Список литературы

- Алексеев Ю.В. 1987. Тяжелые металлы в почвах и растениях. Л.: Агропромиздат. 142 с.
- Водяницкий Ю.Н. 2005. Изучение тяжелых металлов в почвах. М.: Почвенный институт им. В.В. Докучаева. 109 с.
- Ельчининова О.А., Рождественская Т.А., Черных Е.Ю. 2008. Микроэлементы-биофилы и тяжелые металлы в лекарственных растениях Северного Алтая // Биоразнообразие, проблемы экологии Горного Алтая и сопредельных регионов: настоящее, прошлое, будущее: материалы Международной конференции. Горно-Алтайск. Изд-во Горно-Алтайского государственного университета. С. 51-55.
- *Кабата-Пендиас А., Пендиас Х.* 1989. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир. 439 с.
- Кустанович И.М. 1972. Спектральный анализ. М.: Высшая школа. 348 с.
- *Леванидов Л.Я.* 1961. Марганец как микроэлемент в связи с биохимией и свойствами таннидов. Челябинск: Челябинское кн. изд. 187 с.
- *Мальгин М.А.* 1978. Биогеохимия микроэлементов в горном Алтае. Новосибирск: Наука. 272 с.
- Мальгин М.А., Пузанов А.В., Ельчининова, Горюнова Т.А. 1995. Тяжелые металлы и мышьяк в дикорастущих лекарственных растениях Алтая // Сибирский экологический журнал. № 6. С. 510-514.
- Методика выполнения измерений массовой доли тяжелых металлов в твердых пробах (почвы, пробы растительного происхождения) методом спектрометрии с индуктивно-связанной плазмой. 2005. М. 31 с.
- Микроэлементы. Кобальт. URL: https://agrostory.com/infocentre/agronomists/mikroelementy-kobalt. (дата обращения: 21.02.2022).
- Микроэлементы. Никель. URL: https://agrostory.com/infocentre/agronomists/mikroelementy-nikel. (дата обращения: 21.02.2022).
- *Минеев В.Г.* 2006. Микроэлементы // Агрохимия. М.: Изд-во: МГУ. 752 с.
- Мосталыгина Л.В., Костин А.В., Бухтояров О.И., Мосталыгин А.Г. 2014. Сорбция ионов меди, кадмия и цинка бентонитовой глиной из растворов при индивидуальном и совместном присутствии // Конденсированные среды и межфазные границы. Т. 16. № 3. С. 304-309.
- Шаназарова А.С., Ахматова А.Т. 2015. Оценка содержания тяжелых металлов в растениях хвостохранилища п. Сумсар (Джалал-абадская область) // Вестник КРСУ. Т. 15. № 1. С. 165-167.
- Baker A.J.M. 1981. Accumulators and excluders strategies in the response of plants to heavy metals // J. Plant Nutr. V. 3. № 1/4. P. 643-654.

EVALUATION OF THE CONTENT OF HEAVY METALS IN PLANTS OF THE DEVELOPMENT ZONE OF THE MALMYZH DEPOSIT OF COPPER-PORPHYROUS ORES IN THE SURROUNDINGS OF THE VILLAGES OF MALMYZH AND UPPER NERGEN (KHABAROVSK KRAI)

T.N. Motorykina

Khabarovsk federal research center of the Far Eastern Branch RAS, Khabarovsk Institute of Water and Ecology Problems of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Khabarovsk

The paper presents the results of the analysis of the content of heavy metals (cadmium, cobalt, manganese, copper, arsenic, nickel, lead and zinc) in plants in 14 combined plant samples collected in the development zone of the Malmyzhskoe deposit of porphyry copper ores at control points at the border of the sanitary-protection zone, as well as in analogue areas in similar controlled communities outside the impact zone. The concentrations of the studied elements in the plants of most of the test plots are within the acceptable range, which does not cause the normal functioning of plants, including a heavy metal of high toxicity - cadmium. According to the results of analyzes in plants on trial sites, it is within the permissible concentrations. On nine test plots, a high content of manganese was noted, which is associated with the natural characteristics of ferns and common lingonberries to accumulate this element in their tissues. Such high concentrations of manganese in plants are heritable.

Keywords: heavy metals, pollutants, Malmyzhskoye deposit, gross content, plant samples.

Об авторе:

МОТОРЫКИНА Татьяна Николаевна кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории растительности, ФГБУН Хабаровский Федеральный экологии Институт исследовательский центр ДВО PAH, водных И проблем ДВО PAH, 680021, Хабаровск, экологических ул. Дикопольцева, 56; e-mail: tanya-motorykina@yandex.ru.

Моторыкина Т.Н. Оценка содержания тяжелых металлов в растениях зоны разработки Малмыжского месторождения медно-порфировых руд в окрестностях поселков Малмых и Верхний Нерген (Хабаровский край) / Т.Н. Моторыкина // Вестн. ТвГУ. Сер. Биология и экология. 2022. № 3(67). С. 170-178.

Журнал Вестник Тверского государственного университета. Серия: Биология и экология решением Президиума ВАК включен в перечень российских рецензируемых научных журналов, в которых должны быть опубликованы основные результаты диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата биологических наук.

Контактные данные редакционной коллегии

170002, г. Тверь, пр-т Чайковского, д. 70, ком. 201

Телефон: +7(4822) 32-06-80 e-mail: vestnikbio@gmail.com

главный редактор – Зиновьев Андрей Валерьевич;

ответственный секретарь – Иванова Светлана Алексеевна;

технический редактор – Игнатьев Данила Игоревич.

Вестник Тверского государственного университета.

№ 3 (67), 2022 Серия: Биология и экология Подписной индекс: **85683** (интернет-каталог «Пресса России»)

Подписано в печать 25.10.2022. Выход в свет 27.10.2022 Формат 70 х 108 1 /₁₆. Бумага типографская № 1.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 15,58.

Тираж 500 экз. Заказ № 226.

Издатель – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Тверской государственный университет».

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, ул. Желябова, д. 33.

Отпечатано в редакционно-издательском управлении

Тверского государственного университета.

Адрес: Россия, 170100, г. Тверь, Студенческий пер., д. 12, корпус Б.

Тел. РИУ: 8 (4822) 35-60-63.

Цена свободная.