

2020

Т. 12, № 4

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ**



БИОСФЕРА

ISSN 2077-1371 / www.21bs.ru

**БИЗНЕС-ЭКОСИСТЕМЫ: ЧТО СТОИТ
ЗА СЛОВАМИ И КУДА ЭТО ВЕДЕТ?**

Г.С. Розенберг

*BUSINESS ECOSYSTEMS: WHAT IS THERE
BEHIND THE WORDS AND WHERE DOES
IT LEAD US?*

G.S. Rozenberg

**НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ
ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА**

**Ю.Н. Сергеев, В.П. Кулеш,
В.В. Дмитриев**

*A NEW CONCEPT
OF DEMOGRAPHIC TRANSITION*

*Y.N. Sergeyev, V.P. Kulesh,
V.V. Dmitriev*

**УСПЕШНЫЙ ОПЫТ АККЛИМАТИЗАЦИИ
КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (*PINUS
PUMILA* (PALL.) REGEL) НА СЕВЕРЕ
ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

**П.А. Лебедев, Л.П. Трофимук,
А.В. Карамышева, Р.К. Пузанский**

*A SUCCESSFUL ATTEMPT TO ACCLIMATIZE
THE SIBERIAN DWARF PINE (*PINUS
PUMILA* (PALL.) REGEL) IN THE NORTH
OF LENINGRAD REGION*

*P.A. Lebedev, L.P. Trofimuk,
A.V. Karamysheva, R.K. Puzanskiy*

**ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ
ПЫЛЬЦЫ МАКРОФИТОВ ДЛЯ
ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ
РЕКОНСТРУКЦИЙ**

Т.Ю. Газизова, Т.В. Сапелко
*SUBSTANTIATION OF THE IMPORTANCE
OF MACROPHYTE POLLEN FOR
PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS*
T.Yu. Gazizova, T.V. Sapelko



ФОТО ИЗ СТАТЬИ П.А. ЛЕБЕДЕВА И СОАВТ.: С. 200.

© ФОНД НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ «XXI ВЕК»
РОССИЙСКАЯ ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АКАДЕМИЯ

БИОСФЕРА

МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ
ПО ПРОБЛЕМАМ ПОЗНАНИЯ И СОХРАНЕНИЯ БИОСФЕРЫ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЕЕ РЕСУРСОВ

Том 12, № 4

Санкт-Петербург

2020



BIOSPHERE

INTERDISCIPLINARY JOURNAL OF BASIC AND APPLIED SCIENCES DEDICATED
TO COMPREHENSION AND PROTECTION OF THE BIOSPHERE AND TO USAGE OF RESOURCES THEREOF

Vol. 12, No. 4

Saint Petersburg

2020

© «XXI CENTURY» RESEARCH FOUNDATION
RUSSIAN ECOLOGICAL ACADEMY

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

EDITORIAL BOARD

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР:

Э.И. Слепян (С.-Петербург)

EDITOR-IN-CHIEF

E.I. Slepian (Saint Petersburg)

ЗАМЕСТИТЕЛЬ

ГЛАВНОГО РЕДАКТОРА:

А.Г. Голубев (С.-Петербург)

DEPUTY EDITOR-IN-CHIEF

A.G. Golubev (Saint Petersburg)

СЕКРЕТАРЬ РЕДАКЦИИ:

И.М. Татарникова

EDITORIAL SECRETARY:

I.M. Tatarnikova

ДИЗАЙН: Ю.С. Братишко

DESIGN: *Y.S. Bratishko*

ВЕРСТКА: Т.А. Слащева

LAYOUT: *T.A. Slascheva*

КОРРЕКТОР: Н.А. Натарова

PROOFREADING: *N.A. Natarova*

АДМИН САЙТА:

И.В. Перескоков

SITE ADMIN: *I.V. Pereskocov*

РОССИЙСКОЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ

DOMESTIC EDITORIAL BOARD

В.Н. Большаков (Екатеринбург) *V.N. Bolshakov (Ekaterinburg)*

Л.Я. Боркин (С.-Петербург) *L.Ja. Borkin (Saint Petersburg)*

А.К. Бродский (С.-Петербург) *A.K. Brodsky (Saint Petersburg)*

Ю.С. Васильев (С.-Петербург) *Yu.S. Vasilyev (Saint Petersburg)*

Р.М. Вильфанд (Москва) *R.M. Vilfand (Moscow)*

Б.В. Гайдар (С.-Петербург) *B.V. Gaidar (Saint Petersburg)*

Э.М. Галимов (Москва) *E.M. Galimov (Moscow)*

В.А. Драгавцев (С.-Петербург) *V.A. Dragavtsev (Saint Petersburg)*

Г.В. Жижин (С.-Петербург) *G.V. Zhizhin (Saint Petersburg)*

Г.А. Ивахненко (С.-Петербург) *G.A. Ivakhnenko (Saint Petersburg)*

Г.А. Исаченко (С.-Петербург) *G.A. Isachenko (Saint Petersburg)*

С.В. Кривовичев (С.-Петербург) *S.V. Krivovichev (Saint Petersburg)*

Н.Н. Марфенин (Москва) *N.N. Marfenin (Moscow)*

Ю.К. Новожилов (С.-Петербург) *Yu.K. Novozhilov (Saint Petersburg)*

Г.В. Осипов (Москва) *G.V. Osipov (Moscow)*

В.А. Павлюшин (С.-Петербург) *V.A. Pavliushin (Saint Petersburg)*

К.М. Петров (С.-Петербург) *K.M. Petrov (Saint Petersburg)*

О.Н. Пугачев (С.-Петербург) *O.N. Pugachev (Saint Petersburg)*

Ю.А. Рахманин (Москва) *Yu.A. Rakhmanin (Moscow)*

А.А. Редько (С.-Петербург) *A.A. Redko (Saint Petersburg)*

Г.С. Розенберг (Тольятти) *G.S. Rozenberg (Togliatti Russia)*

А.В. Селиховкин (С.-Петербург) *A.V. Selikhovkin (Saint Petersburg)*

Г.А. Софронов (С.-Петербург) *G.A. Sofronov (Saint Petersburg)*

В.М. Тарбаева (С.-Петербург) *V.M. Tarbayeva (Saint Petersburg)*

И.А. Тихонович (С.-Петербург) *I.A. Tikhonovich (Saint Petersburg)*

М.Д. Уфимцева (С.-Петербург) *M.D. Ufimtseva (Saint Petersburg)*

Г.Н. Фельдштейн (С.-Петербург) *G.N. Feldstein (Saint Petersburg)*

Л.П. Чурилов (С.-Петербург) *L.P. Churilov (Saint Petersburg)*

МЕЖДУНАРОДНЫЙ РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ

INTERNATIONAL
ADVISORY BOARD

М.Д. Голубовский (Окленд, США)

M.D. Golubovsky (Oakland, CA, USA)

М. Клявинш (Рига, Латвия)

M. Klavins (Riga, Latvia)

К. Оболевский

(Быгдоць, Польша)

K. Obolevsky (Bydgoszcz, Poland)

Я. Олексин (Курник, Польша)

J. Oleksyn (Kornik, Poland)

А.А. Протасов (Киев, Украина)

A.A. Protasov (Kiev, Ukraine)

В. Реген (Берлин, Германия)

W. Regen (Berlin, Germany)

Ю.Г. Тютюнник (Киев, Украина)

Yu.G. Tyutyunnik (Kiev, Ukraine)

О. Чертов

(Бинген-на-Рейне, Германия)

O. Chertov

(Bingen am Rhein, Germany)

Журнал зарегистрирован

Федеральной службой

по надзору в сфере связи

и массовых коммуникаций:

ПИ № ФС77-32791

от 08 августа 2008 г.

Registered by RF Federal Service

for Communication and Mass

Media Surveillance on 08 August

2008 as PI No FS77-32791

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

197110, Санкт-Петербург,

Большая Разночинная ул., д. 28;

Тел./факс: (812) 415-41-61

Эл. почта: biosphaera@21mm.ru

Электронная версия:

<http://21bs.ru> (ISSN 2077-1460)

POSTAL ADDRESS:

28 Bolshaya Raznochinnaya, 197110,

Saint Petersburg, Russia;

Phone/fax: +7 (812) 415-41-61;

E-mail: biosphaera@21mm.ru

Online version:

<http://21bs.ru> (ISSN 2077-1460)

СОДЕРЖАНИЕ

A3	СОДЕРЖАНИЕ CONTENTS		ПРИРОДА / NATURE
	РЕДАКЦИОННЫЕ СТАТЬИ / EDITORIALS	214	
161	БИЗНЕС-ЭКОСИСТЕМЫ: ЧТО СТОИТ ЗА СЛОВАМИ И КУДА ЭТО ВЕДЕТ? Г.С. Розенберг <i>BUSINESS ECOSYSTEMS: WHAT IS THERE BEHIND THE WORDS AND WHERE DOES IT LEAD US?</i> <i>G.S. Rozenberg</i>		ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСНЯКЕ СЛОЖНОМ ПОДЗОНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА Е.В. Зубкова, М.В. Андреева, И.В. Припутина <i>COMPOSITIONAL AND ECOLOGICAL CHANGES IN A COMPLEX PINE FOREST OF THE CONIFEROUS-DECIDUOUS SYLVAN SUBZONE UNDER NATURE RESERVE REGIMEN</i> <i>Ye.V. Zubkova, M.V. Andreeva, I.V. Pripulina</i>
	РЕЦЕНЗИИ И ДИСКУССИИ / VIEWS AND REVIEWS	223	
168	85-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА В.А. ДРАГАВЦЕВА <i>THE EIGHTY-FIVE YEAR JUBILEE OF ACADEMICIAN V.A. DRAGAVTSEV</i>		ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫНОСЯЩЕЙ (ПЕРЕОТЛОЖНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРОТА ЕВРОПЕЙСКОГО (TALPA EUROPAEA, L) В ТАЕЖНОМ БИОГЕОЦЕНОЗЕ Е.Н. Пилипко, Н.Н. Харченко, В.С. Вернодубенко <i>THE SOIL-FORMING SIGNIFICANCE OF THE EXCAVATING (REDEPOSITING) ACTIVITY OF THE EUROPEAN MOLE (TALPA EUROPAEA, L) IN A TAIGA BIOGEOCENOSIS</i> <i>Ye.N. Pilipko, N.N. Kharchenko, V.S. Vernodubenko</i>
	НАСЛЕДИЕ / HERITAGE		
170	В.А. ДРАГАВЦЕВ О СЕБЕ И НЕ ТОЛЬКО <i>V.A. DRAGAVTSEV MEMORIES ABOUT HIMSELF AND MORE</i>	231	
	ТЕОРИЯ / THEORY		
175	НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА Ю.Н. Сергеев, В.П. Кулеш, В.В. Дмитриев <i>A NEW CONCEPT OF DEMOGRAPHIC TRANSITION</i> <i>Y.N. Sergeev, V.P. Kulesh, V.V. Dmitriev</i>		ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ СЕВЕРО-ВОСТОК ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА) Т.Ю. Газизова, Т.В. Сапелко <i>SUBSTANTIATION OF THE IMPORTANCE OF MACROPHYTE POLLEN FOR PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AS EXEMPLIFIED WITH LUNKULANSAARI ISLAND LAKES (THE NORTHEAST OF LAKE LADOGA)</i> <i>T.Yu. Gazizova, T.V. Sapelko</i>
	ПРАКТИКА / PRACTICE		
196	УСПЕШНЫЙ ОПЫТ АККЛИМАТИЗАЦИИ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (PINUS PUMILA (PALL.) REGEL) НА СЕВЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ П.А. Лебедев, Л.П. Трофимук, А.В. Карамышева, Р.К. Пузанский <i>A SUCCESSFUL ATTEMPT TO ACCLIMATIZE THE SIBERIAN DWARF PINE (PINUS PUMILA (PALL.) REGEL) IN THE NORTH OF LENINGRAD REGION</i> <i>P.A. Lebedev, L.P. Trofimuk, A.V. Karamysheva, R.K. Puzanskiy</i>	4:242	ЗДРАВООХРАНЕНИЕ / PUBLIC HEALTH ГИПОТЕЗА О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПОВЫШЕННЫМИ УРОВНЯМИ РАДИОАКТИВНОГО ЦЕЗИЯ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ С. Вентури <i>CORRELATION BETWEEN RADIOACTIVE CESIUM AND THE INCREASE OF PANCREATIC CANCER: A HYPOTHESIS</i> <i>S. Venturi</i>
206	СОСТОЯНИЕ ВНУТРИГОРОДСКИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ PINUS SYLVESTRIS L. В ЕКАТЕРИНБУРГЕ В.И. Пономарев, О.В. Толкач, А.В. Тукачева, В.В. Напалкова, Г.И. Клобуков <i>CONDITIONS OF INNER-CITY NATURAL PLANTATIONS OF PINUS SYLVESTRIS L. IN YEKATERINBURG</i> <i>V.I. Ponomarev, O.V. Tolkach, A.V. Tukacheva, V.V. Napalkova, G.I. Klobukov</i>	A5 A6	ПРИЛОЖЕНИЯ / APPENDICES Признательность рецензентам <i>Acknowledgement to Reviewers</i> Сводное оглавление тома 12 <i>Combined contents of Vol. 12</i>

2021 год в России будет Годом науки и технологий



УКАЗ

ПРЕЗИДЕНТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

О проведении в Российской Федерации Года науки и технологий

В целях дальнейшего развития науки и технологий в Российской Федерации постановляю:

1. Провести в 2021 году в Российской Федерации Год науки и технологий.

2. Администрации Президента Российской Федерации до 25 декабря 2020 г. образовать организационный комитет по проведению в Российской Федерации Года науки и технологий и утвердить его состав.

3. Назначить сопредседателями организационного комитета по проведению в Российской Федерации Года науки и технологий Заместителя Председателя Правительства Российской Федерации Чернышенко Д.Н. и помощника Президента Российской Федерации Фурсенко А.А.

4. Правительству Российской Федерации обеспечить разработку и утверждение плана основных мероприятий по проведению в Российской Федерации Года науки и технологий.

5. Рекомендовать органам исполнительной власти субъектов Российской Федерации осуществлять необходимые мероприятия в рамках проводимого в Российской Федерации Года науки и технологий.

6. Настоящий Указ вступает в силу со дня его подписания.



Президент
Российской Федерации В.Путин

Москва, Кремль
25 декабря 2020 года
№ 812

<http://kremlin.ru/acts/news/64749>

УДК 574.3/4 + 65.01:334.021

БИЗНЕС-ЭКОСИСТЕМЫ: ЧТО СТОИТ ЗА СЛОВАМИ И КУДА ЭТО ВЕДЕТ?

Г.С. Розенберг

Институт экологии Волжского бассейна РАН, Тольятти, Россия

Эл. почта: genarozenberg@yandex.ru

Обсуждены примеры некорректного использования экологической терминологии в экономике, социологии и пр. Предложены пять возможных причин возникновения подобных ситуаций.

Ключевые слова: популяция, экосистема, высокие технологии, метафора, бизнес-экосистема.

BUSINESS ECOSYSTEMS: WHAT IS THERE BEHIND THE WORDS AND WHERE DOES IT LEAD US?

G.S. Rozenberg

Institute of Ecology of the Volga River Basin,
Russian Academy of Sciences, Togliatti, Russia

E-mail: genarozenberg@yandex.ru

Examples of incorrect use of ecological terminology in economics, sociology etc. are discussed. There are five possible reasons for these inconsistencies.

Keywords: population, ecosystem, high technologies, metaphor, business ecosystem.

...отдавайте кесарево кесарю, а Божие Богу
(лат. Quae sunt Caesaris Caesari
et quae sunt Dei Deo).
Евангелие от Матфея (22:21)

Конец 2019-го и весь 2020 год были ознаменованы не только пандемией COVID-19, но и «эпидемией экологизации всего и вся» в России¹, где это движение «возглавили» банки и крупные компании. Вот несколько примеров.

Руководитель группы компаний «Яндекс» А.Ю. Волож в июне 2019 года в интервью журналу Forbes сказал: «Мы создаем в России *экосистему*, работающую на онлайн- и офлайн-рынках. С точки зрения свободной конкуренции Россия – интересный рынок, где некоторые местные игроки обогнали международные компании. Мы в их числе, и наше оружие – технология»².

«Телекоммуникационная компания МТС в понедельник 25 ноября 2019 года представила детали своей новой стратегии до 2023 года, утвержденной сове-

¹ Компании, формирующие бизнес-экосистемы, известны во всем мире (Apple, Amazon, Google, Alibaba Group, Airbnb, Uber, General Electric и др.). Их объединяет одно – они стали гигантами благодаря бизнес-модели, опирающейся на сотрудничество и конкуренцию множества игроков в рамках взаимодействия [19].

² <https://ict.moscow/news/russian-ecosystems/>.



Г.С. Розенберг, член-корр. РАН

том директоров в конце октября и предполагающей создание *экосистемы новых цифровых продуктов*»³.

³ https://www.rbc.ru/technology_and_media/25/11/2019/5ddbc37a9a7947b7e12518d8.

А вот что заявил гендиректор Mail.Ru Group Б.О. Добродеев в декабре 2019 года: «Наша стратегия в том, чтобы связать разные части *экосистемы* воедино, распространить на все продукты единый ID <...>. Это сделает путешествие пользователя по всем нашим ресурсам бесшовным, очень удобным, персонализированным. <...> Но будут конкуренты. В России будет *несколько экосистем*»⁴.

21 января 2020 года на московском бизнес-портале ГлобалМСК.ру владелец «Северстали» и ИТ-инвестор А.А. Мордашов сделал заявление⁵: «Мы реализовали ряд проектов, направленных на удовлетворение человеческих потребностей в сферах путешествий, медицины, образования и ритейла. Теперь в планах – формирование на основе этих активов *экосистемы* по типу Amazon. Каждое из этих направлений ожидает коренное изменение».

В июне 2020 года председатель правления «Тинькофф Банка» О. Хьюз (Oliver Charles Hughes) в рассылке для сотрудников попросил не называть Тинькофф банком. «Это неправильно – мы не только банк, мы много другого в мощной, быстро растущей *экосистеме*, и давно пора уйти от этого отсталого понятия»⁶.

11 ноября 2020 года президент и председатель правления Сбербанка России Г.О. Греф в интервью сайту Vesti.Ru ответил на вопрос корреспондента: «Сегодня стартует “зеленый день” у Сбербанка в преддверие дня рождения Сбера. Какие предложения действуют для клиентов?» Ответ был такой: «У нас ежегодная распродажа. Вся *экосистема* Сбер и наши партнеры предоставляют большое количество скидок...»

Итак, «*бизнес-экосистема*». Сразу отметим, что это понятие не есть изобретение отечественных специалистов⁸ в области высоких технологий. В начале 1990-х годов американский бизнес-стратег Д. Мур (James F. Moore, год рождения 1948) создал *концепцию стратегического планирования бизнес-экосистемы*, которая сейчас широко применяется в сфере высоких технологий [33⁹, 34–36]. Определение «бизнес-экосистемы» взято нами из книги Мура «Смерть конкуренции» [34, р. 26]: «Бизнес-экосистема – экономическое сообщество, которое состоит из совокупности взаимосвязанных организаций и физических лиц. Экономическое сообщество производит товары

и услуги, ценные для потребителя, которые также являются частью экосистемы. В состав экосистемы любого предприятия также входят поставщики, ведущие производители, конкуренты и другие заинтересованные стороны. Со временем их возможности и роли коэволюционируют в стремлении соответствовать направлениям, установленным одной или несколькими компаниями-лидерами. Те компании, которые занимают руководящие роли, могут меняться с течением времени, но функция лидера экосистемы ценится сообществом, потому что она позволяет членам двигаться к общим видениям, чтобы выровнять свои инвестиции и найти взаимно поддерживающие роли». Концепция Мура – прямой перенос биологических представлений о конкурентной борьбе в сферу инновационной деятельности. Иными словами, любая группа лиц и организаций со всем производимым и покупаемым товаром – это уже «экосистема».

Понятие «экосистема» эксплуатируется не только бизнес-сообществом; оно проникло как «инновационная-экосистема» (innovation ecosystem) в зоны особого территориального развития [16, 40]. Причем в это понятие вкладывается такое содержание: «Немного другой подход <...> заключается в понимании экономики как национальной инновационной экосистемы. Такой подход может помочь нам понять, *во-первых*, что система не является фиксированной, а эволюционирует, растет и развивается в соответствии с новыми потребностями и новыми обстоятельствами, и, *во-вторых*, что эта система подвержена изменениям в результате новых политических инициатив. Экосистемный подход подчеркивает сложные взаимосвязи между различными участниками инновационной экономики (включая индивидуальных предпринимателей, а также корпоративных субъектов, таких как крупный бизнес и университеты), а также важность стимулов, с которыми сталкиваются различные субъекты, стремясь к достижению “дружественной к инновациям среды”. Инновации, как и региональная конкурентоспособность, будут достигнуты не за счет указов, а за счет сочетания государственных и частных инициатив» [40, р. 68]. Таким образом, «**экосистема инноваций** – среда, образованная непосредственно участниками инновационного процесса, в которой протекает их взаимодействие, направленное на создание и развитие инноваций» [16]. Причем здесь «экосистема», – для красивого словца?..

Обзор других использований и пониманий «экосистемы» в контексте, далеком от собственно экологии («предпринимательская экосистема», «промышленная экосистема», «университетская экосистема», «экосистема бренда» и пр.), можно найти в литературном обзоре диссертационной работы А.Ю. Яковлевой [30].

Аналогичная ситуация (расширительное и некорректное использование) наблюдается и с другим эко-

⁴ <https://ict.moscow/news/russian-ecosystems/>.

⁵ <https://globalmsk.ru/news/id/35508>.

⁶ <https://frankrg.com/7716>.

⁷ <https://www.vesti.ru/article/2484128>.

⁸ Правда, еще в 70-х годах прошлого столетия профессор Б.И. Кудрин (1934–2020) предложил и активно развивал представления о *техноценозе*, вкладывая в него «экологическое звучание» [8–10 и др.].

⁹ Статья получила *премию McKinsey* (McKinsey & Company – международная консалтинговая компания, специализирующаяся на решении задач, связанных со стратегическим управлением). Следует заметить, что на год раньше статья Мура была опубликована монография М. Ротшильда [37], в которой уже использовались представления об «экосистеме» применительно к экономике.

логическим понятием – «популяция» [2, 3, 27–29]. Например, в статье о «**популяциях образовательных организаций**» сказано: «Применив базовые положения популяционной экологии относительно организаций, также можно объяснить причины их распределения в различных рыночных условиях» [1, с. 74–75]. Другой автор так начинает свою статью: «Образовательные организации (вузы и др.), а также их части (студенты, профессорско-преподавательский состав, учебно-вспомогательный персонал и др.) по статистическим данным вполне возможно представить как популяции» [13, с. 97]. Профессор Высшей школы экономики В.В. Радаев [18, с. 99] называл свою статью так – «Популяционная экология организаций: как возникает разнообразие организационных форм». И в этом случае, как и для «бизнес-экосистем», инициаторами неправомерного использования экологической терминологии стали американские социологи [31, 32 и др.].

В рамках среды для имитационного моделирования AnyLogic используется понятие «*популяция агентов*». Под агентом в агент-ориентированном моделировании понимается элемент модели, который может характеризоваться поведением, памятью (историей), контактами и т. д.; агенты могут моделировать людей, компании, проекты, автомобили, города, животных, корабли, товары и т. д. [6, 7, 14, 15]. Иными словами, это «популяции чего и кого угодно»; понятие закрепилось, широко используется, но причем здесь *популяция*?

Президент В.В. Путин после известного полета на мотодельтаплане со стаей стерхов на пресс-конференции во Владивостоке (10 сентября 2012 года), говоря об оппозиции, заметил, что «даже если они не члены стаи, то все равно они члены *нашей популяции*, и к ним нужно относиться бережно»¹⁰. Или российский спортивный журналист Е.В. Дзичковский [4] написал, что «биатлонисты тоже *популяция зимняя*». Оба случая – несомненно метафора.

В последнее время понятие «популяция» (без указания – популяция кого, в каких границах-ареалах и пр.) используется все чаще и чаще явно для «красного словца». Также несколько примеров.

Глава Роспотребнадзора, профессор А.Ю. Попова: «Мы проводим исследования с конца июня, и мы понимаем, что иммунитет в *популяции* вырабатывается в разных субъектах по-разному, в зависимости от того, сколько людей переболело симптомно или бессимптомно, а в исследование попадали в основном люди, которые не болели, у которых в анамнезе болезни нет» [11].

Старший вице-президент по инновациям Фонда «Сколково», председатель Грантового комитета К.В. Каем (как о нем написано в Интернете – потом-

ственный врач в седьмом поколении) заявил по поводу предполагаемого выпуска генетических паспортов: «Это позволит проводить предиктивную диагностику генетических и онкологических заболеваний. Отслеживать предрасположенность и к другим патологиям, про которые мы еще не знаем, что они могут быть связаны с генетическими данными. Все это положительно должно сказаться на *популяции*» [17].

Конечно, некорректным и недопустимым является и такого рода использование чиновниками понятия «популяция»: 9 декабря 2009 года в программе «Вести» было показано интервью тогда министра здравоохранения РФ, профессора Т.А. Голиковой, в котором она говорила о «*популяции численности населения России*»¹¹. *Во-первых*, следует использовать понятие «численность популяции», «численность населения», но никак не «популяция численности» (науке не известны организмы под названием «численность»...). *Во-вторых*, *population* в переводе с английского и есть *население*; таким образом, получаем «масло масляное» (тавтология).

На сайте Минздрава РФ¹² можно прочитать: «В рамках Федерального проекта “Формирование системы мотивации граждан к здоровому образу жизни, включая здоровое питание и отказ от вредных привычек” планируется разработка новых эффективных *популяционных мер* как информационного, так и регуляторного характера». Какой смысл вкладывается в понятие «популяционные меры» (без указания, к кому и в каких масштабах они могут применяться), не ясно. Или тот же Минздрав разместил на Федеральном портале проектов нормативных правовых актов проект Федерального закона «О *популяционной* профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода»¹³ (фактически, о необходимости в масштабах страны йодировать пищевую соль). Проблема важная, и не она является предметом обсуждения. А нельзя ли было назвать этот предлагаемый закон, например, просто «О профилактике заболеваний, связанных с дефицитом йода»?

Такого рода «размывание» вполне сложившихся и уже используемых понятий (а в данном случае, понятий целой весьма почтенной области знаний – экологии) – это прямой путь к разрушению Вавилонской башни всей науки. Люди должны выработать общий научный язык, который позволил бы им понимать друг друга и не смешивать разные направления деятельности.

В частности, у нас в стране еще в конце 70-х годов XX века академик Д.С. Лихачев (1906–1999) ввел и активно развивал представления об «экологии культуры»: «Человек – часть природы, и отсутствие в при-

¹⁰ https://www.ng.ru/week/2012-09-10/11_photo.html.

¹¹ <https://forum.ykt.ru/viewtopic.jsp?id=1110685>.

¹² <https://minzdrav.gov.ru/news/2019/10/01/12588-v-rossiyskoy-federatsii-suschestvenno-snizilas-smertnost-assotsirovannaya-s-upotrebleniem-alkogolya>.

¹³ <https://base.garant.ru/56813924/>.

роде духовного человека, представляющего как бы «самосознание вселенной», лишает смысла существования не только человека, но и все сущее, все мироздание... Такую обезглавленную природу не будет смысла сохранять»¹⁴ [12, с. 320]. И с этим трудно не согласиться. Хотя следует поспорить с самим термином «экология культуры». «На одном из годовичных собраний Российской академии наук (примерно, в 1996–1997 гг.) я набрался смелости (наглости), подошел к Дмитрию Сергеевичу, представился и высказал свои соображения о неудачности этого термина: *эко* – дом, *логия* – наука; получается *наука о Доме культуры*... Он улыбнулся и заметил, что это “удобно”; на что я ответил, что в науке существуют представления о “занятом термине” (попытки описать какие-то новые понятия или явления всегда упираются в дилемму: придумывать для этого новое слово или использовать уже известный, но занятый термин, делать подмену)» [22, с. 6–7]. В этом контексте понятие «экология» стало использоваться уж слишком часто и не всегда к месту (см. более 80 определений «экология» [20, 21], среди которых есть и биологические определения экологии, и определения экологии как «понятие-символ эпохального значения, болезненный нерв современной мировой цивилизации и культуры, ее новый животрепещущий философско-мировоззренческий ориентир и новое измерение» [24], и «политическая экология», и «экологии духа», и «экология секса», и «экодизайн», и пр.).

В свое время о подобных ситуациях справедливо высказался известный немецкий логик и философ конца XIX – начала XX века Г. Фреге (Friedrich Ludwig Gottlob Frege; 1848–1925): «Я считаю, что не менее опасны псевдоимена, которые ничего не обозначают. Псевдоимена, пожалуй, даже в большей степени, чем неоднозначные выражения, способствуют демагогическому злоупотреблению языком. <...> Поэтому мне кажется исключительно важным закрыть этот источник заблуждения – хотя бы в науке – раз и навсегда» [26, с. 192].

Все эти «техноценозы», «бизнес-экосистемы», «популяции чего-то» и пр. могут преследовать несколько целей.

Вполне безобидная метафора (перенесение некоторого смысла с одного слова на другое). Такого рода метафора, в первую очередь, свойственна поэзии (см., например, Б. Пастернак «Сон», 1913 и 1928 годы:

*Но время шло, и старилось, и гложло,
И, поволокой рамы серебра,
Заря из сада обдавала стекла
Кровавыми слезами сентября.*)

Да, продажи двигаются и без метафор. Но, согласимся, образная речь – это прекрасно; текст, в который включен яркий образ, играет новыми красками.

¹⁴ Справедливо. *Во-первых*, некому будет сохранять, а *во-вторых*, Природа и без Человека будет жить и развиваться...

Но нельзя заигрывать метафорами, они используются «редко, но метко»¹⁵.

Терминологическая «экологизация» бизнес-сферы – это вовсе не способ бизнеса выглядеть «зеленым». В чем, например, «зеленость» бизнеса «Яндекс. Такси», поиска вакансий и сотрудников «Сбер Работа.ру» или приобретения билетов в театры и кино на платформе Ticketland в МТС? Бизнес – это прежде всего деньги. По словам А. Таунсенд [38, 39], *экология бизнеса* – это изучение взаимных отношений между бизнесом и «организмами» (индивидуумы и организации) и их средой. Целью такой «бизнес-экологии» является достижение финансовой устойчивости путем полной экологической синхронизации и интеграции бизнеса с сайтами, которые он «населяет, использует и затрагивает». Еще в конце 60-х годов прошлого века нобелевский лауреат П. Самуэльсон (Paul Anthony Samuelson; 1915–2009) считал, что применительно к экономике «...уникальный биологический метод представляет собой в основном пустую болтовню» [25, с. 363].

Некоторые воспринимают такого рода «экологизацию» как возможность говорить об экологических проблемах, касающихся бизнеса (а кто бы запрещал?..). Но вот происходит экологическая катастрофа в Красноярском крае 29 мая 2020 года в результате аварии на ТЭЦ-3 АО «Норильско-Таймырская энергетическая компания». И что, «бизнес-экосистема» как-то помогла (поможет) восстановлению экобаланса пострадавшей Норило-Пясинской гидроэкосистемы? Пока в этом контексте о катастрофе (реабилитация, ущерб и пр.) никто не говорит.

Возможно, бизнесмены, социологи, IT-специалисты и др. вновь «наступают на грабли» антропоцентризма [5] в варианте широкого понимания эгоцентризма (*глубинной экологии Арне Нэсса [Arne Næss; 1912–2009]*). Это лишний раз свидетельствует об их экологической безграмотности или об ограниченности фантазии и словарного запаса.

Если придерживаться конспирологических теорий, то «экологическая риторика» (точнее, ее эволюционная часть) направлена на явное отделение бизнеса от власти. Все эти разговоры о самоорганизации, «самостоятельности» экосистем, выраженной конкуренции, все это – подведение «теоретической базы» под полную самостоятельность (безответственность) бизнеса. Однако оставим эту цель специалистам, а сами примем в качестве постулата следующее: «Мы живем в динамичном, быстроменяющемся мире. <...> Цель общества потребления – сделать из человека идеального потребителя. Основной механизм достижения этой цели – размывание понятий. Человек без понятий становится гибким,

¹⁵ Только в русскоязычном сегменте Google по запросу «бизнес-экосистема» получено около 15,3 тыс. результатов. В проспектах 2014 года компании Alibaba Group слово «экосистема» было использовано более 160 раз [<http://mis.business/upload/iblock/7ea/7ea49ac60a191d47ea71dd89a2d1eced.pdf>]. Это явно не метафора...

неустойчивым, подверженным внешним влияниям» [23, с. 41]. Скорее всего, это и есть главная цель «терминологической путаницы». На оси «восторженный эгоцентризм – лицемерный цинизм» популяции «всего и вся» и «бизнес-экология» явно ближе к последнему.

Завершая этот экскурс в нетрадиционное использование экологических понятий, не хочу оставить у читателя впечатления, что автор – принципиальный противник любого расширения сферы применимости экологических понятий за пределы собственно экологии как биологической дисциплины. На уровне метафоры – всегда, пожалуйста! Во всех иных ситуациях (в экономике, здравоохранении и пр.), следует обосновать и заново (четко, корректно) «вложить» в старое понятие новое содержание¹⁶, без которого, ну, никак

¹⁶ Вот здесь я все-таки считаю более правильным предлагать новые термины и понятия («кесарево – кесарю...»); сама наука, научная жизнь рассудит, кто прав и что останется в ее фундаменте.

нельзя обойтись... Проблемы, о которых сказано в данной заметке, возникают именно тогда, когда такого рода «применение» делается некорректно и, тем более, безграмотно (допускаю, что серьезный источник таких проблем – плохое знание английского – прямое калькирование без вникания в суть или недобросовестный перевод). Но блюсти «чистоту рядов» следует весьма осторожно: здесь вполне очевидна аналогия с обоюдоострой «бритвой Оккама»...

Благодарности. Автор благодарен академику В.Н. Большакову за идею анализа такого рода «расширительного» использования экологической терминологии и за обсуждение некоторых проблем, затронутых в статье. Автор также благодарит Совет при Администрации Самарской области за выделение Губернского гранта № 43 в области науки и техники (первое полугодие 2020 года).

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Бейлина АФ. Общая характеристика популяции образовательных организаций. Моск экон журн. 2019(10):74-81.
2. Большаков ВН, Шварц СС. Ступень к управлению природой: (Об изучении популяций у высших животных). М.: Знание; 1962.
3. Гиляров АМ. Популяционная экология. М.: Изд-во Моск. гос. ун-та; 1990.
4. Дзичковский Е. Феномен и «клумба». Спорт-экспресс. 04.02.2012. <https://www.sport-express.ru/biathlon/reviews/801840/8082737884/>.
5. Ефременко ДВ. Антропоцентризм vs. биоцентризм в дискуссиях об устойчивом развитии и взаимодействии человека и биосферы. В кн.: Антропо-техногенная деградация биосферы: предложения по ее преодолению: Труды Российской междисциплинарной научно-практической конференции М.: ИНИОН РАН; 2014. с. 6-18.
6. Карпов ЮГ. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с AnyLogic 5. СПб.: БХВ-Петербург; 2006.
7. Киселева МВ. Имитационное моделирование систем в среде AnyLogic: учебно-методическое пособие. Екатеринбург: УГТУ – УПИ; 2009.
8. Кудрин БИ. Применение понятий биологии для описания и прогнозирования больших систем, формирующихся технологически. В кн.: Электрификация металлургических предприятий Сибири. Вып. 3. Томск: Изд-во Томск. гос. ун-та; 1976. с. 171-204.
9. Кудрин БИ. Исследования технических систем как сообществ изделий – техноценозов. В кн.: Системные исследования. Методологические проблемы. Ежегодник 1980. М.: Наука; 1981. с. 236-54.
10. Кудрин БИ. Не новые новости: будни неприятия ценологии. Неценологическая обыденность, или к чему мы идем? В кн.: Ценологические исследования. Вып. 48. Общая и прикладная ценология. М.: Технетика, 2012. с. 1-88.
11. Линяева А. Владимир Путин обратился к жителям России из-за Covid-19: последние новости о распространении инфекции. Урал56.Ру. 29.09.2020. <https://www.ural56.ru/news/651261/>.
12. Лихачев ДС. Экология культуры. В кн.: Воспоминания. Раздумья. Работы разных лет. В 3 т. СПб.: Изд-во «АРС»; 2006. Т. 2. с. 309-25.
13. Мазуркин ПМ. Популяционная социометрика образовательных организаций. Успехи современного естествознания. 2012(2):97-101. <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=29658>.
14. Макаров ВЛ, Бахтизин АР, Сушко ЕД, Васенин ВА, Борисов ВА, Роганов ВА. Суперкомпьютерные технологии в общественных науках: агент-ориентированные демографические модели. Вестн. РАН. 2016;86(5):412-21.
15. Макаров ВЛ, Бахтизин АР, Сушко ЕД, Сушко ГБ. Агент-ориентированная суперкомпьютерная демографическая модель России: анализ апробации. Экономические и социальные перемены: факты, тенденции, прогноз. 2019;12(6):74-90.

16. Проскурнин СД. Создание самоорганизующейся инновационной экосистемы в зонах особого территориального развития. Региональная экономика и управление. 2017. <https://eee-region.ru/article/5206/>.
 17. Путин поручил провести генетическую паспортизацию россиян для сохранения генофонда. NEWSru.com. 09.04.2019. <https://yandex.ru/turbo/newsru.com/s/russia/09apr2019/putingenicpool.html>.
 18. Радаев ВВ. Популяционная экология организмов: как возникает разнообразие организационных форм. Рос. журн. менеджмента. 2005;3(2):99-108.
 19. Реймер Д. Операторы децентрализованных экосистем. Новая бизнес-модель. ComNews.ru. 06.11.2018. <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/115659/2018-11-06/operator-decentralizovannyh-ekosistem-novaya-biznes-model>.
 20. Розенберг ГС. Анализ определений понятия «экология». Экология. 1999(2):89-98.
 21. Розенберг ГС. Еще раз к вопросу о том, что такое «экология»? Биосфера. 2010;2(3):324-35.
 22. Розенберг ГС. Вектор экологической культуры (культурология природы). Тольятти: Анна; 2020.
 23. Рубан ОИ. Размывание понятий «брак» и «семья» в современном обществе. Идеи и идеалы. 2015;2(1):41-7.
 24. Самойлов ЛН. Экологическая философия. Гуманитарный экол. журн. 2001;3(2). <http://www.ekocenter.kz/publ/4-1-0-23>.
 25. Самуэльсон ПЭ. Монополистическая конкуренция – революция в теории. В кн.: Вехи экономической мысли. Теория фирмы. Т. 2. СПб.: Экономическая школа; 1999. с. 354-70.
 26. Фреге Г. О смысле и значении. В кн.: Семиотика и информатика. М.: ВИНТИ, 1977(8):181-210.
 27. Шварц СС. Опыт изучения направления изменчивости в природных популяциях животных. Докл. АН СССР. 1966;166(6):1476-79.
 28. Шварц СС. Функциональное единство популяций. Журн общ биол. 1972;33(1):3-14.
 29. Шварц СС. Экологические закономерности эволюции. М.: Наука; 1980.
 30. Яковлева АЮ. Факторы и модели формирования и развития инновационных экосистем: Дисс. ... канд. экон. наук. М.: ВШЭ; 2012.
 3. Giliarov AM. Populatsionnaya Ekologiya. [Population Ecology]. Moscow: Izdatelstvo MGU; 1990. (In Russ.)
 4. Dzichkovskiy Ye. [Phenomenon and “flowerbed”]. Sport-express. 04.02.2012. <https://www.sport-express.ru/biathlon/reviews/801840/8082737884/>. (In Russ.)
 5. Yefremenko DV. [Anthropocentrism vs. biocentrism in discussions about sustainable development and interaction between man and the biosphere]. In: Antropo-teknogennaya Degradatsiya Biosfery: Predlozheniya po Yeyo Preodoleniyu. [Degradation of the Biosphere: Proposals for Overcoming It]. Moscow: INION RAS; 2014. p. 6-18. (In Russ.)
 6. Karpov YG. Imitatsionnoye Modelirovaniye Sistem. Vvedeniye v Modelirovaniye s AnyLogic 5. [Simulation of Systems. Introduction to Modeling with AnyLogic 5]. Saint Petersburg: BHV-Peterburg; 2006. (In Russ.)
 7. Kiseleva MV. Imitatsionnoye Modelirovaniye Sistem v Srede AnyLogic; Uchebno-Metodicheskoye Posobiye. [Simulation of Systems in the AnyLogic Environment: Study Guide]. Yekaterinburg: USTU – UPI; 2009. (In Russ.)
 8. Kudrin BI. [Application of concepts of biology for description and forecasting of large systems formed by technologies]. In: Elektrifikatsiya Metallurgicheskikh Predpriyatiy Sibiri. [Electrification of Metallurgical Enterprises of Siberia]. Issue 3. Tomsk: Izdatelstvo TGU; 1976. p. 171-204. (In Russ.)
 9. Kudrin BI. [Research of technical systems as communities of products-technocenoses]. In: Sistemye Issledovaniya Metodologicheskoye Problemy. Yezhegodnik 1980. [Systems Research. Methodological Problems. Yearbook 1980]. Moscow: Nauka; 1981. p. 236-54. (In Russ.)
 10. Kudrin BI. [Not new news: everyday life of rejection of cenology. Non-cenological routine, or where are we going?]. In: Tsenologicheskiye Issledovaniya. Vypusk 48. Obschaya i Prikladnaya. Tsenologiy. Moscow: Tekhnika; 2012. p. 1-88. (In Russ.)
 11. Liniyeva A. [Vladimir Putin addressed the residents of Russia because of Covid-19: the latest news on the spread of infection]. In: Ural56.Ru. 29.09.2020. <https://www.ural56.ru/news/651261/>. (In Russ.)
 12. Likhachev DS. [Ecology of culture]. In: Vospominaniya. Razdumya. Raboty Raznykh Let. [Memories. Reflections. Works of Different Years]. Saint Petersburg: ARS; 2006. Vol. 2. p. 309-25. (In Russ.)
 13. Mazurkin PM. [Population sociometrics of educational organizations]. Uspekhi Sovremenno-
- Общий список литературы/Reference List**
1. Beilina AF. [General characteristics of the population of educational organizations]. Mosk Ekonom Zhurn. 2019(10):74-81. (In Russ.)
 2. Bolshakov VN, Schwartz SS. Stupen k Upravleniyu Prirodoy. [A Step towards Managing Nature]. Moscow: Znaniye; 1962. (In Russ.)

- go Yestesstvoznaniya. 2012(2):97-101. <http://natural-sciences.ru/ru/article/view?id=29658>. (In Russ.)
14. Makarov VL, Bakhtizin AR, Sushko ED, Vasenin VA, Borisov VA, Roganov VA. [Supercomputer technologies in social sciences: agent-based demographic models]. *Vestnik RAS*. 2016;86(5):412-21. (In Russ.)
 15. Makarov VL, Bakhtizin AR, Sushko ED, Sushko GB. [Agent-based supercomputer-assisted demographic model of Russia: Analysis of approbation]. *Ekonomichaskiye i Sotsialnye Peremeny*. 2019;12(6):74-90. (In Russ.)
 16. Proskurnin SD. [Development of a self-organizing innovation ecosystem in special territorial development zones]. *Regionalnaya Ekonomika i Upravleniye*. 2017. <https://eee-region.ru/article/5206/>. (In Russ.)
 17. [Putin instructed to carry out genetic certification of Russians to preserve the gene pool]. *NEWSru.com*. 09.04.2019. <https://yandex.ru/turbo/newsru.com/s/russia/09apr2019/putingeneticpool.html>. (In Russ.)
 18. Radayev VV. [Population ecology of organizations: How a variety of organizational forms arises]. *Russkiy Zhurnal Menedzhmenta*. 2005;3(2):99-108. (In Russ.)
 19. Reimer D. [Operators of decentralized ecosystems. New business model]. *ComNews.ru*. 06.11.2018. <https://www.comnews.ru/digital-economy/content/115659/2018-11-06/operatory-decentralizovannyh-ekosistem-novaya-biznes-model>. (In Russ.)
 20. Rozenberg GS. [Analysis of the definitions of the concept of “ecology”]. *Ecology*. 1999(2):89-98. (In Russ.)
 21. Rozenberg GS. [The question of what is “ecology” revisited]. *Biosfera*. 2010;2(3):324-35. (In Russ.)
 22. Rozenberg GS. *Vektor Ekologichaskoy Kultury (Kulturologia prirody) [Vector of Ecological Culture (Culturology of Nature)]*. Togliatti: Anna; 2020. (In Russ.)
 23. Ruban OI. [Blurring the concepts of “marriage” and “family” in modern society]. *Idei i Idealy*. 2015;2(1):41-7. (In Russ.)
 24. Samoylov LN. [Environmental philosophy]. *Gumanitarnyi Ekologichaskiy Zhurnal*. 2001;3(2). <http://www.ekocenter.kz/publ/4-1-0-23>. (In Russ.)
 25. Samuelson PA. The monopolistic competition revolution. In: *Monopolistic Competition Theory: Studies of Impact. Essays in Honor of E.H. Chamberlin*. N. Y.: Wiley; 1967. p. 105-38.
 26. Frege G. [About sense and meaning]. In: *Semiotika i Informatika*. Moscow: VINITI; 1977. Issue 8, p. 181-210. (In Russ.)
 27. Schwartz SS. [Experience in studying the direction of variability in natural animal populations]. *Doklady Akademii Nauk SSSR*. 1966;166(6):1476-79. (In Russ.)
 28. Schwartz SS. [Functional unity of populations]. *Zhurnal Obschey Biologii*. 1972;33(1):3-14. (In Russ.)
 29. Schwartz SS. *Ekologicheskkiye Zakonomernosti Evoliutsii. [Ecological Patterns of Evolution]*. Moscow: Nauka; 1980. (In Russ.)
 30. Yakovleva AYU. [Factors and Models of Formation and Development of Innovative Ecosystems]. Candidate of Economic Sciences Theses. Moscow; 2012. (In Russ.)
 31. Aldrich H. Entrepreneurial strategies in new organizational populations. In: *Entrepreneurship. An Interdisciplinary Perspective*. Oxford: Univ. Press, 2000; p. 211-28.
 32. Hannan M, Freeman J. The population ecology of organizations. *Am J Sociol*. 1977;82(5):929-64.
 33. Moore J. Predators and Prey: A new Ecology of Competition. *Harvard Business Rev*. 1993;71(3):75-86.
 34. Moore J. *The Death of Competition: Leadership and Strategy in the Age of Business Ecosystems*. N.Y.: HarperBusiness; 1996.
 35. Moore J. Business ecosystems and the view from the firm. *Antitrust Bull*. 2006;51(1):31-75.
 36. Moore J. *Shared Purpose: A Thousand Business Ecosystems, a Connected Community, and the Future*. Scotts Valley (CA, USA): CreateSpace Independent Publ. Platform; 2013.
 37. Rothschild ML. *Bionomics: Economy as Ecosystem*. N. Y.: Henry Holt Co.; 1992.
 38. Townsend AK. *Green Business: The Five-Part Model for Creating an Environmentally Responsible Company*. Atglen (PA): Schiffer Publ.; 2006.
 39. Townsend AK. *Business Ecology: Why Most Green Business Practices Don't Work... and What to Do about It*. Atglen (PA): Schiffer Publ., 2009.
 40. Wessner C.W. Entrepreneurship and the innovation ecosystem policy lessons from the United States. In: *The Papers on Entrepreneurship, Growth and Public Policy*. Jena (Germany): Max Planck Institute; 2004. p. 67-90.

85-летний юбилей академика Виктора Александровича Драгавцева

В этом году 18 октября исполнилось 85 лет со дня рождения академика Виктора Александровича Драгавцева, члена редколлегии журнала «Биосфера» со дня основания в 2008 году.

Фонд научных исследований «XXI век», издающий журнал «Биосфера», редакция и редколлегия журнала глубоко признательны академику В.А. Драгавцеву за честь, оказанную им согласием войти в состав редколлегии, и за активное участие в ее работе, поздравляют с юбилеем и выражают искреннейшие пожелания дальнейших творческих и жизненных успехов.

Жизненный путь В.А. Драгавцева начался в г. Сочи. Продолжился в Алма-Ате, где в 1958 году по окончании лесного факультета Казахского государственного сельхозинститута была получена специальность инженер лесного хозяйства. В 1958–1960 годах В.А. Драгавцев – младший научный сотрудник Казахского НИИ лесного хозяйства (Алма-Ата). В 1960–1965 годах – старший научный сотрудник Главного ботанического сада АН Казахской ССР (Алма-Ата). В 1965–1985 годах – старший научный сотрудник, заведующий лабораторией генетических основ селекции растений Института цитологии и генетики Сибирского отделения АН СССР (Новосибирск, Академгородок). В 1985–1990 годах – заместитель директора по науке, одновременно заведующий отделом биотехнологии и генетики Краснодарского НИИ сельского хозяйства. В 1990–2005 годах – директор и заведующий лабораторией экологической генетики количественных признаков Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова (Санкт-Петербург). С 2006 года – главный научный сотрудник лаборатории экологической генетики и селекции отдела светофизиологии и биопродуктивности агроэкосистем ФГБНУ «Агрофизический НИИ» (Санкт-Петербург).

В.А. Драгавцев стал доктором биологических наук в 1985 году, профессором генетики – в 1989 году, академиком РАСХН – в 2001 году, академиком РАН (отделение сельскохозяйственных наук) – в 2014 году.

Под руководством и при непосредственном участии В.А. Драгавцева была разработана и осуществлена самая крупная в мире кооперированная программа (АН СССР и ВАСХНИЛ) по генетике признаков продуктивности яровой пшеницы в Западной Сибири (ДИАС); сформулирован принцип фоновых признаков растений, позволяющий быстро (без смены поколений) количественно разграничивать вклады наследственности и среды в



Член редколлегии журнала «Биосфера»
Академик Виктор Александрович Драгавцев

уровень продуктивности отдельной растительной особи в популяции, разработана теория селекционной идентификации генотипов растений по фенотипам на ранних этапах селекции, разработаны теория и практика «Русского фенотипирования» семи генетико-физиологических систем растений, обеспечивающих повышение урожая; предложена теория эколого-генетической организации сложных признаков продуктивности растений.

В.А. Драгавцевым создана научная школа – подготовлены 35 кандидатов и 12 докторов наук из России, Украины, Казахстана, Таджикистана, Индии, Бангладеш, Беларуси и Латвии. Среди них С.Т. Саидов, сейчас вице-президент Академии сельскохозяйственных наук Таджикистана, Масудур Рахман в Бангладеш, сейчас директор НИИ генетики и селекции растений.

Среди более чем 500 научных трудов В.А. Драгавцева 20 монографий (включая коллективные),

5 авторских свидетельств и патентов на изобретения, более 100 статей в ведущих международных журналах. Научные разработки В.А. Драгавцева включены в учебные пособия по генетике и селекции растений для университетов в России, Германии, Греции, Мексике, Болгарии, Украине и Беларуси, в энциклопедии и толковые словари.

В.А. Драгавцев удостоен звания Заслуженный деятель науки РФ, награжден орденом Дружбы, Золотыми медалями им. Н.И. Вавилова от АН СССР и РАСХН, медалью им. В.И. Вернадского, медалью им. Б. Гафурова (от НАН Таджикистана), медалью святого Константина (Кирилла) от Академии сельскохозяйственных наук Словакии, Золотой медалью «Плодородие» от ректората университета гор. Нитра (Словакия).

Многочисленны свидетельства международного признания В.А Драгавцева. Он – член Лондонского Королевского Линнеевского Общества, Академии сельскохозяйственных наук Словакии, Аграрной академии Чехии, Академии естественных наук Монголии, Комитета Номинаторов Государственной Научной Премии Японии, советник Президи-

ума Национальной АН Казахстана, Почетный член Центрального Совета Вавиловского общества генетиков и селекционеров, эксперт Директората Генетики Международного Агентства по стандартам и рейтингам (Индия).

Полный перечень заслуг и достижений академика В.А. Драгавцева размещен в связи с юбилеем на сайте Российской академии наук.

Огромное значение имеет неформальный вклад В.А. Драгавцева в науку, в сохранение научного наследия. В.А. Драгавцев на посту ученого секретаря Научного совета по генетике и селекции АН СССР в 1970–1980 годы внес неопределимый вклад в восстановление статуса генетики как науки и в реабилитацию трудов многих отечественных ученых.

В.А. Драгавцев стал тем, кому удалось сохранить и отстоять в 1990-е годы важнейшее научное наследие – коллекцию семян растений Всероссийского института растениеводства (ВИР), собранную Н.И. Вавиловым и его соратниками. Воспоминания Виктора Александровича об этой истории опубликованы здесь в рубрике «Наследие» как свидетельство характера и масштаба его личности.



В.А. ДРАГАВЦЕВ О СЕБЕ И НЕ ТОЛЬКО

(по материалам интервью журналу «Агрофорум»: <https://ru.calameo.com/books/004865857c8e9f6e50d37>)

...отец был профессором, работал заведующим кафедрой плодоводства в сельскохозяйственном институте в Алма-Ате и с маленьким сынишкой и с дочкой часто ездил по горным садам. Мы помогали ему высаживать яблони, делать прививки, обрезку, террасировать склоны. Когда я окончил с золотой медалью школу, то решил поступать на лесоинженерный факультет. Я хотел жить и работать в лесу!

Кафедрой лесоводства на лесном факультете Казахского государственного сельхозинститута в Алма-Ате заведовал профессор Федоров, уволенный из Ташкентского института генетики и приехавший в Алма-Ату. Советская генетика по праву считалась первой в мире, но в 1948 году состоялась печально известная сессия ВАСХНИЛ.

Федоров организовал на кафедре научный кружок, где рассказывал о запрещенной генетике. Все книги об этой науке были конфискованы, но несколько из них ему удалось спасти и привезти с собой. Мне он дал «Курс генетики» Делоне и Гришко и «Граматику науки» Карла Пирсона, предупредив при этом, что даже родителям их нельзя показывать. Книги студент Драгавцев читал ночью под одеялом с кар-

манным фонариком, и полюбившийся «Курс генетики» сформировал четкую цель стать генетиком.

В студенческом кружке я начал ставить эксперименты, статьи публиковались в журналах Академии наук. Доклад о фоновых признаках оценили на кафедре генетики в Ленинградском университете, и я был приглашен работать в Новосибирский институт цитологии и генетики АН.

К тому времени я уже прошел по конкурсу на заведование отделом в ВИРе, но в Ленинграде не было квартиры. Маленькую «двушку» в Алма-Ате даже на комнату в ленинградской коммуналке было не обменять, а у меня жена и две маленькие дочки. Куда я брошу семью? Поэтому я согласился поехать в Новосибирск, жители которого очень хотели попасть в теплую Алма-Ату, и проблем с обменом не было.

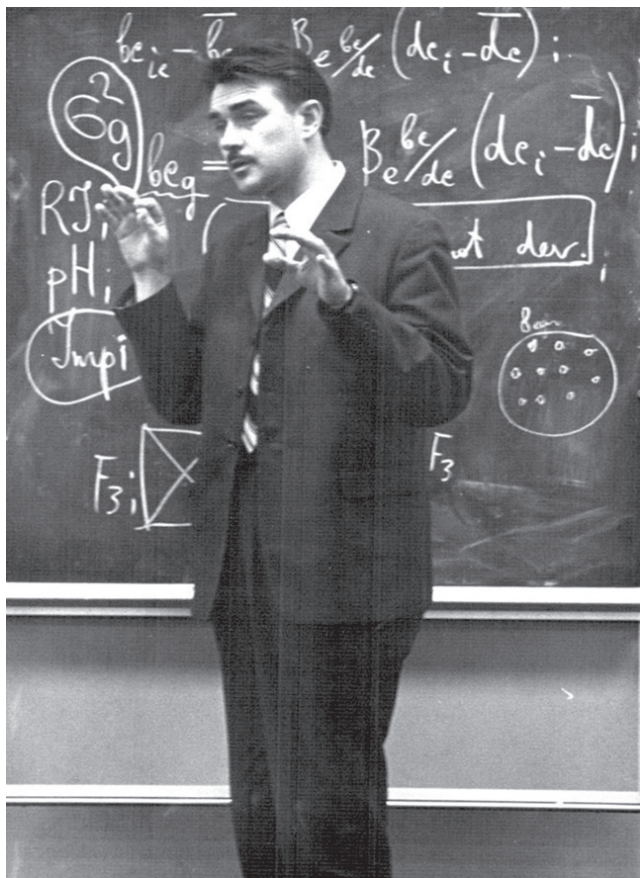
Через год после переезда в Новосибирск я уже работал в Академгородке заведующим лабораторией. Опубликовал множество работ в журналах, читал лекции и работал в Канаде, где выступал с докладами по своим разработкам: принцип фоновых признаков, экологическая генетика количественных признаков, прогнозирование трансгрессий, гетерозиса, генетиче-



Студент Драгавцев. Алма-Ата, 1954 г.



Накануне свадьбы, Алма-Ата, 1958 г.



Лекция в Университете Альберты (Эдмонтон, Канада)

ских корреляций. В университете Альберты (Эдмонтон, Канада) читал лекции по теории отбора и идентификации генотипов растений по фенотипам.

Когда я работал в Виннипеге, у меня, как и у каждого сотрудника, были две комнаты. Первая – офис с письменным столом, компьютером и библиотекой, журналами. И была лаборатория напротив офиса, где я делал эксперименты. Если требовался какой-то реактив, вечером я просто оставлял записку, а утром он уже был у меня на столе! Когда мы заказывали реактивы в Новосибирске, они приходили к нам через полгода и даже через год.

Но ущербность оснащения советских лабораторий не помешала сделать немало открытий. По возвращению из Канады была организована крупнейшая в мире Целевая кооперированная программа по генетике признаков продуктивности пшениц от Урала до Якутска и от Тюмени до Усть-Каменогорска (Диалельный Анализ Селекции, ДИАС). Я руководил этой программой с 1973 по 1983 год.

В 8 географических точках СССР селекционеры скрестили 15×15 лучших мировых сортов и изучали генетику этих признаков (никто этого раньше не делал!).

Мы сделали открытие: оказалось, что, когда меняется лимитирующий фактор среды, набор продуктов генов, «подпирающих» один и тот же признак продуктивности, тоже меняется, и меняется генетика всех признаков продуктивности. Нам сразу стало ясно, как надо строить новую теорию селекции. Еще



Поле гибридизации программы ДИАС (Омск, 1974 год). Слева направо Р.А. Цельке, В.А. Драгавцев, Б.Г. Рейтер

в 1935 году Николай Иванович Вавилов писал: мы нуждаемся в хорошей разработанной теории селекции, потому что без нее каждый селекционер работает интуитивно, наобум. В 1984 году мы эту теорию разработали и опубликовали в Докладах АН СССР.

Из этой теории вышло 24 новых прогнозных следствия для общей биологии и селекции, 10 ноу-хау, которые увеличили эффективность селекционного процесса в 10–100 раз. Так были созданы прогрессивные сорта, последний из них – Гренада, районированный в 2019 году и обогнавший на 10–15 ц по урожаю зерна все стандарты в Уральском и Западносибирском регионах. В прошлом году Гренада дала в Башкирии 65 ц/га, на 20 ц опередив все сорта. В Тюмени сорт дал 68 ц/га, в Оренбурге – 55 ц/га. Теория и построенные на ней технологии селекции обогнали мировую экологическую генетику растений на 10–15 лет.

...Страшно то, что в Россию пускают крупные иностранные семенные компании. К примеру, «Байер-Монсанто» имеет ежегодный оборот 15 млрд долларов, у них прекрасные генетики, селекционеры, которые теперь ознакомятся с динамикой лимитирующих факторов среды наших регионов. При советской власти метеорологические данные были засекречены. И это правильно! Но «Байер-Монсанто» уже построили 2 селекционных центра: в Краснодарском крае и в Липецкой области, перешли за Урал, построили там еще две резиденции. В ближайшие 5 лет они возьмут с наших полей наши сорта, быстро сделают диагностику «узким местам», «закроют» их нужными генами, поднимут урожай на 1,5–2 т, запатентуют эти сорта и начнут засеивать ими наши 70 млн га, предназначенные для зернобобовых культур. И все доходы, миллиарды долларов, пойдут в карман не нашим селекционным центрам, которые задыхаются от зарплаты в 7–10 тыс. руб., а в карман «Байер-Монсанто».

Сейчас мы не можем продать Франции погоду над ее полями. Но если мы возьмем французский сорт, дающий 65 ц/га, поместим его в камеру фитотрона и установим в ней типичную погоду Франции, то, проследив его 12 фаз развития, поймем, какой лимфактор и в какую фазу развития тормозит его рост. И, зная, где на земном шаре такие же факторы в ту же фазу «бьют» по пшенице, мы возьмем в коллекции ВИРа сорт из этой точки, например, из Мексики или Австралии, Новой Зеландии, скрестим его с этим французским сортом и «заткнем генетическую дыру» в 1 фазе, во 2, 3, 4, 5, 6-й... 12-й. И назовем этот сорт русским именем – мы имеем на это полное право – и запатентуем его. Потом мы предложим этот сорт Франции и скажем – да, этот сорт сделан на базе вашего, мы улучшили его. В нашем фитотроне, в котором воссоздали погоду над вашими полями. Мы сделаем для них сорт, который с 1 га будет дополнительно да-

вать 20 тыс. руб., а во Франции 6 млн га. За 10 лет они заработают на нем 1 трлн 360 млрд руб. Французы с удовольствием купят этот сорт, скажем, за 200 млрд рублей.

Подобных селекционных фитотронов еще нет нигде в мире. Вот уже более 10 лет я вместе с учеными и менеджерами из Группы компаний МИР (Мобилизация Интеллектуальных Ресурсов, СПб.) пытаюсь получить средства на его строительство и наконец-то добился поддержки губернатора Ленинградской области и Евразийской Экономической Комиссии.

Все наши 40 с лишним селекционных центров создают сорта, которые не очень нужны производственным фирмам и фермерам. Мы не покупаем лишь семена сортов озимой пшеницы, а все другие идут к нам из-за рубежа. Например, 99% плантаций нашей сахарной свеклы засеваются семенами иностранных гибридов. Только на их покупку ежегодно мы тратим 16 млрд руб.! Точно так же закупаем 60% семян картофеля, кукурузы, даже салатов и укропа... В производственных садах нет русских сортов – на Северо-Западе России 98% плодовые культуры: сливы, груши, яблоки – американские. Если где-то и сохранилась антоновка или мичуринские сорта – то это частные приусадебные хозяйства.

...Много говорят об утечке нашего семенного фонда за рубеж. За рубеж он утекает потому, что, когда в 1994 году в Рио-де-Жанейро собрались делегаты всех стран, чтобы подписать Конвенцию о биоразнообразии, от России прилетели только два человека – Руцкой, вице-президент России, и академик Коптюг – замечательный ученый, но химик! А я сидел в кресле Вавилова и был уверен, что они перед отлетом туда позвонят мне как директору ВИРа и спросят, подписывать или нет. Я бы им сказал: ни в коем случае! Потому что я как член совета по генетическим ресурсам растений в ФАО по 3–4 раза в год летал в Рим и оттуда получал разные варианты готовящейся Конвенции о биоразнообразии. И я протестовал в отношении некоторых параграфов. Был против того, чтобы любому генетическому банку, в частности ВИРу, не давшему образец по запросу другого генбанка, все другие генбанки Земли объявляли бойкот и не давали образцы в течение 3 лет. Писал, что выступаю против этого параграфа, потому что ВИРу не особенно нужны чьи-то сорта. Нам абсолютно не нужны сорта Америки, расположенной на другой широте. Все их сорта для нас непригодны, так как слишком теплолюбивы. Канадские сорта тоже не нужны. Оттава, столица Канады, находится на широте Одессы. По сравнению с нами Канада не северная, как принято считать, а южная страна, и все озимые пшеницы Канады для нас непригодны, так как теплолюбивы. Мало того, в июне у нас нет дождей от Урала до Сахалина (весенне-лет-

няя засуха), а там самые сильные ливни именно в этом месяце, что для растений очень комфортно. Японские, китайские сорта нам тоже не нужны. Зачем нам китайский рис, если он погибает от первых заморозков в Краснодаре?

Сорта каких стран нам тогда интересны? Да никаких. Ни одна страна в мире не возделывает яровую пшеницу в условиях Саратова и окрестных регионов. А мы возделываем. На ультра-засушливых территориях. Зачем мы наши суверенные, уникальные засухоустойчивые сорта должны отдавать странам, где засуха (от потепления климата) уже начала срезать все урожаи? Почему мы им должны отдавать их бесплатно? Потому что нас заставляет Конвенция по биоразнообразию!

Сразу же, когда Руцкой и Коптюг подписали эту конвенцию, я издал приказ все староместные сорта народной селекции, которые привез Вавилов из своих 80 экспедиций в период с 1920 по 1936 год, положить в отдельные холодильники и не вносить их наименования в Интернет, ведь каждый из образцов стоит миллионы долларов! Мы их спрятали от ФАО.

США всегда волновала коллекция ВИРа, так как они знают, что это будущая пища для людей всего Земного шара. «В каком она состоянии?» – обратился ко мне с вопросом приехавший 17 декабря 1993 года в Санкт-Петербург вице-президент США Альберт Гор. Я ответил – в плохом. Живые коллекции на станциях не огорожены, любой проезжий чужак останавливает машину, ломает ветки яблонь или обдирает початки кукурузы. В подземном хранилище на Кубани старые холодильные установки на аммиаке вышли из строя, и вместо положенных +3 градусов дают +18. Нам нужно построить хотя бы 8–10 новых холодных хранилищ и криогенное хранилище с температурой жидкого азота. Альберт Гор спросил, сколько нужно денег. Отку-



Встреча В.А. Драгавцева и вице-президента США Альберта Гора в консульстве США в Санкт-Петербурге 17 декабря 1993 года

да мне знать? Я посмотрел на потолок и сказал – минимум 6 млн долларов.

Но как оказалось, я не ошибся. Альберт Гор вернулся в Америку, выступил перед Конгрессом и предложил выделить грант ВИРу в 6 млн долларов для надежного сохранения Вавиловской коллекции. Конгресс был против, только 3 голоса «за». Гор позвонил мне и моему другу Генри Шандсу, директору американского генбанка, и сказал – придумайте что-нибудь. И я придумал!

Хранилища американцев находятся в штате Колорадо. Они сделали такую же глупость, как и Советский Союз, построивший их в Гулькевичах, в Краснодарском крае, где летняя жара 40 градусов. Первый этаж наших камер спрятан в почве, это еще ничего, но второй этаж по пояс торчит из земли. Требуется



ВИР, 2003 год, у портрета Н.И. Вавилова. Слева направо: Карл-Густав Тёрнстрем (советник короля Швеции по сельскому хозяйству, зам. директора ВИРа Л.В. Сазонова, В.А. Драгавцев

жуткое количество электричества, чтобы охладить эти торчащие из земли 12 камер! США обосновали строительство хранилищ в Форте Коллинз в 30 милях от Денвера тем, что в случае атомной войны исчезнут Нью-Йорк, Вашингтон, но Колорадо – пустыня, ее никто бомбить не будет, и семена сохранятся.

Я приехал в Колорадо, где Генри Шандс собрал журналистов самых крупных СМИ страны. Я привез с собой старые семена укропа, петрушки, хрена, сложенные в небольшой чемодан, который мы договорились между собой называть учтиво «контейнер». Я напомнил собравшимся о случаях, когда в США вся соя была съедена фузариозом, а бобы – червецом, и страна потеряла весь урожай. Тогда в российских коллекциях ВИРа нашли необходимые образцы и отдали американцам. Бесплатно. И США восстановили свои посевы.

Теперь у нас перестройка, люди не получают неделями зарплату, сидят впроголодь, коллекция под угрозой. Я привез контейнер самых ценных семян и разрешаю делать с ними все что угодно – скрещивайте, селекционируйте их, делайте для Америки сорта.

Заметьте, я не назвал, какие именно я привез семена. Генри Шандс меня поддержал и подтвердил поступление контейнера. Все корреспонденты разъехались и напечатали мою речь в своих газетах, показали на телевидении. Также я получил письмо от водителя такси из Нью-Йорка, который написал, что бросил ключ среди всех своих друзей-таксистов, и они собрали для нас 5 тыс. долларов и переводят их на сохранение коллекции ВИРа. Я ответил ему, что на холодильниках, купленных за эту сумму, мы напишем, что деньги на них были собраны таксистами Нью-Йорка по инициативе этого парня... И мы это сделали!

Через месяц Альберт Гор выступил перед Конгрессом, который проголосовал – 3 «против», осталь-

ные «за»! И я получил 6 млн долларов. Кроме того, с одного из американских линкоров нам подарили 300 огромных холодильников, которые доставили на эсминце в Ленинград. Потом были звонки из Россельхозакадемии с приказом отдать полученные из США деньги в их распоряжение, а часть холодильников с линкора отправить по другим адресатам. Конечно, я им отказал. В результате со мной не продлили контракт и уволили с поста директора ВИРа.

Мало того. Будучи председателем правительства РФ, Касьянов подписал указ на выселение ВИРа в здание недостроенного завода в Шушарах. А нам уже финская фирма «Хурэ» смонтировала в залах штучные, специального целевого проектирования холодильные камеры. Они подходят только для этих комнат! На Касьянова я подал в суд, поехал в Россельхозакадемию, попросил подписать иск – все отказались. Тогда я подал иск под одной своей фамилией. Кроме того, я разослал телеграммы и обзвонил директоров всех крупнейших генбанков и университетов мира. Я попросил их дать телеграммы в Кремль на имя Владимира Путина с просьбой о том, чтобы ВИР ни в коем случае не выселяли с Исаакиевской площади, иначе погибнет Вавиловская коллекция, которая стоит 8 трлн долларов – сумма, равная доходам всех стран Европы за год. Путин получил 54 телеграммы и дал команду судье высшего арбитража спустить дело на тормозах и ВИР не выселять.

Так директор научного института впервые в мире выиграл суд у председателя правительства России. Когда в ФАО делали рейтинг всех руководителей ВИРа, то первое место занял Н.В. Вавилов, который создал и собрал самую лучшую по качеству из всех коллекций семян мира. Вторым в рейтинге значится имя В.А. Драгавцева – за сохранение коллекции ВИРа в тяжелые годы перестройки.



НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

Ю.Н. Сергеев¹, В.П. Кулеш^{2*}, В.В. Дмитриев²

¹ Российская экологическая академия, Москва, Россия;

² Институт наук о Земле, Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: vpkulesh@gmail.com

Статья поступила в редакцию 23.09.2020; принята к печати 28.11.2020

Концепция демографического перехода Ф.У. Ноутстейна и прогнозы роста численности населения, выполненные на ее основе, сомнительны, порождают излишний социальный оптимизм и препятствуют принятию мер по ограничению рождаемости, сбережению природных ресурсов и борьбе с загрязнением окружающей среды. Цивилизационный кризис, предсказанный Ю. Одумом, авторами глобальных моделей и биосферной концепции развития, по-видимому, неизбежен. Время упущено. Численные эксперименты на модели «Мир-2 MathCad» показали возможность циклического развития цивилизации. Циклы вызываются недостатком пищевых ресурсов и загрязнением природной среды. Их количество определяется запасом невозобновляемых ресурсов. В сценарии спонтанного развития цивилизации демографический переход состоит из 13 фаз. При регулируемом ее развитии количество фаз снижается до 7. При этом переход к стационарному развитию цивилизации осуществляется путем использования логистической модели роста численности населения.

Ключевые слова: демографическая революция, системный анализ, гипотеза Одума, модель «Мир 2», логистический рост.

A NEW CONCEPT OF DEMOGRAPHIC TRANSITION

Y.N. Sergeyev¹, V.P. Kulesh^{2*}, V.V. Dmitriev²

¹ Russian Ecological Academy, Moscow, Russia;

² Institute of Earth Sciences, Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

* Email: vpkulesh@gmail.com

The concept of demographic transition suggested by F.W. Notestein and the forecasts of population growth based on it are dubious, generate superfluous social optimism, and impede taking birth control measures. The civilizational crisis, predicted by E. Odum and other authors of global models and concepts of the development of the biosphere is unavoidable. Time has been lost. Numerical experiments using the model «World-2 MathCad» have shown the possibility of a cyclical development of the civilization. These cycles are caused by the deficiency of food resources and the pollution of the environment. The number of the cycles is determined by the amount of non-renewable resources. In the scenario of the spontaneous development of civilization, the demographic transition consists of 13 phases. When the development is regulated, the number of phases decreases to seven. In this case, the transition to the steady development of civilization occurs according to the logistic model of population growth.

Keywords: demographic transition, civilization, cyclical development model, population, logistic growth.

1. Введение. Историческая справка

«Демографическим переходом» (ДП) называют процесс коренных демографических трансформаций в истории человечества, выражающихся в последовательном изменении показателей рождаемости, смертности, естественного прироста и, как следствие, численности населения и приводящих к смене типов его воспроизводства по мере социально-экономического развития цивилизации.

Влияние социально-экономических факторов на традиционную для сельской цивилизации мотивацию воспроизводства населения впервые отметил французский демограф А. Ландри в 1914 году. Эту

метаморфозу он назвал «*демографической революцией*» и рассмотрел в монографии «*La révolution démographique*» [36].

Термин «ДП» был предложен известным американским демографом Ф.У. Ноутстейном [40]. Им же была разработана детальная версия перехода, которая в 1953 году была представлена в докладе «*Economic problems of population change*» на международной конференции по экономике сельского хозяйства¹.

Теория (или концепция?) ДП, в формулировке Ф.У. Ноутстейна, приобрела ранг главной объясняющей

¹ F.Y. Notestein. Economic problems of population change. www.prelim2009.filmbulletin.org/readings/04-Population/Notestein.pdf

теории современной демографии. Она широко используется при создании демографических прогнозов экспертами Организаций Объединенных Наций², излагается в учебниках для средней школы, например в [16].

Во второй половине XX века в ряде экономически развитых стран Европы и Северной Америки начали происходить существенные демографические изменения, не свойственные большинству государств Мира. Естественный прирост численности населения в этих странах замедлился, а затем практически прекратился. Дефицит трудовых ресурсов стал пополняться за счет мигрантов. Эти особенности развития легли в основу дополнений к теории Ф.У. Ноутстейна. Были предложены теории второго и третьего ДП [5, 29, 44].

В теории второго ДП появилась *пятая стадия перехода*, отсутствовавшая в основной теории. Главной особенностью этой стадии является снижение рождаемости ниже уровня, обеспечивающего *простое воспроизводство населения*, из-за отсутствия мотивации иметь детей.

Д. Ван де Каа [44] выделяет четыре основных черты пятой стадии, это переходы 1) от «золотого века» брака к его закату, то есть широкое распространение юридически неоформленных форм совместной жизни и альтернативных форм семьи; 2) от детоцентристской модели семьи к индивидуалистически ориентированной «зрелой» паре партнеров с одним ребенком; 3) от превентивной контрацепции, предназначенной для предотвращения рождений ранних детей, к сознательному планированию рождения каждого ребенка; 4) от унифицированной модели к плюралистическим моделям семьи.

Третий демографический переход – это особая стадия развития *государства*, в которой определяющее влияние на численность и состав его населения, а также на его социально-экономическое развитие оказывает миграция. Предпосылки для иммиграции создает низкая рождаемость в принимающих странах, население которых не воспроизводится [5].

Теории второго и третьего демографических переходов – это «пристройки» к зданию теории демографического перехода Ф.У. Ноутстейна. Они «изолированы» от первоначальной теории и отражают процессы, свойственные отдельным регионам или странам, а не Миру в целом. Сказывается отсутствие общего «фундамента» теорий.

В статье [25] на основании анализа результатов моделирования глобальной социально-экономической системы [31, 37] высказывается сомнение в завершенности теории ДП Ф.У. Ноутстейна в ее первоначальном «девственном» виде и *говорится о возможном дополнении ее пятой и последующими стадиями демографического перехода*.

² www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html.

Выдающийся отечественный демограф А.Г. Вишневский обращает внимание на то, что «*теория демографической революции не интегрировала в достаточной степени современные представления о функционировании сложных систем, их способности к самоорганизации и гомеостатическому саморегулированию. Только тогда, когда это будет сделано, теория сможет избавиться от свойственной ей “пессимистической эсхатологии”, а ее объяснительный потенциал будет до конца реализован*» [4, с. 3].

2. Цель исследования

Целью настоящего исследования является рассмотрение теории ДП Ф.У. Ноутстейна с позиций системного анализа – «сведения воедино тех осколков действительности, на которые ее разбила наука в целях анализа, развиваясь на пути все большей специализации» (Л. Берталланфи [33]) и формулировка новой концепции ДП на основе вербальной модели развития цивилизации Ю. Одума [42, с. 648 русского перевода] и дедуктивного пути познания.

Решаемые проблемы

На основе алгоритма глобальной модели «Мир-2» [31], повторно реализованной с новыми начальными условиями на языке автоматического программирования «MathCad», показано, что цивилизацию ожидает серия глубоких социально-экономических и экологических кризисов, за которыми последует восстановление и переход мировой социально-экономической системы на стационарный режим [43].

В соответствии с этим теория ДП должна быть пересмотрена таким образом, чтобы численность населения Земли не превышала допустимого порога возмущения биосферы.

Еще одной решаемой проблемой является создание алгоритма, обеспечивающего управляемый, безболезненный для человечества ДП *в пределы хозяйственной емкости биосферы* после первой же осцилляции компонент мировой социально-экономической системы.

3. Материалы и методы исследования

3.1. Фазы демографического перехода теории Ф.У. Ноутстейна

Фазы ДП связывают с кратковременными, по историческим масштабам, преобразованиями социально-экономического уклада жизни и менталитета населения при переходе от традиционной сельской цивилизации к урбанизированному обществу. Индикаторами фаз ДП являются рождаемость, смертность и прирост численности населения.

Рождаемость – это сложная биосоциальная функция многих переменных. Главнейшими из них являются:

половой состав репродуктивной группы населения; мужская и женская фертильность; качество жизни населения, включающее его материальную и духовную составляющие. Большое значение имеют степень уверенности людей в завтрашнем дне и доступность средств контрацепции.

Зададимся вопросом об экономической целесообразности деторождения в сельских и городских семьях.

Известно, что дети сельских жителей обычно трудятся вместе с родителями и приносят в семью доход, являясь тем самым ее экономическим подспорьем. В городских условиях возможности детей внести свой вклад в благосостояние семьи ограничены, и они являются ее дополнительной нагрузкой. Поэтому при прочих равных условиях рождаемость в городах обычно меньше, чем в сельской местности.

В развитых в экономическом отношении государствах эмансипация женщин, их стремление овладеть престижной профессией и сделать карьеру не способствует повышенной рождаемости, часто вопреки инстинкту сохранения вида. В развивающихся странах в соответствии с многовековой традицией главной функцией большинства женщин остается рождение и воспитание детей.

Все мировые религии, особенно ислам, приветствуют деторождение и большие семьи. В развитых в экономическом отношении странах с достаточно высоким уровнем образования граждан уровень набожности населения обычно низок, и религиозные традиции не соблюдаются.

Перечисленные истины далеко не исчерпывают причины и следствия экономической целесообразности деторождения. О. Галор [34] исследовал различные механизмы, рассматриваемые в качестве возможных триггеров демографического перехода, и оценил их эмпирическое значение для понимания перехода от «примитивной стабильности» к росту численности населения. Он считает, что «демографический переход позволил странам преобразовать большую часть выгод от накопления факторов производства и технического прогресса в рост дохода на душу населения. Это повысило производительность труда и процесс роста по трем каналам. Во-первых, снижение прироста населения привело к размыванию растущих запасов капитала и инфраструктуры, увеличив количество ресурсов на душу населения. Во-вторых, снижение рождаемости позволило перераспределить ресурсы от количества детей к их качеству, увеличив формирование человеческого капитала и производительность труда. В-третьих, снижение рождаемости повлияло на возрастное распределение населения, временно увеличив долю рабочей силы в населении и, таким образом, механически повысив производительность на душу населения» [34].

Смертность населения также является функцией многих эндогенных и экзогенных переменных. Для нее существует объективная статистика не только дат смерти и возраста ушедших из жизни, но также *причин и факторов смертности*. В монографии [30] приводятся данные о распределении по причинам смерти и факторам смертности 56 млн человек во всем мире в 1975 году. На долю эндогенного, возрастного фактора смертности – естественного старения – приходится только 20,7% смертей. Главнейшими экзогенными факторами смертности являются: голод и недоедания (23,4%), уровень медицинского обслуживания (17,5%) и состояние окружающей среды (6,4%). На долю остальных многочисленных факторов, без учета старения, приходится лишь 32% смертей.

О. Галор считает, что гипотеза безопасности по старости была предложена в качестве *дополнительного механизма*, обеспечивающего начала демографического перехода. Эта гипотеза предполагает, что в отсутствие рынков капитала, которые допускают межвременное кредитование и заимствование, дети служат активом, позволяющим родителям переводить свой доход для обеспечения старости. Следовательно, создание рынков капитала в процессе развития уменьшило мотивацию к воспитанию детей, способствуя демографическому переходу.

О. Галор полагает, что «хотя поддержка по старости является вероятным элементом, который может повлиять на уровень фертильности, в контексте демографического перехода она представляется незначительной силой. Во-первых, поскольку в природе есть лишь редкие примеры потомков, которые поддерживают своих родителей в старости, оказывается, что поддержка в старости не может быть основной мотивацией для воспитания детей. Во-вторых, учреждения, поддерживающие людей в старости, были сформированы задолго до демографического перехода» [34].

В теории ДП выделяются 4 фазы, различающиеся показателями рождаемости, смертности, прироста численности и ожидаемой продолжительности жизни населения.

Первая фаза – «примитивная стабильность численности населения». Она характеризуется высокими коэффициентами рождаемости ($b \rightarrow \max$) и смертности ($d \rightarrow \max$), практически стабильным коэффициентом прироста численности населения ($\varepsilon = b - d \approx \text{const.}$), экстремально низкой модальной продолжительностью жизни ($L \rightarrow \min$) и очень медленно возрастающей численностью населения ($P \cong \text{const.}$).

Комментарий. Это единственная в ДП фаза, свойственная одновременно Миру в целом. Ее существование подтверждается эволюцией модальной продолжительности жизни, определяемой по захоронениям [30], и

оценками изменчивости численности населения Земли [12, 13, 23]. Первая фаза ДП – это время, когда человечество потребляло только возобновляемые природные ресурсы, а биосфера обладала свойством устойчивости, то есть способностью компенсировать любые возмущения, вызванные хозяйственной деятельностью человека.

Вторая фаза. Ей свойственно быстрое снижение смертности ($d \rightarrow \min$), но еще инерционно высокая рождаемость ($b \gg d$). Следствием этого является существенное увеличение коэффициента прироста численности ($\epsilon \rightarrow \max$) и лавинообразный рост самой численности населения ($P \rightarrow \max$).

Комментарий. В соответствии с законом падения природно-ресурсного потенциала и законом соответствия между уровнем развития производительных сил и природно-ресурсным потенциалом [22] начало второй фазы ДП следует ассоциировать с началом индустриальной эпохи в Англии. Это вторая половина XVIII века – время изобретения и использования в промышленности тепловой машины Ньюкомена и паровой машины Уатта, применения каменного угля в черной металлургии. Время окончания 2-й и начала 3-й фазы в Мире определяется по изменению типа связи между ϵ и P – по смене положительной корреляции на отрицательную (табл. 1). Формально, это максимум траектории коэффициента прироста ($d\epsilon/dt = 0$), который приходится на 70-е годы XX века. Очевидно, что первая и вторая фазы ДП, выделенные на основании анализа статистики населения прошедших лет, правильно описывают происходившие демографические процессы.

Третья фаза. В трактовке Ф.У. Ноутстейна социально-экономические преобразования в мире приведут к снижению рождаемости при стабильно низкой смертности. Прирост численности населения будет постепенно сни-

жаться ($\epsilon \rightarrow \min$) и в конце фазы достигнет нуля ($\epsilon = 0$). Такая точка зрения основана на концепции рационализма – философско-мировоззренческой установке, согласно которой истинными основаниями бытия, познания, развития и поведения людей являются принципы разумной целесообразности (Гуманитарная энциклопедия. Концепции рационализма). Предполагается гомеостатическое регулирование воспроизводства населения, при котором уровень рождаемости определяется уровнем смертности ($b = d$). Такой тип воспроизводства считается основным, а отклонения от него – временными, переходными. По мере развития ДП согласованность режимов воспроизводства, нарушенная особенностями демографического и социально-экономического развития государств, восстанавливается ($b \rightarrow d$). Переходный, промежуточный тип воспроизводства ($b > d$) – («демографический взрыв») нивелируется на весьма высоком уровне ($P \cong \max$) и сменяется основным типом – «современной стабильностью численности населения» ($\epsilon = 0$).

Четвертая фаза. Низкие рождаемость ($b \rightarrow \min$) и смертность ($d \rightarrow \min$) обуславливают практически неизменную экстремально высокую численность населения в будущем ($P \cong \max \approx \text{const}$).

3.2. Гипотезы, прогнозы и теории, сопутствующие концепции ДП Ф.У. Ноутстейна

Концепция рационализма широко используется в долгосрочных демографических прогнозах. В качестве примера приведем прогноз на период после 2000 года, подготовленный в 1974 году экспертами ООН для Всемирной конференции по народонаселению в Бухаресте (табл. 2).

Табл. 1

Временная изменчивость численности (P , млрд человек) и коэффициента прироста численности (ϵ) населения Мира

Границы интервалов (г.)	1650	1830	1930	1960	1975	1987	2000	2012	2016
P	0,5	1	2	3	4	5	6	7	7,3
Средины интервалов (г.)	1740	1880	1945	1968	1981	1993	2006	2014	
$\epsilon \cdot 10^2$	0,37	0,65	1,33	1,91	1,75	1,40	1,27	1,25	

Табл. 2

Перспективные оценки роста численности населения (млн чел.) по Араб-оглы [1]

Годы	1970	2000	2050	2100	2125
Весь мир	3621	6407	11081	12257	12276
Развитые страны	1084	1368	1563	1570	1567
Развивающиеся страны	2537	5039	9518	10687	10709

«В основу расчетов, согласно “среднему” варианту, были положены следующие *предположения* (курсив наш) относительно предстоящих тенденций в демографических процессах: 1) на протяжении следующего столетия ожидается снижение рождаемости до уровня простого замещения поколений»; 2) одновременно будут происходить снижение смертности и повышение средней продолжительности жизни, пока она не достигнет 78,8 лет для обоих полов; 3) как снижение коэффициента рождаемости до 1, так и повышение средней продолжительности жизни в различных географических областях произойдет в разные сроки; 4) снижение рождаемости будет происходить не равномерно, а по логарифмической кривой, соответствующей “обратному логистическому типу экстраполяции”; 5) влияние международной миграции на численность и распределение населения не принимались во внимание» [1]. Но такие *предположения* свойственны не прогнозной оценке численности «стабильного» населения, а некоторому модельному сценарию. Такая же оценка возможной численности населения сделана экспертами ООН по «низшему» (7,5 млрд) и «высшему» (35 млрд) вариантам расче-

тов. Вот как оценивают эксперты свою работу: «Принимая во внимание наши весьма слабые представления о будущем, подобные цифры представляют лишь упражнения в области арифметики. ...Можно сделать другие многочисленные расчеты, которые приведут к другим результатам, и все они будут в той же степени абстрактными и сомнительными» (цитируется по [1]). По последним оценкам экспертов ООН (рис. 1) население Земли стабилизируется на уровне 10,9 млрд к 2100 году³.

Между тем, в работах Н. Форстера [32] и С. Хорнера [35] показано, что численность населения планеты, по крайней мере, с начала неолита, изменялась по *гиперболическому закону с выходом в 2026 и 2025 годах на сингулярность* (бесконечно большую численность населения). Эрудированные пессимисты ассоциируют сингулярность Н. Форстера с концом света, который должен наступить 13 декабря 2026 года.

И.М. Дьяконов [10] впервые обратил внимание на то, что в историческом процессе, протекающем в неолите и нашей эре, отчетливо выделяются фазы,

³ www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.htm

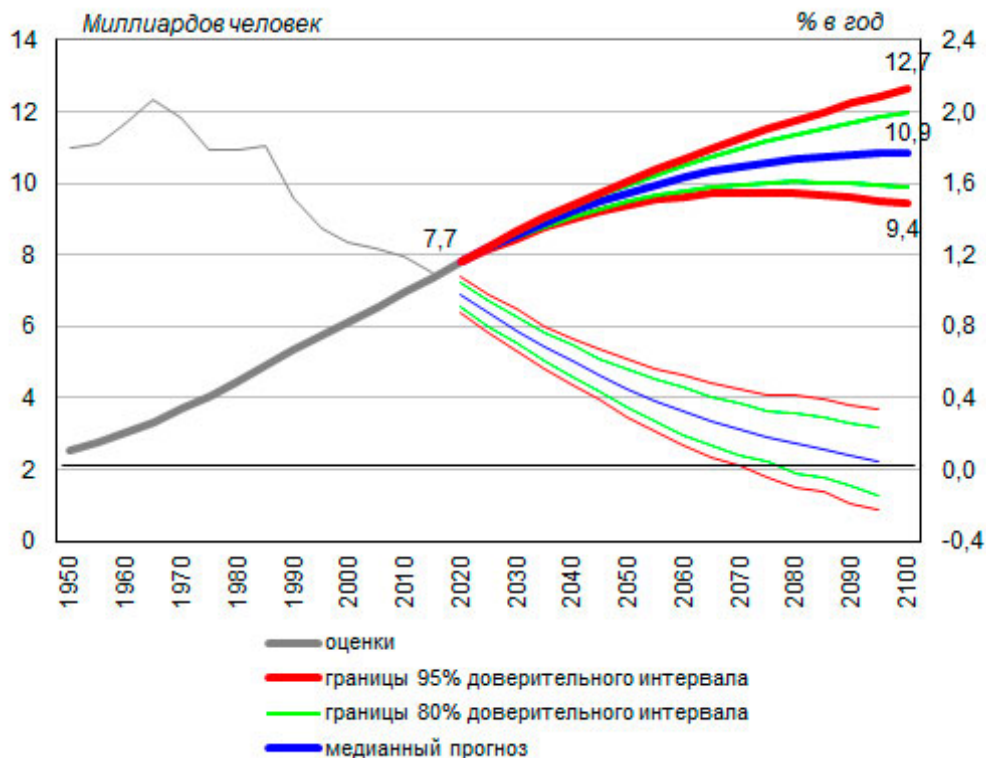


Рис. 1. Численность населения мира (миллиарды человек на середину года) и среднегодовые темпы прироста (% в год по пятилетиям) по оценкам и вероятностным прогнозам ООН, 1950–2100 годы*

* Здесь и далее: 1950–2020 годы – оценки на основе имеющейся информации, 2020–2100 годы – результаты перспективных расчетов ООН пересмотра 2019 года.

http://www.demoscope.ru/weekly/2019/0821/img/b_graf01.jpg

продолжительность которых сокращается по закону прогрессии. Он пишет: «Нет сомнения, что исторический процесс являет признаки закономерного экспоненциального ускорения. От появления *Homo sapiens* до конца первой фазы прошло не менее 30 тысяч лет, II фаза длилась около 7 тысяч лет, III фаза – около 2000 тысяч лет, IV фаза – около 1,5 тысячи лет, V фаза – около тысячи лет, VI фаза – около 300 лет, VII фаза – не многим более 100 лет, продолжительность VIII фазы пока определить невозможно. Нанесенные на график, эти фазы складываются в экспоненциальное развитие, которое предполагает, в конце концов, переход к вертикальной линии или, вернее, к точке, так называемой сингулярности. По экспоненциальному же графику развиваются научно-технические достижения человечества, а также, как упомянуто, численность населения» [10].

Таким образом, И.М. Дьяконов считает, что время в «традиционном» естествознании и время в истории не тождественны.

Заметим, что пересмотр точки зрения на течение времени в науке уже имел место. В естественных науках обычно используется «абсолютное» астрономическое время, которое воспринимается как внешний фактор. Такое понимание времени принято, например, в механике И. Ньютона. В общей теории относительности А. Эйнштейна течение времени уже зависит от состояния Вселенной, от ускорения расходящихся галактик (закон Э. Хаббла) и поля тяготения в системе гравитирующих тел. С общей теорией относительности связано релятивистское замедление времени. Это кинематический эффект, заключающийся в том, что в движущемся теле все физические процессы происходят медленнее, чем следовало бы для неподвижного тела по отсчетам времени в неподвижной системе отсчета. По-видимому, нечто похожее происходит и с историческим временем, но здесь причинно-следственная связь другая. Историческое время сжимается и определяется спецификой состояний (фаз), в которые последовательно вступает социосфера.

И.В. Владимиров [7] и ряд других авторов считают, что происходящее в XX–XXI веках ускорение геополитических и социально-экономических процессов влечет за собой сокращение характерной 1200-летней продолжительности процесса этногенеза (см. Гумилев [8]). В частности, И.В. Владимиров пишет: «Напряженность жизни старит этнос и суперэтнос преждевременно (как и человека). Это значит, что при крайнем напряжении своего бытия суперэтнос может прожить весь цикл своего этногенеза как бы экстерном, то есть уместить его в несколько поколений». В соответствии с этой посылкой события новейшей истории Императорской России, СССР и Российской Федерации автор рассматривает как фазы этногенеза Евразийского суперэтноса: реформы

Александра II – начало пассионарного толчка; реформы Столыпина – Первая мировая война, революции 1917 года, Гражданская война, образование СССР – фаза подъема; коллективизация сельского хозяйства, индустриализация страны, репрессии 1930-х годов и Великая Отечественная война – акматическая фаза; восстановление разрушенного войной народного хозяйства и «оттепель 1960-х годов» – фаза надлома; «эпоха застоя» – инерциальная фаза; «перестройка», распад СССР и «лихолетье 1990-х годов» – эпоха обскурации или этнического распада.

Формальным обоснованием «среднего» варианта оценки численности «стабильного» населения может служить «Феноменологическая теория роста численности населения Земли», предложенная С.П. Капицей [12, 13]. В основе этой теории лежит дифференциальное уравнение первого порядка для численности населения, имеющее аналитическое решение. Поскольку в этой модели рост численности населения зависит только от размера популяции и двух параметров уравнения и не зависит от внешних условий и ресурсов, возникло желание признать существующей некую особенность человечества, изначально присущую разуму и отличающую его от остального животного мира. Эта особенность – биологическая редукция, то есть обратное развитие биологической системы в сторону ее упрощения. Так был провозглашен «демографический императив» – признание главной и самостоятельной роли демографии в истории становления человеческого общества.

Модель С.П. Капицы представляет собой удачную аппроксимацию имеющихся эмпирических данных о численности населения в прошедшее время и не раскрывает причинно-следственных связей, определяющих ее рост и стабилизацию в перспективе. «Выход из этой ситуации может быть только один – необходимо найти золотую середину. Степень упрощения системы должна быть ровно такой, чтобы количество включенных факторов было с одной стороны минимально необходимым для описания наблюдаемых эмпирических закономерностей, а с другой стороны – достаточным для того, чтобы входящие в модель зависимости предполагали четкую и понятную, согласующуюся с повседневной логикой интерпретацию» [15].

Феноменологической теории роста численности населения Земли, утверждающей, что «численность населения выражает суммарный результат всей экономической, социальной и культурной деятельности, составляющей историю человечества», противоречит исследованию Д. Рудмана «О распределении вероятностей долгосрочных изменений темпов роста мировой экономики: взгляд со стороны» [41]. Автор ставит своей целью проверку распространенного взгляда на перспективы развития мировой экономики в XXI столетии, заключающейся в том, что рост

экономики будет приближаться к 2,5% в год или медленнее. *Поскольку ожидается, что рост населения замедлится или остановится к 2100 году, и все больше стран приближаются к технологическому рубежу, экономический рост также должен замедлиться, что согласуется с теорией С.П. Капицы.*

Для того чтобы подтвердить или опровергнуть эту точку зрения, Д. Рудман моделирует валовой мировой продукт (GWP), наблюдаемый с 10000 лет до н. э., с целью оценить базовое распределение изменений темпов роста в зависимости от уровня GWP. Для эконометрической строгости он рассматривает ряд GWP как примерный путь в стохастической диффузии, спецификация которой является новой, но коренится в неоклассической теории роста. В результате такой оценки большинство наблюдений попадают между 40-м и 60-м перцентилями прогнозируемых распределений. (Заметим, что перцентиль – это мера, в которой процентное значение общих значений равно этой мере или меньше ее. Например, 90% значений данных находятся ниже 90-го перцентиля, а 10% значений данных находятся ниже 10-го перцентиля.) *Таким образом, доказываемся, что взрыв GWP практически неизбежен и произойдет, в среднем, в 2047 году, что противоречит теории С.П. Капицы.*

А.В. Молчанов [21] рассматривает эволюцию социосферы на основе построенной им «теории сети сознания». Он обобщил результаты исследований Н. Форстера, С. Хорнера, И.М. Дьяконова, С.П. Капицы и собственной теории. Результаты обобщения А.В. Молчанов сформулировал следующим образом: *«Отсчет исторического времени ведется от момента начала неолита – согласно теории 9100 лет до н. э. (± 250 лет). Знаменатель прогрессии равен 1/2. Длительность первого исторического периода равна половине времени от начала неолита до сингулярности Дьякова: $(2022 + 9100)/2 = 5560$ лет. Каждый последующий период в два раза короче предыдущего, а численность населения Земли в момент его завершения удваивается. Всего периодов восемь, и ход всемирной истории можно рассматривать как последовательность из восьми шагов по оси времени, в которой каждый последующий шаг в два раза короче предыдущего». Шаги по времени, имеющие место после выхода системы на стационарный режим с максимальной численностью населения, относятся, по мнению А. В. Молчанова, к эре формирования нового вида человека *Post Homo sapiens*.*

А.Г. Вишневский [6] полагает, что оптимальный способ сохранить в будущем стабильный уровень жизни всего населения планеты в условиях текущего антропогенного разрушения окружающей среды и неизбежного истощения невозобновляемых ресурсов – это постепенный возврат к численности населения Земли, которое было в середине XX века (около

2,5 млрд человек). В связи с этим он считает положительной тенденцию снижения рождаемости ниже уровня воспроизводства поколений: *«...на какое-то, довольно долгое время все человечество должно перейти к рождаемости, которая будет ниже уровня простого замещения поколений»* [6]. Это лучше, чем обвальное сокращение населения мира вследствие нищеты, голода, войн и конфликтов за ресурсы.

Рассмотренные гипотезы, прогнозы и теории, сопутствующие концепции Ф.У. Ноутстейна, не исчерпывают их перечень. В последующих разделах статьи будут рассмотрены:

- 1) биосферная концепция устойчивого развития цивилизации К.Я. Кондратьева [14];
- 2) гипотеза Ю. Одума о возможности циклического развития Мировой социально-экономической системы и спонтанного или управляемого перехода ее функционирования на стационарный режим [42, с. 648 русского перевода];
- 3) глобальные модели развития цивилизации Дж. Форрестера [31]; Д.Л. и Д.Х. Медоузов [37]; М. Месаровича и Е. Пестеля [38];
- 4) модификации глобальных моделей В.А. Егорова и соавт. [11]; В.М. и И.В. Матросовых [17]; К.В. Матросовой [18]; С.А. Махова [19];
- 5) модификации глобальной модели «Мир-2» Ю.Н. Сергеева и В.П. Кулеша [26, 43].

3.3. Логистическая модель роста численности популяции

График коэффициента прироста численности населения после достижения максимума в 1971 году представляет собой монотонно-убывающую функцию $\varepsilon = \varepsilon(P)$ (табл. 1), стремящуюся, в соответствии с концепцией ДП, к нулю. В первом приближении эту функцию можно представить в виде линейной зависимости $\varepsilon = \alpha - \gamma P$, где $\alpha, \gamma > 0$.

Воспользуемся известной в демэкологии логистической моделью роста численности популяции [24]:

$$dP/dt = (\alpha - \gamma P)P. \quad (1)$$

Уравнение (1) имеет аналитическое решение:

$$P(t) = \frac{\alpha P_0 e^{\alpha t}}{\alpha + \gamma P_0 (e^{\alpha t} - 1)}, \quad (2)$$

где P_0 – численность популяции в начальный момент времени t_0 ; e – основание натурального логарифма.

Стационарные состояния уравнения (1) определяются из условия $dP/dt = 0$. Одно из этих состояний соответствует нулевой численности популяции, а другие – корню уравнения $\varepsilon(P) = 0$, который имеет вид $P = \alpha/\gamma$. При $t \rightarrow \infty$ численность популяции $P(t)$ асимптотически стремится к $P_{max} = \alpha/\gamma$, предельно возможной численности. Очевидно, что, присваивая параметрам α, γ различные численные значения, можно получить множество нетриви-

альных стационарных состояний P_{max} и логистических кривых, отвечающих уравнению (1). Для того чтобы воспользоваться логистической моделью, P_{max} должна быть известна из наблюдений или определена независимым способом.

3.4. Предельная численность населения устойчивой биосферы

Оценку максимальной численности населения Земли, которую может постоянно поддерживать окружающая среда, проведем на основании выводов «Биосферной концепции устойчивого развития цивилизации» [14]. Концепция основана на теории естественной биологической регуляции. Считается, что биосфера обладает свойством устойчивости, то есть способностью компенсировать любые возмущения, вызванные хозяйственной деятельностью человека, до тех пор, пока потребление человеком продукции биоты не достигнет 1%. Остальные 99% продукции биоты затрачиваются на стабилизацию среды обитания. К.Я. Кондратьев оценивает допустимую хозяйственную емкость биосферы величиной 1 ТВт и считает, что **порог устойчивости биосферы был преодолен еще в начале XX столетия**. Заметим, что численность населения планеты в это время оценивается в 1,6–2 млрд человек. К.Я. Кондратьев пишет: «Человечество в настоящее время потребляет порядка 6–8% первичной продукции биоты непосредственно в антропогенном “канале” и еще 30–32% – косвенным путем, используя для этого мощность в 10 ТВт, получаемую на 90% за счет ископаемого топлива». И далее: «Если бы человечество вернулось в пределы хозяйственной емкости биосферы, то экологические проблемы исчезли бы автоматически, прекратились бы антропогенные изменения окружающей среды» [14].

Критическая численность населения Земли может быть оценена исходя из величины первичной продукции биосферы, применения закона 10% Линдемана–Одума к трофической цепи “первичные продуценты → травоядные консументы → люди” и определения нормы питания населения.

Существует несколько оценок величины первичной продукции биосферы [23, 42]. Воспользуемся последними данными Р. Дивюньо, достаточно близкими к оценке Ю. Одума. Примем, что первичная продукция биосферы равна 83×10^9 т сухой массы в год. Из них 53×10^9 т приходится на долю биомов суши и 30×10^9 т – на долю океанов (взято из [23]). Согласно закону Линдемана–Одума, на выходе звена трофической цепи остается только 10% энергии, поступающей на его вход. Остальные 90% рассеиваются в окружающую среду в процессах экологического метаболизма. Первичная продукция, равная 53×10^9 т сухого вещества в год, эквивалентна $2,385 \times 10^{17}$ ккал/год. Таким образом, однопроцентный порог возмущения биосферы составляет $2,385 \times 10^{15}$ ккал/год.

С учетом возрастной и трудовой дифференциации населения в начале XX века в качестве средней нормы пи-

тания человека примем 3800 ккал/сутки. Критическая численность населения, которую может постоянно поддерживать биосфера, определяется как частное от деления однопроцентного уровня ее первичной продукции на среднюю норму питания человека. Оказалось, что **численность населения, соответствующая допустимой хозяйственной емкости биосферы, составляет 1,73 млрд человек [43]**.

3.5. Глобальные модели «Мир-2» и «Мир-3» – альтернатива «Концепции рационализма»

В 1971 году вышла в свет монография Дж. Форрестера [31], посвященная описанию первой модели развития цивилизации «Мир-2». Проницательный исследователь природы и общества Дж. Форрестер включил в свою модель «Мир-2» все принципиально важные, основные компоненты Мировой системы. Талантливая простота модели и, в то же время, ее способность отображать, воспроизводить и замещать объект исследования не остались без внимания. Именно поэтому модель «Мир-2» послужила основой для многих последующих работ по глобальному моделированию, в том числе и нашей работы.

Модель «Мир-2» представляет собой систему обыкновенных дифференциальных уравнений пятого порядка для основных переменных: P – численности населения Земли, K – капитала (основных фондов мировой экономики), X – доли сельскохозяйственного капитала, R – невозобновляемых природных ресурсов, Z – загрязнения планеты. Система уравнений дополнена алгебраическими соотношениями для вспомогательных переменных. Связь между основными и вспомогательными переменными устанавливается с помощью 22 таблично заданных зависимостей. Моделирование сводится к решению задачи Коши для системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Задача решалась численным методом Рунге–Кутты на временном интервале 1900–2100 годов. При этом имеющаяся информация о динамике изучаемых переменных в период 1900–1970 годов использовалась для идентификации параметров модели. Прогноз развития системы осуществлялся на период 1971–2100 годов.

Расчеты, выполненные на модели «Мир-2», показали, что при сохранении современных тенденций развития мировой экономики вслед за бурным расцветом цивилизации в конце XX – начале XXI века должна последовать катастрофа, связанная с истощением запасов пищевых и невозобновляемых природных ресурсов, а также загрязнением окружающей среды.

В поисках способа избежать катастрофы Дж. Форрестер выдвинул идею перехода к «глобальному равновесию» (нулевому росту переменных). Моделирование показало, что такой переход на промежутке времени 1900–2100 годов возможен при введении, начиная с

1970 года, следующих ограничений: скорость потребления невозобновляемых ресурсов должна быть уменьшена в 4 раза по сравнению с 1970 годом; генерация загрязнений должна быть уменьшена в 2 раза; инвестиции в экономику должны быть уменьшены на 50%; производство пищевых продуктов – уменьшено на 20%; рождаемость населения – уменьшена на 30%. *Нереальность выполнения таких ограничений очевидна.*

Апокалиптические пророчества вызвали широкую дискуссию в печати. Критики модели «Мир-2», отмечавшие упрощенное описание структуры Мировой системы и отсутствие возможности воздействия общества на ее развитие, побудили Римский клуб продолжить финансирование исследований по глобальному моделированию. D.L. Meadows и D.H. Meadows получили заказ на разработку модели «Мир-3» (Пределы роста [37]).

Модель «Мир-3» содержит 12 основных дифференциальных уравнений первого порядка для компонент Мировой системы, 16 вспомогательных дифференциальных уравнений, предназначенных для организации процедур сглаживания и запаздывания некоторых социально-экономических характеристик, а также ряда алгебраических выражений и таблично заданных функций. Компонентами модели являются: 4 возрастные группы населения; капитал промышленных и сервисных предприятий; площадь потенциально пригодных для обработки земель; урбанизированная площадь; разрушенная почвенной эрозией площадь; загрязнение природной среды; невозобновляемые природные ресурсы.

Усложнение структуры модели «Мир-3» принципиально не повлияло на результаты моделирования. Расчеты показали, что во второй половине XXI века произойдут демографическая, экономическая и экологическая катастрофы, вызванные быстрым ростом численности населения, недостатком продуктов питания, загрязнением окружающей среды и недостатком невозобновляемых природных ресурсов. Предотвратить гибель цивилизации, то есть достигнуть «глобального равновесия», согласно модели «Мир-3», можно только путем незамедлительного (то есть в начале 70-х годов XX столетия) введения следующего комплекса мер: 1) рождаемость должна обеспечивать лишь простое воспроизводство населения, а его численность должна быть стабилизирована на уровне 1945 года (приблизительно 2,6 млрд человек); 2) индустриальное развитие должно быть стабилизировано на уровне 1980 года; 3) потребление ресурсов на душу населения Земли не должно превышать 1/8 от уровня 1970 года; 4) время жизни основных производственных фондов должно быть увеличено в 1,5 раза; 5) удельная генерация загрязнений должна быть уменьшена до 1/4 по сравнению с уровнем 1970 года. *Понятно, что эти условия невыполнимы.*

Критические замечания в адрес моделей «Мир-2» и «Мир-3» чаще всего сводились к тому, что они не учитывают региональной дифференциации компонент Мировой социально-экономической системы. Поэтому дальнейшее развитие глобального моделирования в Западном Мире шло по пути усложнения моделей. Осуществлялся переход от точечных (пространственно-однородных) моделей к блочным моделям с пространственной структурой.

Вера в возможность наиболее адекватного отражения объекта изучения, свойственная исследователям этого направления, привела к появлению модельных «монстров», затрудняющих понимание принципов функционирования Мировой системы и к сокращению временного интервала моделирования.

Примером системы-«монстра» может служить модель «Стратегия выживания» [38]. В ней рассматривается взаимодействие 10 регионов Мира. Каждый регион описывается системой субмоделей: экономики, демографии, энергетики и т. д.

В кратком обзоре докладов Римскому клубу отмечается: «Если компьютерная модель Медоуза основывалась примерно на тысяче математических уравнений, то модель Месаровича–Пестеля содержала их более двухсот тысяч»⁴.

Основным результатом модели «Стратегия выживания» является вывод, что цивилизации угрожает не глобальная катастрофа в середине XXI века, а серия региональных катастроф, наступающих в различных регионах одновременно и по разным причинам. Авторы «Глобального доклада президенту США о перспективах на 2000 г.» дают такую оценку этой модели: «Ее структура чрезвычайно сложна. Настолько, что требуются недели, если не месяцы, чтобы понять ее, либо принять на веру... Сделать выводы из анализа модели “Стратегия выживания” затруднительно... Очень трудно сказать, какие выводы были заранее вмонтированы в модель, а какие получены в результате ее реализации» (цит. по [9]).

Очевидно, что в модели «Стратегия выживания» нарушен один из основных принципов системного анализа, состоящий в том, что при моделировании сложных систем следует учитывать не все, а только наиболее существенные компоненты и связи системы оригинала [2].

3.6. Модификации глобальных моделей «Мир-2» и «Мир-3»

В СССР и Российской Федерации опубликован ряд работ, посвященных поиску алгоритмов, выводящих глобальные модели на стационарный режим (в состоянии глобального равновесия). Авторы этих работ не строили новые модели, а занимались модификацией моделей «Мир-2» и «Мир-3» [11, 17–19, 26, 43].

⁴ www.ihst.ru/~biosphere/Mag_3/gvishiani.htm

В основу большинства этих исследований была положена идея перераспределения капитала Мировой экономики в пользу промышленного восстановления израсходованных невозобновляемых природных ресурсов и промышленной регенерации загрязнений. Примечательно, что во всех модельных сценариях удалось предотвратить катастрофу цивилизации в XXI веке. Но при этом основные фонды предприятий, создаваемых для восстановления ресурсов и борьбы с загрязнениями, должны ежегодно возрастать, становясь в XXI веке сравнимыми со стоимостью фондов всех традиционных отраслей производства. «Соответственно и работа людей по предотвращению экономического кризиса должна стать сравнимой с работой, выполняемой во всех остальных областях деятельности» [11, с. 140].

Заметим, что *восстановление израсходованных природных ресурсов в определенном смысле эквивалентно увеличению их первоначальных запасов*. Увлеченные идеей восстановления ресурсов, авторы исследований не обратили внимания на это принципиально важное положение. Оно послужило нам стимулом для проверки справедливости начальных условий, принятых при решении задачи Коши в модели «Мир-2» [26].

Таким образом, создание моделей «Мир-2», «Мир-3» и их модификаций дало возможность изменить точку зрения на схему демографического перехода. *Вербальное представление Ф.У. Нутстейна о влиянии только внутренних, социально-демографических факторов на рождаемость и смертность населения сменилось на системный анализ развития мировой социально-экономической системы. Стала понятной сомнительность третьего и четвертого этапов «классической» теории ДП и прогнозов численности населения, построенных на их основе.*

Так возникает **конфликт мировоззрений**, выражающийся в понимании места человечества в окружающем мире, его роли в позитивном развитии или дегенерации цивилизации в настоящем и будущем.

3.7. Явление цикличности в популяционной экологии

Колебание численностей особей встречается в популяциях многих высокоорганизованных животных и птиц, обладающих сложным и длительным циклами развития, выраженным групповым поведением и взаимопомощью [24, 42]. Численность организмов вначале растет по логистической кривой, а затем испытывает затухающее колебание относительно некоторого положения равновесия, соответствующего максимальной численности, которую может постоянно поддерживать окружающая среда. Колебания численности возникают в случае, когда питательные вещества и другие, необходимые для жизни факторы были накоплены еще до того, как начался логистиче-

ский рост популяции. Организмам временно хватает ресурсов для того, чтобы «перескочить» через предельную численность, которую может поддерживать окружающая среда, но потом наступает «разочарование» [42].

Но причины, вызывающие осцилляции численности популяций животных, свойственны и человечеству. Ставшая возможной благодаря развитию производительных сил общества добыча углеводородного топлива и других невозобновляемых ресурсов сегодня обеспечивает рост материальных благ населения и, тем самым, его численности выше предельной, которую может постоянно поддерживать устойчивая биосфера.

3.8. Энергия первична, а человечество — вторично

Химическая энергия живого вещества образуется из световой энергии в процессе фотосинтеза, движется по трофической сети до человека, усваивается им и выводится в окружающую среду в процессах экологического метаболизма. Именно энергия пищи обеспечивает жизнедеятельность человечества на всех этапах его развития. И она ограничена продукционной способностью биосферы. Эта важная особенность жизни учитывается в моделях «Мир-2» и «Мир-3». В качестве энергетических компонент в них по отдельности рассматриваются энергия пищи и невозобновляемые ресурсы – потенциальная энергия индустрии.

Еще одно замечание касается реализованной в модификациях моделей «Мир-2» и «Мир-3» идеи восстановления невозобновляемых природных ресурсов. Авторы этой идеи «забыли», что ресурсы включают в себя не только вещественную, но и энергетическую составляющую. При этом для получения вторсырья тоже затрачивается энергия.

Невозобновляемые топливные ресурсы включают в себя:

- 1) углеводородное топливо, содержащее химическую энергию, образовавшуюся в процессах фотосинтеза и ассимиляции пищи консументами в прошедшие геологические эпохи;
- 2) ядерное топливо, представляющее собой «пепел» давно сгоревших звезд, когда «легкие» атомы, соударяясь друг с другом, образовали атомы урана;
- 3) водородное топливо, старейшее из видов горючего, представляющее собой «пепел» Большого взрыва (теория Г.А. Гамова).

В соответствии с одной из формулировок второго начала термодинамики процессы, связанные с превращением энергии, могут происходить самопроизвольно только при условии, что энергия переходит из концентрированной формы в рассеянную. Ископаемое топливо обладает низкой энтропией, а содержащаяся в нем

энергия – высоким «качеством», поскольку она пригодна для совершения работы. Горение топлива представляет собой самопроизвольный процесс, в ходе которого происходит рассеяние энергии (увеличение энтропии) и понижение ее «качества». В соответствии с законом фундаментальной асимметрии природы переход из низкокачественной энергии в высококачественную невозможен. Поэтому невозможно восстановление ископаемых топливных ресурсов. Задача цивилизации – научиться экономно распоряжаться «высококачественной» энергией или, что то же самое, снижать уровень производства энтропии.

Поэтому нельзя согласиться с мнением С.П. Капицы, который полагал: *«Именно численность населения единственным образом выражает состояние человечества в любой момент со времени его появления. Как раз численность населения выражает суммарный результат всей экономической, социальной и культурной деятельности, составляющей историю человечества. Все остальное, что характеризует людей: расовый и национальный состав, плотность распределения на Земле, концентрация в городах, развитие производительных сил и наличие ресурсов, распределение доходов, состояние культуры и образования, множество других характеристик – подчинены главной переменной – общей численности населения планеты»* [13, с. 16–17].

Таким образом, *«концепция рационализма» и «демографический императив» – эти никак не связанные с окружающими человека социально-экономической и природной средами понятия представляют собой своеобразные «вещи в себе» («вещи сами по себе») философского учения И. Канта.*

3.9. Мировые запасы традиционного ископаемого топлива

Одна из наиболее авторитетных оценок извлекаемых запасов подвижной нефти, горючего газа и каменного угля была дана Всемирной энергетической конференцией, состоявшейся в 1980 году [28]. Если принять теплотворность нефти равной 44 МДж/кг, газа – 40,8 МДж/м³, угля – 29,4 МДж/кг, то запасы нефти оцениваются как $R_{1980}^{нефть} = 1,5 \times 10^{22}$ Дж; запасы газа как $R_{1980}^{газ} = 1,1 \times 10^{22}$ Дж; запасы угля как $R_{1980}^{уголь} = 21 \times 10^{22}$ Дж. В 1970 году при скорости потребления (Дж/год) нефти $0,95 \times 10^{20}$, газа $0,35 \times 10^{22}$ Дж/год, угля $0,6 \times 10^2$ их запасов хватило бы на 184, 343, 3500 лет соответственно. Если предположить, что газ будет потребляться с прежней скоростью и заменит нефть после того, как ее запасы будут исчерпаны, то подвижные углеводороды иссякнут через 227 лет. Если предположить, что уголь заменит нефть и газ после того, как их запасы будут исчерпаны, а суммарная скорость потребления углеводородов останется прежней, то все традиционное ископаемое топливо иссякнет через 1034 года.

Для перехода к относительным единицам, принятым при задании начального условия для переменной R в модели «Мир-2», воспользуемся пропорцией:

$$R_0/(R_0^*) = \tau_0/(\tau_0^*), \quad (3)$$

Здесь: $R_0 = 9 \times 10^{11}$ ресурсных единиц (РЕ) – начальное условие для невозобновляемых ресурсов в модели «Мир-2»; R_0^* – то же при оценке запасов по [24]; $\tau_0 = 250$ лет – период исчерпания невозобновляемых ресурсов в модели «Мир-2». Решая пропорцию (3) относительно R_0^* при $\tau_0^* = 227$ лет, получим $R_0^* = 11,1 \times 10^{11}$ РЕ. Заметим, что эта оценка, соответствующая запасам нефти + газа близка к принятой в модели «Мир-2». Из пропорции (3) при $\tau_0^* = 1034$ год находим: $R_0^* = 37,2 \times 10^{11}$ РЕ. Таким образом, с учетом запасов каменного угля начальное условие для R в модели «Мир-2» было занижено в 4 раза [26].

4. Результаты исследования и обсуждение

4.1. Вербальная модель развития цивилизации Ю. Одум и дедуктивный путь познания

Общепризнанный мэтр экологии Ю. Одум был первым, кто еще в 1971 году предупредил о возможности и опасности циклического развития цивилизации. *«У человека, по-видимому, имеются две основные возможности. Первая состоит в том, чтобы допустить неограниченный рост населения, который будет продолжаться до тех пор, пока плотность не превысит известные пределы (пища, ресурсы, пространство, загрязнение и т. п.). После этого большинству людей придется погибнуть или влачить очень жалкое существование до тех пор, пока не снизится плотность (или не повысится порог, если это окажется возможным). Если в этот момент не ввести контроль, могут возникнуть дополнительные взрывы численности. Другая возможность – признать, что на самом деле эта гибель вызвана перенаселением. Если человек примет на себя ответственность, появится возможность заранее предсказать пределы, принять меры по регулированию численности (контроль рождаемости, ограничение земле- и водопользования, охрана и возобновление ресурсов, снижение экономических «стимулов роста» и т. д.) с тем, чтобы плотность осталась заметно ниже критической»* [42, с. 648, перевод на русский].

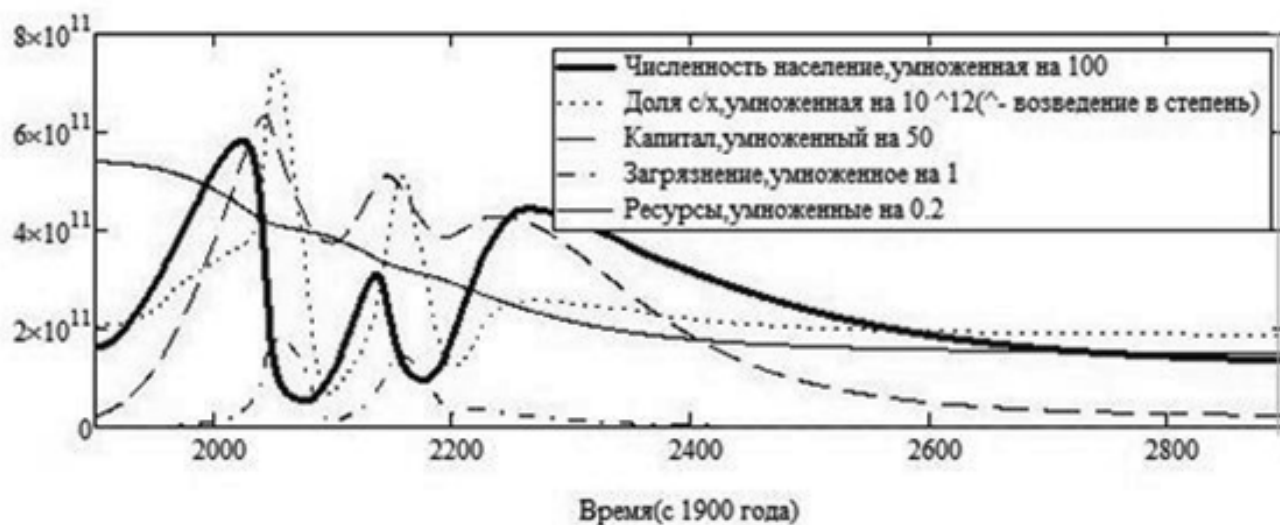
Вербальную модель развития цивилизации Ю. Одума следует рассматривать как априорную посылку, своего рода «рисунок» будущего человечества. В дедуктивном пути познания такой «рисунок» обозначен как образ структуры реального мира. Облеченный в математическую форму образ структуры называется априорной моделью системы. Эта модель, обладая логической структурой, по существу является постула-

том будущей теории системы. Она используется для выдвижения ряда гипотез, которые могут быть проверены по имеющимся экспериментальным данным. Чем большее количество гипотез подтверждается результатами моделирования, тем с большим основанием априорную модель системы можно рассматривать в качестве теории системы. В этом проявляется положительная обратная связь между создаваемой теорией и сложившимся в сознании исследователя образом структуры реального мира. Если гипотезы не оправдываются, срабатывает отрицательная обратная связь, вынуждающая исследователя вводить коррективы в образ структуры реального мира или полностью пересматривать его. Обеспеченное надежной экспериментальной проверкой теоретическое утверждение переходит в категорию теоретического закона.

В первом приближении в качестве гипотез, применяющихся для проверки «образа структуры реального мира Ю. Одум», могут быть использованы исторически установленные циклы этногенеза, в которых имели место значительные колебания численности населения [8].

В.В. Меншуткин [20], по-видимому, первым подтвердил на математической модели точку зрения Ю. Одума о возможности циклического развития цивилизации. Для моделирования использовался математический аппарат *вероятностных конечных автоматов*. Он показал, что при высоких уровнях пассионарного напряжения и научно-технического прогресса численность населения быстро достигает предельного уровня, за которым наступает ее падение. Этот цикл повторяется несколько раз. Циклический процесс В.В. Меншуткин связывает с «территориальными переделами между этническими популяциями», свойственными этногенезу по Л.Н. Гумилеву [8]. Продолжительность этногенеза от фазы подъема до мемориальной (реликтовой) фазы составляет около 1200 лет, «после чего повторяется картина, имевшая место до этнической катастрофы» [8].

В статье [27] с помощью модели «Мир-2 MathCad» показано, что *осцилляция компонент мировой социально-экономической системы коррелирует с короткими по историческим масштабам фазами этногенеза, обнаруженными Л.Н. Гумилевым при изучении*



Фазы этногенеза					
Подъем	Акматическая	Надлом	Инерциальная	Обскурация	Регенерация
Мемориальная					

Рис. 2. Временная изменчивость компонент глобальной социально-экологической системы и фазы этногенеза глобального гиперэтнуса

исторических материалов. Дается оценка возможности формирования глобальной гиперэтнической системы в постиндустриальную эпоху, характеризующуюся развитием транснациональных корпораций и общего рынка, деградацией природных ландшафтов, развитием глобальных информационных технологий и транспортных коммуникаций, массовыми миграциями населения, унификацией образования и языкового общения на англоязычной основе, навязыванием массовой культуры взамен классической и национальной. Эти процессы повышают вероятность формирования единой ментальности человечества на ее основе – единой гиперэтнической системы. Доказывается, что наиболее вероятным претендентом на роль центра формирования гиперэтнуса является суперпозиция Североамериканского и Западноевропейского суперэтносов.

На основании гипотезы о том, что становление гиперэтнуса происходит уже сегодня в процессе глобализации, определены временные интервалы прохождения фаз глобального этногенеза – фаз подъема (1900–1990 годы), акматической (1990–2022), надлома (2022–2077), инерциальной (2077–2135), обскурации (2135–2172), регенерации (2172–2265), мемориальной (2265–2800 годы). По данным моделирования для каждой из фаз приводятся оценки временной изменчивости численности населения, капитала мировой экономики, доли сельскохозяйственного капитала, загрязнения природной среды и запасов невозобновляемых природных ресурсов (рис. 2).

Косвенным подтверждением «образа структуры реального мира Ю. Одума» является произошедшее в «развитых государствах» Западной Европы, раньше других стран вошедших во вторую стадию ДП, падение рождаемости ниже уровня простого воспроизводства населения.

Прямое подтверждение «образа структуры реального мира Ю. Одума» с учетом обнаруженного И.М. Дьяконовым сжатия исторического времени, по видимому, произойдет в ближайшие два десятилетия, в начале фазы надлома гиперэтнуса.

4.2. Модель «Мир-2 MathCad»

Примечательно, что точку зрения Ю. Одума можно подтвердить с помощью математической модели развития цивилизации, основанной на численном решении системы обыкновенных дифференциальных уравнений. Для этого воспользуемся алгоритмом модели «Мир-2», повторно реализованным на языке автоматического программирования MathCad. Будем в дальнейшем называть эту модификацию «Мир-2 MathCad». В статьях [26, 43] обсуждаются результаты реализации сценариев развития цивилизации на модели «Мир-2 MathCad» при $R_0^* = 9 \times 10^{11}$ или $13,5 \times 10^{11}$, или 27×10^{11} , или 36×10^{11}

ресурсных единиц (РЕ). Во всех сценариях начальное условие для остальных переменных приняты такими же, как в модели «Мир-2».

Результаты моделирования (рис. 2) свидетельствуют о том, что при расширении ресурсно-энергетического потенциала в глобальной социально-экономической системе возникают осцилляции всех компонент. Осцилляциям образуются тем больше, чем больше запасы доступных для эксплуатации природных ресурсов. При увеличении запасов до $R_0^* = 13,5 \times 10^{11}$ РЕ возникают две осцилляции; до 27×10^{11} – три осцилляции, до 36×10^{11} – четыре осцилляции.

Характерной особенностью временной изменчивости осцилляции загрязнения окружающей среды и доли сельскохозяйственного капитала является сокращение количества их колебаний на единицу по сравнению с количеством колебаний численности населения.

В пределах одного отдельно взятого цикла загрязнение окружающей среды и доля сельскохозяйственного капитала, наряду с энергией, ограничивают рост численности населения. Но дефицит сельскохозяйственной продукции и загрязнение окружающей среды не определяют количество осцилляций численности. Их количество определяют первоначальные запасы невозобновляемых топливных ресурсов.

Невозобновляемые ресурсы являются ограничителями роста численности населения во всех осцилляциях, кроме завершающей. В ней рост численности населения ограничивает дефицит сельскохозяйственной продукции и загрязнение окружающей среды. Эти факторы постоянно действуют на всех временных интервалах падения численности населения.

В каждом из сценариев вслед за заключительной осцилляцией наступает этап стабилизации численности населения. В сценарии с $R_0^* = 27 \times 10^{11}$ РЕ это происходит через 609 лет. Численность населения стабилизируется на уровне 1,3 млрд человек [26].

В статье [39] мы нашли независимое подтверждение опубликованных нами ранее результатов модельных исследований [26], показавших возможность циклического развития Мировой социально-экологической системы. Оказалось, что на основе классической модели Вольтерра-Лотка «хищник-жертва» с внутривидовой конкуренцией среди жертв можно получить нетривиальный вывод о циклическом развитии цивилизации и последующем выходе ее на стационарный режим. Авторы статьи отождествляют виды сообщества организмов с имущественной структурой человеческого общества («богачами» и «обывателями»). Рождаемость и смертность групп населения зависит от распределения продукции, которую создают «простые люди», а распределяет «элита». Авторы статьи показывают, что чрезмерная эксплуатация ресурсов и избыточное расслоение населения по доходам неза-

висимо одно от другого приводят к серии катастроф цивилизации и открытым текстом говорят о необходимости выравнивания доходов населения и сокращения темпов расходования ресурсов.

5. Новая концепция демографического перехода

5.1. Предпосылки

Выделение фаз ДП проведем на основе наиболее вероятного сценария развития цивилизации с начальным запасом топливных ресурсов $R = 27 \times 10^{11}$ РЕ (рис. 2). При этом, следуя Ф.У. Ноутстейну, в качестве индикатора этапов будем использовать коэффициент прироста численности населения.

Уравнение демографического сектора модели «Мир-2» записывается в виде:

$$\frac{dP}{dt} = B - D, \quad (4)$$

где в соответствии с потоковой диаграммой [31], $B = b(R, K, X, Z)P$; $D = d(R, K, X, Z)P$.

Здесь B и D – скорости рождения и смертности населения. Но $B - D = E$, где E – скорость прироста численности населения. Очевидно, что $E = \varepsilon(R, K, X, Z)P$, и уравнение (4) можно представить в виде

$$\frac{1}{P} \frac{dP}{dt} = \varepsilon(R, K, X, Z). \quad (5)$$

Напомним, что в результате решения систем уравнений модели «Мир-2 MathCad» все ее переменные определялись как функции времени. Левая часть уравнения (5), тождественно равная $\varepsilon(R, K, X, Z)$, позволяет изобразить траекторию ε , используя параме-

трическую форму $[\varepsilon(t), P(t)]$, где в качестве параметра выступает время. Границы фаз в «Новой концепции ДП» определяются по проекциям на ось времени характерных точек, в которых $d\varepsilon(R, K, X, Z)/dP = 0$ или $\varepsilon(R, K, X, Z) = 0$. Те же характерные точки соответствуют моментам времени, в которых траектория численности населения достигает точек перегиба ($d^2P/dt^2 = 0$) или экстремумов ($dP/dt = 0$). В этом нетрудно убедиться, продифференцировав обе части уравнения (5) по времени.

В соответствии с вербальным прогнозом будущего человечества Ю. Одума [42] и прогнозом эволюции цивилизации на модели «Мир-2 MathCad» возможны два сценария ДП: спонтанный переход и регулируемый переход.

5.2. Сценарий спонтанного ДП при использовании традиционных топливных ресурсов

Этот сценарий *содержит 14 фаз разной продолжительности* (рис. 3). Первый этап – «примитивная стабильность» – на рисунке не обозначен. Каждой из трех осцилляций численности населения соответствуют 4 фазы ДП, смысловое содержание которых повторяется, а продолжительность различна. Отказ от традиционной, принятой в концепции ДП Ф.У. Ноутстейна формы выделения фаз (см., например, Лавров и Гладкий, 1997) связан с тем, что в ней невозможно изображение временной изменчивости и знака коэффициента прироста численности населения, а также временной привязки границ фаз. Этим недостатком лишена форма представления основных положений «новой концепции демографического перехода» (рис. 3).

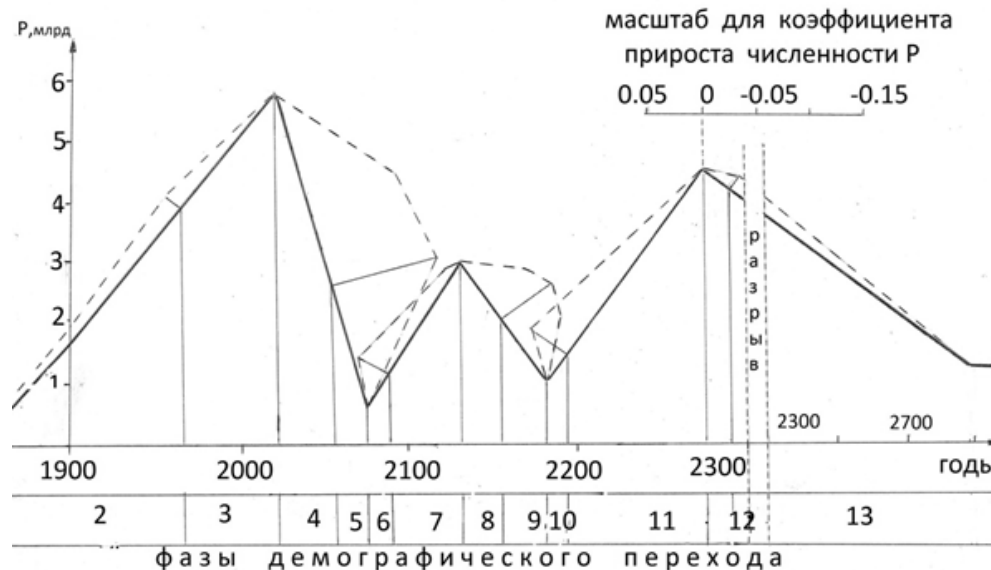


Рис. 3. Схема демографического перехода в модели глобального развития «Мир-2 MathCad». Сценарий спонтанного развития цивилизации с запасом ископаемых топливных ресурсов $R_0^* = 27 \times 10^{11}$ РЕ. Обозначения: P – численность населения в млрд; ε – коэффициент прироста численности

Важное замечание. В теории второго ДП (Д. Ван де Каа [44]) есть *пятая стадия перехода*, отсутствовавшая в первой, основной теории. Главной особенностью этой стадии является снижение рождаемости ниже уровня, обеспечивающего простое воспроизводство населения, из-за отсутствия мотивации иметь детей. Из рис. 3 видно, что эта стадия присутствует и в «новой концепции ДП»: коэффициент суммарной рождаемости $b^* < 2,1$; коэффициент прироста численности $\varepsilon^* \rightarrow 0$. Кроме того, видно, что аналогичными по смысловому содержанию являются девятая и тринадцатая фазы спонтанного ДП.

Таким образом, *«новая концепция ДП» включает в себя сущность теории второго ДП.*

5.3. Сценарий спонтанного ДП при расширении ресурсно-энергетического потенциала цивилизации за счет добычи сланцевой нефти

По современным представлениям, разработка сланцевого месторождения считается рентабельной, если содержание нефти в нем не менее 90 л на 1 т сланца⁵. Мировые запасы сланца с рентабельной добычей нефти составляют 650 трлн т. Из них можно извлечь 26 трлн т нефти. Это в 13 раз больше мировых запасов подвижной нефти. При дефиците энергоресурсов порог рентабельности добычи сланцевой нефти может быть понижен до 40 л на 1 т. По данным Всемирной энергетической конференции (1980) запасы горючих сланцев с содержанием нефти выше 40 л на 1 т оцениваются в 200×10^{22} Дж. Это в 8,5 раза больше энергии, содержащейся в мировых запасах нефти, газа и угля [24].

Будем полагать, что запасы ископаемого углеводородного топлива (традиционной нефти, газа, угля и сланцевого газа) составляют $223,9 \times 10^{22}$ Дж. Теплотворность сланцевой нефти примем равной 44×10^6 Дж/кг, а ее добычу, вплоть до исчерпания традиционного топлива, примем такой же, как в 2013 году, – $1,1 \times 10^9$ барреля/год. В энергетических единицах это составляет $6,6 \times 10^{18}$ Дж/год. Если предположить, что сланцевая нефть заменит традиционные топливные ресурсы после того, как их запасы будут исчерпаны, и будет добываться со скоростью $1,97 \times 10^{20}$ Дж/год, то период исчерпания углеводородного топлива составит 10117 лет. Из пропорции (3) находим $R_0 = 36,4 \times 10^{12}$ единиц ресурсов. Полагая, что рентабельная добыча нефти из горючих сланцев с ее содержанием более 40 л на 1 т сланцев составляет 28% мировых запасов, получим оценку $R_0 = 8 \times 10^{12}$ единиц ресурсов. Это в 8,9 раза больше запасов ресурсов, принятых в модели «Мир-2». Время исчерпания ресурсов в этом сценарии составляет 2220 лет, то есть их запасов хватит до 4120 года.

⁵ vseonefti.ru/neft/slancevaya-neft.html

В статье [43] показано, что в таком сценарии количество осцилляций численности населения увеличилось до 15, а остальных компонент – до 14. Запасы углеводородного топлива убывают во времени по закону, близкому к кусочно-линейному с выходом на стационарный режим. Капитал экономики, достигнув максимума во второй осцилляции, испытывает затухающие колебания относительно своего тренда, имеющего высокую положительную корреляцию с убывающими запасами топливных ресурсов.

Загрязнение окружающей среды, достигнув в первых же осцилляциях максимальных значений, вызванных интенсивным ростом капитала экономики, снижает максимальную численность населения во второй и последующих осцилляциях до 2 млрд человек. Во избежание голодомора Мировая система вынуждена повысить долю сельскохозяйственного капитала до 0,9–0,8 от общего капитала экономики. Дальнейшая временная изменчивость доли сельскохозяйственного капитала и загрязнения окружающей среды соответствует поведению «осцилляторов с сухим трением». В теории колебания такие диссипативные системы известны под названием осцилляторов с постоянным «кулоновским» трением. Роль трения в нашем случае выполняют убывающие топливные ресурсы и тесно связанный с ними капитал экономики, «притягивающие» компоненты системы к состоянию равновесия.

Численность населения, достигнув в первой осцилляции максимума в 5,6 млрд человек, во второй осцилляции рухнет до 2 млрд. Это чуть выше численности, которую может без ущерба для себя постоянно поддерживать биосфера. Дальнейшая временная изменчивость численности населения соответствует «системе с отталкивающей силой». Так в теории колебаний называется система, в которой действующая сила не притягивает, а отталкивает компонент от состояния равновесия. Роль отталкивающих сил выполняют уменьшающиеся во времени загрязнение окружающей среды и доли сельскохозяйственного капитала при весьма высоком капитале экономики.

Численность населения в завершающей осцилляции достигает второго по величине (относительного) максимума в 4 млрд человек, а период осцилляции является экстремально большим, достигающим 500 лет. Такие аномалии связаны с тем, что в это время загрязнение среды и сельскохозяйственное производство выходят на стационарный режим и не сдерживают рост численности населения. В то же время население реализует временной лаг рождаемости и постепенно переходит к стационарному движению с численностью 1,6 млрд человек, соответствующему допустимому порогу возмущения биосферы [14].

Таким образом, *при расширении ресурсно-энергетического потенциала цивилизации за счет добычи сланцевой нефти спонтанный демографический пе-*

переход должен состояться через 2220 лет, то есть в 4120 году.

5.4. Сценарий спонтанного ДП при расширении ресурсно-энергетического потенциала цивилизации за счет использования термоядерной энергетики

Рассмотрим сценарий эволюции цивилизации, предполагающий, что расширение ресурсно-энергетического потенциала будет происходить за счет термоядерной энергетики [43]. Предпосылкой к рассмотрению этого сценария являются успехи в реализации управляемой реакции термоядерного синтеза, достигнутые в прошедшее десятилетие. Сообщается⁶, что в Институте физики плазмы Китайской академии наук на экспериментальном реакторе «EATS» типа «Токамак» в 2007 году был проведен первый в мире безубыточный, с точки зрения соотношения затраченная/полученная энергия (критерий Лоусона), термоядерный синтез. В 2014 году это соотношение составляло 1/1,25, а в ближайшем будущем его планируется довести до 1/1,5. Сообщается также⁷, что в Германии в Институте физики плазмы Макса Планка на экспериментальном термоядерном реакторе типа «Стеллатор» удалось добиться устойчивой термоядерной реакции с превышением выделенной энергии над затраченной.

Строительство международного экспериментального термоядерного реактора «ITER» планируется закончить в 2025 году. Ожидается, что первый промышленный термоядерный реактор будет построен в середине XXI столетия. Учитывая сказанное, будем полагать, что использование термоядерной энергии в мировой экономике начнется в 2075 году.

До 2075 года, на который приходится первое локально-устойчивое состояние для численности населения, цивилизация развивается в соответствии со сценарием $R_0 = 27 \times 10^{11}$ единиц ресурсов. В 2075 году при текущих запасах традиционных топливных ресурсов начинают работать промышленные реакторы управляемого термоядерного синтеза, увеличивающие по логистическому закону энерговооруженность цивилизации до уровня $R_{\max} = 21 \times 10^{11}$ единиц ресурсов. По сценарию такой уровень будет поддерживаться неопределенно долго.

После 2075 года все остальные компоненты модели переходят в режим работы гармонических осцилляторов. Компоненты совершают колебания постоянной амплитуды относительно своих устойчивых по Ляпунову стационарных движений. *Это означает, что при широком использовании термоядерной энергетики цивилизацию ожидает бесконечная череда*

⁶ https://ru.wikipedia.org/wiki/Управляемый_термоядерный_синтез

⁷ ehorussia.com/new/node/11870

глубочайших экономических, экологических и демографических кризисов, а демографический переход не состоится никогда.

5.5. Сценарий управляемого развития цивилизации

Первой осцилляции численности населения, по-видимому, не избежать. Время, необходимое для реформирования мировой системы, упущено. Вторая и последующие осцилляции могут быть предотвращены, если после демографического кризиса во второй половине XXI века численность будет зарегулирована в соответствии с логистической моделью. Используя соотношение $P_{\max} = \alpha/\gamma$, перепишем уравнение (1) в виде:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{1}{\gamma}(P_{\max} - P)P. \quad (6)$$

Здесь γ – свободный параметр. Выразим его через другие переменные, имеющие смысловую нагрузку: P_0 , ε_0 – численность населения и коэффициент ее прироста в начальный момент времени t_0 . Положим $1/\gamma = \varepsilon_0/(P_{\max} - P_0)$ и представим уравнение (6) в виде

$$\frac{dP}{dt} = \varepsilon_0 \frac{(P_{\max} - P)}{(P_{\max} - P_0)} P. \quad (7)$$

Это эквивалентная форма записи логистической модели (1). Очевидно, что линейная зависимость $\varepsilon = \varepsilon(P)$ определяется выражением $\varepsilon(P) = \varepsilon_0 (P_{\max} - P)/(P_{\max} - P_0)$.

В сценарии $R_0^* = 27 \times 10^{11}$ РЕ минимальная численность населения на нисходящей ветви первой осцилляции составляет $R_0 = 0,54$ млрд и приходится на 2075 год. Примем $\varepsilon_0 = 0,02$. Предел насыщения численности популяции примем равным стационарному, по Ляпунову, движению населения $P_{\max} = 1,5$ млрд. При численной реализации сценария в модель «Мир-2 MathCad» внесены изменения, касающиеся уравнения демографического сектора. На временном интервале с 1900 по 2075 год используется уравнение, принятое в модели «Мир-2», а на последующем временном интервале – уравнение (7). «Склейка» правых частей уравнений и их решение осуществляются непрерывным образом.

На рис. 4 показан процесс регулируемого перехода Мировой системы к стационарному движению. Видно, что при $\varepsilon_0 = 0,02$ численность населения выходит на стационарный режим через 160 лет, то есть к 2240 году. *Варьируя параметр ε_0 , можно ускорить или замедлить стабилизацию численности.*

Может сложиться впечатление, что стационарное движение цивилизации возвращает ее в начало XX века. Это не так. Для того чтобы убедиться в этом, достаточно сравнить начальные условия для переменных и уровни их стационарного движения (рис. 4). *Демографический переход в сценарии с управляемым развитием цивилизации состоит из семи фаз, первые пять из которых соответствуют сценарию неу-*

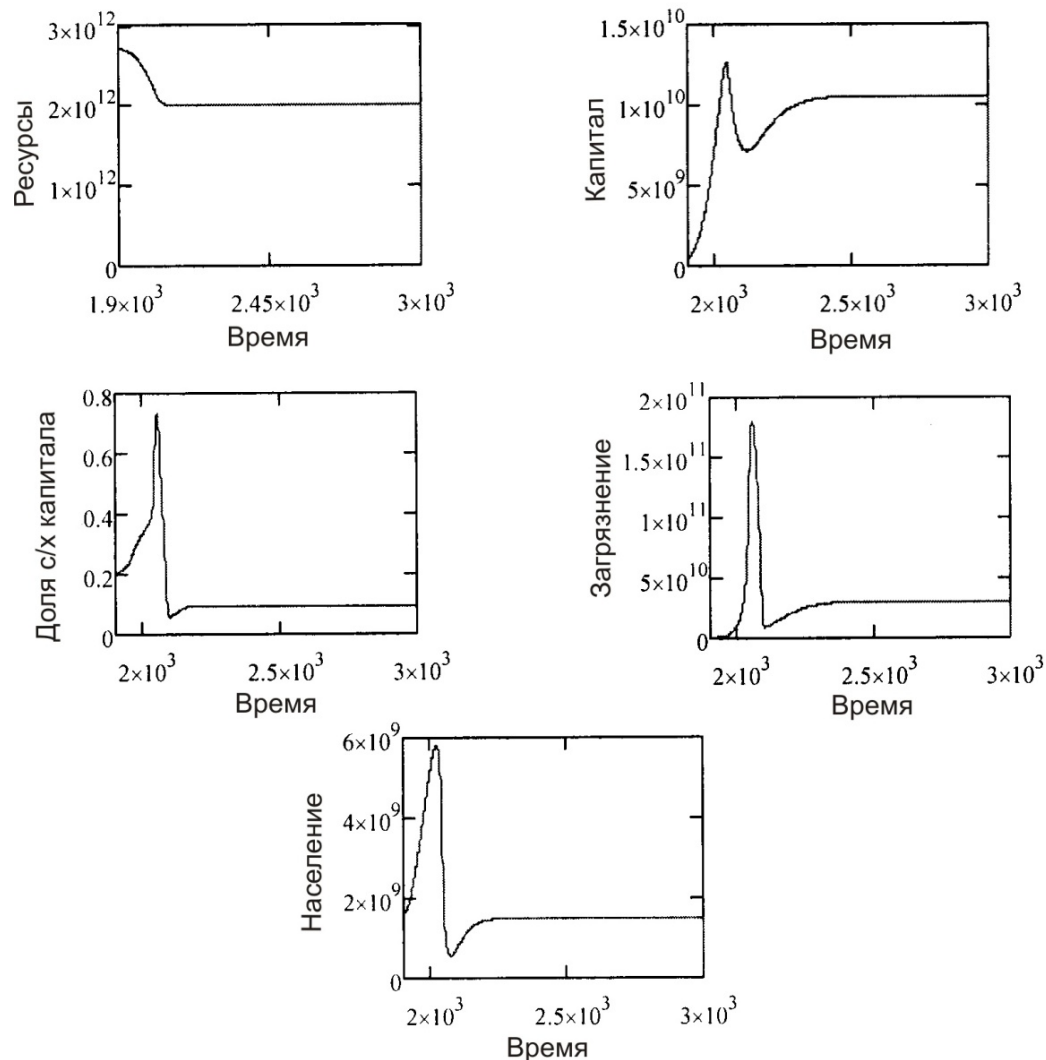


Рис. 4. Временная изменчивость компонент глобальной социально-экологической системы в модели «Мир-2 Math-Cad». Сценарий управляемого развития цивилизации с запасом ископаемых топливных ресурсов $R_0^* = 27 \times 10^{11}$ ПЕ. С 2075 года численность населения изменится по логистическому закону с параметрами: $\varepsilon_0 = 0,02$, $P_{max} = 1,5$ млрд человек.

правляемого ДП, а граница между двумя последними определяется точкой перегиба логистической кривой. В седьмой, заключительной фазе, численность населения асимптотически приближается к $P_{max} = 1,5$ млрд человек, то есть не превышает допустимого порога возмущения биосферы.

6. Заключение

Сегодня человечество, по существу, живет в соответствии с лозунгом сталинских времен: «Мы не можем ждать милостей от природы. Взять их у нее – вот наша задача». Но с тех пор численность населения Земли утроилась, достигла 7,5 млрд человек и продолжает расти. Энерговооруженность человечества возрастает пропорционально его численно-

сти. Возобновляемые и невозобновляемые ресурсы планеты заметно сокращаются. Пресная вода на планете уже сегодня становится дефицитом. Стоимость одного литра чистой пресной воды на рынке соизмерима со стоимостью литра бензина. Усиливается заинтересованность некоторых развитых в экономическом и военном отношениях государств в правообладании ресурсами. Растет загрязнение природной среды. В связи с этим существенно возросло количество неблагоприятных и катастрофических природных явлений. Трансформируется не в лучшую сторону менталитет населения. В городах растет количество субпассионариев. Общество производителей постепенно замещается обществом потребителей.

С таксономической точки зрения вид «человек разумный» принадлежит к царству животных и, следовательно, на него распространяется принятая в экологии концепция экологического доминирования [42, с. 185]. Согласно этой концепции из множества видов, составляющих биоценоз, лишь некоторые виды оказывают на него определяющее воздействие, обусловленное их численностью, трофическим уровнем, особенностями процессов экологического метаболизма и т. д. Поэтому поиски пути к глобальному равновесию, основанные на ограничении производственного метаболизма без коррекции мощности его генератора, то есть численности населения, оказались безрезультатными.

Пора вспомнить слова Ф. Энгельса, сказанные еще в XIX веке: «Не будем, однако, слишком обольщаться нашими победами над природой. За каждую такую победу она нам мстит. Каждая из этих побед имеет, правда, в первую очередь те последствия, на которые мы рассчитывали, но во вторую и третью очередь совсем другие, непредвиденные последствия, которые очень часто уничтожают значение первых».

Энергия, по воле Творца или людей, способна совершать работу. **Вопрос заключается в том, полезно или вредно возрастание энерговооруженности, а значит и работы цивилизации сегодня и в будущем, в контексте состояния производительных сил общества, производственных отношений в нем, численности населения планеты и качеством его жизни.**

Выводы

Для пересмотра теории демографического перехода Ф.У. Ноутстейна использован алгоритм модели «Мир-2», повторно реализованный на языке программирования MathCad с уточненными начальными условиями для невозобновляемых топливных ресурсов. Сценарии, реализованные на модели «Мир-2 MathCad», позволяют сделать следующие заключения, имеющие не прогностический характер, а указывающий лишь на возможные тенденции развития цивилизации и временную изменчивость численности населения Земли.

1. В XXI веке цивилизацию ожидает не катастрофа, как это предсказывают глобальные модели развития «Мир-2» и «Мир-3», а экстремально глубокие демографический, экономический и экологический кризисы, после которых последует восстановление. Демографический переход по Ф.У. Ноутстейну в XXI веке не состоится.

2. *Потенциально* развитие цивилизации в третьем тысячелетии должно иметь циклический характер. Количество циклов должно увеличиваться пропорционально энерговооруженности цивилизации. Каждый цикл оканчивается глубоким кризисом. Вслед за заключительным циклом цивилизация переходит к ста-

ционарному движению компонент, то есть спонтанно реализуется демографический переход с численностью населения, обеспечивающей порог устойчивости биосферы.

3. Человечество, наряду с энергией, является экологической доминантой биосферы в границах только одного, отдельно взятого цикла развития Мировой системы, а не на протяжении всего существования рода Homo, как утверждает «Феноменологическая теория роста численности населения Земли». Капитал, продовольствие и загрязнение природной среды, являющиеся продуктами социально-экономического метаболизма человечества и зависящие от текущих запасов энергетических ресурсов, лимитируют численность населения в пределах одного цикла развития, но не определяют количество циклов.

4. В пяти модельных сценариях, отличающихся различными запасами топливных ресурсов, численность стационарного движения населения, к которому переходит система после заключительного цикла, изменяется в пределах 1,3–1,6 млрд человек. Численность населения, соответствующая однопроцентному порогу потребления первичной продукции, обеспечивающему устойчивость биосферы, составляет 1,7 млрд человек. Таким образом, порог насыщения численности популяции, к которому асимптотически стремится логистическая кривая численности населения, может быть принят в интервале 1,3–1,7 млрд человек.

5. Управляемый безболезненный переход от циклического к стационарному движению может осуществляться из любого устойчивого локально-стационарного состояния по логистической модели роста численности популяции с порогом насыщения численности, равным 1,5 млрд человек.

6. Результаты моделирования показали, что именно энергетические ресурсы, и только они одни, определяют циклический характер развития производительных сил общества и численности населения, а также их спонтанный выход на стационарный режим функционирования.

7. Возможны два сценария демографического перехода.

1. Сценарий спонтанного демографического перехода. При использовании традиционного ископаемого топлива демографический переход состоит из 14 фаз разной продолжительности. Каждой из трех осциллирующих численности населения соответствуют 4 фазы ДП, смысловое содержание которых повторяется, а продолжительность различна. При расширении ресурсно-энергетического потенциала цивилизации за счет добычи сланцевой нефти спонтанный демографический переход должен содержать 62 фазы и состояться через 2220 лет, то есть в 4120 году. При широком использовании термоядерной энергетики цивилизацию ожидает бесконечная череда глубочайших эконо-

мических, экологических и демографических кризисов, а демографический переход не состоится никогда.

2. Сценарий управляемого демографического перехода. Он возможен, если после демографического кризиса во второй половине XXI века численность будет зарегулирована в соответствии с логистической моделью. Демографический переход в этом случае состоит из семи фаз, первые пять из которых соответствуют сценарию неуправляемого ДП, а граница между дву-

мя последними определяется точкой перегиба логистической кривой. В седьмой, заключительной фазе численность населения асимптотически приближается к $P_{max} = 1,5$ млрд человек.

Благодарности. Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-05-00328 А.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Араб-оглы ЭА. Демографические и экологические прогнозы. М.: Статистика; 1978.
2. Беляев ВС. Теория сложных геосистем. Киев: Наукова думка; 1978.
3. Вишневский АГ. Демографическая революция. Избранные демографические труды. М.: Наука; 2005. Т. 1.
4. Вишневский АГ. Демографическая революция. Нерешенные вопросы теории демографической революции. Население и экономика. 2017;1(1):3-21.
5. Вишневский АГ. Третий демографический переход. <https://pub.wikireading.ru/164009> (17.10.2020).
6. Вишневский АГ. Демографический переход и гипотеза гиперболического роста населения. Демографическое обозрение. 2018;5(1):64-105.
7. Владимиров АИ. Логика этногенеза и императивы национальной стратегии России. Плацдарм. 2003;4-5(9-10):4-35.
8. Гумилев ЛН. Этносфера. История людей и история природы. М.: Экопрос; 1993.
9. Дадаян ВС. Орбиты планетарной экономики. М.: Наука; 1989.
10. Дьяконов ИМ. Пути истории. От древнего человека до наших дней. М.: Восточная литература; 1994.
11. Егоров ВА, Каллистратов ЮН, Митрофанов ВБ, Пионтковский АА. Математические модели глобального развития. Л.: Гидрометеоиздат; 1980.
12. Капица СП. Феноменологическая теория роста населения Земли. Усп физ наук. 1996;166(1):63-80.
13. Капица СП. Сколько людей жило, живет и будет жить на Земле. Очерк теории роста человечества. М.: Международная программа образования; 1999.
14. Кондратьев КЯ. Глобальная экодинамика и ее тенденции. В книге: Кондратьев КЯ, Фролов АК и др. (ред.). Экодинамика и экологический мониторинг Санкт-Петербургского региона в контексте глобальных изменений. СПб.: Наука; 1996. С. 5-60.
15. Коротаев АВ, Малков АС, Халтурина ДА. Математическая модель роста населения Земли, экономики, технологии и образования. М.: ИПМ им. МВ Келдыша РАН; 2005.
16. Лавров СБ, Гладкий ЮН. Глобальная география. М.: Дрофа; 1997.
17. Матросов ВМ, Матросова ИВ. Глобальное моделирование с учетом динамики биомассы и сценарии устойчивого развития. В кн.: Новая парадигма развития России. Комплексные исследования проблем устойчивого развития. М: Academia МГУК; 1999. с. 18-24.
18. Матросова КВ. Устойчивое развитие в модифицированной математической модели «Мировая динамика». В кн.: Новая парадигма развития России. Комплексные исследования проблем устойчивого развития. М: Academia МГУК; 1999. с. 344-53.
19. Махов СА. Математическое моделирование мировой динамики и устойчивого развития на примере модели Форрестера. М.: ИПМ им. МВ Келдыша РАН; 2005.
20. Меншуткин ВВ. Искусство моделирования. Петрозаводск-Санкт-Петербург: Карельский научный центр РАН; 2010.
21. Молчанов АВ. Развитие теории СП Капицы. Гипотеза сети сознания; 2007. <https://oko-planet.su/science/scienceclassic/page5.3371-a.v.molchanov-rasvitie-teorii-s.p.-kapis.html> (3.9.2020).
22. Реймерс НФ. Природопользование. Словарь-справочник. М.: Мысль; 1990.
23. Рамад Ф. Основы прикладной экологии. Пер. с франц. Л.: Гидрометеоиздат; 1989.
24. Свиричев ЮМ, Логофет ДО. Устойчивость биологических сообществ. М.: Наука; 1978.
25. Сергеев ЮН, Сергеева ЛЛ. Завершена ли теория демографического перехода? Труды XII съезда РГО. 2005;4:53-8.

26. Сергеев ЮН, Кулеш ВП. Концепция циклического развития цивилизации. Вестник СПбГУ 2013;7(2):57-70.
27. Сергеев ЮН, Кулеш ВП. Глобальный этногенез и циклическое развитие цивилизации. Вестник СПбГУ, 2013;7(4):80-97.
28. Скинер Б. Хватит ли человечеству земных ресурсов? Пер. с англ. Астахов АС, ред. М.: Мир; 1989.
29. Третий демографический переход. Демоскоп weekly № 299-300. <http://www.demoscope.ru/weekly/2007/0299/tema05.php>.
30. Урланис БЦ. Эволюция продолжительности жизни. М.: Статистика; 1978.
12. Kapitsa SP. [Phenomenological theory of population growth]. Uspekhi Fizicheskikh Nauk. 1996;116(1):63-80. (In Russ.)
13. Kapitsa SP. Skolko Liudey Zhilo, Zhivet, i Budet Zhit na Zemle. Ocherk Teorii Rosta Chelovechestva. [How Many People Lived, Live and Will Live on Earth. Essay on the Theory of Humankind Growth]. Moscow: Mezhdunarodnaya Programma Obrazovaniya; 1999. (In Russ.)
14. Kondratyev KYa. [Global ecodynamics and its tendencies]. In: Ekodinamika i Ekologicheskii Monitoring Sankt-Peterburgskogo Regiona v Kontekste Globalnykh Izmeneniy. Saint Petersburg: Nauka; 1996. P. 5-60. (In Russ.)
15. Korotayev AV, Malkov AS, Khalturina DA. Matematicheskaya Model Rosta Naseleniya Zemli, Ekonomiki, Tekhnologii i Obrazovaniya. [A Mathematical Model of Global Population Growth, Economy, Technology and Education]. Moscow: IPM im. MV Keldysha RAN; 2005.
16. Lavrov CB, Gladkiy YuN. Globalnaya Geografiya. [Global Geography]. Moscow: Drofa; 1997.
17. Matrosov VM, Matrosova IV. [Global simulation with account for the dynamics of the Earth biomass and scenarios of sustainable development]. In: Novaya Paradigma Razvitiya Rossii. Kompleksnye Issledovaniya Problem Ustoychivogo Razvitiya. Moscow: Academia MGUK; 1999. P. 18-24. (In Russ.)
18. Matrosova KV. [Sustainable development in the modified mathematical model “The world dynamics”]. In: Novaya Paradigma Razvitiya Rossii Kompleksnye Issledovaniya Problem Ustoychivogo Razvitiya. Moscow: Academia MGUK; 1999. P. 344-53. (In Russ.)
19. Makhov SA. Matematicheskoye Modelirovaniye Mirovoy Dinamiki i Ustoychivogo Razvitiya na Primere Modeli Forrestera. [Mathematical modeling of world dynamics and sustainable development using Forrester’s model as an example]. Moscow: IPM im. MV. Keldysha RAN; 2005. (In Russ.)
20. Menshutkin VV. Iskusstvo Modelirovaniya. [The Art of Modeling]. Petrozavodsk, Saint Petersburg: Korelskiy Nauchnyi Tsentr RAN; 2010. (In Russ.)
21. Molchanov AV. Razvitiye teorii SP Kapitsy. Gipoteza Seti Soznaniya. [Developing SP. Kapitsa’s theory. Network hypothesis of consciousness]. <https://oko-planet.su/science/scienceclassic/3371-a.v.-molchanov-razvitie-teorii-s.p.-kapicy.html> (3.9.2020)
22. Reymers NF. Prirodopolzovaniye. Slovar-Spravochnik. [Management of natural resources. A Glossary]. Moscow: Mysl; 1990.

Общий список литературы/References List

1. Arab-Ogly EA. Demograficheskiye i Ekologicheskkiye Prognozy. [Demographic and Ecological Forecasts]. Moscow: Statistika; 1978. (In Russ.)
2. Beliayev VS. Teoriya Slozhnykh Geosistem. [The Theory of Complex Geosystems]. Kiev: Naukova Dumka; 1978. (In Russ.)
3. Vishnevskiy AG. Demograficheskaya Revoliutsiya. Izbrannyye Trudy. [Demographic Revolution. Selected Works]. Moscow: Nauka; 2005. (In Russ.)
4. Vishnevskiy AG. [Demographic revolution. Unsolved issues in the theory of the demographic revolution]. Naseleniye i Ekonomika. 2017;1(1):3-21. (In Russ.)
5. Vishnevskiy AG. [The third demographic transition]. <https://pub.wikireading.ru/164009> (17.10.2020).
6. Vishnevskiy AG. [Demographic transition and the hypothesis of hyperbolic population growth]. Demograficheskoye Obozreniye. 2018;5(1):64-105.
7. Vladimirov AI. [The logic of ethnogenesis and the imperatives of Russia’s national strategy]. Platsdarm. 2003;4-5(9-10):4-35.
8. Gumilev LN. Etnosfyera. Istoriya Liudey i Istoriya Prirody. [The Ethnosphere. The History of Mankind and the History of Nature]. Moscow: Ekopros; 1993. (In Russ.)
9. Dadayan VS. Orbits Planetarnoy Ekonomiki. [The Orbits of the Planetary Economy]. Moscow: Nauka; 1989. (In Russ.)
10. Diakonov IM. Puti Istorii. Ot Dreynego Cheloveka do Nashikh Dney. [The Paths of History. From the Ancient Men to The present Day]. Moscow: Vostochnaya Literatura; 1994. (In Russ.)
11. Yegorov VA, Kallistratov YuN, Mitrofanov VB, Piontkovskiy AA. Matematicheskkiye Modeli Global’nogo Razvitiya. [Mathematical Models of Global Development]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1980. (In Russ.)

23. Ramad F. Osnovy Prikladnoy Ekologii. [Fundamentals of Applied Ecology]. Leningrad: Gidrometeoizdat; 1989. (In Russ.)
24. Svirezhev YuM, Logofet DO. Ustoychivost' Biologicheskikh Soobshchestv. [Sustainability of Ecological Communities]. Moscow: Nauka; 1978. (In Russ.)
25. Sergeyev YuN, Sergeyeva LL. [Is the demographic transition theory complete?]. Trudy XII Syezda RGO. 2005;4:53-8. (In Russ.)
26. Sergeyev YuN, Kulesh VP. [The concept of cyclic development of the civilization]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universiteta Seriya 7. 2013;7(2):57-70. (In Russ.)
27. Sergeyev YuN, Kulesh VP. [Global ethnogenesis and cyclic development of the civilization]. Vestnik Sankt-Peterburgskogo Universityeta Seriya 7. 2013;7(4):80-97. (In Russ.)
28. Skinner B. Khvatit li Chelovechestvu Zemnykh Resursov? Moscow: Mir; 1989. (In Russ.)
29. The third demographic transition. Demoskop Weekly № 299-300. <http://www.demoscope.ru/weekly/2007/0299/tema05.php> (12.10.2020).
30. Uralnis BTs. Evoliutsiya Prodolzhitelnosti Zhizni. [Evolution of Life Expectancy]. Moscow: Statistika; 1978.
31. Forrester JW World dynamics. Wright-Allen Press, Cambridge, Massachusetts; 1971.
32. Foerster H, Mora P, Amiot L. Doomsday: Friday, 13 November, A.D. 2026. Science. 1960;132:1291-95.
33. von Bertalanffy L. General System theory: Foundations, Development, Applications. N.Y.: George Braziller, Inc; 1968.
34. Galor O. The Demographic Transition: Causes and Consequences. Cliometrica (Berl). 2012;6(1):1-28. doi: 10.1007/s11698-011-0062-7.
35. Hoerner SJ. Population explosion and interstellar expansion. J Brit Interplanetary Soc. 1975;28:691-712.
36. Landry A. La révolution démographique. Paris: Recueil Sirey, 1934.
37. Meadows DL, Meadows DH. Dynamics of Growth in a Finite World. Cambridge (Mass.): Wright Allen Press Inc; 1974.
38. Mesarovic M, Pestel E. Mankind at the Turning Point. Second Report to the Club of Rome. New York; 1974.
39. Motesharrei S, Rivas J, Kalnay E. Human and nature dynamics (HANDY): Modeling inequality and use of resources in the collapse or sustainability of societies. Ecological Economics. 2014;(101):90-102.
40. Notestein FY. Economic Problems of Population Change; 2009. <http://prelim2009.filmbulletin.org/readings/04-Population/Notestein.pdf> (5.9.2020).
41. Roodman D. On the probability distribution of long-term changes in the growth rate of the global economy: An outside view. <https://www.openphilanthropy.org/sites/default/files/Modeling-the-human-trajectory.pdf>.
42. Odum EP. Fundamentals of ecology. Third ed. W. B. Saunders Company, Philadelphia-London-Toronto; 1971.
43. Sergeyev YuN, KuleshVP. Cyclic and stationary modes of the development of civilization in global models. Biosfera. 2018;4:24-53. DOI: 10.24855/biosfere.v9i1.322.
44. Van de Kaa DJ. Anchored narratives: the story and findings of half a century of research into the determinants of fertility. Populations Studies. 1996;50(3):389-432.



УСПЕШНЫЙ ОПЫТ АККЛИМАТИЗАЦИИ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (*PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL) НА СЕВЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ

П.А. Лебедев^{1, 2*}, Л.П. Трофимук¹, А.В. Карамышева¹,
Р.К. Пузанский¹

¹ Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН и ² Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: p_lebedev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 21.09.2020; принята к печати 11.11.2020

Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) успешно акклиматизирован на северном берегу озера Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Это самая большая популяция кедрового стланика в Ленинградской области (56 растений), образованная взрослыми растениями, привезенными из мест его естественного произрастания. Проведено обследование этой популяции и статистическая обработка полученных данных в сравнении с известной его популяцией на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН. Кедровый стланик успешно переносит современный климат Северо-Запада России и образует полнозернистые семена.

Ключевые слова: кедровый стланик, *Pinus pumila*, акклиматизация, Нижнеангарск, озеро Глубокое, Ленинградская область.

A SUCCESSFUL ATTEMPT TO ACCLIMATIZE THE SIBERIAN DWARF PINE (*PINUS PUMILA* (PALL.) REGEL) IN THE NORTH OF LENINGRAD REGION

P.A. Lebedev^{1, 2*}, L.P. Trofimuk¹, A.V. Karamysheva¹, R.K. Puzanskiy¹

¹ V.L. Komarov Botanical Institute of the Russian Academy of Sciences and ² S.M. Kirov State Forest Technical University, Saint Petersburg, Russia

Email: p_lebedev@mail.ru

The Siberian dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) has been successfully acclimatized on the northern shore of Glubokoye lake (Vyborg District of the Leningrad Region, the Russian Federation). This is the largest population (56 plants) of dwarf pine in Leningrad Region comprised of adult plants brought from the native habitat of the species. A survey of this population and statistical processing of data were carried out in comparison with the long known *P. pumila* population of the Scientific Experimental Station "Otradnoye" (Botanical Institute of the Russia Academy of Sciences). The dwarf pine successfully tolerates the present-day climate of the Northwest of Russia and yields full-grain seeds.

Keywords: Siberian dwarf pine, *Pinus pumila*, acclimatization, Nizhneangarsk, Lake Glubokoye, Leningrad Region.

Введение

Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) – это голосеменное вечнозеленое растение, представляющее собой особую жизненную форму, отличную от кустарника. Она характеризуется ранним отмиранием основного стелющегося ствола, образованием придаточных корней и саблевидно изогнутыми боковыми ветвями [8]. Известны 3 формы роста кедрового стланика: кустообразная, полудревоидная и древоидная [15]. Кустообразная форма – крупный куст с разветвленным от основания стволом и с прижатыми к почве и стелющимися, а затем восходящими ветвями. Полу-

древовидная и древоидная формы представляют собой небольшое многоствольное дерево до 4–8 м высотой при диаметре стволов до 18 см. Молодые побеги густо опушены, а недлинные хвоинки (4–7 см длиной) собраны по 5 в пучках, по краям цельные или с очень редкими (4–7 зубцов на 1 см края) малозаметными зубцами и немного изогнутые [9]. Почка сильно смолистые, красноватые, заостренные. Размеры зрелых шишек: длина – 3–4 см, толщина – 2,0–2,5 см, семена 6–9 мм длиной и 4–6 мм толщиной, темнокоричневые, съедобные. Семеношение начинается с 20–30 лет. Семена *P. pumila* лучше всходят при посеве группами

ми по 10–12 семян в лунку, что связано с приспособлением стланика к условиям в запасах семян птицы кедровки, делающей запасы под моховым покровом [21]. Это важное пищевое растение как для человека, так и для диких животных [16, 17]. Растет кедровый стланик медленно, долговечен, в природе доживает до 850–1000 лет [3]. Ветви кедрового стланика полегают при наступлении морозов и покрываются снегом, что позволило кедровому стланику освоить местообитания с суровым климатом гор Восточной Сибири, Дальнего Востока и равнин лесотундровой зоны [5]. *P. pumila* хорошо переносит климат Санкт-Петербурга и Ленинградской области, но является крайне редким растением, пока еще только перспективным для садоводства и озеленения. В Санкт-Петербурге посадки кедрового стланика есть в Ботаническом саду Петра Великого (6 растений), в Верхнем дендросаду Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета (4 растения), в Ботаническом саду Санкт-Петербургского государственного университета (2 растения), и есть отдельные растения в городских посадках [12]. В Ленинградской области наибольшее количество растений *P. pumila* (20 растений) высажено в г. Кировске у здания городской администрации. Также представляет интерес коллекция кедрового стланика на территории Научно-опытной станции «Отрадное» Ботанического института (БИН) РАН [10] – 18 растений на декабрь 2019 года. Отдельные растения есть на территории Тихвинского лесничества (9 растений), на частных участках и в питомниках. У многих из вышеуказанных растений наблюдается регулярное семеношение. Семена *P. pumila*, собранные с этих растений, отличаются высоким процентом выполненных семян и относительно высокой всхожестью [6, 12].

Все предыдущие опыты акклиматизации *P. pumila* проводились посевом семян или посадкой сеянцев, привезенных из мест естественного произрастания [11, 14]. Рассматриваемый нами опыт акклиматизации отличается массовостью посадки (70 растений), пересадкой достаточно больших растений (средняя высота – 100 ± 40 см., возраст – 12–25 лет) и посадкой растений в наиболее экстремальные условия для нашего региона.

Материалы и методики исследований

Объектами исследования являлись 54 растения, посаженные в водоохранной зоне на северном берегу озера Глубокое ($60^{\circ}35'42.9''N$ $29^{\circ}18'09.2''E$) в Выборгском районе Ленинградской области. Также для проведения анализа и подтверждения успешности акклиматизации в 2019 году на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН ($60^{\circ}48'41.7''N$ $30^{\circ}14'17.7''E$) в Приозерском районе Ленинградской

области были обследованы 18 растений *P. pumila*, высаженных в период с 1956 по 1990 год [14]. Это единственное место в Ленинградской области, где кедровый стланик проявил свое естественное свойство [8, 15] образования придаточных корней на стволе и ветвях с отмиранием основного стелющегося ствола. Также там представлена древовидная многоствольная форма *P. pumila* высотой 5,1 м при диаметре стволов до 9 см.

Оценку жизненного состояния растений проводили по методике В.А. Алексеева [1]: 1 – здоровые, 2 – поврежденные (ослабленные), 3 – сильно поврежденные (сильно ослабленные), 4 – отмирающие, 5а – свежий сухостой, 5б – старый сухостой. Оценку обмерзания проводили по шкале П.И. Лапина [7]. Климатические зоны морозостойкости по шкале USDA определяли по *Del Tredici P.* [20]. Высоту растений определяли нивелирной рейкой. Обследование растений проводилось 09.02.2020. Замеры средних годовых приростов и продолжительности жизни хвои проводились в 4 точках по сторонам света в трехкратной повторности.

Статистическую обработку данных проводили в среде языка R 3.6 (R Core Team R: A language and environment for statistical computing, R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020, URL <https://www.R-project.org/>). Для параметрической статистики данные проверяли на нормальность распределения (тест Шапиро-Уилка) и однородность дисперсии (тест Флигнера–Киллена), затем для парного сравнения применяли t-тест, для сравнения нескольких выборок применяли дисперсионный анализ (ANOVA) и апостериорный тест Тьюки. В случае неудовлетворения требованиям применяли непараметрические тесты: для сравнения нескольких выборок – тест Краскела-Уоллиса, для парного сравнения – тест Манна-Уитни-Уилкоксона. Для апостериорной поправки *p*-значений при множественных парных сравнениях применяли анализ частоты ложных обнаружений (FDR) [18]. Для анализа различий в долях семяносящих растений, пораженных паразитическими насекомыми хермесами, и многостволовости применяли тест Фишера.

Качество семян оценивалось рентгенографическим методом на аппаратно-программном комплексе на основе передвижной рентгенодиагностической установки ПРДУ-02 [2].

Эксперимент по акклиматизации кедрового стланика был financирован заинтересованными частными лицами.

Обсуждение результатов

Для получения посадочного материала была выбрана самая западная часть ареала *P. pumila* [12, 19].

Координаты места выкопки опытных экземпляров: $55^{\circ}49'48.7''N$ $109^{\circ}37'56.8''E$. Республика Бурятия, Северобайкальский район, Северобайкальское лесничество, Верхне-Займское участковое лесничество, 6 км

на северо-восток от Нижнеангарска, 940 м от берега, на сплавинном острове залива Ангарский сор. Эта местность по сравнению с местом акклиматизации отличается более холодным и сухим климатом. По наблюдениям за последние 15 лет Нижнеангарск – это зона морозостойкости USDA 3а. Среднегодовая норма осадков – 409 мм. Для сравнения, ближайший с местом акклиматизации город Выборг по наблюдениям за тот же период – это зона морозостойкости USDA 4а. Среднегодовая норма осадков – 689 мм.

Дельты рек Верхняя Ангара и Кичера образуют уникальный природный объект – залив Верхне-Ангарский сор, который еще называют Ангарский или Северобайкальский сор. Этот залив представляет собой полузамкнутый водоем со своей специфической экосистемой, отличной от байкальской. Он отделен от озера Байкал узким песчаным островом Ярки, длина которого – 14 км, и состоит в основном из сплавинных островов (площади нетонущего болотного дерна, сложенного в основном плохо разложившимися корневищами многолетних растений). На этих островах прекрасно растет кедровый стланик.

Место отбора образцов (рис. 1) выбрано в естественном ареале *P. pumila*, где изъятые для интродукции экземпляры не нанесут ущерба для общей популяции. Отобрано 70 экземпляров по высоте от 50 до 150 см. Комы формировались по месту и упаковывались в полипропиленовые пакеты.

Время отбора образцов подбиралось с учетом слабого промерзания верхнего слоя почвы и возможностью транспортировки железнодорожным транспортом в замороженном состоянии.

Работы по выкопке (рис. 2) проведены 1–4 ноября 2011 года, когда вода между сплавинными островами покрылась льдом толщиной 7–8 см. Это позволило безопасно произвести перенос образцов на берег.

Выкопка производилась на основании письменного распоряжения директора Северобайкальского лесничества. Весь отобранный материал и грунт корневых систем прошел проверку в Северобайкальском межрайонном отделе Управления Россельхознадзора по Иркутской области и Республике Бурятия с получением фитосанитарного сертификата для транспортировки.

Посадка растений была произведена с 21 по 23 ноября 2011 года на северном берегу озера Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Для посадки в песчаной береговой отсыпке были подготовлены деревянные короба, которые полностью заполнялись кислым верховым торфом. Посадка производилась по 2 экземпляра в один короб, а также отдельными единичными экземплярами (рис. 3А).

В первую зиму интродуцированные образцы подверглись влиянию сильного ледяного ветра, и это вызвало отпад 12 образцов (рис. 3Б).



Рис. 1. Место отбора образцов в естественном ареале *P. pumila*

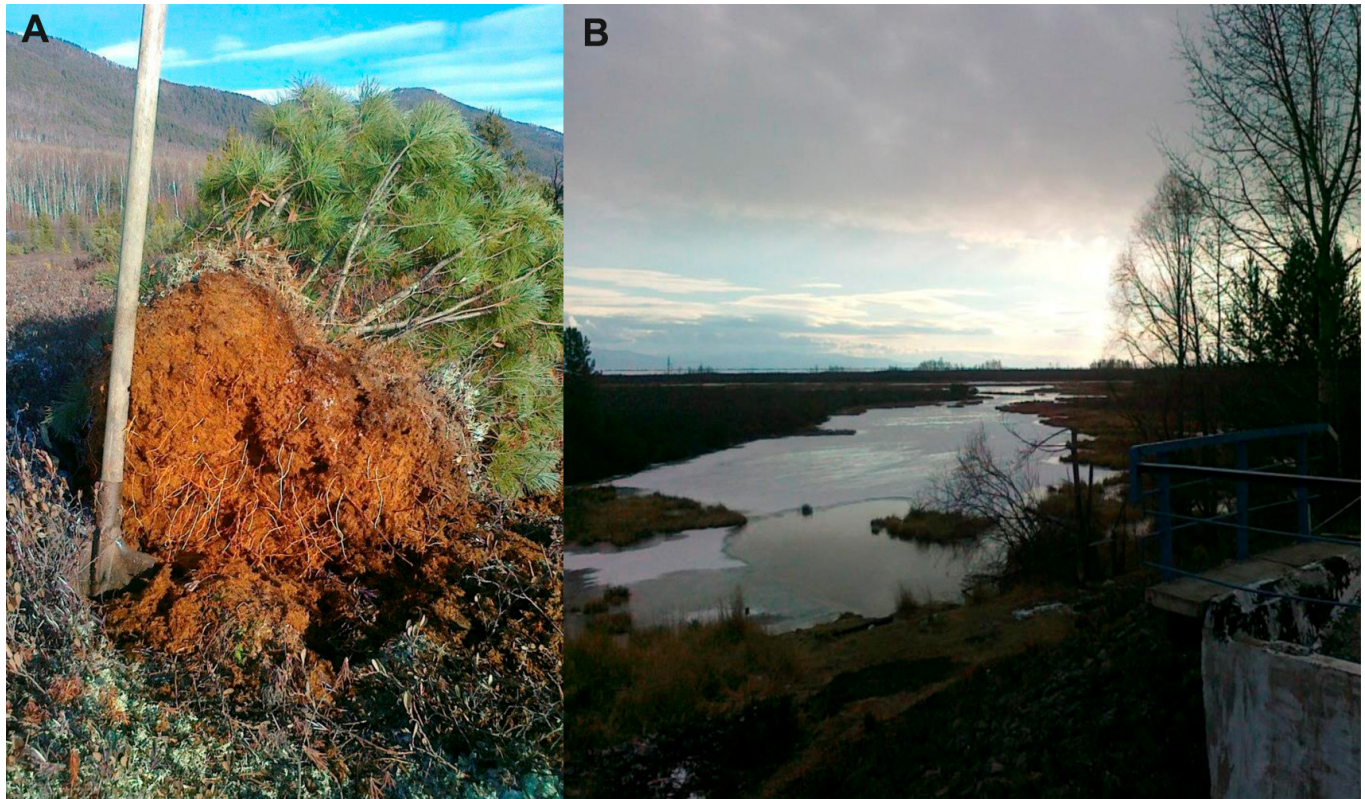


Рис. 2. А. Выкопка саженцев *P. rutila*. Б. Верхне-Ангарский сор

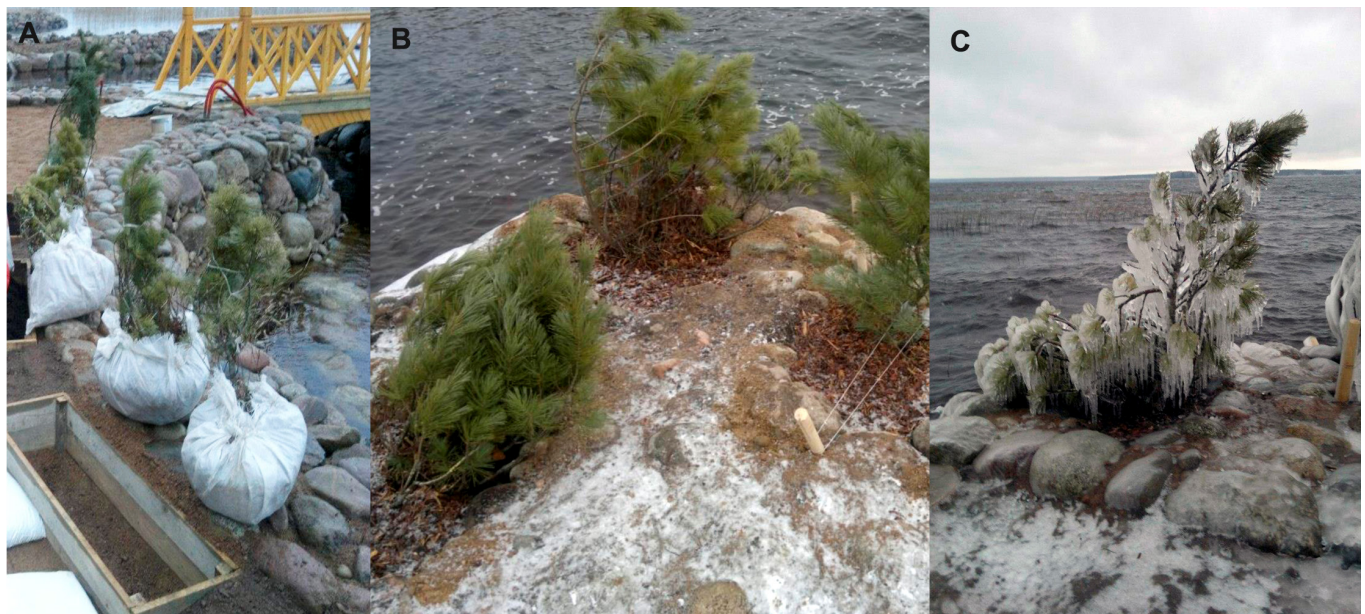


Рис. 3. А. Саженцы *P. rutila* перед посадкой. В. Куртина *P. rutila* на берегу озера Глубокого сразу после посадки. С. Обледенение растений зимой 2011/12 года



Рис. 4. Растения *P. pumila* через 8 лет после посадки. **А.** Растение группы 1 – с зеленой хвоей. **В.** Растение группы 2 – с голубой короткой слегка скрученной хвоей. **С.** Растение группы 3 – древовидная многоствольная форма. **Д.** Растение группы 4 – с голубой длинной хвоей

Обследование кедрового стланика было проведено 09.02.2020, через 8 лет после посадки. В настоящее время сохранилось 56 экземпляров *P. pumila*.

Мы разделили все растения на 4 группы (рис. 4): группа 1 с зеленой хвоей – 12 экз. (обозначение – зел.), группа 2 с голубой короткой слегка скрученной хвоей – 18 экз. (обозначение – гол. кор.), группа 3 древовидная многоствольная форма – 3 экз. (обозначение – др. ф.), группа 4 с голубой длинной хвоей – 23 экз. (обозначение – гол.). Это природные формы *P. pumila*, не выходящие за рамки видовой изменчивости. Вероятно, группа 3 (древовидная многоствольная форма) – это гибрид *P. pumila* и *Pinus sibirica*, широко распространенный гибрид в Северном Прибайкалье [4, 13].

Растения имеют жизненное состояние 1–2 по В.А. Алексееву [1]. Морозостойкость по П.И. Лапину [7] – 1.

P. pumila представляет собой куст или небольшое дерево, имеющее 1–3 ствола. Самое большое растение имеет высоту 2,1 м, самая большая экспозиция кроны 2,1 × 2,1 м. Максимальный годовой прирост составил 110 мм (замерялись приросты 2017–2019 годов). Средняя продолжительность жизни хвои – 2–3 года. Растения умеренно повреждены хермесом. Незначительные повреждения обнаружены у 35% растений. В 2019 году семеношение наблюдалось у 20% растений. В 2020 году урожай семян будет у 32% растений (по однолетним незрелым шишкам).

Для подтверждения успешности акклиматизации жизненные параметры растений сравнивались с кедровыми стланиками из коллекции Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН (60°48'41.7»N 30°14'17.7»E) в Приозерском районе Ленинградской области (рис. 5). В 2019 году там были обследованы

18 растений *P. pumila*, высаженных в период с 1956 по 1990 год [14]. Растения были выращены из семян, полученных из Амурской и Магаданской областей и Якутии. Кедровый стланец на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН был успешно акклиматизирован, растения имеют жизненное состояние 1–2 по В.А. Алексееву [1]. Морозостойкость по П.И. Лапину [7] – 1. Наблюдается ежегодное семеношение. Там также присутствуют 3 группы растений – с зеленой хвоей, голубой хвоей и древовидная многоствольная форма.

Проанализированы различия между четырьмя группами растений *P. pumila* у оз. Глубокое и группой растений с Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН.

Сравнительный анализ средних значений высоты (рис. 6А) методом ANOVA показал, что они достоверно различаются в исследованных группах ($p = 4 \cdot 10^{-5}$). Апостериорный тест Тьюки выявил, что растения группы 3 (древовидная форма) достоверно выше растений других групп ($p < 0,005$). При этом растения других групп не различаются по высоте. В то же время площади крон (рассчитаны перемножением длины и ширины, рис. 6Б) достоверно не различались ($p = 0,11$).

Анализ долей сухих веток (рис. 7А) выявил их различия в группах (тест Краскела-Уоллиса, $p = 0,0007$). Последующее попарное сравнение (с помощью теста Манна-Уитни, с коррекцией FDR) выявило различия между группами «зеленая хвоя» и «Отрадное» (FDR = 0,03), кроме того, различались растения групп «голубая короткая хвоя» и «голубая хвоя» (FDR = 0,01), а также «голубая хвоя» и «Отрадное» (FDR = 0,008).

Также различия с небольшой значимостью наблюдались между группами «зеленая хвоя» и «голубая короткая хвоя» (FDR = 0,07). Сравнение долей сухих веток между группами НОС и «Отрадное» (рис. 7Б) показал достоверно большую долю сухих веток в группе «Отрадное» (тест Манна-Уитни, $p = 0,0086$).

Анализ годового прироста за 2017, 2018 и 2019 годы (рис. 8) показал, что он достоверно различался (ANOVA, $p = 0,028; 0,024; 0,0001$ соответственно для каждого года). Применение теста Тьюки показало достоверные различия в 2018 году между группами «голубая короткая хвоя» и «голубая хвоя» ($p = 0,047$), а в 2019 году – отличия группы «древовидная форма» от групп «зеленая хвоя» ($p = 0,017$) и «голубая короткая хвоя» ($p = 0,015$). Кроме того, наблюдались отличия группы «голубая хвоя» от групп «голубая короткая хвоя» ($p = 0,001$) и «зеленая хвоя» ($p = 0,023$). Анализ годовых различий приростов между популяциями оз. Глубокое и НОС «Отрадное» не выявил статистически значимых различий.

Анализ семеношения (рис. 9) показал, что различия между популяциями растений берега оз. Глубокое и НОС «Отрадное» были статистически значимы в 2019 году (тест Фишера, $p = 0,016$). В этот период наблюдалась заметно большая интенсивность семеношения в популяции НОС «Отрадное». На следующий 2020 год различия были малозначимы ($p = 0,07$) и большая доля семяносящих растений наблюдалась в популяции оз. Глубокое.

Для изучения качества семян *P. pumila* проведено их рентгенографическое исследование (рис. 10). Для этого была использована смесь семян, собранных со всех семяносящих растений.



Рис. 5. Растения *P. pumila* на территории Научно-опытной станции «Отрадное» БИН РАН

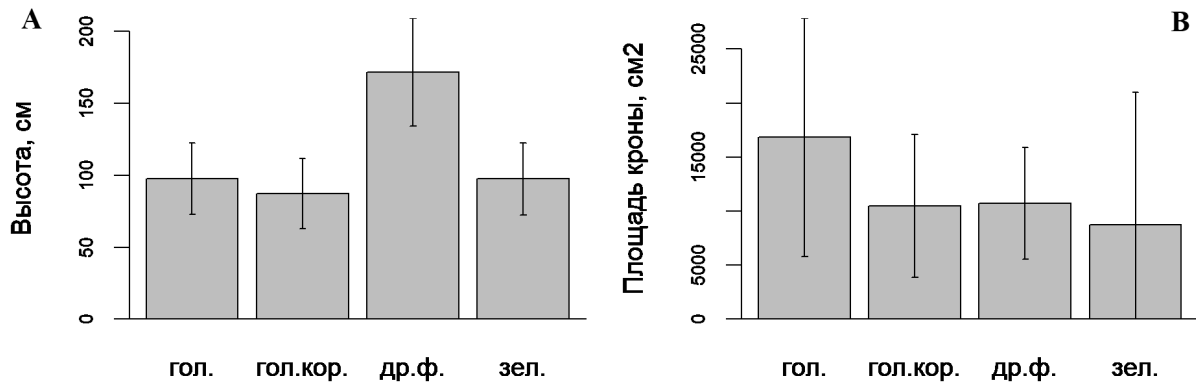


Рис. 6. диаграммы высоты (А) и площади кроны (В) 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу оз. Глубокое (средние значения, интервалы – стандартное отклонение (SD)). Обозначения групп: гол. – «голубая хвоя», гол. кор. – «голубая короткая хвоя», др. ф. – «древовидная форма», зел. – «зеленая хвоя»

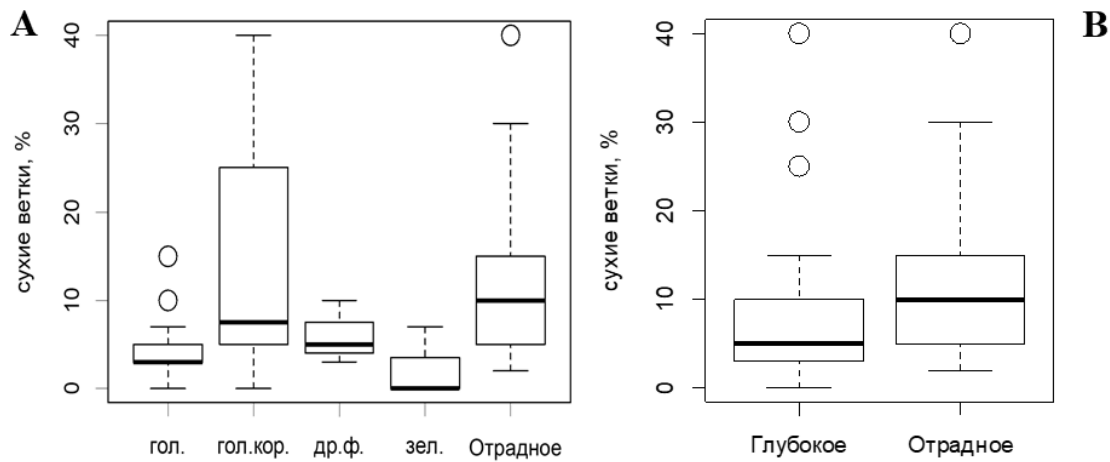


Рис. 7. Диаграммы размаха долей сухих веток 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу озера Глубокое и НОС «Отрадное»

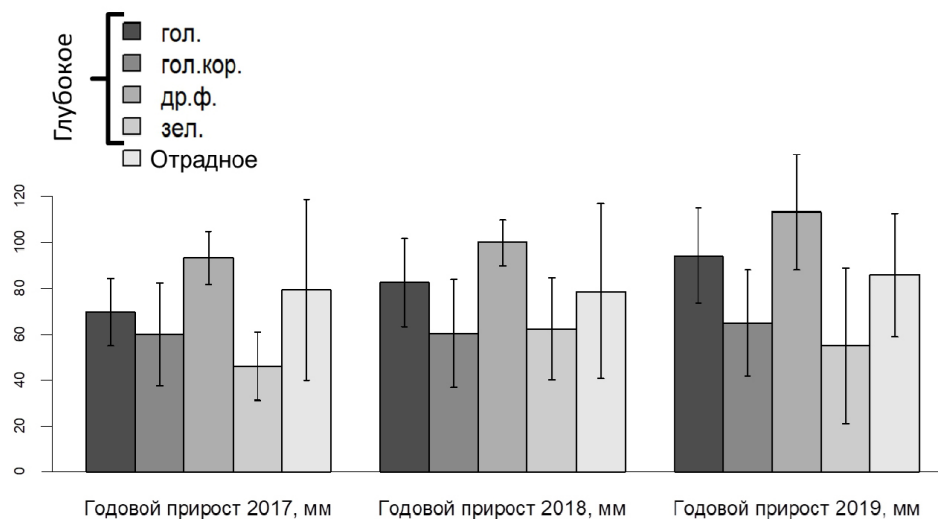


Рис. 8. Диаграммы годовых приростов 4 групп *P. rutula* в популяции на берегу оз. Глубокое (средние значения, интервалы – стандартное отклонение) и НОС «Отрадное»

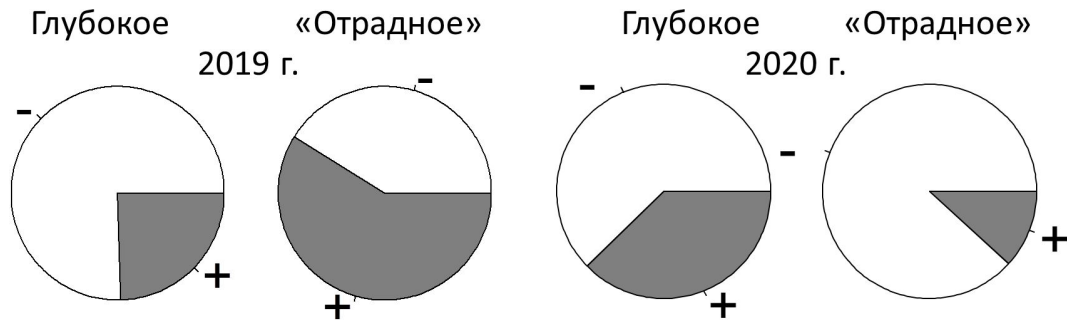


Рис. 9. Круговые диаграммы годовых приростов долей семеносящих растений *P. pumila* в популяции на берегу озера Глубокое и НОС «Отрадное». Обозначения: «+» – семеносящие растения, «-» – отсутствие семеношения



Рис. 10. Семена *P. pumila*, собранные на берегу оз. Глубокое (А), и их рентгенограмма (В)

По результатам рентгенографии определена полнотернистость семян, она составила 42,9%. По этому показателю качество семян уступает аналогичному показателю семян, собранных в природном ареале *P. pumila* [6]. Наружных повреждений семян нет, как нет и повреждений энтомовредителями. У остальных семян выявлены следующие скрытые дефекты: пустотернистость, несформированность эндосперма и зародыша, недовыполненность. Семена, представленные на рентгенограмме, были высеяны. Абсолютная всхожесть семян составила 58,3%, грунтовая всхожесть – 25%.

Также нужно отметить, что между растениями на берегу оз. Глубокое и на территории НОС «Отрадное» не наблюдались значимые различия между группами

в таких параметрах, как продолжительность жизни хвои, многостольность и поражение хермесом.

По данным проведенного обследования самой большой популяции *P. pumila* в Ленинградской области (56 растений), посаженной взрослыми растениями, привезенными из мест его естественного произрастания, можно сделать вывод о позитивном результате этого опыта. Все измеренные и проанализированные параметры растений не уступают аналогичным параметрам ранее интродуцированных растений и даже иногда превосходят их. Это наблюдается при сравнении с популяцией *P. pumila* в НОС «Отрадное». Все 4 выделенные нами группы растений устойчивы в экстремальных условиях на северном берегу оз. Глубокое. Кедровый стланник успешно акклиматизирован в

этих условиях, имеет регулярное семеношение, возможно его дальнейшее генеративное размножение.

Заключение

Полученные результаты свидетельствуют об успешном опыте акклиматизации кедрового стланика на северном берегу оз. Глубокое в Выборгском районе Ленинградской области. Подтверждаются данные об устойчивости *P. pumila* в экстремальных условиях. Это высокодекоративное вечнозеленое растение пригодно для одиночных и групповых посадок на альпийских горках, открытых пространствах, у водоемов. Оно абсолютно зимостойко в климатических условиях Северо-Запада России. В Ленинградской области кедровый стланик является крайне редким растением.

По результатам наших исследований мы рекомендуем кедровый стланик для широкого использования в озеленении на Северо-Западе России.

Работа выполнена в рамках государственного задания по плановым темам «Коллекции живых растений Ботанического института им. В.Л. Комарова (история, современное состояние, перспективы использования)» (№: АААА-А18-118032890141–4). Авторы выражают глубокую благодарность сотрудникам ФГБНУ Агрофизического научно-исследовательского института Н.С. Прияткину, М.В. Архипову, Л.П. Гусаковой и П.А. Щукиной за помощь в рентгенографическом исследовании семян.

ЛИТЕРАТУРА

Список русскоязычной литературы

1. Алексеев ВА. Диагностика жизненного состояния деревьев и древостоев. Лесоведение. 1989;(4):51-7.
2. Архипов МВ, Прияткин НС, Гусакова ЛП, Карамышева АВ, Трофимук ЛП, Потрахов НН, Бессонов ВВ, Щукина ПА. Методика микрофокусной рентгенографии для выявления скрытой дефектности семян древесных лесных пород и других видов сосудистых растений. Журн техн физ. 2020;90(2):338-46.
3. Берман ДИ, Важенин БП. Бессмертен ли кедровый стланик? Природа 2014;(9):34-47.
4. Горошкевич СН. О возможности естественной гибридизации *Pinus sibirica* и *Pinus pumila* в Прибайкалье. Ботанический журн. 1999;84(9):48-57.
5. Гроссет ГЭ. К изучению экологии кедрового стланика (*Pinus pumila* Rgl.) (Механизм активного полегания при наступлении морозов). Бюлл МОИП Отд биол. 1959;64(2):85-96.
6. Карамышева АВ, Фирсов ГА, Трофимук ЛП, Орлова ЛВ. Особенности и способы размножения кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) в Санкт-Петербурге. Вестн Удмуртского ун-та сер биол науки о Земле. 2019;29(2):181-9.
7. Лапин ПИ. Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции. Бюлл глав бот сада. 1967;(65):13-8.
8. Нешатаева ВЮ. Сообщества кедрового стланика (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) полуострова Камчатка. Растительность России. 2011;(19):71-100.
9. Орлова ЛВ. Систематический обзор дикорастущих и некоторых интродуцированных видов рода *Pinus* L. (Pinaceae) флоры России. Новости систематики высших растений. 2001;33:7-40.
10. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Васильев НП, Бялт ВВ, Волчанская АВ. Хвойные (Coniferae) научно-опытной станции Отрадное Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН. Вестн СПбГУ сер 3. 2014;(2)66-76.
11. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Егоров АА, Неверовский ВЮ. Хвойные Санкт-Петербургской лесотехнической академии (аннотированный каталог). СПб.: СПб ГЛТА; 2011.
12. Орлова ЛВ, Фирсов ГА, Трофимук ЛП, Карамышева АВ. Кедровый стланик (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae) – история изучения, современное состояние в ботанических садах Санкт-Петербурга и перспективы его использования в озеленении на Северо-Западе России. Hortus Botanicus. 2019;(14):100-23.
13. Петрова ЕА, Горошкевич СН, Политов ДВ, Белоконь ММ, Попов АГ, Васильева ГВ. Семенная продуктивность и генетическая структура популяций в зоне естественной гибридизации кедра сибирского и кедрового стланика в Северном Прибайкалье. Хвойные бореальной зоны. 2007;24(2-3):329-35.
14. Связева ОА, Лукс ЮА, Латманнизова ТМ. Интродукционный питомник Ботанического сада Ботанического института им. В.Л. Комарова на северо-востоке Карельского перешейка (Ленинградская область). СПб.: Росток; 2011.
15. Серебряков ИГ. Экологическая морфология растений. М.; 1962.

16. Сметанин АН. Пищевые растения Камчатки. Петропавловск-Камчатский: Центр типографии СЭТО-СТ; 1998.
17. Тихомиров БА. Кедровый стланник, его биология и использование. М.: МОИП; 1949.

Общий список литературы/Reference List

1. Alekseev VA. [Diagnostics of the vital state of trees and tree stands]. *Lesovedeniye*. 1989;(4):51-7. (In Russ.)
2. Arkhipov MV, Priyatkin NS, Gusakova LP, Karamysheva AV, Trofimuk LP, Potrakhov NN, Bessonov VB, Shchukina PA. [Micro-focus X-Ray method for detecting of hidden defects in seeds of woody forest species and other types of vascular plants]. *Zhurnal Tekhnicheskoy Fiziki*. 2020;90(2):338-46. (In Russ.)
3. Berman DI, Vazhenin BP. [Is Siberian dwarf pine immortal?]. *Priroda*. 2014;(9):34-47. (In Russ.)
4. Goroshkevich SN. [On the possibility of natural hybridization of *Pinus sibirica* and *Pinus pumila* in Baikal Region]. *Botanicheskiy Zhurnal*. 1999;84(9):48-57. (In Russ.)
5. Grosset GE. [On studying the ecology of Dwarf Siberian Pine (*Pinus pumila* Rgl.) (The mechanism of active lodging during the onset of frost)]. *Biulleten MOIP Otdeleniye Biologii*. 1959;64(2):85-96. (In Russ.)
6. Karamysheva AV, Firsov GA, Trofimuk LP, Orlova LV. [Characteristics of and methods for seed propagation of Dwarf Siberian Pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae) in St. Petersburg]. *Vestnik Udmurtskogo Universiteta Seriya Biologiya Nauki o Zemle*. 2019;29(2):181-9. (In Russ.)
7. Lapin PI. [The seasonal rhythm of woody plants development and its significance for introduction]. *Biulleten Glavnogo Botanicheskogo Sada*. 1967;(65):13-8. (In Russ.)
8. Neshataeva VY. [Communities of the dwarf pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel) of Kamchatka Peninsula]. *Rastitelnost' Rossii*. 2011;(19):71-100. (In Russ.)
9. Orlova LV. [A systematic review of wild and some introduced species of the genus *Pinus* L. (Pinaceae) of the Russian flora]. *Novosti Sistematiки Vysshikh Rasteniy*. 2001;33:7-40. (In Russ.)
10. Orlova LV, Firsov GA, Vasilyev NP, Byalt VV, Volchanskaya AV. [Conifers (Coniferae) of Otradnoye Research Station of V.L. Komarov Botanical Institute]. *Vestnik SPbGU Ser 3*. 2014;(2):66-76. (In Russ.)
11. Orlova LV, Firsov GA, Yegorov AA, Neverovskiy VYu. *Khvoynye Sankt-Peterburgskoy Lesotekhnicheskoy Akademii (Annotirovannyi Katalog)*. [The Coniferous of St. Petersburg Forestry Academy (Annotated Catalog)]. Saint Petersburg: SPb GLTA; 2011. (In Russ.)
12. Orlova LV, Firsov GA, Trofimuk LP, Karamysheva AV. [Siberian Dwarf Pine (*Pinus pumila* (Pall.) Regel, Pinaceae): The history of studies, the current state in the botanical gardens of Saint Petersburg, and the prospects of its use in greening in the Northwest of Russia]. *Hortus Botanicus*. 2019;(14):100-23. (In Russ.)
13. Petrova YeA, Goroshkevich SN, Politov DV, Belokon MM, Popov AG, Vasilyeva GV. [Seed productivity and genetic structure of populations in the zone of natural hybridization of Siberian stone pine and dwarf pine in the Northern Baikal Region]. *Khvoynye Borealnoy Zony*. 2007;24(2-3):329-35. (In Russ.)
14. Sviazeva OA, Luks YuA, Latmanizova TM. *Introduktsionnyi Pitomnik Botanicheskogo Sada Botanicheskogo Instituta Im. V. L. Komarova na Severo-Vostoке Karelskogo Peresheyka (Leningradskaya oblast)*. [Introduction Nursery of the Botanical Garden of V.L. Komarov Botanical Institute in the Northeast of Karelian Isthmus (Leningrad Region)]. Saint Petersburg: Rostok; 2011. (In Russ.)
15. Serebriakov IG. *Ekologicheskaya Morfologiya Rasteniy [Ecological Morphology of Plants]*. Moscow; 1962. (In Russ.)
16. Smetanin AN. *Pishchevye Rasteniya Kamchatki*. [Food Plants of Kamchatka]. *Petropavlovsk-Kamchatskiy: Tsentr Tipografii SETO-ST*; 1998. (In Russ.)
17. Tikhomirov BA. *Kedrovyy Stlanik, Yego Biologiya i Ispolzovaniye*. [Dwarf Siberian Cedar, Its Biology and Use]. Moscow: MOIP; 1949. (In Russ.)
18. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. *J Roy Stat Soc Ser B*. 1995;57:289-300.
19. Critchfield WB, Little EL. *Geographic Distribution of the Pines of the World, Miscellaneous Publication no. 991*. Washington (DC): U.S. Department of Agriculture & Forest Service; 1966.
20. *Del Tredici P*. The New USDA Plant Hardiness Zone Map. *Arnoldia*. 1990;50(3):16-20.
21. Saito S. On relations of caching by animals on the seed germination of Japanese stone pine (*Pinus pumila* Regel) Bull. Shiretoko Museum. 1983;(5):23-40.

УДК 630*174.754:630*259

В.И. Пономарев, О.В. Толкач, А.В. Тукачева и соавт.; ФНО «XXI век»

СОСТОЯНИЕ ВНУТРИГОРОДСКИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ *PINUS SYLVESTRIS* L. В ЕКАТЕРИНБУРГЕ

**В.И. Пономарев, О.В. Толкач, А.В. Тукачева,
В.В. Напалкова, Г.И. Клобуков**

Ботанический сад УрО РАН, Екатеринбург, Россия

Эл. почта: v_i_ponomarev@mail.ru

Статья поступила в редакцию 28.06.2020, принята к печати 07.12.2020

Проведен анализ и дана оценка состояния сосновых насаждений, произрастающих во внутригородской среде г. Екатеринбурга в условиях ежегодно нарастающего антропогенного воздействия. Сложившаяся ситуация приводит к повышению риска падения деревьев и опасности потери уникальных городских сосновых насаждений. Объект исследования – внутригородское чистое сосновое насаждение площадью около 4 га. Установлено, что снижение устойчивости сосновых древостоев на городской территории является следствием воздействия комбинации ряда факторов: изменение гидрологического режима лесного участка, механические повреждения деревьев при строительстве, поражение стволовой гнилью. С увеличением класса возраста деревьев процент гнили как на высоте ствола 1,3 м, так и у корневой шейки возрастает с преобладанием площади поражения на высоте 1,3 м. Абсолютные значения годичного радиального прироста не зависят от повреждения грибом сосновая губка *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil. Установлена статистически значимая связь между инфицированием растений и высокочастотными характеристиками радиального прироста. На сегодняшний день в городском законодательстве нет четко разработанных диагностических шкал для оценки на ранних стадиях аварийности сосновых деревьев, в том числе со скрытой гнилью, что приводит к необходимости акцентировать внимание на данной проблеме. Результаты исследований могут быть учтены при принятии управленческих решений по уходу, оценке и прогнозированию состояния фрагментарных внутригородских сосновых насаждений в урбозо системах Екатеринбурга.

Ключевые слова: сосновые насаждения, санитарное состояние, аварийные деревья, стволовая гниль, сосновая губка.

CONDITIONS OF INNER-CITY NATURAL PLANTATIONS OF THE PINE *PINUS SYLVESTRIS* L. IN YEKATERINBURG

V.I. Ponomarev, O.V. Tolkach, A.V. Tukacheva, V.V. Napalkova, G.I. Klobukov
Botanic Garden of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Yekaterinburg, Russia

E-mail: v_i_ponomarev@mail.ru

The article presents an analysis and assessment of the conditions of pine plantations in the intracity environment of Yekaterinburg city under annually increasing anthropogenic impact. The current situation increases the risks of tree falling and of losing unique urban pine stands. Examined were the intracity pure pine stands occupying about 4 hectares. The decreased stability of pine stands results from the combination of several factors: changes in the hydrological regime of the area, mechanical damage to trees during construction works, and damage caused by the trunk rot. With increasing age class of trees, the percentages of rot at 1.3 m of trunk height and at the root collar increase, predominantly at the height of 1.3 m. The absolute values of annual radial growth do not depend on damage by the red ring rot *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil. A statistically significant relationship between plant infection and high-frequency characteristics of radial growth has been found. To date, the relevant municipal legislation does not include properly developed diagnostic scales for assessing the accident risk of pine trees at its early stage, including that related to unapparent rot. This deficiency warrants focusing on this problem. The results of the present study should be taken into account when making management decisions concerning care for and assessment and forecasting of the conditions of fragmentary intracity pine stands in the urban ecosystem of Yekaterinburg.

Keywords: pine stands, sanitary condition, emergency trees, trunk and root rot, red ring rot.

Введение

Площадь естественных лесных массивов лесопарковой зоны Екатеринбурга в 2008 году составляла

14,9 тыс. га. Зеленое кольцо из 15 лесопарков, подобных которым не имеет ни один другой город России, представляет собой исключительно мощный и техни-

чески незаменимый биологический фильтр города¹. В настоящее время его площадь сократилась до 10264 га (ведомственные материалы, формы государственного лесного реестра (ГЛР) № 2 и 5).

Основу этих лесных массивов составили леса вокруг и внутри Екатеринбурга, сбереженные благодаря дальновидности основателей города В.И. Татищева и В.И. де Геннина. В 1722 году В.И. Татищевым составлена первая для Урала инструкция «О сбережении лесов», доработанная в «Заводском уставе»: «...Леса рубить всем воспретить под жестоким наказанием... В 15 верстах от заводов стоячего леса на дрова и избы не рубить, а довольствоваться валежником...» В 1728 году В.И. де Геннин учредил должность лесного надзирателя, «...которому в бережении лесов... по инструкции, чтобы от заводов в 20 верстах рубить ни за что не дерзать под штрафом за всякое дерево». В 1943 году все городские леса были переведены в неэксплуатируемую группу [4].

В лесопарках преобладают хвойные насаждения. Их доля по данным на 21.12.2018 (ведомственные материалы, формы ГЛР № 2 и 5) составляет около 75%.

¹ Постановление главы Екатеринбурга № 2391 от 20.06.2008 «Об утверждении Перечня парков и скверов муниципального образования “город Екатеринбург” для организации особо охраняемых природных территорий местного значения».

Преимущественно это средне- и высокополнотные сосняки II класса бонитета, IV–VII классов возраста (табл. 1).

Большинство лесопарков находятся под правовой охраной как особо охраняемые природные территории¹. Основная их часть представлена спелыми и перестойными насаждениями. О необходимости разработки мер по их сохранению и реконструкции специалисты писали неоднократно [1, 10, 11].

В то же время значительная часть естественных сосновых насаждений при расширении города в 60–80-х годах оказалась изолированной от лесопарков. Обобщенные сведения о площадях и состоянии этих массивов отсутствуют, они принадлежат учреждениям с различной формой собственности, а уход за ними не курируется специализированными организациями. Таксационные характеристики этих насаждений в возрастном отношении соответствуют преобладающим соснякам лесопарков.

В связи со значительным возрастом насаждений участились случаи падения деревьев в этих массивах во время штормовых ветров, что приводит к материальному ущербу и угрожает жизни и здоровью горожан.

В настоящее время уход за насаждениями регламентируется «Правилами создания, содержания и охраны зеленых насаждений на территории муниципально-

Табл. 1.

Распределение площади хвойных насаждений лесопарков по классам бонитета, возраста, полноте

Класс бонитета	Площадь, га/%	Полнота	Площадь, га/%	Класс возраста	Площадь, га/%	
					общая	в т. ч. сосняки
II и выше	<u>5328,7</u> 68,78	0,3–0,4	<u>338,9</u> 4,37	I	<u>82,9</u>	<u>68,7</u>
					1,07	0,89
III	<u>2256,1</u> 29,12	0,5	<u>694,5</u> 8,96	II	<u>41,8</u>	<u>37</u>
					0,54	0,48
IV	<u>151,3</u> 1,95	0,6	<u>1568,7</u> 20,25	III	<u>789,2</u>	<u>767,7</u>
					10,19	9,97
V	<u>11</u> 0,15	0,7	<u>2532,9</u> 32,69	IV-V	<u>2099,6</u>	<u>2099,6</u>
					27,1	27,26
V ^A -V ^B	— —	0,8	<u>1671</u> 21,57	VI	<u>3721</u>	<u>3716,9</u>
		0,9–1,0	<u>941,1</u> 12,15	VII и выше	<u>1012,6</u> 13,07	<u>1012,6</u> 13,15
ИТОГО:			<u>7747,1</u> 100		<u>7702,5</u> 100	

го образования «город Екатеринбург»². В этом документе отсутствует определение понятия «аварийное дерево», хотя оно упоминается в пункте 15 (глава 4), где регламентируется запрет на самостоятельный снос таких деревьев. В законодательных актах Администрации Екатеринбурга отсутствуют нормативные документы, регламентирующие показатели аварийности деревьев, не определено и само понятие «аварийное дерево».

Такое определение дано в федеральных документах³. Аварийные деревья – деревья со структурными изъянами (наличие дупел, гнилей, обрыв корней, опасный наклон), способными привести к падению всего дерева или его части и причинению ущерба населению или государственному имуществу и имуществу граждан (7-я категория состояния). Однако в данном определении отсутствуют количественные признаки. В то же время такие нормативные документы приняты в ряде других городов, в частности, в Москве⁴.

Сложившаяся ситуация приводит к повышению риска падения деревьев и опасности потери уникальных городских сосновых насаждений. Наглядным примером такой опасности служит ситуация с сосновыми насаждениями на земельном участке ГБУ СО «Сверд-

² Правила создания, содержания и охраны зеленых насаждений на территории муниципального образования «город Екатеринбург». URL <http://docs.cntd.ru/document/895279998>

³ Постановление Правительства РФ от 20.05.2017 № 607 «О Правилах санитарной безопасности в лесах». URL <http://ivo.garant.ru/#/document/71685642/paragraph/107>

⁴ Постановление Правительства Москвы № 822-ПП от 30.09.2003. URL http://mosopen.ru/document/822_pp_2003-09-30

ловская областная клиническая больница № 1» (далее больница № 1). В течение вегетационного сезона 2018 года здесь было зафиксировано неоднократное падение деревьев сосны (бурелом) под воздействием штормовых ветров.

Цель настоящей работы – оценить лесопатологическую ситуацию во внутригородском фрагменте леса, выявить возможные факторы, влияющие на изменение его санитарного состояния, для формирования рекомендаций по минимизации аварийных ситуаций, прогноза долговременности существования сосновых насаждений в урбоэкосистемах Екатеринбурга и их реконструкции.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования стало внутригородское чистое сосновое насаждение площадью около 4 га (320 деревьев). В начале 1970-х годов в насаждении начались строительные работы по возведению больничных корпусов, что привело к фрагментации насаждений и механическим повреждениям деревьев. В этот период возраст деревьев был в диапазоне от 28 до 125 лет, с преобладанием деревьев III–IV классов возраста. В настоящее время древостой имеет IV–VII класс возраста, II класс бонитета, среднюю высоту – 25 м и средний диаметр 37 см на высоте 1,3 м (рис. 1). С 2018 года в насаждении появляются единичные буреломные деревья. Дальнейшее падение деревьев может представлять угрозу для жизни и здоровья людей, посещающих больницу, или отдыхающих, а также для инфраструктуры организации.



Рис. 1. Насаждение *Pinus sylvestris* L. на территории больницы

При исследовании проведена оценка санитарного состояния деревьев по 7-балльной шкале в соответствии с Правилами санитарной безопасности в лесах, утвержденных постановлением Правительства РФ³. Выполнен обмер диаметра каждого дерева на высоте 1,3 м и замерены высоты. При помощи GPS-приемников определены координаты каждого дерева для проведения картирования насаждения. Возрастным буровом на высоте ствола 1,3 м отобраны керны у 31 дерева.

Ширина годичных колец, наличие гнили, ее протяженность, стадии разложения древесины и временной период, затронутый гнилью, измеряли на полуавтоматической установке LINTAB-6 (с точностью 0,01 мм). Анализ динамики годичного радиального прироста у здоровых и пораженных деревьев проводился методом выделения высокочастотной составляющей [7]. Нормированное среднеквадратическое отклонение высокочастотной компоненты (нормированная амплитуда ряда) годичного радиального прироста дерева определялось как отношение среднеквадратического отклонения высокочастотной компоненты к среднему радиальному приросту за годы после строительства.

После проведения рубки обследовали пни. Измеряли их диаметры (с севера на юг и с запада на восток), площадь гнили в процентном отношении от площади пня и степень деструкции древесины (свежая или старая гниль). Диагностическими признаками для отнесения в категорию «свежая» гниль служили незначительное изменение цвета ядровой древесины и

сохранение механической прочности и целостности древесного волокна. Соответственно «старая» гниль характеризовалась красно-бурой окраской, разрушением древесины и отчетливо просматриваемыми белыми пятнами целлюлозы в ней. Дальнейшая интерпретация полученных данных проводилась с использованием программы STATISTICA 8.

Результаты

При проведении лесопатологического обследования насаждения установлено, что средневзвешенное санитарное состояние древостоя соответствует категории 2,2, то есть древостой относится к ослабленному. Большинство деревьев в насаждении имели один или несколько типов повреждений, процентное распределение которых приведено на рис. 2. Визуально здоровые деревья составляют 35,9%, или 115 штук. Порядка 18% деревьев были рекомендованы к вырубке, из них деревья, которые явно необходимо вырубать, относятся к 4–6 категориям санитарного состояния. Их количество составляет 13 деревьев, или 4%. Остальные либо имели градус наклона ствола больше 10, либо были повреждены грибом сосновая губка *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil.

Поражение стволовой гнилью представляет серьезную угрозу безопасности, так как, с одной стороны, у дерева часто могут отсутствовать внешние признаки поражения, а с другой – при ветре слом и падение дерева может привести к жертвам среди населения. Провоцирует инфицирование деревьев нарушение целостности коры и заболонной части древесины, что

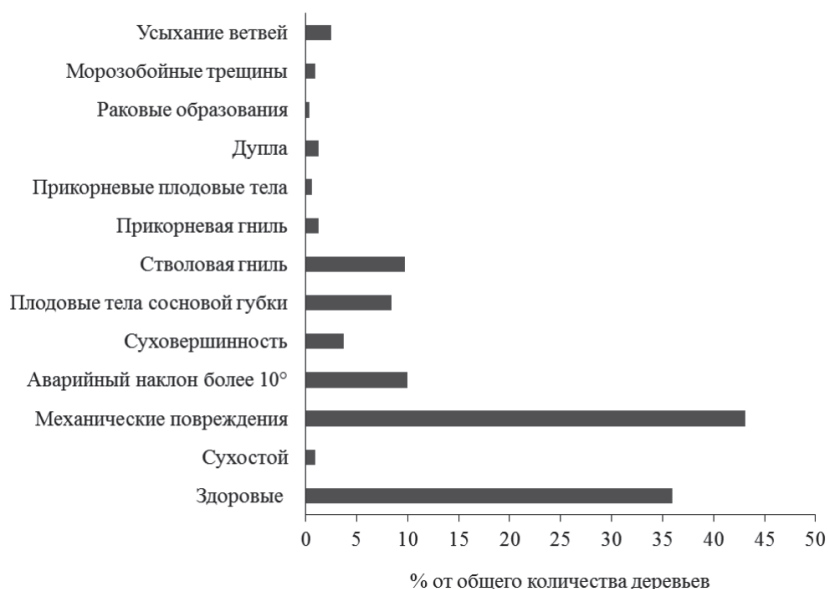


Рис. 2. Основные типы повреждений деревьев сосны

приводит к беспрепятственному проникновению патогенов в ядровую древесину и развитию в ней гнили. В исследуемом древостое механические повреждения встречаются наиболее часто. Они составляют 43,1% общего количества повреждений и, судя по давности поранения, скорее всего были нанесены в период застройки. В этот же период возможно и были инфицированы деревья в возрасте 40 лет и старше. По литературным данным известно, что более молодые деревья (до 40 лет) имеют онтогенетическую (ростовую) устойчивость к заражению [2]. Причина возрастной избирательности гриба заключается в том, что мицелий продвигается к ядру ствола и развивается там, так как в заболони смола препятствует его жизнедеятельности. У сосны ядровая древесина начинает формироваться в среднем с 25 лет [5] и, следовательно, в стволах молодых деревьев нет условий для роста грибницы. Таким образом, часть деревьев в исследуемом насаждении избежала заражения в период застройки. Идентификация наличия стволовой гнили нами проводилась по плодовым телам *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil. на стволах, что свидетельствует не только о поражении дерева, но и о том, что болезнь носит затяжной характер [6], а при отсутствии плодовых тел – по древесным кернам. Таким образом,

гниль была выявлена у части деревьев второго класса санитарного состояния, без визуальных признаков поражения.

Кроме механических повреждений, приводящих к заражению спорами гриба, спровоцировать развитие стволовой гнили могло изменение гидрологических условий в результате строительства корпусов больницы и прилегающей дорожной инфраструктуры, что наглядно представлено на рис. 3. Процент выборки деревьев в рубку на участках, расположенных в непосредственной близости от стен больницы со стороны ул. Волгоградской, составил от 24 до 48%, из них 82% деревьев были отведены в рубку по причине обширной стволовой гнили, в то время как аналогичный показатель на остальной территории не превышал 20%, из них только 40% деревьев – по причине обширной стволовой гнили. При этом доля деревьев с механическими повреждениями ствола на этих участках не различалась – 43 и 46% соответственно от всех обследованных деревьев.

По литературным данным [2, 9] известно, что с увеличением возраста древостоя увеличивается количество деревьев, зараженных *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil. С увеличением возраста пораженного дерева также усиливается экспансия гриба. По нашим данным,

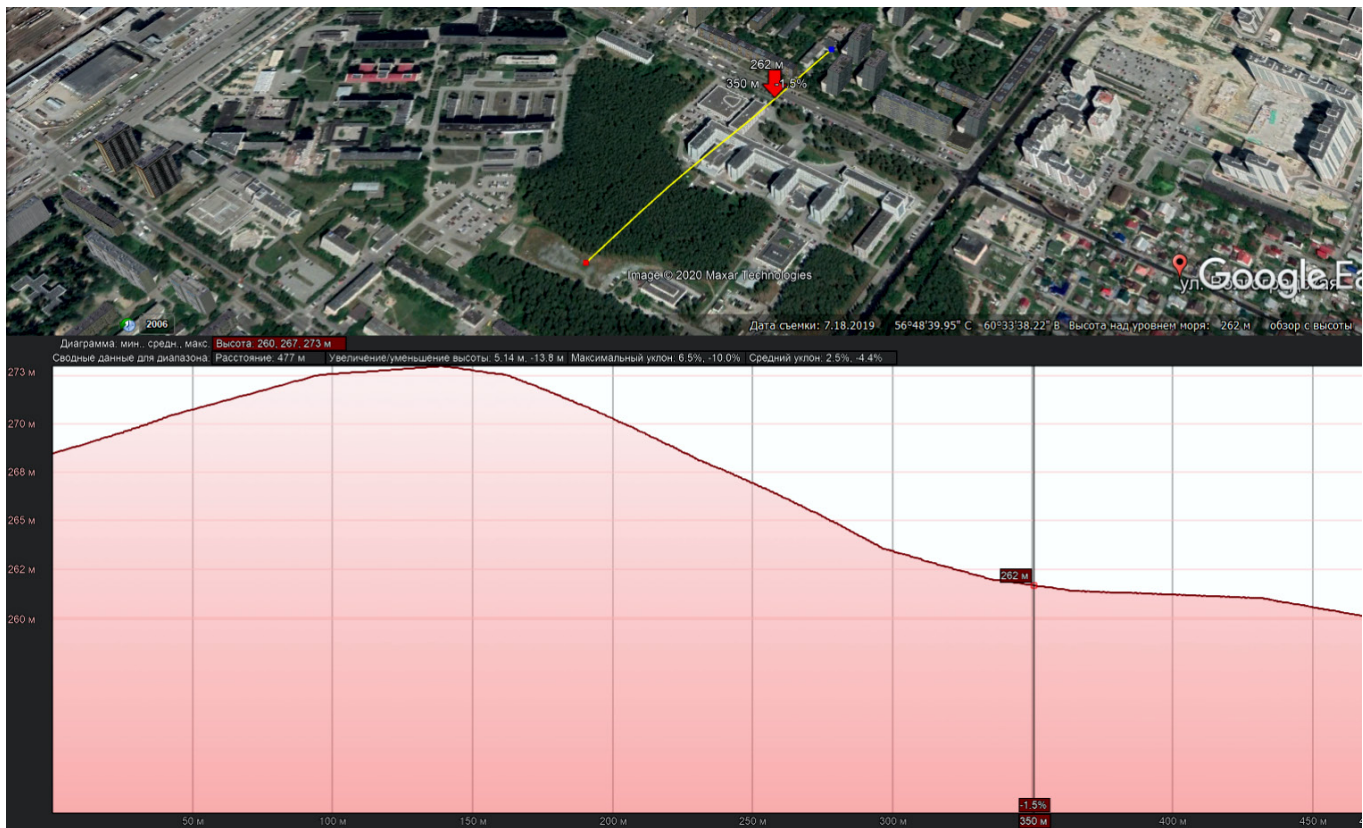


Рис. 3. Профиль рельефа опытного участка (источник: Google Earth Pro)

гниль захватывает от 65% в VI классе возраста, до 88% – в VIII классе радиуса ствола (без коры) на высоте 1,3 м. Более детально распределение свежей и старой гнили в стволах деревьев разного возраста в зависимости от ее местоположения представлено на рис. 4. Как следует из полученных данных, с увеличением класса возраста процент гнили возрастает как на высоте ствола 1,3 м, так и у корневой шейки. Во всех случаях данный показатель превышает 65%. Отмечается, что у деревьев всех классов возраста старая гниль на высоте ствола 1,3 м преобладает по сравнению с аналогичным показателем у основания дерева. Последнее, скорее всего, указывает либо на места начального инфицирования, либо на разную скорость распространения гнили вверх и вниз по стволу [6]. Кроме того, следует отметить, что деревья IV и V классов возраста в период застройки относились к II и III классам, и инфицирование, и распространение гнили протекали с временным отрывом от более старых особей.

В исследуемом древостое плодовые тела *Phellinus pini* (Thore et Fr.) Pil. в большинстве случаев сосредотачивались в нижней части стволов. Однако с целью диагностики поражения грибом деревьев без выхода его плодовых тел рекомендуется использовать отбор кернов на высоте 1,3 м.

На пнях четко просматривается пестрая гниль коррозийного типа с неравномерным ростом как по радиусу, так и по окружности (рис. 5).

Как уже отмечалось выше, болезнь имеет скрытый характер, поскольку не повреждается заболонь и не наблюдается снижения радиального прироста [2, 3]. Более того, в пределах одного класса возраста количество зараженных деревьев увеличивается с возрастанием диаметра дерева [2, 9]. Нами проведен сравнительный анализ динамики годичного радиального прироста здоровых и пораженных деревьев. Установлено, что по абсолютной величине годичного радиального прироста как до начала строительных работ, так и в последующий период достоверно значимые различия не наблюдаются ($p < 0,05$). До начала стройки он составил у зараженных и здоровых деревьев 1,19 и 1,26 мм, в следующий период – 0,71 и 0,59 мм соответственно, в целом от начала онтогенеза до 2018 года – 0,98 и 0,95 мм. Снижение радиального прироста с течением времени – это естественный возрастной тренд.

Поскольку анализ абсолютных значений радиального прироста не дал определенных результатов, был использован метод выделения высокочастотной составляющей [7] радиального прироста. Высокочастотная часть спектра колебаний годичного радиального прироста рассматривается как отклик организма на нестандартные внешние факторы. Таким образом, высокочастотная часть спектра колебаний радиального прироста вызывается внешними факторами, превосходящими по своим показателям среднегодовые. Расчеты показали, что величина высокочастотных колебаний радиального прироста увеличилась с момента

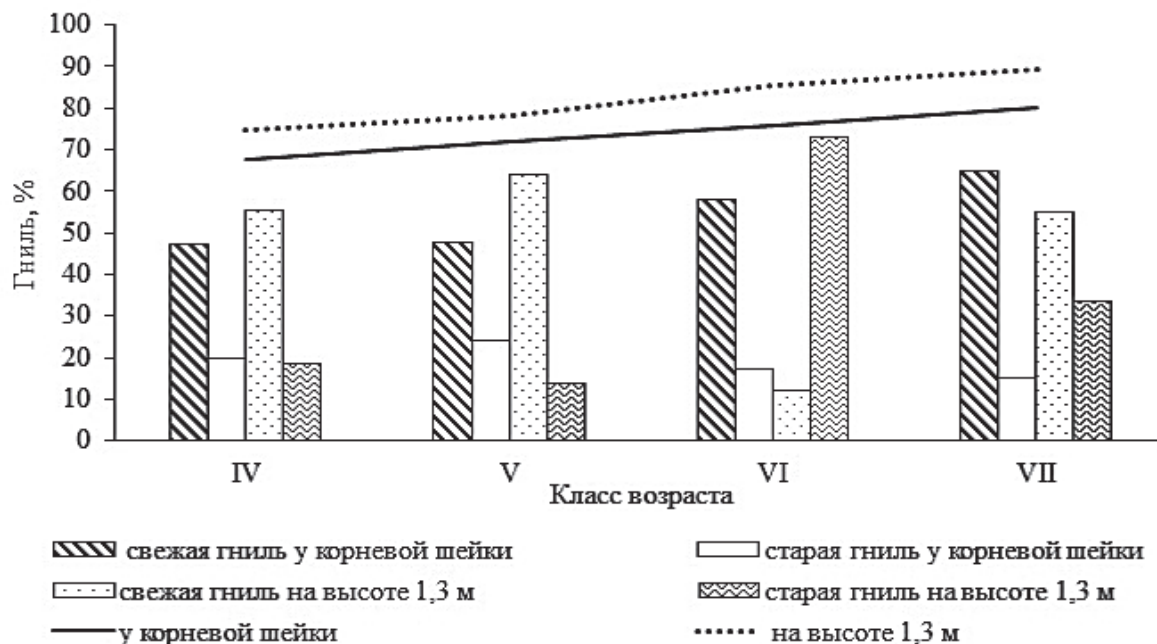


Рис. 4. Усредненные данные процентного распределения гнили в стволах и у корневой шейки деревьев различного класса возраста



Рис. 5. Пестрая гниль коррозийного типа на пнях *Pinus sylvestris* L.

застройки как у не инфицированных деревьев, так и у пораженных гнилью. Она составила по периодам до и после начала стройки 0,31 и 0,33, 0,34 и 0,36 колебаний в год соответственно. Таким образом, подвержены заражению были деревья с более активной реакцией латеральных ростовых процессов на внешние факторы. При рассмотрении сочетания показателей высокочастотной составляющей и нормированного среднеквадратического отклонения высокочастотной компоненты радиального прироста (средняя амплитуда ряда) установлено, что после строительства большая часть инфицированных деревьев имеет высокочастотную составляющую годового радиального прироста, равную или большую 0,3, а нормированную амплитуду ряда – от 0,17 до 0,3. Для количественной статистической оценки различия распределения деревьев по данным параметрам радиального прироста больных и здоровых деревьев была построена таблица сопряженности 2×2 . Анализ таблицы показал достоверно значимую связь ($p < 0,05$) между развитием гнили и высокочастотными характеристиками радиального прироста. Величина хи-квадрат равна 29,93. Некоторая парадоксальность полученного результата состоит в том, что, по нашим данным и литературным источникам [7, 8], при повреждении ассимиляционного аппарата наиболее устойчивы к дефолиации деревья именно с приведенными выше высокочастотными параметрами радиального прироста. Возможно, эти деревья менее смолопродуктивны, так как известно, что большое количество смолы в тканях препятствует развитию грибницы. Возможно, существуют другие причины. В настоящий момент сложно интерпретировать полученный эффект, но данные позволяют предположить, что по характеристикам высокочастотной составляющей радиального прироста можно прогнозировать восприимчивость деревьев к заражению сосновой губкой.

Дополнительно следует отметить, что практически у всех пораженных деревьев слой приблизительно из 30 наиболее поздних по времени годовых колец не затронут грибницей. Следовательно, эта зона ксилемы является достаточной для обеспечения метаболизма растения.

Таким образом, в г. Екатеринбурге существуют фрагменты естественных лесных насаждений, по отношению к которым не выработаны нормативные акты или регламенты по их содержанию и уходу. К этим объектам, с одной стороны, нельзя подходить с такими же мерками, как к городскому декоративному или санитарно-защитному озеленению или как к большим лесным массивам, работы в которых регламентируются лесным законодательством. В то же время эти фрагменты леса представляют большую ценность для оздоровления городской среды, а при соответствующем уходе и незначительном благоустройстве – как рекреационные зоны.

Исходя из всего вышесказанного, можно резюмировать, что пример с насаждениями Городской больницы № 1 показывает, что в ближайшее время крайне необходимы принятие Администрацией Екатеринбурга нормативных документов по оценке жизнеспособности деревьев, проведение инвентаризации естественных сосняков в черте Екатеринбурга и разработка мер по реконструкции этих насаждений. Иначе в ближайшие десятилетия город может лишиться уникальных насаждений, сберегавшихся не одним поколением лесоводов и выполняющих важнейшую средозащитную и рекреационную роль.

Выводы

Естественные сосновые насаждения в урбоэкосистемах мегаполиса являются важным экологическим каркасом. В настоящий момент они испытывают высокую антропогенную нагрузку, что приводит к быстрому снижению выполняемых ими экологических

функций и устойчивости самих деревьев к неблагоприятным погодным явлениям.

Снижение устойчивости сосновых древостоев на городской территории является следствием воздействия ряда факторов, среди которых можно выделить нарушение гидрологического режима территории и механические повреждения деревьев при строительстве зданий и дорожной инфраструктуры.

Ввиду необратимого процесса снижения устойчивости сосновых древостоев с увеличением возраста необходимо проработать дальнейший план их реконструкции. При этом первоочередной задачей является принятие нормативных документов, позволяющих адекватно оценивать санитарное состояние и степень аварийности этих древостоев.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Аткина ЛИ, Булатова ЛВ. Нормирование и размещение озелененных территорий общего пользования г. Екатеринбурга. Пермский аграрный вестник. 2017;4(20):146-52.
2. Ванин СИ. Лесная фитопатология. М.-Л.: Государственное лесотехническое издательство; 1948.
3. Демидко ДА, Кривец СА, Бисирова ЭМ. Связь радиального прироста и жизненного состояния у деревьев кедра сибирского. Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010;(4):68-80.
4. Екатеринбург. Энциклопедия. Екатеринбург: Академкнига; 2002.
5. Колпиков МВ. Лесоводство с дендрологией. М.-Л.: Гослесбумиздат; 1954.
6. Синадский ЮВ. Сосна. Ее вредители и болезни. М.: Наука; 1983.
7. Суховольский ВТ, Артемьева НВ. Радиальный прирост хвойных как прогнозный показатель их устойчивости к повреждению филлофагами. Лесоведение. 1992;(3):33-9.
8. Толкач ОВ, Соколов СЛ, Шнайдер А. Реакция годичного радиального прироста на внешние условия в зависимости от степени толерантности березовых древостоев. Лесной журнал. 2007;(3):14-20.
9. Чураков БП, Кандрашкин АИ. Зараженность древостоев сосны сосновой губкой в различных типах леса и ее влияние на выход деловой древесины. Лесной журнал, 2009;(3):37-41.
10. Шавнин СА, Веселкин ДВ, Воробейчик ЕЛ, Галако ВА, Власенко ВЭ. Факторы трансформации сосновых насаждений в районе города Екатеринбурга. Лесоведение. 2015;(5):346-55.
11. Шевелина ИВ, Метелев ДВ, Нагимов ЗЯ. Динамика лесоводственно-таксационных показателей насаждений лесопарков города Екатеринбурга. Успехи современного естествознания. 2016;(6):125-31.

Общий список литературы/Reference List

1. Atkina LI, Bulatova LV. [Regulation and placing of public green spaces of Yekaterinburg]. Permskiy Agrarnyi Vestnik. 2017;4(20):146-52. (In Russ.)
2. Vanin SI. Lesnaya Fitopatologiya. [Forest Phytopathology]. Moscow-Leningrad: Gosudarstvennoye Lesotekhnicheskoye Izdatelstvo; 1948. (In Russ.)
3. Demidko DA, Krivets SA, Bisirova EM. [Association between the radial increment and vitality of Siberian stone pine]. Vestnik Tomskogo Gosudarstvennogo Universiteta Biologiya. 2010;(4):68-80. (In Russ.)
4. Yekaterinburg. Entsiklopediya. Yekaterinburg: Akademkniga; 2002. (In Russ.)
5. Kolpikov MV. Lesovodstvo s Dendrologiyey. [Forestry and Dendrology]. Moscow-Leningrad: Goslesbumizdat; 1954. (In Russ.)
6. Sinadsky YuV. Sosna, Yeyo Vrediteli i Bolezni. [The Pine. Its Pests and Diseases]. Moscow: Nauka; 1983. (In Russ.)
7. Sukhovolskiy VG, Artemyeva NV. Evaluation of conifer resistance against the damage of stem radial increment by phyllophagous insects. Lesovedeniye. 1992;(3):33-9. (In Russ.)
8. Tolkach OV, Sokolov SL, Shneider A. [Response of annual radial increment to environment depending on the degree of birch stands tolerance]. Lesnoy Zhurnal. 2007;(3):14-20. (In Russ.)
9. Churakov BP, Kandrashkin AI. [The contamination of pine stands by pine fungus in different forest types and its influence on timber yield]. Lesnoy Zhurnal. 2009;(3):37-41. (In Russ.)
10. Shavnin SA, Veselkin DV, Vorobeichik YeL, Galako VA, Vlasenko VE. Transformation factors of pine plantations in around the city of Yekaterinburg. Lsovedeniye. 2015;(5):346-55. (In Russ.)
11. Shevelina IV, Metelev DV, Nagimov ZYa. [Dynamics of silvicultural and taxation parameters of the stands in woodland parks in the city of Yekaterinburg]. Uspekhi Sovremennogo Yestestvoznaniya. 2016;(6):125-31. (In Russ.)

ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСНЯКЕ СЛОЖНОМ ПОДЗОНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА

Е.В. Зубкова*, М.В. Андреева, И.В. Припутина

Институт физико-химических и биологических проблем почвоведения Российской академии наук,
Федеральный исследовательский центр «Пушкинский научный центр биологических исследований Российской
академии наук» (ФИЦ ПНЦБИ РАН), Пушкино, Россия

* Эл. почта: zubkova@pbcras.ru

Статья поступила в редакцию 22.08.2020; принята к печати 01.12.2020

Проанализированы данные ежегодных геоботанических описаний сосняка сложного *Pineta sylvestris composita (nemoro-boroherbosa)*, начатые после 45 лет заповедного режима и проводившиеся в течение 25 лет на постоянной пробной площади в Приокско-Тerrasном заповеднике (54.89° N, 37.56° E). Изменение экологических условий местообитания в ходе сукцессионной динамики растительного сообщества оценивалось по экологическим шкалам Д.Н. Цыганова, Г. Эллэнберга и Э. Ландольта. Характерный для исследуемого фитоценоза процесс смены пионерных видов древесного яруса (*Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth) на зональные эдификаторы хвойно-широколиственных лесов (*Picea abies* (L.) Karst., *Tilia cordata* Mill.) проявился в закономерном снижении общей освещенности под пологом древостоя, незначительном повышении влажности почвы. Выполненные оценки показывают рост богатства почвы, что объясняется изменениями в составе поверхностного опада в результате увеличения участия ели и липы в подросте. Вследствие действия комплекса факторов в травяно-кустарничковом ярусе увеличилось число стенобионтных видов, требовательных к богатству почвы, и одновременно с этим сохранили свое присутствие виды бедных местообитаний.

Ключевые слова: лесные фитоценозы, сукцессионная динамика, фитоиндикация, экологические шкалы.

CHANGES IN SPECIES COMPOSITION AND ECOLOGICAL CONDITIONS IN A COMPLEX PINE FOREST OF THE CONIFER-DECIDUOUS FOREST SUBZONE UNDER THE NATURE RESERVE REGIMEN

E.V. Zubkova*, M.V. Andreeva, I.V. Pripulina

Institute of Physicochemical and Biological Problems in Soil Science of the Russian Academy of Sciences, Federal
Research Center "Pushchino Scientific Center for Biological Research" of the Russian Academy of Sciences",
Pushchino, Russia

E-mail: zubkova@pbcras.ru

The present analysis relates to data obtained in the course of annual geobotanical records about the complex pine forest system *Pineta sylvestris composita (nemoro-boroherbosa)*, which started following 45 years of forest reserve regimen observed there and continued for 25 years using a permanent test area in the Prioksko-Terrasnyi Reserve (54.89° N, 37.56° E). Changes in the ecological conditions in the course of successional shifts of plant communities were assessed using the ecological scales of D.N. Tsyganov, G. Ellenberg and E. Landolt. As it is typical of the phytocenosis under study, the process of replacement of the pioneer species of the arboreal tier (*Pinus sylvestris* L., *Betula pendula* Roth) by the zonal edificatory species of coniferous-deciduous forests (*Picea abies* (L.) Karst., *Tilia cordata* Mill.) was manifested in the naturally determined reduction in the total illumination under tree stand and in a minor increase in soil humidity. The study provides evidence of increased soil fertility, which may be explained with changes in the composition of the tree litterfall resulting from the increased share of fir trees and lindens in the undergrowth. A complex of factors is responsible for that the grassy and bushy tiers featured increases in the share of stenobiotic species, which are more fastidious with regard to soil fertility. With that, species characteristic for lean habitats were preserved.

Keywords: sylvan phytocenoses, successional dynamics, phytointication, ecological scales.

Введение

Сосняки сложные относятся к богатым по видовому составу и хорошо изученным типам леса [6, 13, 18, 22]. Динамика сосновых лесов подзоны хвойно-широколиственных лесов Европейской России всесторонне исследовалась в связи с сукцессионными и климатическими изменениями [14–16, 21, 22], а также влиянием рекреации и хозяйственной деятельности [2, 18, 20].

Важным источником информации для подобных исследований являются данные геоботанического мониторинга на постоянных пробных площадях (ПП). Примером таких работ служит заложенная в 1950–1980 годах сотрудниками Института лесоведения РАН в разных районах Московской области сеть ПП [16, 23, 24]. Геоботанические описания на ПП, как правило, проводятся с периодичностью в несколько лет [14, 15, 19, 30]. Особый интерес представляют данные длительного ежегодного мониторинга видового состава растительных сообществ, которые позволяют выявить не только общие тренды динамики фитоценозов, но и краткосрочные изменения в их функционировании.

В 1991 году на территории Приокско-Террасного государственного природного биосферного заповедника (ПТЗ) профессором В.Г. Онипченко были начаты ежегодные геоботанические исследования на пробных площадях (ПП) в разных типах фитоценозов, которые проводятся по настоящее время с участием студентов и аспирантов биологического факультета МГУ им. В.М. Ломоносова. Заповедник, расположенный на юге Московской области в подзоне хвойно-широколиственных лесов, был образован в 1945 году. До введения заповедного режима территория многократно использовалась в хозяйственной деятельности (рубки, выжигание леса под пашню, выпас и др.) [13, 17]. Современные лесные фитоценозы ПТЗ сформировались преимущественно в результате зарастания сосной (*Pinus sylvestris* L.) и березой (*Betula pendula* Roth.) участков после вырубki в 1930–1940 годах. В настоящее время в экосистемах проходят демулационные изменения растительности. Исследованиями разных лет показано увеличение площади, занятой подростом липы (*Tilia cordata* Mill.) и ели (*Picea abies* (L.) N. Karst.), что говорит о сукцессионных процессах, ведущих к смене пионерных видов на зональные эдификаторы хвойно-широколиственных лесов [18]. Связь растительности заповедника с абиотическими условиями местообитаний ранее обсуждалась Л.Б. Заугольной [6], а также в работах других исследователей [10, 18]. Изменения видового состава растений на ПП в черноольшанике в связи со средопреобразующей деятельностью бобра (*Castor fiber* Linnaeus), приведшей к появлению новых местообитаний и видов, даны в работе [1].

Данная работа посвящена анализу динамики видового состава растительности в сосняке сложном. Цель

исследования – оценка методами фитоиндикации изменений экологических условий, которые произошли в данном типе фитоценозов за 25 лет, через 45 лет после введения заповедного режима.

Объекты и методы исследования

Исследуемая ПП была заложена в 19-м квартале ПТЗ в сосняке сложном (*Pineta sylvestris composita (nemoro-boroherbosa)*) [7]; Ценофонд лесов Европейской России¹. Участок мониторинга, расположенный в условиях элювиальной ландшафтной позиции со слабо выраженным микрорельефом, представляет собой 5 площадок 10 × 10 м, последовательно граничащих друг с другом в направлении С-Ю. Согласно [10], почвенный покров данного участка соответствует дерново-подбурам, которые сформировались на аллювиальных отложениях легкого гранулометрического состава.

Ежегодно в июне проводили геоботанические описания по стандартной методике: определяли видовой состав, общее проективное покрытие ярусов древостоя, подроста и подлеска, травяного и мохового покрова; измеряли диаметр каждого дерева на высоте 1,3 м, пересчитывали число стволов подроста и подлеска по видам и классам высоты; участие каждого вида сосудистых растений определяли по шкале Браун-Бланке [27].

Методы анализа данных. Основное внимание уделено анализу данных видового состава растений травяно-кустарничкового яруса (ТКЯ), онтогенез которых длится от года до нескольких десятков лет, что позволяет использовать их как индикатор краткосрочных изменений условий местообитаний [26]. Помимо анализа изменений видового богатства и соотношения эколого-ценотических групп были выполнены оценки условий местообитания по факторам освещенности, влажности, кислотности и богатства почв с использованием диапозонных экологических шкал Цыганова [26] и точечных шкал Элленберга [28] и Ландольта [29] с учетом обилия. Нормированные оценки условий местообитания по шкалам Цыганова получены с использованием программы EcoScaleWin методом пересечения среднезвешенной середины интервала [4, 9].

Поскольку шкалы разных авторов отличаются диапозонами балловых значений, используемых для оценки условий произрастания видов, то для сравнения полученных результатов дополнительно были рассчитаны нормированные значения соответствующих показателей, которые приведены на рис. 1.

Кроме того, для прояснения сложной динамики показателя богатства почв выполнен анализ изменения числа видов-стенобионтов по фактору богатства почв азотом, как наиболее чувствительных индикаторов

¹ Ценофонд лесов Европейской России: http://cepl.rssi.ru/bio/flora/forestype3_pin_bn.html

изменения экологических условий [11, 12]. Эти оценки выполнены с использованием диапазонных шкал Цыганова. Ранее [8, 11] к стенобионтам по шкале богатства почв отнесены растения с шириной диапазона ≤ 5 баллов (размах шкалы – 11 баллов).

Результаты и обсуждение

Динамика древостоя и подроста

Ярус древостоя в пределах ПП сформирован сосной, березой, елью и липой. Формула основного яруса древостоя на начало наблюдений – 5С4Б1Лп, в конечный срок наблюдений – 6С3Б1Лп + Е. В подросте наиболее многочисленна липа порослевого происхождения.

Число стволов сосны оставалось постоянным во все годы наблюдений, составляя 220 шт. га⁻¹. Сумма площадей поперечного сечения стволов сосны за период 1991–2015 годов возросла с 27 до 36 м² га⁻¹. Численность березы сократилась с 400 до 160 шт. га⁻¹, но суммарная площадь их поперечного сечения (полнота) уменьшилась всего с 25 до 23 м² га⁻¹. У липы наблюдалось как отмирание тонкоствольных деревьев, так и переход из подроста в категорию древостоя, при росте полноты с 7 до 10 м² га⁻¹. Под пологом основного яруса древостоя развивается ель. Число стволов ели, относящихся к категории древостоя, возросло с 40 до 180 шт. га⁻¹ за счет перехода из подроста, но их диаметр – 6–10 см. Суммарная полнота для ели – менее 1 м² га⁻¹.

За годы наблюдений в подросте и подлеске было отмечено 12 видов: клен (*Acer platanoides* L.), лещина (*Corylus avellana* L.), волчегонник (*Daphne mezereum* L.), бересклет (*Euonymus verrucosa* Scop.), крушина (*Frangula alnus* Mill.), жимолость (*Lonicera xylosteum* L.), черемуха (*Padus avium* Mill.), дуб (*Quercus robur* L.), бузина (*Sambucus racemosa* L.), рябина (*Sorbus aucuparia* L.), ель, липа. Подрост сосны и березы отсутствует. Подрост липы, напротив, многочисленный (от 5 до 22 тыс. шт. га⁻¹ в разные годы), но большую часть стволов составляют побеги высотой до 1 м. Численность подроста ели снизилась с 860 до 380 шт. га⁻¹, но средневзвешенная высота выросла со 170 до 260 см. Подрост клена и дуба представлен единичными стволами. В подлеске преобладает лещина, достигающая пяти метров в высоту, число ее стволов варьирует год от года.

Динамика видов травяно-кустарничкового яруса

За все годы наблюдений на ПП было отмечено 55 видов. Число видов напочвенного покрова варьировало по годам от 23 до 33, из них 14 видов постоянно присутствовали в течение всего периода мониторинга, составляя от 42 до 61% видового состава.

Общее проективное покрытие ТКЯ относительно невелико и за годы наблюдений не превышало 35%,

покрытие большинства видов составляет менее 1%. Наибольшим участием обладают ландыш (*Convallaria majalis* L.), звездчатка (*Stellaria holostea*), вейник (*Calamagrostis arundinacea* L.), костяника (*Rubus saxatilis* L.).

Моховой покров на ПП выражен слабо (проективное покрытие менее 5%) и представлен преимущественно *Pleurozium schreberi* (Willd. ex Brid.) Mitt. по валежу.

Анализ изменений условий местообитания

Обработка геоботанических описаний с использованием экологических шкал разных авторов показала схожий характер изменений для условий освещенности, влажности, богатства и кислотности почвы (рис. 1). Выявлено уменьшение освещенности ТКЯ за время наблюдений (рис. 1А) вследствие внедрения под полог основного яруса древостоя липы, ели и лещины, создающих по сравнению с сосной и березой большее затенение. Оценки условий увлажнения показывают незначительное повышение влажности почв (рис. 1С), что, по-видимому, также связано с изменением условий под пологом древостоя в результате затенения.

Изменение условий богатства почв имеет более сложную динамику, в которой можно выделить период некоторого снижения рассчитанных показателей, соответствующий 1991–1998 годам, и последовавший за этим относительный рост балловых значений (рис. 1В). Сложный характер динамики показателей оценки почвенного богатства на фоне монотонного изменения условий освещенности под пологом и влажности почв может быть связан с влиянием внешнего фактора, что требует дополнительного анализа.

Для условий кислотности почвы оценки по экологическим шкалам показывают слабовыраженное повышение балловых значений (рис. 1D), что соответствует снижению кислотности. Эта тенденция может объясняться наблюдающимся изменением качества хвойно-лиственного опада за счет увеличения доли листвы липы и лещины с более высоким содержанием катионов, чем в листьях березы и сосновой хвое [10].

Сравнительный анализ диапазонов толерантности видов, отмеченных на ПП в разные годы наблюдений, показывает их относительно слабую дифференциацию по фактору влажности почв (рис. 2А). Широкая зона перекрытия верхних и нижних границ их диапазонов толерантности свидетельствует о благоприятных условиях влажности почв исследуемого местообитания для всех видов, отмеченных во все сроки наблюдений. По требовательности видов к условиям освещенности перекрытие границ диапазонов составило один балл (график не приводится).

По фактору богатства почв азотом выявлено несовпадение границ толерантности с основным массивом ра-

стений для пяти видов богатых мест обитания: адокса (*Adoxa moschatellina* L.), сныть (*Aegopodium podagraria* L.), купырь (*Anthriscus sylvestris* (L.) Hoffm.), сердечник (*Cardamine impatiens* L.), ежевика (*Rubus caesius* L.), и видов, произрастающих преимущественно на бедных азотом почвах: ортилия (*Orthilia secunda* (L.) House), седмичник (*Trientalis europaea* L.), брусника (*Vaccinium vitis-idaea* L.), фиалки (*Viola collina* Bess., *Viola hirta* L.) (рис. 2В). Следует отметить, что сныть, адокса и ежевика, отсутствовавшие на ПП в начальные сроки наблюдений, появились только в 2000-х годах. По кислотности почв несовпадение границ толерантности с основным массивом растений показано для черники (*Vaccinium myrtillus* L.) (график не приводится).

Анализ динамики стенобионтов с разной требовательностью к богатству почв. На рис. 3 отражено распределение по годам наблюдений стенобионтов с разным предпочтением к богатству почвы: очень бедных мест обитания (баллы 1–5 соответствующей шкалы Цыганова); бедных мест обитания (баллы 3–7); требовательных к богатству почвы (баллы 5–9); наиболее требовательных к азотному питанию (баллы 7–10). Можно отметить, что при сохранении на ПП относительного постоянства присутствия растений бедных азотом местообитаний, число стенобионтов,

требовательных к богатству почвы к последним срокам наблюдений, увеличивается.

Мы предполагаем, что такое разнообразие видов напочвенного покрова по их требовательности к почвенному богатству может быть связано с неравномерным распределением в пространстве ПП подроста и деревьев ели и липы второго яруса, которые формируют хвойно-лиственной опад, отличающийся по своему качественному составу (С/Н и др.) от сосны и березы. Как следствие, создается мозаичность (пространственная неоднородность) кислотности и богатства почвы, что благоприятно для существования большего числа видов. По мнению [32], связь растений напочвенного покрова с качеством древесного листового опада более значима на бедных элементами питания почвах легкого гранулометрического состава, что соответствует почвам ПП.

Сохранению локальных условий обитания растений, малотребовательных к почвенным условиям, отчасти может способствовать и зоогенный фактор. На территории ПТЗ кабаны в поисках корневищ, грибов и насекомых периодически сдирают более плодородный верхний слой почвы до минерального горизонта полосами в 2–4 м² [5], таким образом создавая локусы бедных азотом участков почвы.

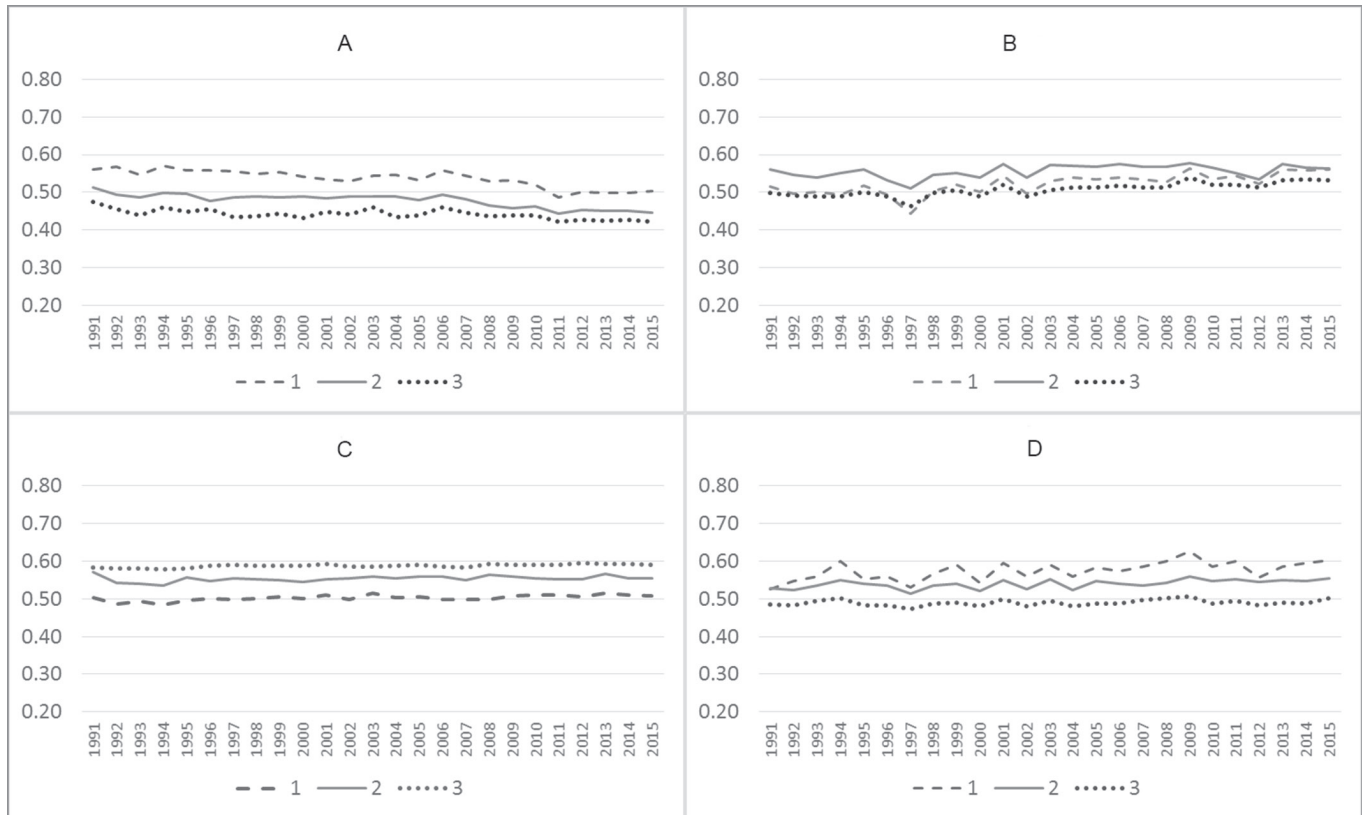


Рис. 1. Динамика условий освещенности (А), богатства почв (В), влажности (С) и кислотности почв (D): нормированные оценки по экологическим шкалам Элленберга (1), Ландольта (2), Цыганова (3); по оси абсцисс – сроки наблюдений, по оси ординат – балл нормированной оценки условий

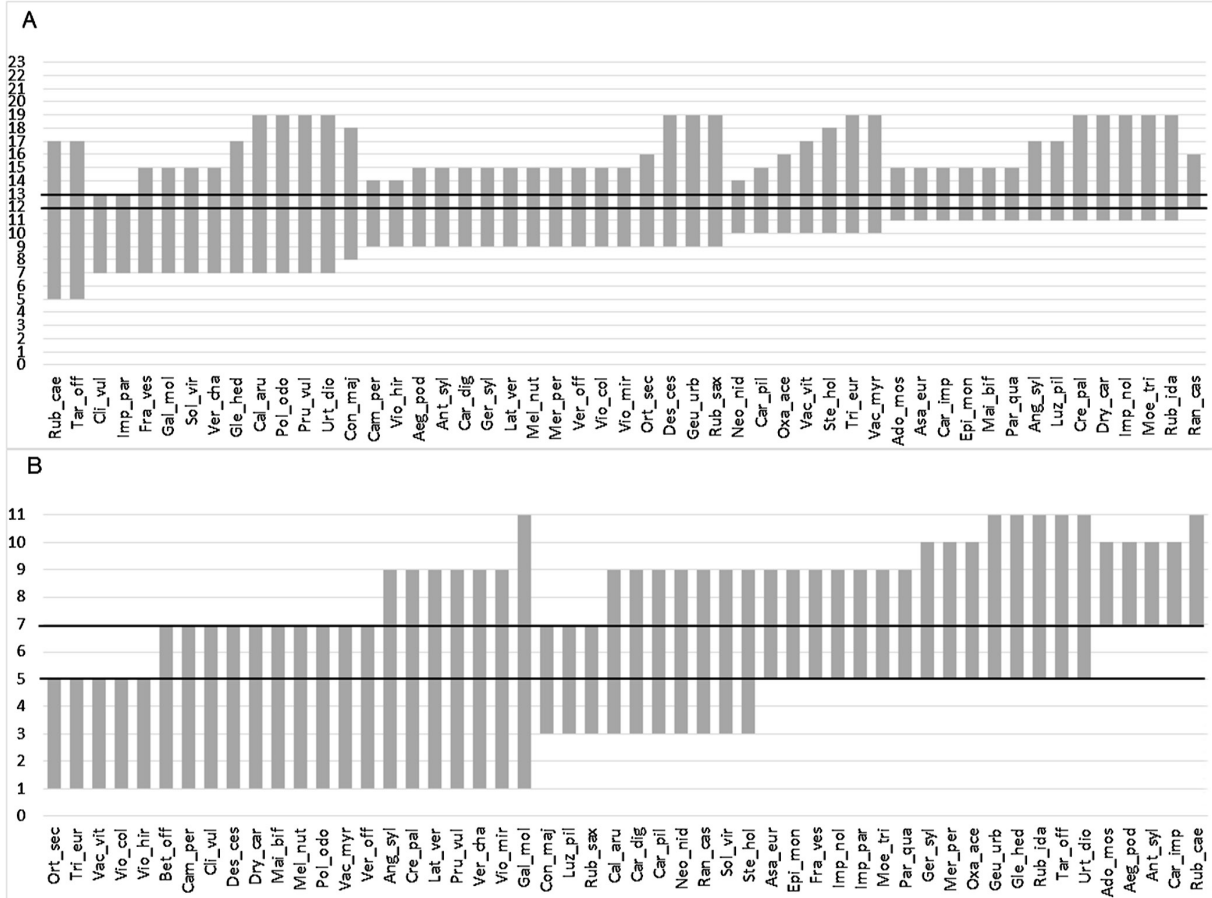


Рис. 2. Ординация растений травяно-кустарничкового яруса по градиентам экологических условий местообитания: А – влажности почв; В – богатства почв азотом; шаг оси ординат – 1 балл по шкале Цыганова; по оси абсцисс – названия растений (полные названия и сокращения даны в Приложении). Горизонтальными линиями показаны зоны перекрытия по минимальной верхней и максимальной нижней границе диапазонов толерантности. Названия и условные обозначения видов см. в приложении после списка литературы

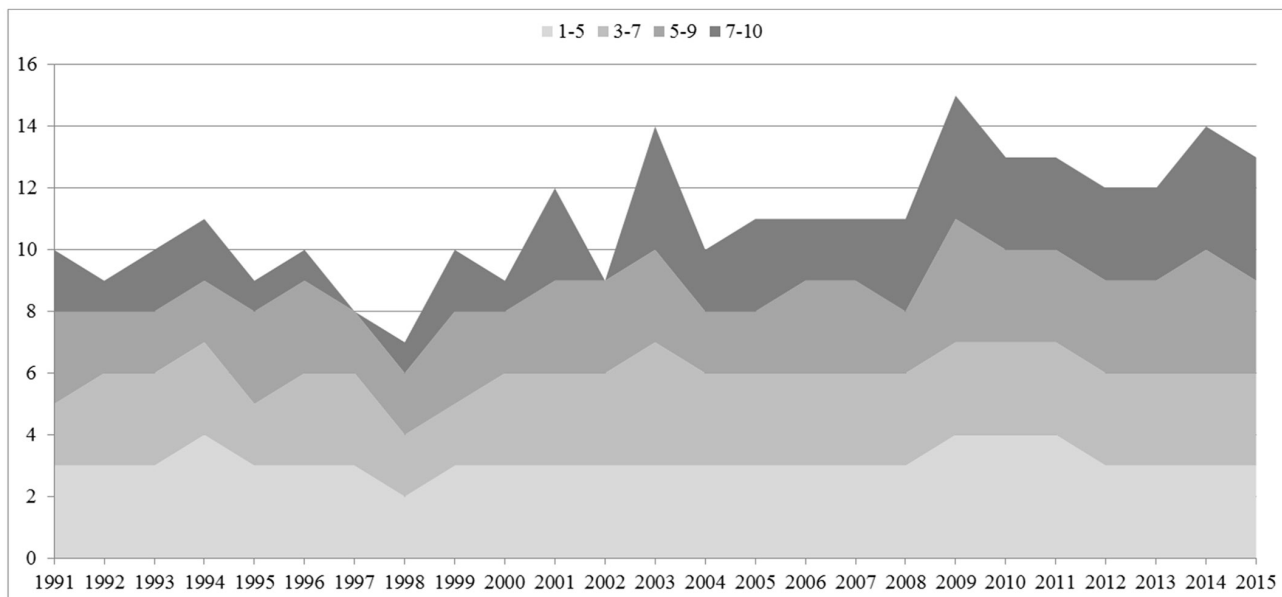


Рис. 3. Динамика видов стенобионтов на пробной площадке: по оси ординат – число стенобионтов разных групп растений по богатству почвы азотом (объяснения в тексте); по оси абсцисс – сроки наблюдений

Также следует отметить периодическое появление на ПП растений богатых условий обитания – одно- и двулетников, таких как сердечник и мерингия (*Moehringia trinervia* (L.) Clairv). Большая семенная продуктивность этих видов позволяет предположить постоянное присутствие их семян в почве, а появление вегетирующих особей в те или иные годы связать с благоприятными условиями для прорастания семян.

Кроме того, мы не исключаем влияния и других факторов, в том числе техногенного [31], на динамику видового состава напочвенного покрова исследуемого лесного фитоценоза, что требует специальных исследований.

Заключение

Представленные в статье данные ежегодных геоботанических описаний растительности, проводившихся в Приокско-Террасном заповеднике на постоянной пробной площади в сосняке сложном, позволили оценить связь сукцессионной динамики древостоя с изменениями в видовом составе напочвенного покрова. Первоначальная структура древесного яруса, сформировавшегося в результате зарастания сосной и березой участка после рубки соснового древостоя, меняется в результате развития елового подроста и перехода елей в состав древостоя и, одновременно, перехода липы из подроста в древостой. За 25-летний, относительно короткий для лесного фитоценоза временной отрезок эти изменения привели к повышению затененности и влажности под пологом древостоя и снижению кислотности почвы, о чем свидетельству-

ют оценки, полученные по результатам анализа динамики видов травяно-кустарничкового яруса с использованием экологических шкал.

Более сложный характер изменений выявлен для показателей богатства почв. Сохраняется присутствие видов, малотребовательных к богатству почвы азотом, таких как ортилия, седмичник, брусника. За исследуемый период появились и закрепились в составе сообщества растения, являющиеся по лесоводственной классификации [3] индикаторами богатых почвенных условий, такие как сныть и вороний глаз четырехлистый (*Paris quadrifolia* L.). Таким образом, в последние годы на ПП одновременно присутствуют виды-стенобионты с неперекрывающимися диапазонами значений экологических ниш по почвенному богатству.

Полученные данные изменения видового состава и экологических условий в сосняке сложном, сформировавшемся на одном из участков Приокско-Террасного заповедника после введения заповедного режима, отражают тенденции естественного развития данного типа лесных фитоценозов в условиях подзоны хвойно-широколиственных лесов.

Благодарности. Авторы благодарят проф., д.б.н. В.Г. Онипченко за возможность работы с данными геоботанического мониторинга, а также коллег, аспирантов и студентов МГУ им. М.В. Ломоносова за помощь в сборе материалов. Работа выполнена в рамках гос. задания ФИЦ ПНЦБИ РАН (тема ИФХиБПП РАН № АААА-А18-118013190176-2).

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Андреева МВ, Онипченко ВГ Многолетний мониторинг растительного сообщества черноольшаника. Труды Приокско-Террасного заповедника. Тула: Аквариус. 2015(6):97-103.
2. Бобровский МВ. Лесные почвы Европейской России: биотические и антропогенные факторы формирования. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010.
3. Воробьев ДВ. Типы лесов Европейской части СССР. Киев: Изд-во АН УССР; 1953.
4. Грохлина ТИ, Ханина ЛГ. Автоматизация обработки геоботанических описаний по экологическим шкалам. Материалы II Всероссийской научной конференции «Принципы и способы сохранения биоразнообразия». Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т.; 2006:87-9.
5. Заболоцкая ЛВ. Интродукция охотничьих зверей и птиц на юге Подмосковья. В кн. Экосистемы Южного Подмосковья (отв. ред. АГ Назаров, ЛВ Заболоцкая). М.: Наука; 1979:198-233.
6. Заугольнова ЛБ. Иерархический подход к анализу лесной растительности малого речного бассейна (на примере Приокско-Террасного заповедника). Ботанический журнал. 1999;84(8):42-56.
7. Заугольнова ЛБ, Морозова ОВ. Типология и классификация лесов европейской России: методические подходы и возможности их реализации. Лесоведение. 2006(1):34-48.
8. Зубкова ЕВ. Изменения соотношения реализованных экологических ниш растений в сообществах при сукцессии. Известия Самарского научного центра РАН. 2009;11(7):1634-9.
9. Зубкова ЕВ, Ханина ЛГ, Грохлина ТИ, Дорогова ЮА. Компьютерная обработка геоботанических описаний по экологическим шкалам с помощью программы EcoScaleWin. Йошкар-Ола: МарГУ; 2008.
10. Иванов ИВ, Шадриков ИГ, Асаинова ЖС, Дмитраков ЛМ. Пространственно-временные соотношения почвенного и растительного покрова на границе южной тайги и смешанных лесов в

- условиях антропогенного воздействия / Почвенные процессы и пространственно-временная организация почв. М.: Наука; 2006. с. 78-97.
11. Комаров АС, Зубкова ЕВ. Динамика распределения экологических ниш в сообществах лесных растений при сукцессии. Математическая биология и биоинформатика. 2012;7(1):152-61.
 12. Комаров АС, Зубкова ЕВ. О стенобионтности и эврибионтности. Известия Самарского научного центра РАН. 2012;14(1):1268-71.
 13. Костенчук НА, Шахова ОВ. Основные типы сосновых лесов Приокско-Террасного заповедника. В кн. Экосистемы Южного Подмосковья (отв. ред. АГ Назаров, ЛВ Заблочкая). М.: Наука; 1979. с. 94-120.
 14. Логофет ДО, Маслов АА. Анализ мелкомасштабной динамики двух видов-доминантов в сосняке чернично-бруснично-долгомошном. II. Неоднородная марковская цепь и осредненные показатели. Ж общ биол. 2018;79(2):135-47.
 15. Маслов АА. Динамика фитоцено-экологических групп видов и типов леса в ходе природных сукцессий заповедных лесов центра Русской равнины. Бюллетень Московского общества испытателей природы. Отдел биологический. 1998;103(2):34-43.
 16. Маслов АА. Сукцессионная динамика древостоя и нижних ярусов в послепожарном 100-летнем сосняке лишайниково-зеленомошном. Лесоведение. 2002;(2):23-9.
 17. Осипов ИН. Топонимика Приокско-Террасного заповедника. Пушино, ОНТИ НЦБИ; 1999.
 18. Заугольнова ЛБ, ред. Оценка и сохранение биоразнообразия лесного покрова в заповедниках Европейской России. М.: Научный мир; 2000.
 19. Пешкова НВ, Андряшкина НИ. К оценке индикаторной роли травяно-кустарничкового яруса в горных фитоценозах Полярного Урала (на примере окрестностей горы Черной). Сибирский экологический журнал. 2009;(5):665-72.
 20. Припутина ИВ, Зубкова ЕВ, Комаров АС. Ретроспективная оценка динамики обеспеченности почв азотом сосновых лесов ближнего Подмосковья по данным фитоиндикации. Лесоведение. 2015;(3):172-81.
 21. Разумовский СМ, Киселева КВ. К характеристике растительности Приокско-Террасного государственного заповедника. Труды по экологии и биогеографии (полное собрание сочинений). М.: Товарищество научных изданий КМК. 2011:395-407.
 22. Рысин ЛП. Растительность некоторых типов леса в Серебряноборском опытном лесничестве. В кн.: Стационарные биогеоценотические исследования в подзоне южной тайги. М.: Наука; 1964. с. 5-12.
 23. Рысин ЛП, Савельева ЛИ, Полякова ГА, Рысин СЛ, Беднова ОВ, Маслов АА. Мониторинг рекреационных лесов. М.: ОНТИ ПНЦ РАН, 2003.
 24. Рысин ЛП, Алексахина ТИ, Быков АВ, Колесников АВ и соавт. Серебряноборское опытное лесничество: 65 лет лесного мониторинга. М.: Товарищество научных изданий КМК, 2010.
 25. Черепанов СК. Сосудистые растения России и сопредельных государств (в пределах бывшего СССР). СПб.: Мир и семья; 1995.
 26. Цыганов ДН. Фитоиндикация экологических режимов в подзоне хвойно-широколиственных лесов. М.: Наука; 1983.
- Общий список литературы/Reference List**
1. Andreyeva MV, Onipchenko VG. [Long-term monitoring of black alder stand]. Trudy Prioksko-Terrasnogo Zapovednika. 2015(6):97–103. (In Russ.)
 2. Bobrovskiy MV. Lesnye Pochvy Yevropeyskoy Rossii: Bioticheskiye i Antropogennyye Faktory Formirovaniya. [Forest Soils of European Russia: Biotic and Anthropogenic factors of Formation]. Moscow: Tovarishchestvo Nauchnykh Izdaniy KMK; 2010. (In Russ.)
 3. Vorobyev DV. Tipy Lesov Yevropeyskoy Chasti SSSR. [Types of Forests in the European Part of the USSR]. Kiev: Izdatelstvo AN USSR; 1953. (In Russ.)
 4. Grokhlina TI, Khanina LG. [Automation of processing of geobotanical descriptions by ecological scales]. In: Materialy II Vsyerossiyskoy Nauchnoy Konferentsii "Printsipy i Sposoby Sokhraneniya Bioraznობraziya". Yoshkar-Ola; 2006. p. 87-9. (In Russ.)
 5. Zabolotskaya LV. [Introduction of hunting animals and birds in the South of the Moscow region]. In: Nazarov AG, Zabolotskaya LV, eds. Ekosistemy Yuzhnogo Podmoskovya. Moscow: Nauka; 1979. p. 198-233. (In Russ.)
 6. Zaugolnova LB. [Hierarchical approach to the analysis of forest vegetation of the small river basin as exemplified with the Prioksko-Terrasny reserve]. Botanicheskiy zhurnal. 1999;84(8):42-56. (In Russ.)
 7. Zaugolnova LB, Morozova OV. [Typology and classification of forests in European Russia: methodological approaches and opportunities for their implementation]. Lesovedeniye. 2006(1):34-48. (In Russ.)
 8. Zubkova YeV. [Changes in the ratio of realized ecological niches of plants in communities during succession]. Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN. 2009;11(7):1634-9. (In Russ.)
 9. Zubkova YeV, Khanina LG, Grokhlina TI, Dorogova YuA. Kompyuternaya Obrabotka Geobotanicheskikh Opisanii po Ekologicheskim Shkalam с Pomoschyu Programmy EcoScaleWin. [Computer Processing of Geobotanical Descriptions on Eco-

- logical Ucales using the EcoScaleWin software]. Yoshkar-Ola: MarGU; 2008. (In Russ.)
10. Ivanov IV, Shadrikov IG, Asainova ZhS, Dmitrakov LM. [Spatio-temporal relations of soil and vegetation cover on the border of the southern taiga and mixed forests under anthropogenic influence]. In: Pochevnyye Protsessy i Prostranstvenno-Vremennaya Organozatsiya Pochv. [Soil Processes and Spatio-Temporal Organization of Soils]. Moscow: Nauka; 2006. p. 78-97. (In Russ.)
 11. Komarov AS, Zubkova YeV. [Dynamics of distribution of ecological niches in forest plant communities during succession]. *Matematicheskaya Biologiya i Bioinformatika*. 2012;7(1):152-61. (In Russ.)
 12. Komarov AS, Zubkova YeV. [On stenobionts and evribionts]. *Izvestiya Samarskogo Nauchnogo Tsentra RAN*. 2012b;14(1):1268-71. (In Russ.)
 13. Kostenchuk NA, Shakhova OV. [The main types of pine forests of the Prioksko-Terrasny nature reserve]. In: Nazarov AG, Zabolotskaya LV, eds. *Ekosistemy Yuzhnogo Podmoskovya*. Moscow: Nauka; 1979. p. 94-120. (In Russ.)
 14. Logofet DO, Maslov AA. [Analyzing the fine-scale dynamics of two dominant species in a *Pol-ytrichum-Myrtillus* pine forest. II. Inhomogeneous Markov chain and the averaged indices]. *Zhurnal Obshchey Biologii*. 2018;79(2):135-47 (In Russ.).
 15. Maslov AA. [Dynamics of ecological species groups and types during natural successions in central Russian preserved forests]. *Biulleten Moskovskogo Obshchestva Ispytateley Prirody Otdel Biologicheskoy*. 1998;103(2):34-43. (In Russ.)
 16. Maslov AA. [Successional dynamics of tree stand and understory in a fire-regenerated *Cladina-Vaccinium* type *Pinus sylvestris* forest]. *Lesovedeniye*. 2002;(2):23-9. (In Russ.)
 17. Osipov IN. *Toponimika Prioksko-Terrasnogo Zapovednika*. [Toponymy of the Prioksko-Terrasny Nature Reserve]. Pushchino: ONTI NTSBI; 1999. (In Russ.)
 18. Zaigolnova LB, ed. *Otsenka i Sokhraneniye Bioraznoobraziya Lesnogo Pokrova v Zapovednikakh Yevropeyskoy Rossii*. [Assessment and Conservation of Forest Cover Biodiversity in Reserves of European Russia]. Moscow: Nauchnyy Mir; 2000. (In Russ.)
 19. Peshkova NV, Andreyashkina NI. [On the assessment of the indicative role of the herb-dwarf shrub layer in mountain phytocenoses of the Polar Urals (with special reference to the environs of the Chernaya mountain)]. *Sibirskiy Ekologicheskoy Zhurnal*. 2009;(5):665-72. (In Russ.)
 20. Pripulina IV, Zubkova YeV, Komarov AS. [Dynamics of nitrogen availability of pine forests of Moscow vicinities based on phytoindication: A retrospective assessment]. *Lesovedeniye*. 2015;(3):172-81. (In Russ.)
 21. Razumovskiy SM, Kiseleva KV. [On vegetation features of the Prioksko-Terrasny state reserve]. In: *Trudy po Ekologii i Biogeografii (Polnoye Sobraniye Sochineniy)*. Moscow: Tovarishestvo Nauchnykh Izdaniy KMK; 2011. p. 395-407. (In Russ.)
 22. Rysin LP. [The vegetation of some forest types in Serebryanoborskiy experimental forest area]. In: *Statsionarnye Biogeotsenoticheskiye Issledovaniya v Podzone Yuzhnoy Taygi*. Moscow: Nauka; 1964. p. 5-12. (In Russ.)
 23. Rysin LP, Saveleva LI, Poliakova GA, Rysin SL, Bednova OV, Maslov AA. *Monitoring Rekreatsionnykh Lesov*. [Monitoring of Recreational Forests]. Moscow: ONTI PNTS RAN; 2003. (In Russ.)
 24. Rysin LP, Aleksakhina TI, Bykov AV, Kolesnikov AV et al. *Serebrianoborskoye Opytnoye Lesnichestvo: 65 Let Lesnogo Monitoringa*. [Serebryanoborskoye Experimental Forestry: 65 Years of Forest Monitoring]. Moscow: Tovarishestvo Nauchnykh Izdaniy KMK; 2010. (In Russ.)
 25. Cherepanov SK. *Sosudistye Rasteniya Rossii i Sopredelnykh Gosudarstv (v Predelakh Byvshego SSSR)*. [Vascular plants of Russia and Neighboring Countries (within the Boederss of Former USSR)]. Saint Petersburg: Mir i Semya; 1995. (In Russ.)
 26. Tsyganov DN. *Fitoindikatsiya Ekologicheskikh Rezhimov v Podzone Khvoyno-Shirokolistvennykh Lesov*. [Phytoindication of Ecological Conditions in the Subzone of Coniferous and Broad-Leaved Forests]. Moscow: Nauka; 1983. (In Russ.)
 27. Braun-Blanquet J. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationkunde*. Wien, New York; 1964.
 28. Ellenberg H, Weber HE, Düll R, Wirth V, Werner W, Paulißen D. *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*. [Indicator values of plants in Central Europe]. *Scripta Geobotanica*. V. 18. Verlag Erich Goltze KG, Göttingen; 1991.
 29. Landolt E. *Okologische Zeigerwerte zur Sweizer Flora*. *Veroff Geobot Ins. ETH. Zurich*. 1977;64:1-208.
 30. Naaf T, Kolk J. Initial site conditions and interactions between multiple drivers determine herb-layer changes over five decades in temperate forests. *Forest Ecol Manag*. 2016;366:153-65. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.01.041>.
 31. Pripulina I, Zubkova E, Shanin V, Smirnov V, Komarov A. Evidence of plant biodiversity changes as a result of nitrogen deposition in permanent pine forest plots in central Russia. *Ecoscience*. 2014;21(3-4):286-300.
 32. Van Oijen D, Feijen M, Hommel P, den Ouden J, de Waal R. Effects of tree species composition on within-forest distribution of understory species. *Appl Veg Sci*. 2005;8:155-66.

Приложение. Названия и условные обозначения видов на рис. 2 (латинские названия даны по [25])

Название латинское	Название русское	Сокращение
<i>Adoxa moschatellina</i> L.	Адокса мускусная	AdMos
<i>Aegopodium podagraria</i> L.	Сныть обыкновенная	AegPo
<i>Anemone ranunculoides</i> L.	Ветреница лютичная	AnemRan
<i>Angelica sylvestris</i> L.	Дудник лесной	AngSylv
<i>Anthriscus sylvestris</i> (L.) Hoffm.	Купырь лесной	AntSyl
<i>Athyrium filix-femina</i> (L.) Roth	Кочедыжник женский	AthF-f
<i>Asarum europaeum</i> L.	Копытень европейский	AsEur
<i>Betonica officinalis</i> L.	Буквица лекарственная	BetOff
<i>Calamagrostis arundinacea</i> (L.) Roth	Вейник тростниковидный	CalAr
<i>Campanula persicifolia</i> L.	Колокольчик персиколистный	CamPer
<i>Cardamine impatiens</i> L.	Сердечник недотрога	CarImp
<i>Carex digitata</i> L.	Осока пальчатая	CarDig
<i>Carex pilosa</i> Scop.	Осока волосистая	CarPil
<i>Crepis paludosa</i> (L.) Moench	Скерда болотная	CrepPal
<i>Clinopodium vulgare</i> L.	Пахучка обыкновенная	ClinV
<i>Convallaria majalis</i> L.	Ландыш майский	ConMaj
<i>Crepis paludosa</i> (L.) Moench	Скерда болотная	CrepPal
<i>Deschampsia cespitosa</i> (L.) Beauv.	Луговик дернистый	DesCes
<i>Dryopteris carthusiana</i> (Vill.) H.P. Fuchs	Щитовник шартский	DrCart
<i>Epilobium montanum</i> L.	Кипрей горный	EpiMon
<i>Fragaria vesca</i> L.	Земляника обыкновенная	FrVes
<i>Galium mollugo</i> L.	Подмаренник мягкий	GaMol
<i>Geranium sylvaticum</i> L.	Герань лесная	GerSyl
<i>Geum rivale</i> L.	Гравилат речной	GeRiv
<i>Geum urbanum</i> L.	Гравилат городской	GeUrb
<i>Glechoma hederacea</i> L.	Будра плющевидная	GIHed
<i>Impatiens noli-tangere</i> L.	Недотрога обыкновенная	ImpN-Tan
<i>Lathyrus vernus</i> (L.) Bernh.	Чина весенняя	LatVer
<i>Luzula pilosa</i> (L.) Willd.	Ожика волосистая	LuzPi
<i>Maianthemum bifolium</i> (L.) F. W. Schmidt	Майник двулистный	MaBi
<i>Melica nutans</i> L.	Перловник поникающий	MelNu
<i>Mercurialis perennis</i> L.	Пролестник многолетний	MerPer
<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	Мерингия трехжилковая	MoeTr
<i>Neottia nidus-avis</i> (L.) Rich.	Гнездовка настоящая	NeNid-av
<i>Orthilia secunda</i> (L.) House	Ортилия однобокая	OrtSec
<i>Oxalis acetosella</i> L.	Кислица обыкновенная	OxAc
<i>Paris quadrifolia</i> L.	Вороний глаз четырехлистный	PaQ
<i>Poa trivialis</i> L.	Мятлик обыкновенный	PoaTriv
<i>Polygonatum odoratum</i> (Mill.) Druce	Купена душистая	PolOd
<i>Prunella vulgaris</i> L.	Черноголовка обыкновенная	PruVul
<i>Ranunculus cassubicus</i> L.	Лютик кашубский	RanCas
<i>Rubus caesius</i> L.	Ежевика	RubCaes
<i>Rubus idaeus</i> L.	Малина обыкновенная	RubId
<i>Rubus saxatilis</i> L.	Костяника	RubSax
<i>Selinum carvifolia</i> (L.) L.	Гирча тминолистная	SelCarv
<i>Solidago virgaurea</i> L.	Золотарник обыкновенный	SolVirg
<i>Stellaria holostea</i> L.	Звездчатка жестколистная	StHol
<i>Stellaria media</i> (L.) Vill.	Звездчатка средняя	StMed
<i>Taraxacum officinale</i> Wigg.	Одуванчик лекарственный	TarOff
<i>Trientalis europaea</i> L.	Седмичник европейский	TriEur
<i>Urtica dioica</i> L.	Крапива двудомная	UrDio
<i>Vaccinium myrtillus</i> L.	Черника	VacMyr
<i>Vaccinium vitis-idaea</i> L.	Брусника	VacV-id
<i>Veronica chamaedrys</i> L.	Вероника дубравная	VerCh
<i>Veronica officinalis</i> L.	Вероника лекарственная	VerOff
<i>Viola collina</i> Bess.	Фиалка холмовая	VioCol
<i>Viola hirta</i> L.	Фиалка опушенная	ViolHir
<i>Viola mirabilis</i> L.	Фиалка удивительная	ViMir

ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫНОСЯЩЕЙ (ПЕРЕОТЛОЖНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРОТА ЕВРОПЕЙСКОГО (*TALPA EUROPAEA*, L) В ТАЕЖНОМ БИОГЕОЦЕНОЗЕ

Е.Н. Пилипко^{1*}, Н.Н. Харченко², В.С. Вернодубенко¹

¹ Вологодская государственная молочнохозяйственная академия имени Н.В. Верещагина, Вологда;

² Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова, Воронеж

* Эл. почта: Karlovna@ukr.net

Статья поступила в редакцию 01.08.2020; принята к печати 07.12.2020

Кротовые выбросы (кротовины) представляют собой перемешанные поверхностные слои почвы, в которых наблюдается положительная динамика основных физико-химических свойств почвы – снижение плотности, влажности, кислотности и увеличение содержания органического вещества (гумуса), особенно в первые 3 месяца после образования выбросов. В результате исследований были определены наиболее предпочитаемые для крота европейского (*Talpa europaea*) биогеоценозы Вологодской области. Наиболее заселенными оказались лесные биогеоценозы с влажными участками на опушках леса и на пограничных лесных территориях. Также крот предпочитает смешанные молодняки на вырубках. Одним из лимитирующих факторов выносящей деятельности крота является гранулометрический состав почвы. Выявлено, что крот охотнее осваивает территории с легкими и средними суглинками, в то время как на участках с более легкими супесчаными и тяжелыми суглинистыми почвами активность крота снижается. Получены данные о площади повреждений кротом почвенного покрова в разных лесных биоценозах. Одним из положительных факторов деятельности крота является создание благоприятных условий для восстановления растительных сообществ на антропогенно-нарушенных территориях (вырубках) в результате качественных улучшений физико-химических свойств почвы.

Ключевые слова: крот европейский, средообразующая деятельность, выносящая (переотложная) деятельность, гумус.

THE SOIL-FORMING SIGNIFICANCE OF THE EXCAVATING (REDEPOSITING) ACTIVITY OF THE EUROPEAN MOLE (*TALPA EUROPAEA*, L) IN A TAIGA BIOGEOCENOSIS

Ye.N. Pilipko^{1*}, N.N. Kharchenko², V.S. Vernodubenko¹

¹ Vologda State Dairy Academy named after N.V. Vereschagin (Vologda) and ² Voronezh State Forestry University named after G.N. Morozov (Voronezh), Russia

* E-mail: Karlovna@ukr.net

The soil discharges made by moles (molehills) consist of mixed superficial soil layers where the main physicochemical parameters of soil show beneficial changes, including reduced density, moisture and acidity and increased humus content, especially during the first three months after molehill formation. In the present study, the biocenoses most preferred by the European mole (*Talpa europaea*, L) in Vologda Region have been determined. Most avidly inhabited by moles were moistened areas at forest edges and mixed young growths on glades. A limiting factor of the excavating activity of moles is soil grain-size composition. Moles prefer light and middle-density loams where its activity is high than in areas with light sandy loams and heavy loams. Data on the areas modified by moles in different sylvan biocenoses have been obtained. A positive effect of mole activities is facilitating the beneficial conditions for the restoration of plant communities destroyed by deforestation.

Keywords: European mole, soil transformation, excavating activity, humus.

Введение

Млекопитающие, обитающие в разных биогеоценозах, играют специфические роли в формировании консортивных биогеоценологических и межэкосистемных связей [10–13, 33, 34, 36]. Норная деятельность мелких млекопитающих (грызуны и насекомоядные) относится к механическому типу воздействия, рою-

щему классу, пронизывающему или выносящему (переотложному) виду деятельности [11].

Крот обыкновенный (*Talpa europaea*, L) – типичный геобионт, передвигающийся в основном по норной системе в почве в местах высокой концентрации насекомых, которыми он питается [22–26]. По результатам средообразующей деятельности крот отличается

от остальных представителей насекомоядных и от мышевидных грызунов не просто прокладкой норной сети, но и образованием почвенных выбросов и приповерхностных тоннелей (ходовых валиков).

Рядом исследователей описаны роющая деятельность крота и ее последствия для компонентов лесных экосистем широколиственных лесов и в степной зоне России и Украины [1, 2, 4–6, 14–16]. Настоящее исследование восполняет недостаток внимания к антропогенно-нарушенным таежным биогеоценозам Северо-Запада.

Объект и методы исследования

Нами рассматривалась не норная сеть как самостоятельный элемент лесного биогеоценоза, а побочный эффект ее образования – почвенные выбросы. Роющая деятельность крота обыкновенного определялась путем закладки круговых реласкопических площадок площадью 10 м^2 ($R = 1,78 \text{ м}$), расположенных друг от друга на расстоянии 5 м. Число площадок зависит от типа и площади всего пробного участка, но площадь учета должна составлять не менее 3% всей его площади.

В период с 2012 по 2016 год в весенне-летне-осенний периоды в разных биогеоценозах были проведены исследования активности крота и физико-химических параметров вынутой им почвы. Зимой активность зверька и масштаб пороев не исследовались, также не отбирались пробы почвы для лабораторного анализа. Таким образом, при исследовании активности крота в учеты весеннего сезона автоматически входили и зимние повреждения почвы зверьком.

В мае 2012 года на пробных площадках были отмечены имеющиеся выбросы, а в мае 2013-го были обмеряны новые выбросы. Были отмечены несколько свежих выбросов и далее периодически отбирали в них почвенные пробы для исследований на физико-химические параметры почвы в зависимости от возраста пороев по классификации А.Е. Пахомова [11]: свежие – до 1 месяца, средние – от 4 до 6 месяцев и старые – от 12 месяцев и больше.

Масштаб повреждений (см^2) рассчитывался по формулам: площадь $S = \pi Rr$, где R – большая полуось, r – малая полуось основания выброса; объем $V = 1/3 \times S \times h$, где S – площадь основания выброса, h – высота выброса.

Обработку и подготовку образцов почвы к исследованиям проводили по А.Н. Орлову [9] и Е.В. Ариуншикиной [3]. Анализ почвы проводился в Федеральном государственном учреждении государственного центра агрохимической службы «Вологодский» в аккредитованной испытательной лаборатории. Полевую плотность почвы и естественную влажность определяли по Н.А. Качинскому [7], содержание гумуса – по И.В. Тюрина [3]. При статистической обработке результатов исследования применялось учебное пособие Р.С. Хамитова [21].

Результаты и обсуждение

Разные виды животных-почвороев имеют годичную активность, свойственную только для конкретного биотопа. Показатель активности деятельности почвороев эквивалентен масштабу выбросов зверьком почвы за 1 год. Нами рассмотрена годичная активность крота (*Talpa europaea*, L) для разных групп биогеоценозов, как почвороя-пионера в лесных биогеоценозах и в молодых смешанных лиственно-хвойных молодняках на вырубках (см. табл.).

Масштаб кротовин в смешанных молодняках, образованных на вырубках, достоверно выше ($p < 0,01$ по критерию Стьюдента), чем в возрастных лесных биогеоценозах на всех почвах, кроме слабоподзолистых на свежих песках.

В биогеоценозах, чрезмерно сухих или, наоборот, болотистых, а также в местах с супесчаной почвой количество пороев сравнительно низкое. Также некоторые закономерности есть в объеме пороев: на суглинистых почвах бугорки крупнее, чем на супесях. Наиболее предпочитаемыми биогеоценозами для крота оказались смешанные лиственно-хвойные молодняки. Из всех рассматриваемых биогеоценозов наибольшая площадь под выбросами ($63,5 \text{ м}^2/\text{га}$) при объеме ($6,1 \text{ м}^3/\text{га}$) выявлены в березняке долгомошно-сфагновом на сильноподзолистых суглинках. В супесчаных почвах, преимущественно в сосновых типах леса, интенсивность деятельности *Talpa europaea* была низкой, что связано с легким гранулометрическим составом супесчаных почв, осыпающихся при строительстве норных тоннелей. Так, самая минимальная площадь выбросов ($10,6 \text{ м}^2/\text{га}$) и объем кротовин ($0,4 \text{ м}^3/\text{га}$) зафиксированы в 120-летнем сосняке черничном с свежими, сильноподзолистыми почвами на рыхлых песках.

Превышение площади выбросов и размеров кротовин в смешанных молодняках может быть связано с тем, что корневая система молодых деревьев еще недостаточно развита, а значит, занимает незначительный объем в почвенном горизонте, в отличие от лесов в возрасте 60–120 лет. В молодняках животным-норникам прокладывать ходы легче, поэтому крот прокладывает более обширную норную сеть, в результате чего больший объем почвы выбрасывается на поверхность. С другой стороны, почвенные выбросы (кротовины) из супесчаной почвы по сравнению с суглинками недолговечны по причине быстрой осыпаемости и легкой промываемости супеси под действием осадков.

Отмечены сезонные особенности активности крота. В ельнике кисличном, черничном и приручейно-крупнотравном, не подверженным рубкам, активность наблюдается в весенний и летний периоды. В сосняках активность рытья не имеет четкой тенденции. На территории зарастающих вырубков наибольшая активность приурочена в основном к весеннему сезону, что может быть связано с быстротой солнечного прогре-

Масштаб выносящей (переотложной) деятельности крота обыкновенного (*Talpa europaea*, L) в различных биогеоценозах*

Тип леса	Возраст, лет	Тип почвы по гранулометрическому составу	S (м ² /га)**	V (м ³ /га)**	Число кротовин в расчете на 1 га
Ельник кисличный	70–80	Дерново-среднеподзолистые легкосуглинистые	28,7 ± 3,5	2,2 ± 0,6	409
Осинники кислично-широколистравные	10		50,2 ± 11,0	3,7 ± 1,2	636
Ельник черничный свежий	80–90	Сильноподзолистые суглинистые	28,3 ± 12,1	2,5 ± 1,7	773
Березняки долгомошно-сфагновые	12		63,5 ± 15,4	6,1 ± 2,1	591
Ельник приручейно-крупнотравный	75–80	Торфяно-подзолистые глеевые суглинистые	22,6 ± 5,4	1,5 ± 0,6	836
Осинники приручейно-крупнотравные	12		32,2 ± 7,6	2,4 ± 0,9	717
Сосняк черничный	120	Свежие, сильноподзолистые на рыхлых песках	10,6 ± 1,8	0,4 ± 0,1	910
Осинники чернично-мелкотравные	9		25,6 ± 7,7	2 ± 1	770
Сосняк кисличный	90–110	Слабоподзолистые на свежих песках	14,1 ± 2,2	0,7 ± 0,2	836
Осинники кислично-мелкотравные	11		16 ± 4	0,9 ± 0,4	773

Примечания: * для каждого типа почвы в верхней строке указан тип леса, в нижней – смешанные лиственно-хвойные молодняки, образованные на территории вырубок, которым соответствует указанный тип леса; ** среднее ± ошибка среднего.

вания данных территорий по сравнению с лесными территориями, на которых в это время (март–апрель) еще нередко лежит снег. Летом активность крота на вырубках снижается из-за инсоляции, но в осинниках приручейно-крупнотравных активность крота в летний период, наоборот, возрастает.

Отмечено положительное влияние деятельности крота на полевую плотность почвы, которая снижается в среднем в 7 раз в суглинистой и в 10 раз в супесчаной почвах на глубину до 10, а иногда и до 40 см. Плотность корнеобитаемого слоя почвы оказывает прямое влияние на рост и развитие растений.

Естественная влажность в свежих почвенных выбросах на 0,5–1% выше, чем в контрольной почве. В кротовых выбросах до 6 месяцев влажность снижается на 0,37–1,74%. В старых пороях (от 1 года и более) влажность несколько превышала контроль (в

среднем на 0,42–0,89%) в суглинистых почвах. В супесчаных почвах влажность на выбросах не отличается от контроля. Разница в процентах полевой влажности зависит от гранулометрического состава почвы: чем он тяжелее, тем выше процент влажности после промачивания водой и медленнее просыхание и выветривание в последующие дни.

Млекопитающие-норники оказывают влияние на химические свойства почвы из-за переотложения почвенного материала, перемешивания почвенных слоев с разными показателями химических элементов и интенсификации разложения органических веществ под воздействием изменения физико-термического режима, что приводит к обогащению почвы гумусом.

Содержание гумуса выше в свежих выбросах в более тяжелых по гранулометрическому составу почвах (рис. 1).

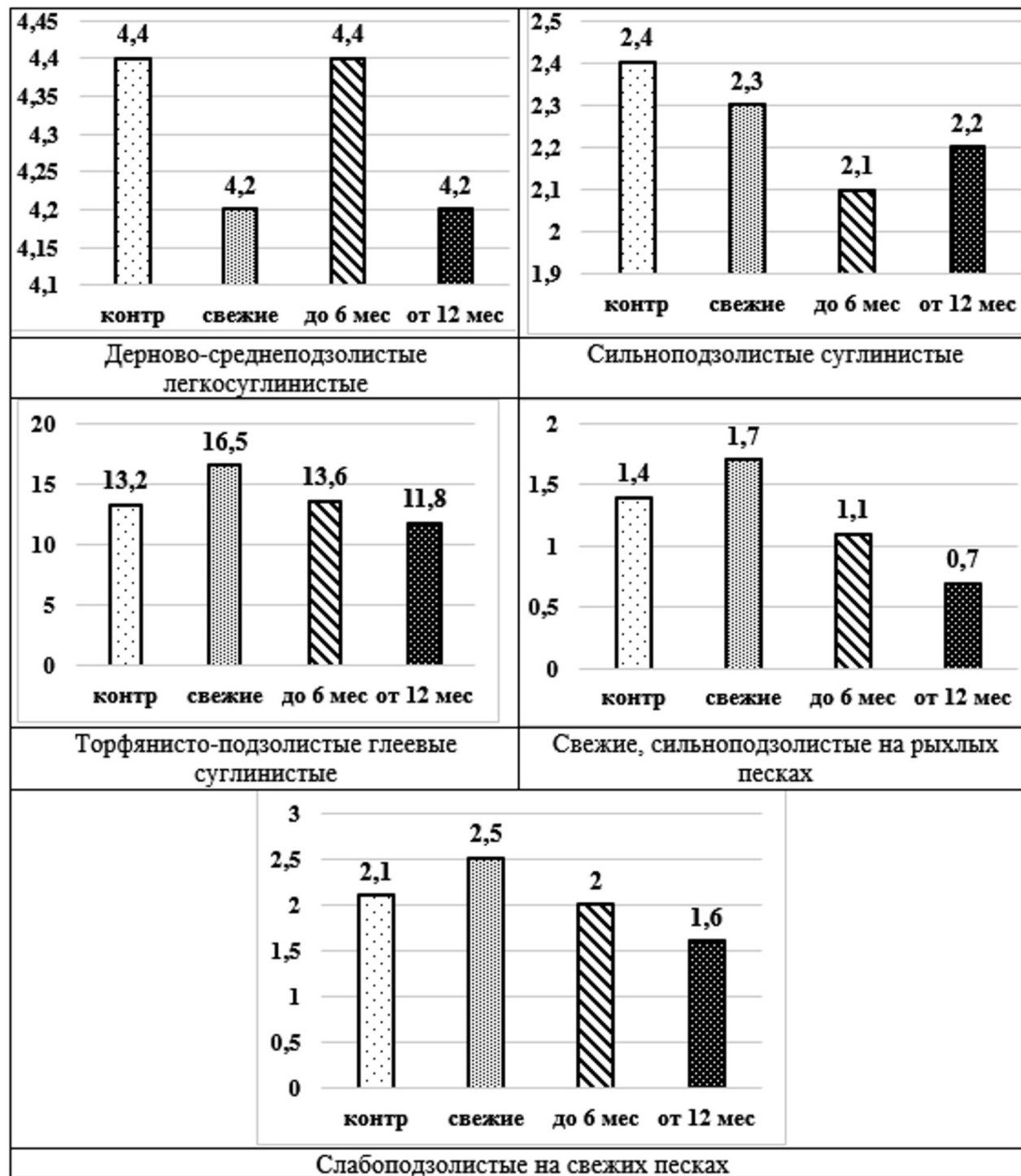


Рис. 1. Влияние роющей деятельности крота на содержание гумуса (%) в разных типах почв. Ось абсцисс – возраст кротовин, ось ординат – содержание гумуса в почвах

Со временем содержание органического вещества в выбросах снижается как в супесчаных, так и в суглинистых почвах. Это связано с тем, что почвенная органика, выносимая из богатых гумусов слоев почвы на ее поверхность в виде кротовых выбросов, под-

вержена влиянию внешних факторов. В Вологодской области одним из лимитирующих почвообразующих факторов является избыточное увлажнение, которое ведет к вымыванию гумуса вниз по почвенному профилю.

В целом, изменение содержания гумуса в выбросах на протяжении всего периода исследований, то есть от появления выброса (стадия свежие) до 12 месяцев и более (стадия среднего и старого выброса) меняется мало. Несущественная разница между контролем и свежими выбросами объясняется тем, что контрольные почвы для лабораторного анализа отбирались на глубину до 20 см в перемешанном виде, то есть без разделения на генетические горизонты, с целью максимального приближения условий контроля и опыта, так как, по многим литературным данным, крот роет норы чаще всего на глубину до 20 см, выбрасывая на поверхность почву в перемешанном виде.

Воздействие роющей деятельности млекопитающих на растительность начинается с появления первых выбросов почвы. Процесс перемешивания нескольких горизонтов, в том числе слоя с высоким содержанием органического вещества, положительно влияет на физико-химические свойства почвы, что в дальнейшем благоприятно сказывается на росте и развитии растений. Состав растений на выбросах землероев неоднороден. Известно зарастание выбросов злаками [27, 28, 32], кустарниками, полукустарниками [30], а также деревьями: сосной [31], пихтой [29, 35] и, по нашим данным, сосной, елью, осиной и березой.

Начиная с работ А.Н. Формозова [17–20] и Е.М. Лавренко [8], сложилось представление о своеобразных сукцессиях растительности на выбросах животных: первоначально разрастаются сорные растения, характерные для участков с нарушенным почвенным покровом, а затем идет постепенная замена их типичными для данной зоны представителями злаков и разнотравья. Со временем эти растительные сообщества сменяют древесно-кустарниковые представители биогеоценоза.

Роющая деятельность крота в биогеоценозах разных географических зон существенно различается в одних показателях и демонстрирует одинаковые тенденции в других. Масштаб кротовин в степных лесах в среднем в 2–2,5 раза больше, чем в таежных биогеоценозах. Так, по нашим данным, максимальное количество кротовых выбросов (910 на 1 га) зафиксировано в сосняке черничном на свежих, сильноподзолистых рыхлых песках, а в степных лесах наибольшее число выбросов (2863 на 1 га) выявлено в пойменных дубравах на серых лесных почвах [13]. В степных лесах, как и в таежных, крот отдает предпочтение свежим и влажным местообитаниям. Размер кротовин в степных биогеоценозах гораздо больше, чем в лесных. Площадь свежих выбросов крота в степной зоне 530 см², а иногда и больше, что значительно превышает площадь и наиболее крупных кротовин таежных биогеоценозов Северо-Запада.

Выброшенный на поверхность почвенный материал в несколько раз менее плотный, чем верхний 10-сан-

тиметровый почвенный горизонт в контроле [11]. По данным А.Е. Пахомова, плотность почвы в кротовых выбросах ниже, чем в контрольных почвах, примерно в 1,3 раза. Как и в таежных биогеоценозах, в тяжелых суглинистых почвах на плакоре степной зоны количество кротовин и их объем несколько выше, чем в супесях на арене. Изменение химических свойств в почвах под влиянием роющей деятельности крота неоднородно. Несмотря на то что в почвах степных лесов при пересчете на 1 га существенных отличий содержания гумуса под кротовинами и без них (контроль) не выявлено, средообразующая деятельность крота очевидна и заключается в перемешивании гумусовых слоев со слоями с низким содержанием гумуса.

В лесных биогеоценозах под воздействием абиотических и биотических факторов кротовые выбросы постепенно разрушаются и сравниваются с землей, обогащаются гумусом и зарастают растительностью. Этот процесс положительно влияет на лесную экосистему в отличие от степных и луговых биогеоценозов, в которых просохшие кротовые холмики заселяются муравьями и со временем становятся высокими спрессованными кочками.

Заключение

Средообразующая роль крота европейского рассматривается не однозначно. В агроценозах и частных огородных хозяйствах крот воспринимается преимущественно как вредитель и подвергается интенсивному уничтожению. Прокладывая ходы, крот способен подрывать корни плодовых деревьев и кустарников. А огородные растения крот зачастую перемешивает вместе с почвой, при этом масштаб роющей деятельности крота на открытых территориях впечатляет. Также крот наносит ущерб садам и огородам, уничтожая полезных дождевых червей и лягушек. Даже после миграции крота с участка в его норной системе поселяются другие виды мелких млекопитающих, например, полевки, которые продолжают наносить вред.

Но в естественных лесных биогеоценозах роющая, рыхлительная и выносящая (переотложная) деятельность крота способствует круговороту элементов, улучшающему характеристики почвы. Несмотря на незначительное отличие содержания гумуса в кротовых выбросах и в контрольных почвах, лимитирующим фактором остается процесс взрыхления почвы и равномерное распределение в ней органического вещества. Таким образом, вынося на поверхность даже небольшие по массе точечные перемешанные почвенные слои, крот может оказывать существенное положительное влияние на физико-химические параметры почвы, способствуя в дальнейшем лесовосстановлению. Особенно ценной роль крота, с учетом масштаба переложки почвы, может быть в антропогенно-нарушенных экосистемах после лесозаготовительной деятельности.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Абатуров БД. Влияние роющей деятельности крота (*Talpa europaea* L.) на круговорот веществ в лесном биогеоценозе. Докл АН СССР. 1966;168(4):935-937.
2. Абатуров БД, Бязрова ЕА. Значение роющей деятельности крота в широколиственном лесу. Лесоведение. 1967;(3):44-59.
3. Аринушкина КВ. Руководство по химическому анализу почв. М.: МГУ; 1970.
4. Бубличенко АГ. Разработка системы оценки биоразнообразия для интенсивной модели лесного хозяйства. Автореф... дисс. канд. биол. наук. Санкт-Петербург; 2005.
5. Булахов ВЛ. Влияние роющей деятельности крота на физикохимические свойства почв лесов степной зоны юго-востока УССР. Мат. V Всесоюз. совещ. по проблемам почвенной зоологии. Вильнюс; 1975. с. 85-7.
6. Быков АВ. Норная сеть мелких млекопитающих как биогеоценотическая составляющая почвенного яруса лесных экосистем. Автореф. дисс. ... докт. биол. наук. Москва: Институт лесоведения РАН; 2005.
7. Качинский Н. А. Физика почв. М.; 1965;1:155-61;1970;2:88.
8. Лавренко ЕМ. Микрокомплексность и мозаичность растительного покрова степей как результат жизнедеятельности животных и растений. Тр. ботан. ин-та им. В.Л. Комарова АН СССР. Геоботаника. 1952;3(8):40-70.
9. Орлова АН. Электрометрическое определение или определение рН с помощью рН-метров. В кн.: Пособие по проведению анализов почв и составлению агрохимических картограмм. М.: Россельхозиздат; 1969. с. 53-71.
10. Пахомов АЕ. Влияние роющей деятельности крота на перераспределение микроэлементов в пойменных лесных биогеоценозах степного Приднепровья. Проблемы почвенной зоологии: материалы 10-го Всесоюзного совещания. Новосибирск; 1991. с. 138.
11. Пахомов АЕ. Роющая деятельность млекопитающих как фактор стабилизации лесных почв. Экологія і медицина. 1998;(3):13.
12. Пахомов АЕ. Механический тип воздействия крота на эдафотоп как фактор изменения фиторазнообразия в пойменных степных лесах Присамарья Днепропетровского. Вісник Дніпропетровського університету: Біологія, екологія. 2003;11(2):137-40.
13. Пахомов АЕ, Булахов ВЛ, Бобылев ЮП. Характер, величина и масштабы роющей деятельности крота в долинных лесах степной Украины. В кн.: Охрана и рациональное использование защитных лесов степной зоны. Днепропетровск: ДГУ; 1987. с. 106-14.
14. Полушина НА. Роющая деятельность млекопитающих на полонинах Карпат. В кн.: Роль животных в функционировании экосистем. М.: Наука; 1975. с. 119-21.
15. Русаков ОС. О некоторых особенностях роющей деятельности крота. В кн.: Средообразующая деятельность животных. М.: МГУ; 1970. с. 78-9.
16. Скляр ГЕ. К вопросу о деятельности крота в почвах дерново-подзолистой зоны. Почвоведение. 1953; (8):51-7.
17. Формозов АН, Воронов АГ. Деятельность грызунов на пастбищах и сенокосных угодьях Западного Казахстана и ее хозяйственное значение. Ученые записки МГУ. 1939; (20):3-112.
18. Формозов АН, Кирис (Просвирина) ИБ. Деятельность грызунов на пастбищах и сенокосах. II. Наблюдения над грызунами – вредителями выгонов и сенокосов Южной Украины. Уч. записки МГУ. 1937;(13):59-70.
19. Формозов АН, Кирис (Просвирина) ИБ. Деятельность грызунов на пастбищах и сенокосах. III. Влияние общественной полевки *Microtus socialis* и некоторых других грызунов на растительность Кизлярского района Дагестанской АССР. Уч записки МГУ. 1937; (6):70-3.
20. Формозов АН, Просвирина ИБ. К вопросу о взаимоотношениях грызунов на пастбищах и сенокосных угодьях. Бюлл Моск общ испыт природы Отд биол. 1935;44(2):82-9.
21. Хамитов РС, Авдеев ЮМ. Моделирование экосистем: Учебное пособие. Вологда: ИЦ ВГМ-ХА; 2011.
22. Харченко НН. Спектры жизненных форм норных зверей антропогенно трансформированных территорий центра Русской равнины. Лесной вестник. 2005(6);39-41.
23. Харченко НН. Структура, размеры поселений и индивидуальных участков норных зверей Среднего Подонья. Лесной вестник. 2003;(5):68-71.
24. Харченко НН. Экологические группы норных зверей центральной лесостепи и их реакции на хозяйственное освоение ландшафтов. Лесотехнический журнал ВГЛТУ. 2014;(2):94-104.
25. Харченко НН. Норные звери Среднего Подонья. Белгород-Воронеж: Изд-во БелГУ; 2002.
26. Юдин БС. Архитектура гнезда сибирского крота. Изв СО АН СССР. Биология; 1970;15 (5):98-103.

Общий список литературы/Reference List

1. Abaturov BD. [Influence of the burrowing activity of the mole (*Talpa europaea* L.) on the circulation of substances in a forest biogeocenosis]. Dokl AN SSSR. 1966;168(4):935-937. (In Russ.)
2. Abaturov BD, Biazrova YeA. [Significance of the mole burrowing activity in a broad-leaved forest]. Lesovedeniye; 1967;(3):44-59. (In Russ.)
3. Arinushkina KV. Rukovodstvo po Khimicheskomu Analizu Pochv. [Manual of the Chemical Analysis of Soils]. Mjscow: MGU; 1970. (In Russ.)
4. Bublichenko AG. [Development of a biodiversity assessment system for an intensive forestry model]. Candidate of Sciences Theses. Saint Petersburg; 2005. (In Russ.)
5. Bulakhov VL. [Influence of mole burrowing activity on the physical and chemical properties of forest soils in the steppe zone of the Southeast of the USSR]. In: Problemy Pochvennoy Zoologii. Vilnius; 1975a; p. 85-7. (In Russ.)
6. Bykov AV. [Burrowing network of small mammals as a biogeocenotic component of the soil layer of forest ecosystems]. PhD Theses. Moscow; 2005. (In Russ.)
7. Kachinskiy NA. [Fizika Pochv]. Moscow; 1965;1:155-61;1970;2:88. (In Russ.)
8. Lavrenko YeM. [Microcomplexity and mosaicity of vegetation cover of steppes as a result of animal and plant life]. Trudy Botanicheskogo Instituta imeni VL Komarova AN SSSR Geobotanika. 1952;3(8):40-70. (In Russ.)
9. Orlova AN. [Electrometric determination or the determination of pH using pH meters]. In: Posobie po Provedeniyu Analizov Pochv i Sostavleniyu Agrokhimicheskikh Kartogramm. Moscow: Rosselkhozizdat; 1969. p. 53-71. (In Russ.)
10. Pakhomov AYe. [The influence of the digging activity of moles for the redistribution of trace elements in floodplain forest biogeocoenoses of the steppe in Dnieper Region]. In: Probemy Pochevennoy Zoologii. Novosibirsk; 1991. p. 138. (In Russ.)
11. Pakhomov AYe. [Burrowing activity of mammals as a factor of forest soil stabilization]. Yekologiya i Meditsina. 1998;(3):13. (In Russ.)
12. Pahomov AYe. [The mechanical effect of the mole on the edaphotope as a factor of changes in phytodiversity in floodplain forests of the steppe of Prisamarja Dnieper]. Visnik Dnipropetrovs'kogo Universiteta Biologiya Yekologiya. 2003;11(2):137-40. (In Russ.)
13. Pakhomov AYe, Bulakhov VL, Bobyliov YuP. [The nature, size and scale of mole digging activity in the valley forests of steppe Ukraine]. In: Okhrana i Ratsionalnoye Ispolzovaniye Zashchitnykh Lesov Stepnoy Zony. Dnepropetrovsk: DGU; 1987. p. 106-14. (In Russ.)
14. Polushina NA. [The burrowing activity of mammals in the forest-free areas of upper Carpathians]. In: Rol Zhivotnykh v Funktsionirovanii Ekosistem. Moscow: Nauka; 1975. p. 119-21. (In Russ.)
15. Rusakov OS. [On some features of the mole's digging activity]. In: Sredoobrazuyushchaya Deyatel'nost Zhivotnykh. Moscow: MGU; 1970. p. 78-9. (In Russ.)
16. Skliarov GYe. [On mole activity in the soils of the sod-podzolic zone]. Pochvovedeniye.1953;(8):51-7. (In Russ.)
17. Formozov AN, Voronov AG. [Rodent activity in pastures and hayfields of Western Kazakhstan and its economic significance]. Uchebnye Zapiski MGU.1939;(20):3-112. (In Russ.)
18. Formozov AN, Kiris (Prosvirina) IB. [Activity of rodents on pastures and hayfields. II. Observations on rodents-pests of pastures and hayfields of southern Ukraine]. Uchenye Zapiski MGU.1937;(13):59-70. (In Russ.)
19. Formozov AN, Kiris (Prosvirina) IB. [Activity of rodents in pastures and hayfields. III. Influence of the social vole *Microtus socialis* and some other rodents on the vegetation of the Kizlyar district of the Dagestan ASSR]. Uchenye Zapiski MGU.1937;(6):70-3. (In Russ.)
20. Formozov AN, Prosvirina IB. [On the relationships of rodents in pastures and hayfields]. Byulleten Moskvjvskogo Obschestva Ispytateley Prirody Oteleniye Biologii.1935;44(2):82-9. (In Russ.)
21. Khamitov RS, Avdeyev YuM. Modelirovaniye Ekosistem. Vologda: ITs VGMKhA, 2011. (In Russ.)
22. Kharchenko NN. [Spectrums of life forms of burrowing animals of anthropogenously transformed territories of the center of the Russian plain]. Lesnoy Vestnik. 2005;(6):39-41. (In Russ.)
23. Kharchenko NN. [Structure and size of settlements and of individual sites of burrowing animals of Middle Podonye]. Lesnoy Vestnik.2003;(5):68-71. (In Russ.)
24. Kharchenko NN. [Ecological groups of burrowing animals of the Central forest-steppe and their responses to the agricultural drainage of landscapes]. Lesotekhnicheskii Zhurnal VGLTU. 2014;(2):94-104. (In Russ.)
25. Kharchenko NN. Nornye Zveri Srednego Podonya. [Burrowing Animals of the Middle Podonye]. Belgorod-Voronezh: Izdatelstvo BelGu; 2002. (In Russ.)
26. Yudin BS. [Architecture of the Siberian mole's nest]. Izvestiya SO AN SSSR Biologiya. 1970;15(5):98-103. (In Russ.)
27. Bird RD. Biotic communities of aspen parklands of central Canada. Ecology. 1930;11(2):356-442.

28. Daubenmire RF. An ecological study of vegetation of the southeastern Washington and adjacent Idaho. *Ecol Monogr.* 1942;12:53-79.
29. Ellison L. The pocket gopher in relation to soil erosion on mountain range. *Ecology.* 1946;27(2): 101-14.
30. Ewing J. Plant succession on brush-prairie in Northeastern Minnesota. *J Ecol.* 1924;(12): 238-66.
31. Larrison EJ. Pocket gopher and ecological succession in the Wenas region of Washington. *Murrelet.* 1942; 23:34-41.
32. Laycock WA. The initial pattern of revegetation of pocket gopher mounds. *Ecology.* 1958;39(5):299-303.
33. Naiman RJ. Animal influences on ecosystem dynamic. *Bioscience.* 1998;38(11):750-3.
34. Remmert H. The mosaic cycle concept of ecosystem. In: H. Remmert, ed. *Ecological studies. Analysis and synthesis.* Berlin-Heidelberg: Springer; 1991. p. 1-21.
35. Tevis L. Pocket gophers and seedlings of red fir. *Ecology.* 1956;37(2):379-81.
36. Van der Maarel E. Some remarks on disturbance and its relations to diversity and stability *J Veget Sci.* 1993;4:733-6.



ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ (СЕВЕРО-ВОСТОК ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА)

Т.Ю. Газизова*, Т.В. Сапелко

Институт озероведения СПбФИЦ РАН, Санкт-Петербург, Россия

* Эл. почта: tssml@bk.ru

Статья поступила в редакцию 27.11.2020; принята к печати 21.12.2020

Рассмотрены особенности водных растений и их динамика в процессе эволюционного развития малых водоемов, расположенных на острове Лункулансаари в северо-восточной части Ладожского озера, в позднем голоцене. Материалом для исследования послужили изученные палинологическим методом колонки донных отложений трех озер. Полученные данные об изменениях в таксономическом составе и обилии макрофитов позволили уточнить этапы развития изучаемых водоемов и проследить связь между трансгрессивно-регрессивными фазами развития Ладожского озера и динамикой водной растительности. Установленная связь позволит и в дальнейшем использовать пыльцу макрофитов для реконструкции динамики уровня водоемов.

Ключевые слова: Ладожское озеро, островные озера, донные отложения, макрофиты, пыльца.

SUBSTANTIATION OF THE IMPORTANCE OF MACROPHYTE POLLEN FOR PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AS EXEMPLIFIED WITH LUNKULANSAARI ISLAND LAKES (THE NORTHEAST OF LAKE LADOGA)

T.Yu. Gazizova*, T.V. Sapelko

Institute of Limnology of the Russian Academy of Sciences, Saint Petersburg, Russia

* Email: tssml@bk.ru

The characteristics of aquatic plants and their changes that could occur in Late Holocene in the course of the development of small lakes located on the Lunkulansaari Island (the northeastern part of Lake Ladoga) are discussed based on pollen analysis of bottom sediment sequences collected in three such lakes. The data obtained suggest that changes in the taxonomic composition and abundance of macrophytes allow reconstructing the stages of the development of the lakes and tracing the relationships between the transgressive-regressive phases of Lake Ladoga development and changes in aquatic vegetation. These findings warrant further use of macrophyte pollen for reconstructing the past changes in lake levels.

Keywords: Lake Ladoga, insular lakes, bottom sediments, aquatic plants, pollen.

Введение

При палеолимнологических исследованиях одним из основных методов изучения донных отложений озер является палинологический [4]. При этом для реконструкций результатов палинологического анализа в основном используется пыльца наземных растений. Роль пыльцы водных и прибрежно-водных растений часто недооценивается, однако изучение динамики распространения макрофитов может указывать на многие процессы, происходящие в водной среде; а пыльца, продуцируемая ими, формирует палинологическую летопись водоема. Это делает водные растения ценным источником информации для изуче-

ния истории озер. Помимо реконструкции локальных условий изменения озерных экосистем палинологический метод позволяет проследить, как меняется водная растительность в контексте трансгрессивно-регрессивных фаз озера. Мы предприняли попытку использовать пыльцу макрофитов при реконструкции трансгрессий и регрессий Ладожского озера в позднем голоцене на основе динамики пыльцы водных растений трех островных озер, расположенных на разных абсолютных отметках.

В морфолого-экологическом отношении выделяют макрофиты: с плавающими листьями (кувшинка, кубышка, водокрас, рдест плавающий, сальвиния, ряска,

водяной орех и др.), надводные (тростник, рогоз, аир, ежеголовник и др.) и подводные (рдесты, элодея, роголистник, уруть и др.). Определенной границы между группами не существует, некоторые растения могут переходить из одной группы в другую на разных стадиях развития. Существуют классификации макрофитов по отношению к гидроэкологическим [9, 10] и трофоэкологическим [17, 19] условиям; по морфологическим и эколого-биологическим характеристикам самих растений [6]; по особенностям их местообитаний [5, 18].

Макрофиты являются индикаторами состояния и изменения локальных условий природной среды. Каждый водоем отличается индивидуальными особенностями сообществ водной и прибрежно-водной растительности – таксономическим составом, обилием, занимаемой площадью и распределением по территории водоема. На это влияют температурный и световой режим водоема, гидрологические, гидрохимические, морфометрические показатели водоема и другие факторы, определяющие условия для развития и существования тех или иных сообществ макрофитов.

Макрофиты используют в качестве индикаторов потепления и похолодания климата, колебаний температуры и уровня воды, содержания химических элементов и загрязняющих веществ [21–23]. Так, для озер на северо-западе Польши [22] в начале осадконакопления (позднеледниковье) определены *Potamogeton filiformis*, *P. alpinus*, *P. pusillus* и *Nuphar pumila*. Наличие макрофоссилий этих растений в донных отложениях свидетельствует о прохладном климате; их современные ареалы находятся большей частью в Северной Европе. Присутствие *P. filiformis* также связано с частичным переотложением карбоната кальция и, как следствие, высоким содержанием кальция в водоемах. Макроостатки *Najas marina* и видов рода *Typha*, появившиеся в отложениях раннего голоцена, индицируют потепление климата. На дальнейшее понижение уровня водоемов указывает наличие *Potamogeton natans*, *Nymphaea alba* и видов рода *Typha* – растений, обычно произрастающих в мелководных озерах. *Najas flexilis* встречается в озерах северо-запада Польши во время климатического оптимума голоцена [21]. А *Potamogeton lucens*, *P. natans* and *Nymphaea alba* населили озеро Linowek (С-3 Польша) при повышении температуры и уровня воды; при этом появление *P. lucens* связано также с увеличением содержания кальция в водной среде [23].

Исследование современного распространения макрофитов показывает возможность устанавливать динамику антропогенной нагрузки на водоем. Так, например, в процессе исследования Щучьего залива Ладожского озера [1] выявлены процессы детоксикации озера после прекращения деятельности целлюлозно-бумажного комбината и зарастание залива ассоциациями макрофитов по мере снижения кон-

центрации загрязняющих веществ. Формирование сообществ водной растительности после прекращения сбросов сточных вод началось с появления прибрежных видов – *Typha latifolia*, *Cicuta virosa*, *Bidens tripartite*, устойчивых к воздействию поллютантов. По мере появления и развития сообщества *Lemna minor* экологическая ситуация в заливе улучшалась и видовое разнообразие гелофитов увеличивалось – начали формироваться небольшие сообщества макрофитов с плавающими (*Polygonum amphibium*) и воздушными и плавающими (*Sagittaria sagittifolia*) листьями. Ценозы погруженных растений (*Potamogeton perfoliatus*, *Myriophyllum spicatum* и *Eloдея canadensis*) сформировались последними по мере вымывания загрязняющих веществ; в периоды обмеления залива они значительно расширили площади ассоциаций. Таким образом, сообщества макрофитов выступают индикаторами загрязненности водоема поллютантами.

Целью представленного исследования является изучение роли пыльцы макрофитов в связи с трансгрессивно-регрессивными этапами Ладожского озера.

Объекты и методы исследования

Летом 2017 года в рамках палеолиминалогических исследований Института озероведения РАН на острове Лункулансаари отобраны колонки донных осадков и поверхностные пробы трех озер – Куйккалампи, Соккасенлампи и Ховатанлампи [8]. Исследования проводятся комплексным палеолиминалогическим методом, в основе которого – спорово-пыльцевой анализ [24, 25]. Урезы изучаемых озер расположены на разных абсолютных отметках (17, 14 и 10 м соответственно), что охватывает высотный интервал от нынешнего среднего уровня Ладожского озера (составляющего около 5 м) до предположительного максимума его последней среднеголоценовой трансгрессивной стадии (около 21 м) [7].

Остров Лункулансаари расположен в северо-восточной части Ладожского озера (рис. 1), с юга отделен от материка узким проливом Перьямансалми. Остров вытянут в направлении с северо-запада на юго-восток на 17,2 км, протяженность самой широкой части составляет 4,1 км (измерения выполнены в геоинформационной системе SAS.Планета). К западу расположен еще один крупный остров – Мантсинсаари [20], отделенный от Лункулансаари узким Мантсинсаарским проливом. Преимущественно в центральной и юго-восточной частях острова Лункулансаари есть несколько небольших озер, находящихся на разных стадиях зарастания. Самое крупное озеро Ховатанлампи (площадь 161 тыс. м², глубина – около 2,5 м) расположено в центральной части острова, озера Куйккалампи (площадь 12 тыс. м, глубина – около 2,8 м) и Соккасенлампи (площадь 1450 м², глубина – около 2 м) расположены юго-восточнее в 2 и 3,5 км соответственно.

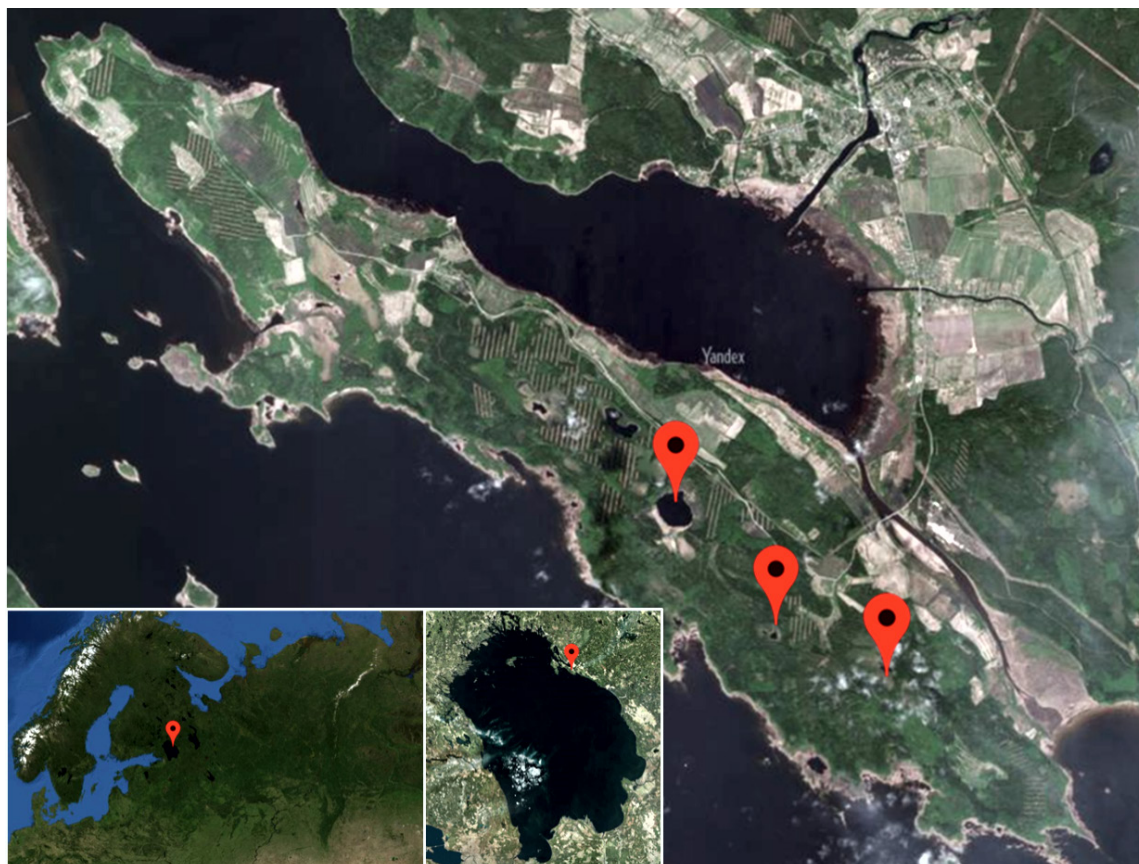


Рис. 1. Географическое положение изучаемых озер (Источник космоснимка: Yandex, 2020; Bing, 2020)

Климат рассматриваемого региона характеризуется значительными колебаниями температуры воздуха, высокой относительной влажностью, облачностью и большим количеством осадков. Зима умеренно холодная и продолжительная, самым холодным месяцем является февраль (средняя температура воздуха колеблется от -8 до -10 °С). Лето умеренно теплое, самый теплый месяц – июль (средняя температура воздуха составляет $16-17$ °С). Образование устойчивого снежного покрова происходит обычно в начале декабря, а окончательный сход – в первой половине апреля. Обилие осадков распределено неравномерно и составляет от 380 мм в год на северо-западном побережье до 630 мм в год на островах в южной части озера. Ладожские ветра неустойчивы и в течение суток могут несколько раз менять направление и скорость [2].

Несмотря на то что Ладожское озеро, как и многие другие озера умеренного пояса, не отличается обилием видов высших водных растений [12], оно среди озер Северо-Запада России наиболее богато макрофитами. Всего в Ладожском озере обнаружено 138 видов макрофитов [3, 11–16]. Наиболее распространенными видами являются тростник обыкновенный, хвощ приречный, кубышка желтая, кувшинка чистобелая,

рдесты плавающий и пронзеннолистный, ежеголовники простой и узколистый, телорез алоэвидный, частуха подорожниковая, камыш озерный [13]. Группировки макрофитов занимают всего 0,5% литоральной зоны Ладоги. Они образуют 81 ассоциацию, по сочетанию которых выделяют 3 геоботанических района водоема: шхерный, открытых берегов (западное и восточное побережья) и южный. Восточный район открытых берегов, к которому относится остров Лункулансаари, представлен 17 ассоциациями макрофитов, включая открытую группировку зарастания освобожденных от воды участков дна. Доминантами этих ассоциаций являются осоки острая и вздутая, тростник, рдесты разнолистный и пронзеннолистный, кубышки, камыш озерный, частуха, хвощи, болотница игольчатая, ежеголовник, горец земноводный. Встречаются чистые ассоциации тростника. Группировки рогозов узколистного и широколистного не характерны, их появление вызвано повышением биогенной нагрузки на Ладожское озеро [12].

На трех изучаемых озерах в ходе полевых работ проведены геоботанические описания. Колонки и поверхностные пробы донных отложений озер изучены с помощью спорово-пыльцевого анализа.

Результаты и обсуждение

Изучаемые озера Куйккалампи, Соккасенлампи и Ховатанлампи в настоящее время представляют собой малые зарастающие водоемы, окруженные сплавиной. Приозерные территории заняты сосновыми лесами с примесью березы, ели и ольхи (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) и березняками, активно заселяющими вырубленные участки. Сплавнины, образовавшиеся вследствие продолжающегося по настоящее время зарастания озер, являются промежуточной стадией формирования мезотрофного болотного массива. В целом сплавнины озер сложены одними и теми же водно-болотными видами (к доминантам относятся *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia*, *Eriophorum angustifolium*, *Menyanthes trifoliata*). Имеющиеся различия во флористическом составе объясняются разными скоростями зарастания и заболачивания, зависящими от глубины и площади водоемов.

Сплавина оз. Куйккалампи в большей части маломощная (рис. 2а, б) и образует аапа-комплексы; она сложена водно-болотными видами – доминируют *Ledum palustre*, *Andromeda polifolia* и *Eriophorum angustifolium*; присутствуют *Menyanthes trifoliata*, *Rubus chamaemorus*, *Vaccinium oxycoccus*, *Vaccinium uliginosum*, *Empetrum nigrum*, *Lysimachia thyrsoiflora*, *Drosera rotundifolia*, *Scheuchzeria palustris*, *Carex rostrata*, *Carex limosa*. В мохово-лишайниковом ярусе преобладает *Sphagnum fallax*, встречаются куртины *Polytrichum strictum*. Кустарниковый ярус сложен *Betula nana*, в подлеске – низкорослая *Picea abies*. Древесный ярус сплавины представлен *Pinus sylvestris* и редкой кривоствольной *Betula pubescens*.

Сплавина оз. Ховатанлампи (рис. 3) маломощная и имеет схожее с Куйккалампи строение, однако травяно-кустарничковый ярус беднее видами: в центральной части сплавины доминирует *Eriophorum*



Рис. 2. Озеро Куйккалампи: а – вид со сплавины; б – аапа-комплексы сплавины оз. Куйккалампи



Рис. 3. Озеро Ховатанлампи



Рис. 4. Озеро Соккасенлампи

angustifolium, ближе к кромке воды – *Menyanthes trifoliata*, *Typha latifolia*, *Phragmites australis*.

Сплавина оз. Соккасенлампи (рис. 4) отличается наибольшей мощностью, она сложена преимущественно болотными видами с доминированием *Eriophorum angustifolium*, ближе к кромке воды преобладают осоки. Кустарниковый ярус слабо выражен, редко встречается *Betula nana*; древесный ярус сложен невысокой *Betula pubescens*.

По мере удаления от озер по краям сплавин появляются мелколиственные виды – *Alnus glutinosa*, *A. incana*, *Populus tremula*; окружает водоемы сосновый лес.

Колонки донных отложений малых озер были изучены методом спорово-пыльцевого анализа. По динамике водной растительности озер, палиностратиграфии [24, 25] и корреляции общей палинологической реконструкции с имеющимися литературными данными по соседнему о. Мантсинсаари [20] были выделены этапы развития каждого из озер о. Лункулансаари.

Нами выделены три этапа эволюции оз. Куйккалампи (рис. 5).

Первый этап связан с существованием на территории исследования залива Ладожского озера. В то время как на суше произрастают еловые и сосновые леса, в водах залива развивается разнообразная водная растительность (рис. 6): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, с меньшим обилием *Stratiotes aloides*, *Sparganium spp.*, *Alisma spp.*, *Lemna spp.* **Второй этап** связан с понижением уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и обособлением оз. Куйккалампи. Изоляция водоема сопровождалась дестабилизацией дна и нарушением озерной экосисте-

мы, на диаграмме этот период индицируется временным исчезновением макрофитов. На **третьем этапе** на суше доминируют сосновые леса, а в оз. Куйккалампи формируется собственная водная растительность. Видовое разнообразие и встречаемость пыльцы макрофитов ниже, чем во времена существования на данной территории залива Ладого. Доминирует *Nuphar lutea*, встречаются *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Lemna spp.* Отмечен *Typha latifolia*, обычно образующий заросли по берегам озер. **В настоящий момент** на суше господствуют сосновые леса с елью и березой; водная растительность оз. Куйккалампи немногочисленна и представлена кубышкой желтой *Nuphar lutea*.

Нами выделены три этапа эволюции оз. Соккасенлампи (рис. 7).

На **первом этапе** изучаемую территорию покрывают воды залива Ладожского озера. На суше развиваются еловые и сосновые леса, а в заливе существует разнообразная водная растительность (рис. 8): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. **Второй этап** связан с понижением уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и обособлением озера Соккасенлампи. Изоляция сопровождалась дестабилизацией дна и нарушением озерной экосистемы, что на диаграмме индицируется временным исчезновением всей макрофитной растительности, кроме *Sparganium*. На **третьем этапе** на суше доминируют сосновые с елью и березой леса. Формируется водная и прибрежная растительность изолировавшегося озера Соккасенлампи: *Nuphar lu-*

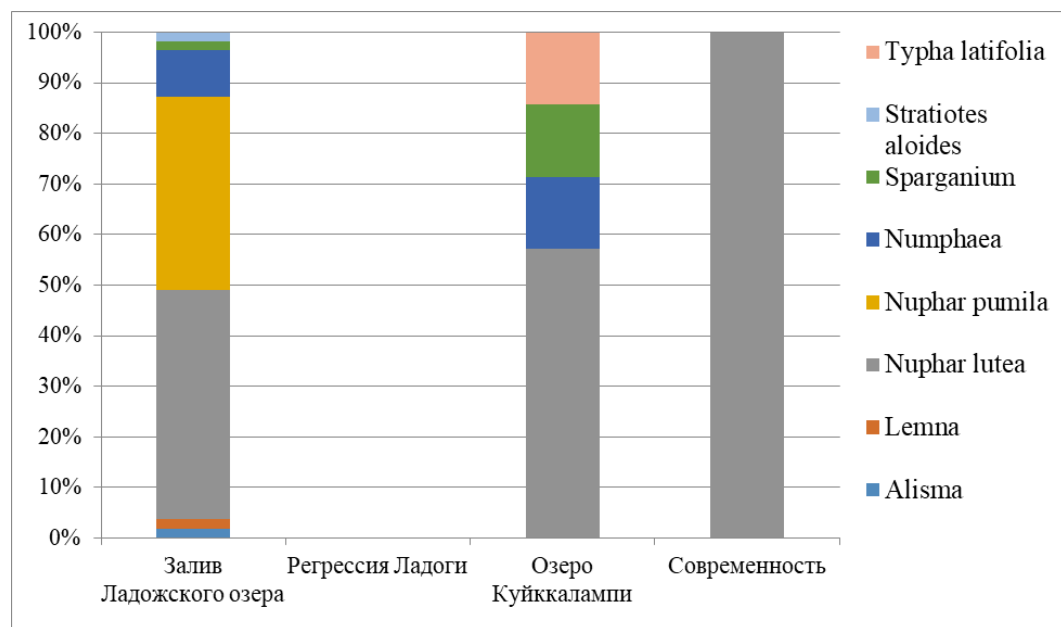


Рис. 5. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Куйккалампи

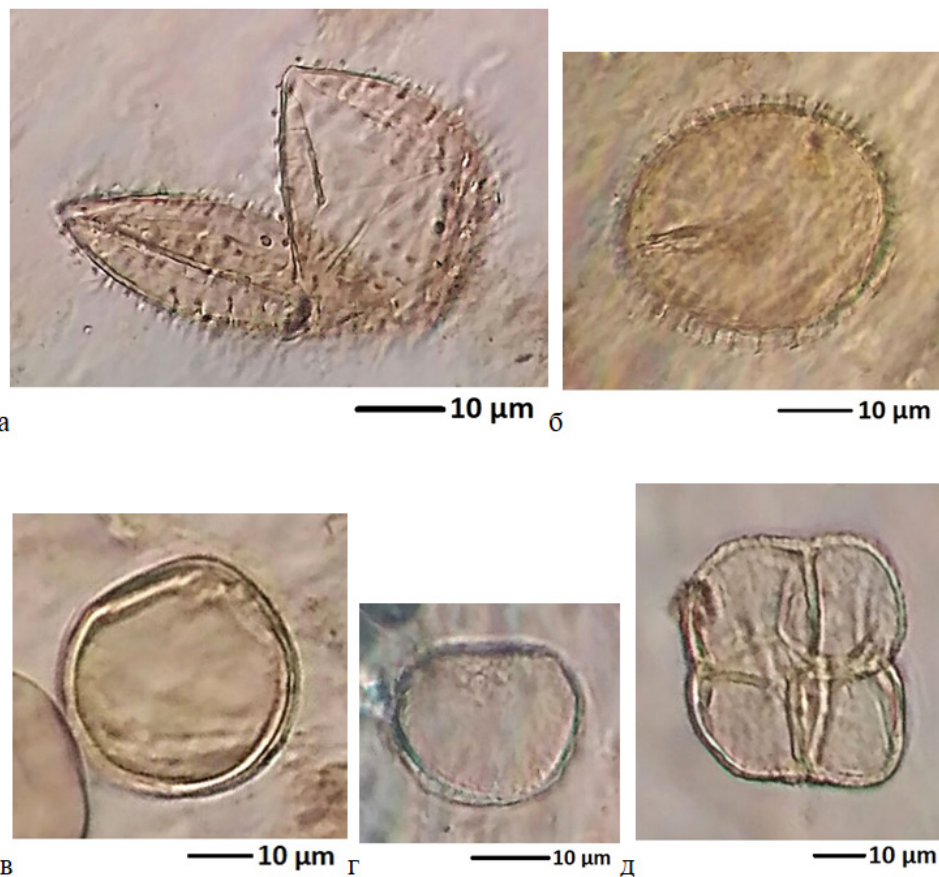


Рис. 6. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Куйккалампи: а – *Nuphar lutea*; б – *Nuphar pumila*; в – *Nymphaea candida*; г – *Sparganium*; д – *Typha latifolia*

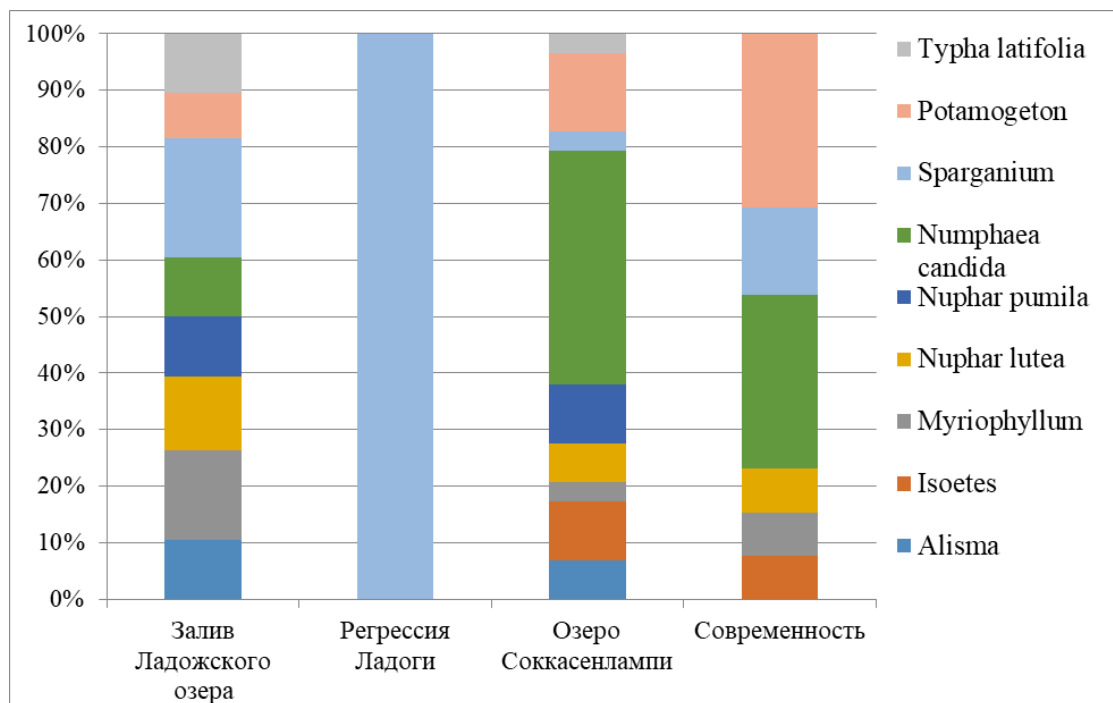


Рис. 7. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Соккасенлампи

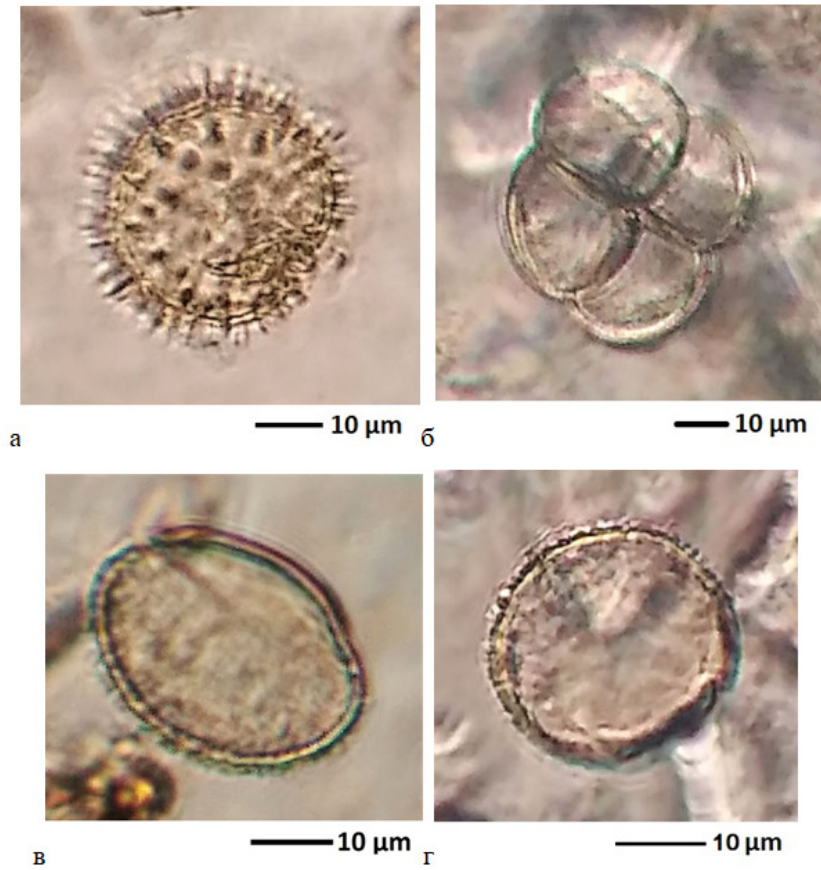


Рис. 8. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Соккасенлампи: а – *Nuphar pumila*; б – *Typha latifolia*; в, г – *Nymphaea candida*

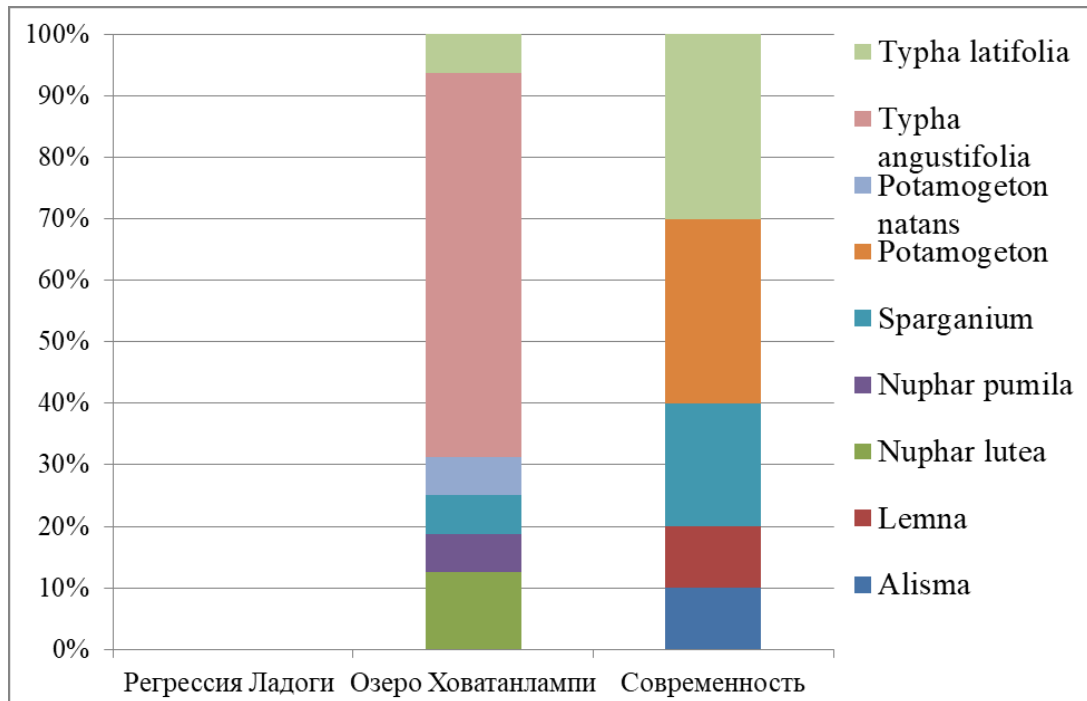


Рис. 9. Видовое разнообразие пыльцы макрофитов на разных этапах развития оз. Ховатанлампи

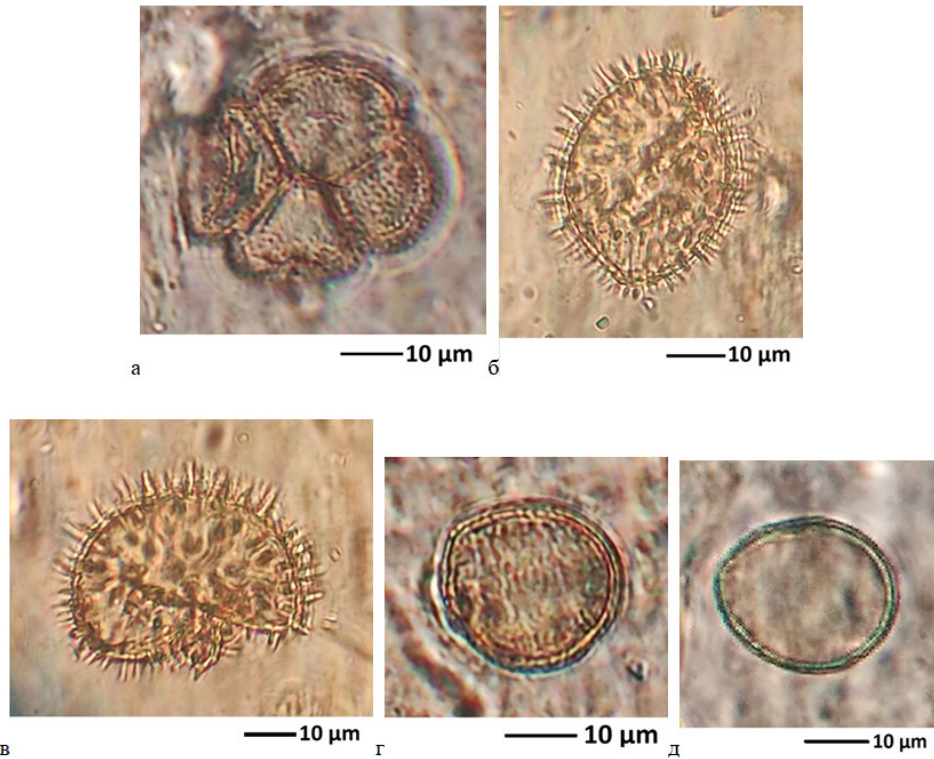


Рис. 10. Пыльца макрофитов, встреченная при палинологическом анализе колонки донных отложений оз. Ховатанлампи: а – *Typha latifolia*; б, в – *Nuphar pumila*; г – *Typha angustifolia*; д – *Potamogeton natans*

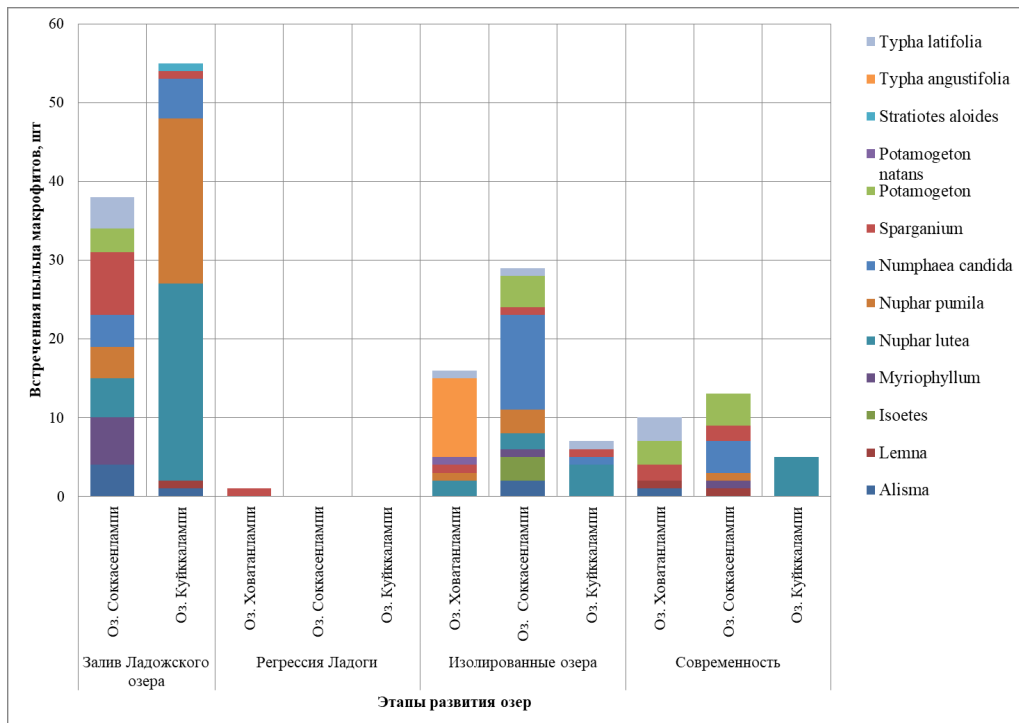


Рис. 11. Сравнительная динамика пыльцы макрофитов на разных этапах развития озер острова Лункулансаари

tea, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. В настоящее время на окружающей территории преобладают березово-сосновые леса с елью и ольхой; водная растительность озера довольно разнообразна и представлена *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Myriophyllum spp.* и *Isoetes spp.*

Для оз. Ховатанлампи выделены два этапа эволюции (рис. 9).

Это этапы непосредственного развития водоема, не связанные с Ладожским озером. На первом этапе происходит понижение уровня Ладожского озера в конце суббореального периода и образование озера Ховатанлампи. На окружающих территориях произрастают сосновые и еловые леса с березой, черной ольхой и широколиственными породами. Регрессия Ладоги и перестройка озерных экосистем обуславливают отсутствие макрофитов в малом водоеме. На втором этапе на суше доминируют сосновые и еловые леса; освободившиеся от вод Ладожского озера территории занимают березняки. В оз. Ховатанлампи формируется водная растительность (рис. 10): *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton natans*. Побережья зарастают группировками *Typha angustifolia* и *T. latifolia*. В настоящее время на окружающей территории преобладают сосновые леса с примесью ели и березы; прибрежно-водная растительность озера представлена *Potamogeton spp.*, *Sparganium spp.*, *Alisma spp.*, *Lemna spp.*, *Nuphar lutea*, *Typha latifolia*.

Таким образом, на основании проведенных исследований выделены три этапа развития водоемов на острове Лункулансаари (рис. 11).

Первый этап связан с последней трансгрессией Ладоги в конце атлантического – суббореальном периода голоцена. Территория острова Лункулансаари являлась частью залива Ладожского озера, в водах которого произрастала разнообразная водная растительность (*Alisma spp.*, *Lemna spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Stratiotes aloides*, *Typha latifolia*).

На втором этапе, около 3000 лет назад в конце суббореального периода происходит регрессия Ладоги, повлекшая обособление малых озер. Дестабилизация озерных экосистем отражается на спорово-пыльцевых диаграммах исчезновением пыльцы почти всей водной растительности, чутко реагирующей на происходящие в водоеме изменения.

На третьем этапе в субатлантическом периоде (около 2500 лет назад) формируется собственная водная

растительность изолировавшихся озер. В основном она представлена видами, характерными в настоящее время для восточного района открытых берегов Ладожского озера – кубышками, рдестами и ежеголовниками. Берега заняты группировками рогозов. Водная растительность оз. Куйккалампи представлена *Nuphar lutea*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Lemna spp.*, *Typha latifolia*. Для оз. Соккасенлампи характерны *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Typha latifolia*. Для оз. Ховатанлампи – *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Potamogeton natans*, *Sparganium spp.*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia*.

В настоящее время озера представляют собой мелководные зарастающие водоемы со свойственной данному району Ладоги водной растительностью, различающейся для конкретного водоема в зависимости, в частности, от его глубины, площади и стадии зарастания. В озерах Соккасенлампи и Ховатанлампи на данный момент произрастает довольно схожая макрофитная растительность (флористическое сходство, рассчитанное с использованием индекса Брея-Кертиса, составляет 0,48). В озере Куйккалампи встречен лишь один вид – *Nuphar lutea*, который в других озерах отсутствует.

Выводы

– В заливе Ладожского озера и изолированных озерах острова Лункулансаари встречена разнообразная водная растительность – *Nuphar lutea*, *N. pumila*, *Nymphaea candida*, *Sparganium spp.*, *Potamogeton spp.*, *Isoetes spp.*, *Alisma spp.*, *Myriophyllum spp.*, *Lemna spp.*, *Typha latifolia*, *T. angustifolia* и др.

– Установлена связь между динамикой водной растительности и трансгрессивно-регрессивными фазами развития Ладожского озера. Период регрессии Ладоги характеризуется практически полным исчезновением пыльцы макрофитов, что указывает на нарушение озерных экосистем.

– Резкое временное снижение таксономического разнообразия и встречаемости пыльцы макрофитов или их полное исчезновение может использоваться как дополнительный параметр при изучении колебаний уровня водоемов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИНОЗ РАН – СПб ФИЦ РАН по теме № 0154-2019-0001 «Комплексная оценка динамики экосистем Ладожского озера и водоемов его бассейна под воздействием природных и антропогенных факторов».

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Андроникова ИН, Распопов ИМ. Зоны риска в прибрежных районах Ладожского озера. Биология внутренних вод. 2007;(2):2-10.
2. Румянцев ВА, ред. Ладожское озеро и достопримечательности его побережья. СПб.: Нестор-История; 2015.
3. Белавская АП. Водные растения России и сопредельных государств. СПб.; 1994.
4. Квасов ДД, ред. История озер СССР. Общие закономерности возникновения и развития озер. Методы изучения истории озер. Л.: Наука; 1986.
5. Лепилова ГК. Водные растения и роль их в зарастании озер и образовании болот. В кн.: Озера Карелии. Л.: Издание Бородинской биологической станции; 1930. с. 39-48.
6. Катанская ВМ. Высшая водная растительность континентальных водоемов СССР: методы изучения. Л.: Наука; 1981.
7. Сапелко ТВ, Терехов АВ, Амантов АВ. Ладожская трансгрессия: реконструкция финальной стадии и последующего спада в северной части озера. Региональная геология и металлогения. 2018;75:23-34.
8. Сапелко ТВ, Терехов АВ, Газизова ТЮ, Кузнецов ДД, Корнеевкова НЮ, Лудикова АВ, Анисимов МА. Палеолимнология острова Лункулансаари, Ладожское озеро: предварительные результаты. В кн.: Пресноводные экосистемы – современные вызовы. Тезисы Международной конференции. 10-14 сентября 2018. Иркутск; 2018. с. 295-6.
9. Папченко ВГ. О переувлажненных землях и их классификации на примере Среднего Поволжья. Экология. 1999;(2):126-9.
10. Папченко ВГ. Растительный покров водоемов и водотоков Среднего Поволжья. Ярославль: ЦМП МУБиНТ; 2001.
11. Распопов ИМ. Высшая водная растительность шхерного района Ладожского озера. В кн.: Комплексные исследования шхерной части Ладожского озера. М.-Л.: Наука; 1961. с. 193-210.
12. Распопов ИМ. Высшая водная растительность Ладожского озера. В кн.: Растительные ресурсы Ладожского озера. Л., 1968. с.16-72.
13. Распопов ИМ. Высшая водная растительность больших озер северо-запада СССР. Л.: Наука; 1985.
14. Распопов ИМ, Адамец Л, Гусак Ш. Зарастание двух разнотипных заливов Ладожского озера в многолетнем аспекте. В кн.: Ладожское озеро. Мониторинг, исследование современного состояния и проблемы управления Ладожским озером и другими большими озерами. Петрозаводск; 2000. с. 245-8.
15. Распопов ИМ, Рычкова МА. Геоботаническая характеристика заливов западной части шхерного района Ладожского озера. В кн.: Очерки по растительному покрову Карельской АССР. Петрозаводск; 1971. с. 60-72.
16. Русанов АГ. Современное состояние высшей водной растительности Ладожского озера с учетом зон повышенного экологического риска. В кн.: Современные экологические проблемы и их решения: взгляд молодежи. Материалы конференции. СПб.; 2008. с. 50-8.
17. Таран ГС, Седелникова НВ, Писаренко ОЮ, Голомолзин ВВ. Флора и растительность Елизаровского государственного заказника (Нижняя Обь). Новосибирск: Наука; 2004.
18. Тетерюк БЮ. Флора и растительность древних озер европейского Северо-Востока России. СПб.: Наука; 2012.
19. Титов ЮВ. Некоторые предложения к усовершенствованию экологической терминологии. Экология. 1975;(4):13-9

Общий список литературы/Reference list

1. Andronikova IN, Raspopov IM. [The risk zone in the littoral areas of Lake Ladoga]. *Biologiya Vnutrennikh Vod.* 2007;(2):2-10. (In Russ.)
2. Rumiantsev VA, ed. *Ladozhskoe Ozero i Dostoprimechatelnosti Yego Poberezhya*. Saint Petersburg: Nestor-Istoriya; 2015. (In Russ.)
3. Belavskaya AP. *Vodnye Rasteniya Rossii i Sopredelnykh Gosudarstv.* Saint Petersburg; 1994. (In Russ.)
4. Kvasov DD, ed. *Istoriya Ozer SSSR. Obshchiye Zakonomernosti Vozniknoveniya i Razvitiya Ozer. Metody Izucheniya Istarii Ozer.* Leningrad: Nauka; 1986. (In Russ.)
5. Lepilova GK. [Aqueous plants and their role in overgrowing of lakes and developments of bogs]. In: *Ozera Karelii.* Leningrad: Izdanie Borodinskoy Biologicheskoy Stantsii; 1930. p. 39-48. (In Russ.)
6. Katanskaya VM. *Vysshaya Vodnaya Rastitelnost Kontinentalnykh Vodoyemov SSSR: Metody Izucheniya.* Leningrad: Nauka; 1981. (In Russ.)
7. Sapelko TV, Terekhov AV, Amantov AV. [Transgression of Lake Ladoga: Reconstruction of its final stage and the subsequent abatement in the northern part of the lake]. *Regionalnaya Geologiya i Metallogeniya.* 2018;75:23-34. (In Russ.)
8. Sapelko TV, Terekhov AV, Gazizova TYu, Kuznetsov DD, Korneyenkova NYu, Ludikova

- AV, Anisimov MA. [Paleolimnology of Lunkulansaari Island, Lake Ladoga: The initial results]. In: Presnovodnye Ekosistemy – Sovremennyye Vyzovy. Tezisy Mezhdunarodnoy Konferentsii. 10-14 Sentiabrya 2018. Irkutsk; 2018. p. 295-6. (In Russ.)
9. Papchenkov VG. [On overwetted lands and their classification as exemplified with areas around the middle course of Volga]. *Ekologiya*. 1999;(2):126-9. (In Russ.)
 10. Papchenkov VG. *Rastitelnyy Pokrov Vodoyemov i Vodotokov Srednego Povolzhya*. Yaroslavl: TsMP MUBiNT; 2001. (In Russ.)
 11. Raspopov IM. [Higher aqueous plants of Lake Ladoga skerries]. In: *Kompleksnyye Issledovaniya Shkhernoy Chasti Ladozhskogo Ozera*. Moscow-Leningrad: Nauka; 1961. p. 193-210. (In Russ.)
 12. Raspopov IM. [Higher plants of Lake Ladoga]. In: *Rastitelnye Resursy Ladozhskogo Ozera*. Leningrad; 1968. p. 16-72. (In Russ.)
 13. Raspopov IM. *Vyssshaya Vodnaya Rrastitelnost Bolshykh Ozer Severo-Zapada SSSR*. Leningrad: Nauka; 1985. (In Russ.)
 14. Raspopov IM, Adamets L, Gusak Sh. [Overgrowing of two differing creeks of Lake Ladoga studied for many years]. In: *Ladozhskoe Ozero. Monitoring, Issledovaniye Sovremennogo Sostoyaniya i Problemy Upravleniya Ladozhskim Ozerom i Drugimi Bolshimi Ozerami*. Petrozavodsk; 2000. p. 245-8. (In Russ.)
 15. Raspopov IM, Rychkova MA. [Geobotanical Characteristics of creeks of the western part of the skerries of Lake Ladoga]. In: *Ocherki po Rastitelnomu Pokrovu Karelskoy ASSR*. Petrozavodsk; 1971. p. 60-72. (In Russ.)
 16. Rusanov AG. [The current conditions of higher aqueous flora of Lake Ladoga with account for zones under high environmental risk]. In: *Sovremennyye Ekologicheskiye Problemy i Ikh Resheniya: Vzgl'yad Molodezhi. Materialy Konferentsii*. Saint Petersburg; 2008. p. 50-8.
 17. Taran GS, Sedelnikova NV, Pisarenko OYu, Golomolzin VV. *Flora i Rastitelnost Yelizarovskogo Gosudarstvennogo Zakaznika (Nizhnaya Ob)*. Novosibirsk: Nauka; 2004. (In Russ.)
 18. Teteryuk BYu. *Flora i Rastitelnost Drevnikh Ozer Yevropeyskogo Severo-Vostoka Rossii*. Saint Petersburg: Nauka; 2012. (In Russ.)
 19. Titov YuV. [Some suggestions to improve ecological terminology]. *Ekologiya*. 1975;(4):13-9. (In Russ.)
 20. Delusin I, Donner J. Additional evidence of the Holocene transgression in Lake Ladoga on the basis of an investigation of the beach deposits on the island of Mantsinsaari. *Bull Geol Soc Finland*. 1995;67:39-50.
 21. Gałka M, Tobolski K, Kołaczek P. The Holocene decline of slender naiad (*Najas flexilis* (Willd.) Rostk. & W.L.E. Schmidt) in NE Poland in the light of new paleobotanical data. *Acta Palaeobot*. 2012;52:127-38.
 22. Galka M, Sznal M. Late Glacial and early Holocene development of lakes in northeastern Poland in view of plant macrofossil analyses. *Quaternary International*. 2013;292:124-35.
 23. Gałka M, Tobolski K, Zawisza E, Goslar T. Post-glacial history of vegetation, human activity and lake-level changes at Jezioro Linowek in northeast Poland, based on multi-proxy data. *Veget Hist Archaeobot*. 2014;23:123-52.
 24. Gazizova TYu, Sapelko TV, Korneenkova NYu. The role of macrophytes in the study of north-eastern Ladoga small island lakes evolution during the Holocene. *Limnol Freshwater Biol*. 2020;(4):459-60.
 25. Sapelko TV, Kuznetsov DD, Ludikova AV, Korneenkova NYu, Terekhov AV. The development of island lakes of Lake Ladoga during the Late Pleistocene Holocene. *Limnology and Freshwater Biology*. 2020;(4):470-1.



CORRELATION BETWEEN RADIOACTIVE CESIUM AND THE INCREASE OF PANCREATIC CANCER: A HYPOTHESIS

S. Venturi

Department of Health, Emilia-Romagna Region, Pennabilli (Rimini), Italy.

Email: dr.venturi.sebastiano@gmail.com

Received: 27 Aug. 2020; accepted: 24 Nov. 2020

Worldwide, both the incidence and death rates of pancreatic cancer (PC) are increasing. While the exact cause of PC is not known, certain risk factors are associated with the disease, including tobacco smoking, obesity and diabetes. The present author studied associations between radioactive cesium (^{137}Cs) and increases in PC. There is a correlation between the geographical map of the incidence of and mortality from PC and the map of nuclear plants, related nuclear accidents and nuclear tests with consequent radioactive fallout, of which ^{137}Cs , with its half-life of about 30 years, is one of the most relevant components. Published data in medical literature at World, European and Italian levels are reviewed and compared. In human and animal bodies, cesium ions behave like potassium ion (K^+). Cs^+ is absorbed from plants and fruit competitively with K^+ and is localized mainly inside cells. ^{137}Cs is present in the environment for at least 10-20 times its half-life, i.e. about 300-600 years. Autoradiographic studies in mice have shown that ^{137}Cs is concentrated in significant quantities in the pancreas, in particular in exocrine cells, where most PCs featuring high malignancy originate. The pancreas and the salivary glands secrete cesium into the intestine thus eliminating about 14% of absorbed Cs with the feces, whereas the remaining 86% is eliminated by kidney with the urine. Some previous studies between radioactive Cs and tumors in general have been also reported.

Key words: *Radioactive Cesium, Pancreatic Cancer, Nuclear Accidents and Tests, Epidemiology.*

ГИПОТЕЗА О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ ПОВЫШЕННЫМИ УРОВНЯМИ РАДИОАКТИВНОГО ЦЕЗИЯ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ

С. Вентури

Отдел здравоохранения, Регион Эмилия-Романья, Пеннабилли (Римини), Италия

Эл. почта: dr.venturi.sebastiano@gmail.com

Заболеваемость раком поджелудочной железы (РПЖ) и смертность от него растут по всему миру. Точные причины РПЖ неизвестны, а некоторые факторы риска включают курение, оба типа диабета и ожирение. В настоящей работе исследована корреляция между радиоактивным цезием повышением РПЖ. Существует связь между географическим распределением заболеваемости РПЖ и смертности от него и расположением атомных электростанций, аварий с ними, проведенных ядерных испытаний и радиоактивными осадками, в составе которых ^{137}Cs с его периодом полураспада около 30 лет является одним из самых заслуживающих внимания компонентов. Рассмотрены и сопоставлены соответствующие данные, опубликованные в мире, Европе и Италии. Ионы цезия в организме человека и животных ведут себя подобно ионам калия (K^+), поступая из растений конкурентно по отношению к калию и локализуясь главным образом в клетках. ^{137}Cs заметен в среде в течение времени примерно (10-20)-кратном относительно периода его полураспада, то есть около 300-600 лет. Авторадиографические исследования на мышках показали, что ^{137}Cs концентрируется в тканях поджелудочной железы, особенно в экзокринных клетках, от которых происходят наиболее злокачественные клетки РПЖ. Поджелудочная железа и слюнные железы выделяют цезий в кишечник, так что 14% оказываются в фекалиях, тогда как остальные 86 выделяются почками с мочой. Имеются публикации о связи радиоактивного цезия и опухолями в целом.

Ключевые слова: *радиоактивный цезий, рак поджелудочной железы, ядерные испытания, эпидемиология*

INTRODUCTION

Worldwide, both the incidence and death rates of pancreatic cancer (PC) are increasing (Fig. 1).

PC is the seventh leading cause of global cancer deaths in industrialized countries and the third most common cancer

in the USA. Based on GLOBOCAN 2018 estimates, PC has been ranked as the 11th most common cancer in the world counting 458,918 new cases and causing 432,242 deaths (4.5% of all deaths caused by cancer) in 2018. Worldwide incidence and mortality of PC correlate with increasing

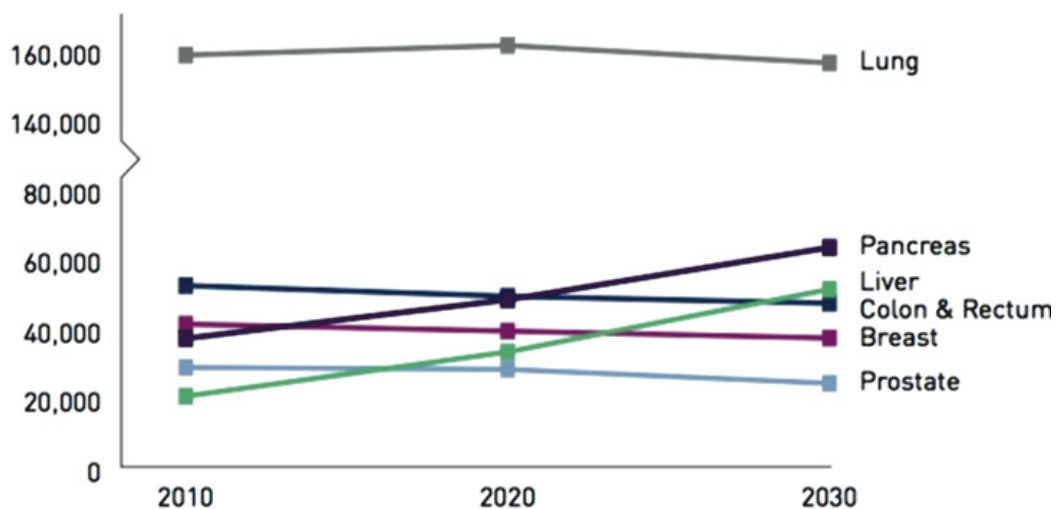


Fig. 1. Temporal trends of deaths caused by the most frequent cancers and their forecast in the world from 2010 to 2030 [24].

age and is slightly more common in men than in women. Despite advancement in the knowledge of potential risk factors that cause PC and in newly available tools for early diagnosis, its incidence is estimated to increase and will include 355,317 new cases up to the year 2040 in U.S. [1, 8]. Moreover, death rate may increase more than that of other cancers because PC, at difference from many other cancers, is still incurable. While the exact cause of PC is not known, certain risk factors associated with the disease include tobacco smoking, obesity and *both types of diabetes mellitus* [24]. The present paper will provide evidence that the increasing PC may also be contributed by radioactive cesium.

Causes of pancreatic cancer

The exact cause of PC causes is not known. General risk factors include the following (Fig. 2): Age, with nearly 90 percent found among people aged 55 and older; gender, the cancer being somewhat more common in men than women; obesity; types I and II diabetes mellitus; chronic pancreatitis; liver cirrhosis, *Helicobacter pylori* infection, and cigarettes smoking, the latter cause attributable to almost one-third of all PC. Carcinogens (cancer-causing chemicals) found in tobacco products may damage the pancreas, and smoking may add to the risks associated with other conditions, such as long-term inflammation of the pancreas (chronic pancreatitis). About 10 percent of PC is thought to relate to genetic factors and mutations. However, having a risk factor, or even many, does not mean that you will get cancer [25]. Some people who get cancer may have few or no known risk factors.

Coincidences of relatively high PC prevalence with nuclear power production

The incidence of PC varies across regions and populations (Fig. 2, Fig. 3). In 2018, 458,918 new cases

of PC were registered worldwide, representing 2.5% of all cancers. The age-standardized rate (ASR) incidence was highest in Europe (7.7 per 100,000 people) and North America (7.6 per 100,000 people), followed by Oceania (6.4 per 100,000 people). The lowest rate was observed in Africa with an estimated incidence of 2.2 per 100,000 people [16, 24]. Differences in incidence rates were 30-fold between the populations featuring the highest rate (Hungary: 10.8), and the lowest rate (Guinea: 0.35). The high PC level in Oceania and Australia, where there are no power plants, is probably related to nuclear tests.

Intriguingly, the areas where both PC rates and nuclear power production are high often coincide. Higher levels of nuclear power production are prone with higher risks of accidents. Chernobyl was the most serious nuclear accident in the history of nuclear power plants. However, many other minor accidents have happened in various countries. The most important and harmful consequence of radioactivity was that caused by the release of iodine-131, which can be at work only during the first few weeks. Iodine-131 is most dangerous because it can cause cancer, particularly thyroid cancer, in people exposed to it in the shortest time [5]. The list of risk factors of carcinogenesis is very broad and constantly evolving. Carcinogenesis is multifactorial; moreover, host response capabilities, including immune defense mechanisms and DNA repair processes should be accounted for [8].

Cesium from nuclear plants and accidents

Stable (nonradioactive) cesium (^{133}Cs) is an alkali metal, which exists naturally at very low concentrations in the soil as the Cs^+ ion. Cs has no known beneficial function in plants; however, at high concentrations, it can cause toxicity manifested as growth inhibition. Radioactive Cs (^{137}Cs and ^{134}Cs), a byproduct of nuclear fission of uranium,

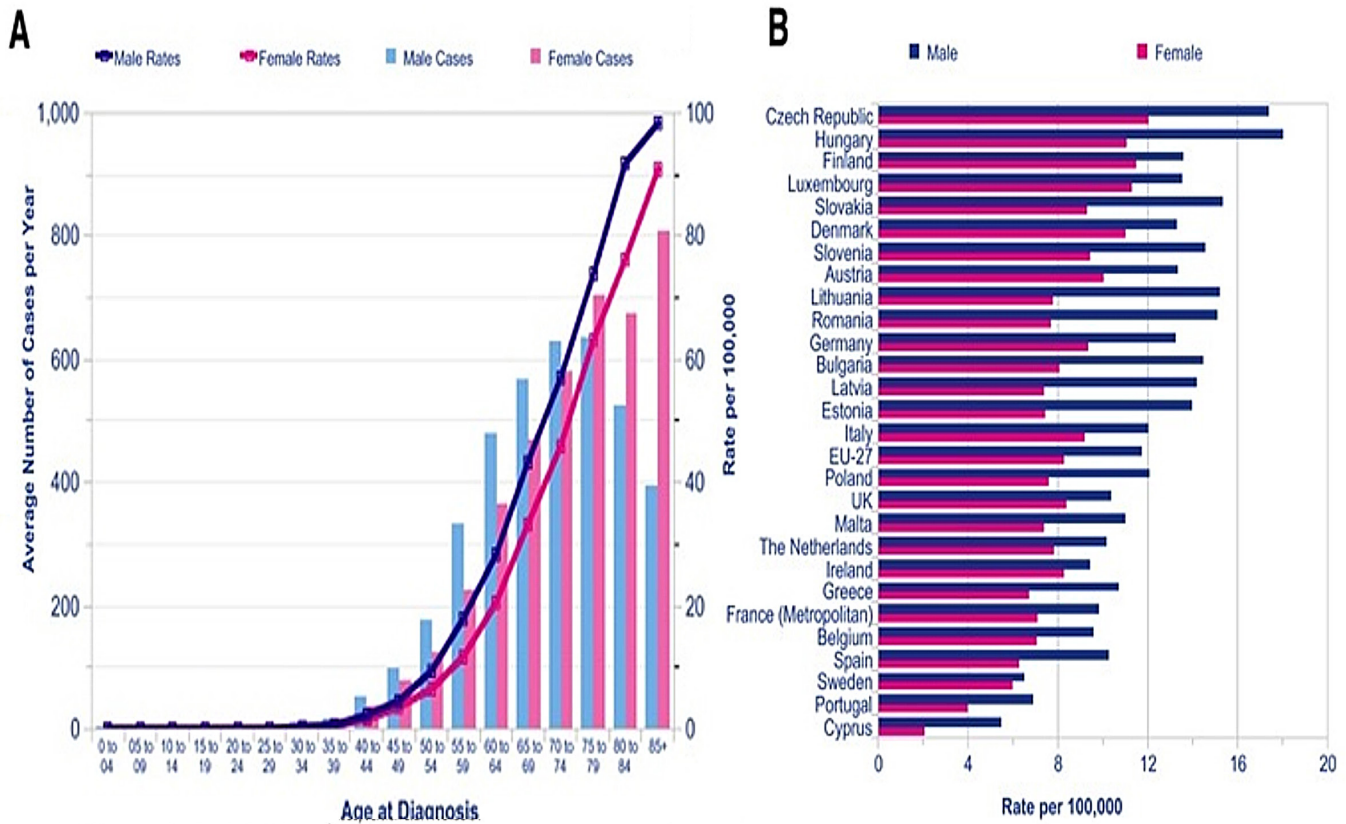


Fig. 2. PC rates by age in the UK (A) and by nation in Europe (B). Modified from [8].



Fig. 3. The incidence rates of PC in the world according to IARC [9].

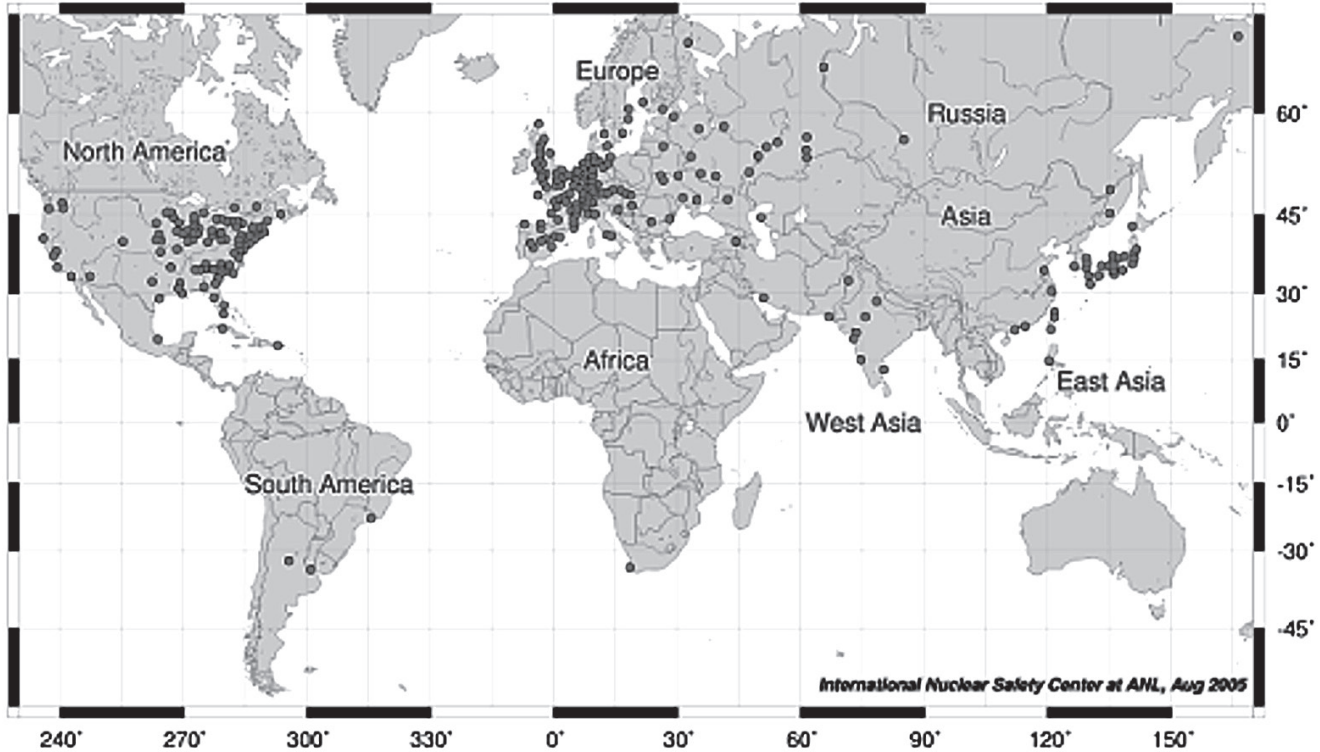


Fig. 4. The locations of nuclear power plants in the world (courtesy of the International Nuclear Safety Center [17, 22]).

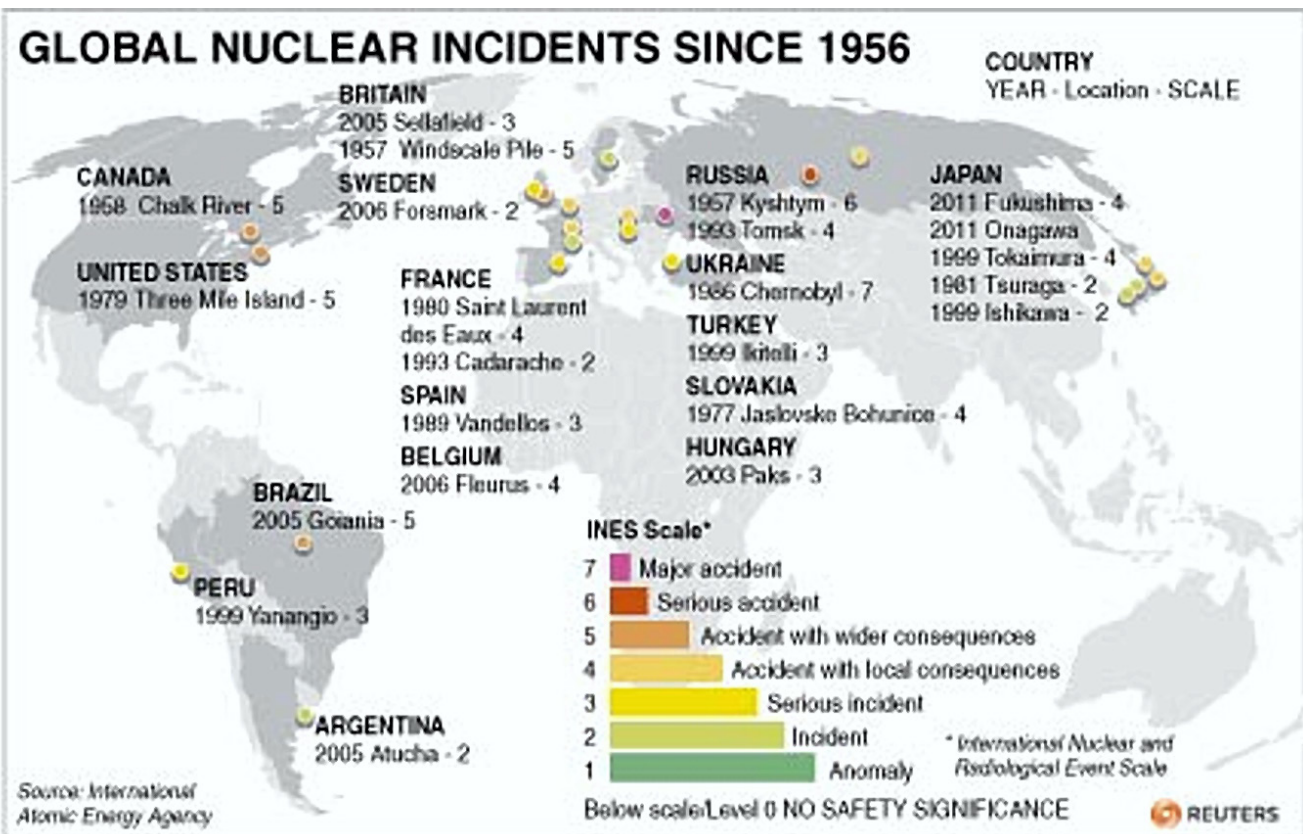


Fig. 5. Major nuclear accidents around the world (adapted from China Daily, 2017 [16])

is produced from anthropogenic sources and rapidly incorporated into the food chain. Cs is absorbed by plants competitively with potassium and in its radioactive form is the most dangerous radioisotope to the environment because of its long-term effects. Cesium-137 (^{137}Cs) half-life is about 30 years, which makes it present in the environment for about 300-600 years (Fig. 6). Iodine-131 may give a higher initial dose, but its short half-life of 8 days ensures that it will soon be gone. Iodine-131 remains in the environment for about 100 days. Cesium-137 decay by gamma and beta (electron) emissions produces highly ionizing radiation. Beta emission is very dangerous, when radioactive Cs is ingested because it deposits all energy in a very short distance in tissue by mimicking potassium chemical properties.

Cesium in the pancreas

The pancreas is a metabolically very active organ, which despite weighing only 80-100 grams in humans produces from 500 to 2000 ml of pancreatic juice daily. The pancreas has a high blood perfusion from the pancreatic arteries and can accumulate inside the exocrine cells a considerable amount of radioactive Cs able to damage cell DNA. Pancreatic ductal adenocarcinoma (PC) has a very poor prognosis. Typically, only 24% of people survive 1 year after diagnosis, and 9% live for 5 years. Only 1-2% of pancreatic tumors are of the neuroendocrine type, being derived from the cells that produce pancreatic hormones. Such tumors are less aggressive compared with adenocarcinomas. In autoradiographic studies with mice (Fig. 7), Nelson et al. [20] showed that ^{137}Cs is concentrated in significant quantities in the pancreatic tissue, in particular in the exocrine cells, where most PCs (about 90%) originate. In a mammalian organism, Nelson et al. [20] reported a differential selectivity for Cs in various organs (lower in

liver and in fetuses). About 86% of adsorbed Cs is excreted in the urine by the kidney, and the remaining 14% is eliminated in the feces by secretions from the salivary glands and exocrine pancreas. In humans, the biological half-life of absorbed Cs varies from 50 to 150 days [15]. "Prussian Blue" (ferric ferrocyanide) is able to chelate Cs in the intestine and, by preventing its reuptake, eliminates it with feces [15]. Upon renal insufficiency in man and rat, cesium level increases by 100% in the pancreatic tissue [7]. In the counties of Sweden, Edling et al. [4] reported that low-dose background radiation exposure significantly correlates with PC (males, $r = 0.59$; and, females, $r = 0.40$).

The autoradiogram shows that, contrary to the common knowledge of many researchers (e.g. [15]), ^{137}Cs is not distributed in a homogeneous way within the body. Probably for this reason, the radiation damage differs in various Cs-concentrating organs, such as exocrine pancreas [2, 20, 31], salivary glands and intestine [14]. Ingested ^{137}Cs also largely concentrates in the skeletal muscles. In Ukraine and in its neighbor country Belarus 20-30 years after Chernobyl, Bandazhevsky et al. [2], Zrielykh et al. [31], Leung et al. [14] and Krystle et al. [13] reported an increased incidence of PC and other tumors. ^{137}Cs concentrates in edible plants and fruit. In the Gomel region of Belarus, which was heavily contaminated by the fallout from the Chernobyl disaster, the damage of ^{137}Cs in organisms was studied of the rural population since 1990. Children have a higher average amount of ^{137}Cs than adults have [2]. In autopsies, the highest accumulation of ^{137}Cs was found in the endocrine glands, especially the thyroid, adrenal glands and pancreas. Bandazhevsky et al. [2] performed autopsies of six children who died from different causes in the polluted area near Chernobyl. It was found that ^{137}Cs level in the pancreas was 40-45 times higher than in the liver (Table 1).

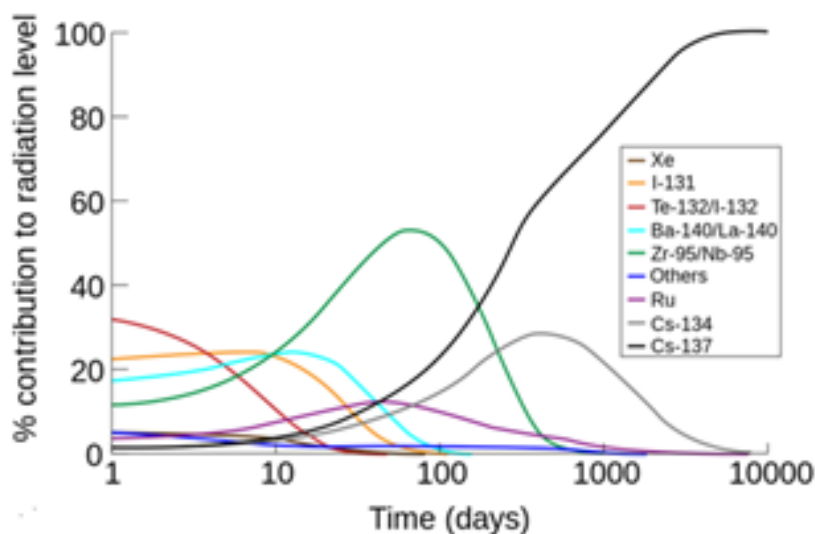


Fig. 6. The relative contributions of the major nuclides to the radioactive contamination of the air after an accident. Retrieved on 2009-05-13 from <https://web.archive.org/web/20070121042708/http://atom.kaeri.re.kr>

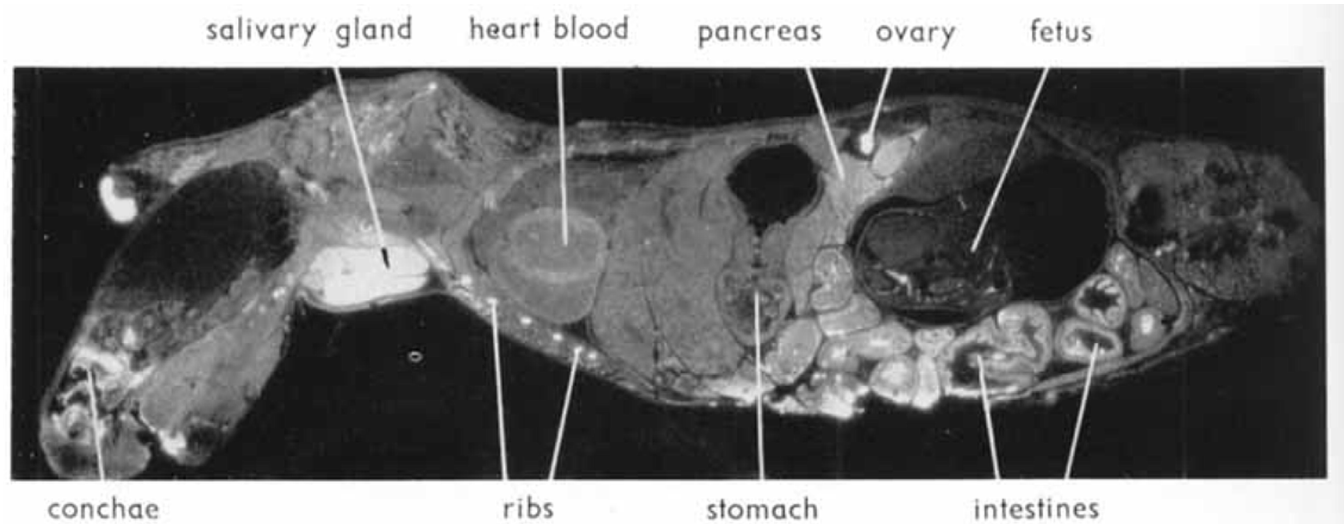


Fig. 7. Autoradiogram showing ^{137}Cs distribution in a pregnant mouse 6 hours after intravenous injection. White areas correspond to high radioactivity. Uptake is high in the salivary gland, pancreas and intestine. In fetuses, concentration is significantly lower than in the mother. In the pancreas, the islets of Langerhans appear to have a slightly lower activity than the acinar tissue. Reproduced with permission from [20].

Table. 1.

^{137}Cs level in the organs of children exposed to Chernobyl fallouts (adapted from [2]).

	1	2	3	4	5	6
Cause of death	Sepsis	Premature malform.	Sepsis bleeding	Cerebral malform.	Cardiac	Sepsis
Organ:						
Hearth	5333*	4250	625	4166	1071	1491
Liver	250	277	525	851	882	1000
Lung	1125	2666	400	1195	1500	2610
Kidneys	1500	1687	259	2250	812	583
Brain	3000	1363	305	90	1693	714
Thyroid gland	4333	6250	250	1900	n.d.	1583
Thymus	3000	3833	1142	3833	714	833
Small intestine	2500	1375	571	3529	2200	590
Large intestine	3250	3125	261	3040	4000	2125
Stomach	3750	1250	1500	n.d.	n.d.	n.d.
Spleen	3500	1500	428	1036	2000	2125
Adrenals	1750	2500	n.d.	2500	4750	2619
Pancreas	<u>11 000</u>	<u>12 500</u>	1312	n.d.**	n.d.	<u>2941</u>

Notes: * in bold are the highest levels found in other organs but the pancreas, and underlined are the cases when the pancreas features a still higher level; ** not determined.

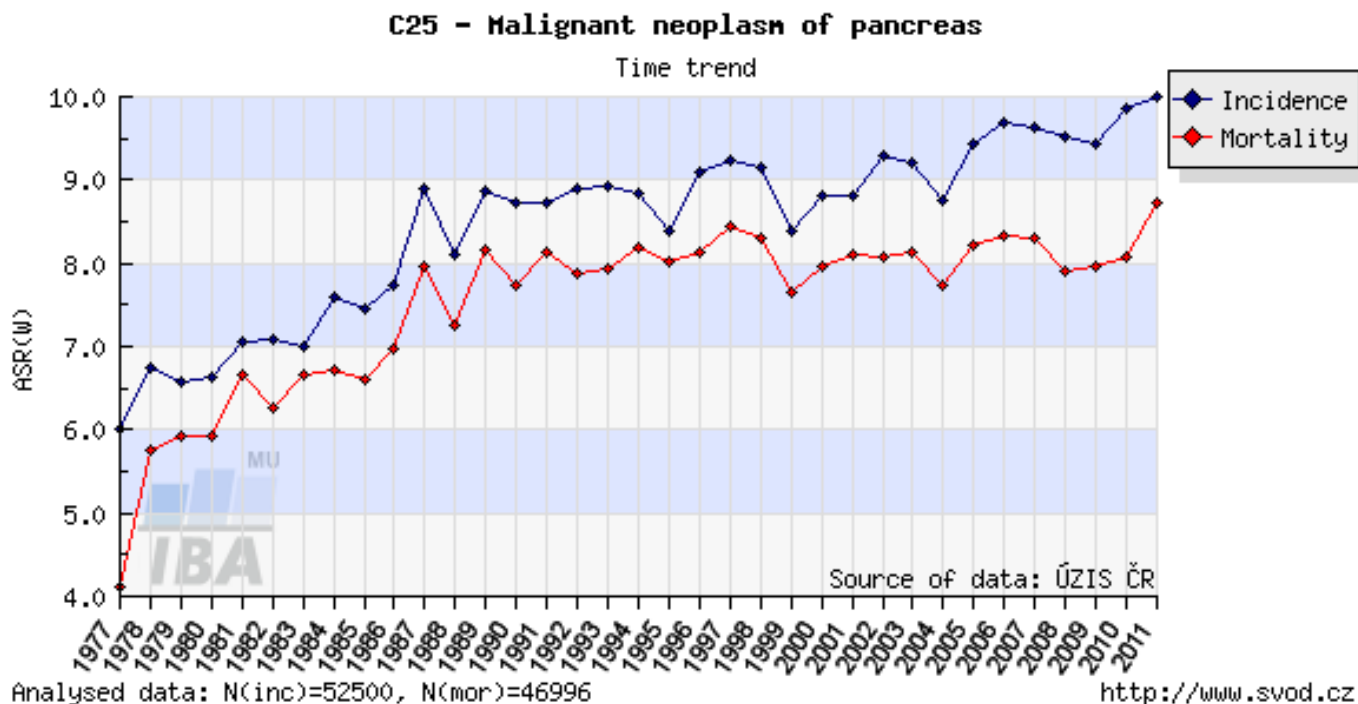


Fig. 8. Trends of PC incidence and mortality (1977-2011) in a country of Central-Eastern Europe particularly hit by the Chernobyl radioactive cloud. PC incidence and mortality rates in the Czech Republic (both sexes). Data source: CNCR [3].

¹³⁷Cs vs. PC in Europe

In the early 1970s, mortality from PC was low in Europe, stomach cancer being among the leading causes of cancer death. Nowadays, after about 50 years, the trends in these cancers are reversing [29]. Since the probable PC latency is of about 8 years, it is likely that the radioactive fallouts of the numerous nuclear tests that were carried out mainly in the years 1960-1985 and from accidents or nuclear fuel depletion of ships and atomic submarines may have been important in its increase (Fig. 8). According to the International Atomic Energy [11], the radioactivity, with consequent fallout, released into the atmosphere from nuclear weapons testing was far greater than that from nuclear accidents: about 400 peta-Bequerels (PBq) versus 85 PBq from Chernobyl, and 10-30 PBq from Fukushima. PC increase largely begins in the early 1980s and, in Europe, after the 1986 Chernobyl accident [8, 10].

¹³⁷Cs vs. PC in Italy

In Italy, the incidence of PC is growing significantly (+ 0.4% annually), with a clear North-to-South gradient: compared to the northern Italy, in the central Italy PC incidence levels are 29% lower in males and 26% lower in females, and the southern Italy, they are 25% and 28% lower respectively. PC ranking among the causes of death from tumors is 4th in females, the total (M + F) PC

mortality being 6 %. These data correlate with the current exposure to ¹³⁷Cs in Italy (Fig. 9).

High ¹³⁷Cs is associated with high altitude. In the mountains, rainfalls enhance radioactive fallouts. In the mountainous Northern Italy (Alps) and in the hilly Central Italy (Apennines), PC incidence is higher than in the Southern Italy and in islands, where PC mortality compared to that in the Northern Italy is -29% in males and -26% in females respectively (Table 2). In Italy, the radioactive cloud of Chernobyl also hit more the Northern part because the cloud came from Northern Europe and reached about the half of Italy, while Southern Italy was almost completely spared [21].

Traces of the radioactive elements released by the 1986 Chernobyl accident are still present at higher levels in the Northern Italy, Alsace, Eastern France and Southern Germany, while the traces of nuclear tests from the 1960s are more evenly distributed, with peaks in the central southern France, in the Massif Central region, in the Ardennes area, and in Brittany. However, according to some experts, these concentrations are not harmful for the environment and population. The highest levels of ¹³⁷Cs are found on the surface layers of the soil, from where they are absorbed by plants, fruit and fungi and enter the food chain, and finally, in the human and predatory animal bodies, where environmental ¹³⁷Cs undergoes greater and more harmful bioaccumulation.

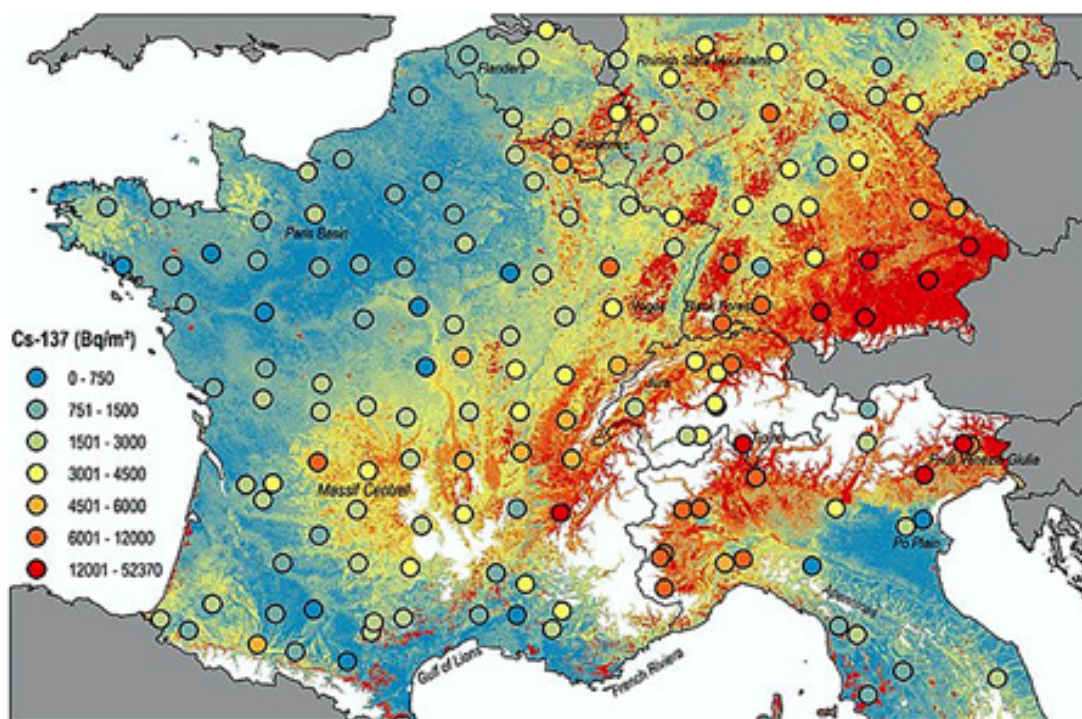


Fig. 9. The new map of Cesium-137 contamination in Europe (adapted from [18]).

Table 2.

PC incidences per 100000 populations in different parts of Italy*

	Incidence			Difference of III from:	
	I. North	II. Center	III. South and islands	I	II
M	24.6	18.9	17.5	-23%	-29%
F	18.3	15.7	13.6	-14%	-26%

* Based on data available from Associazione Italiana di Oncologia Medica [21].

¹³⁷Cs from Chernobyl vs. PC

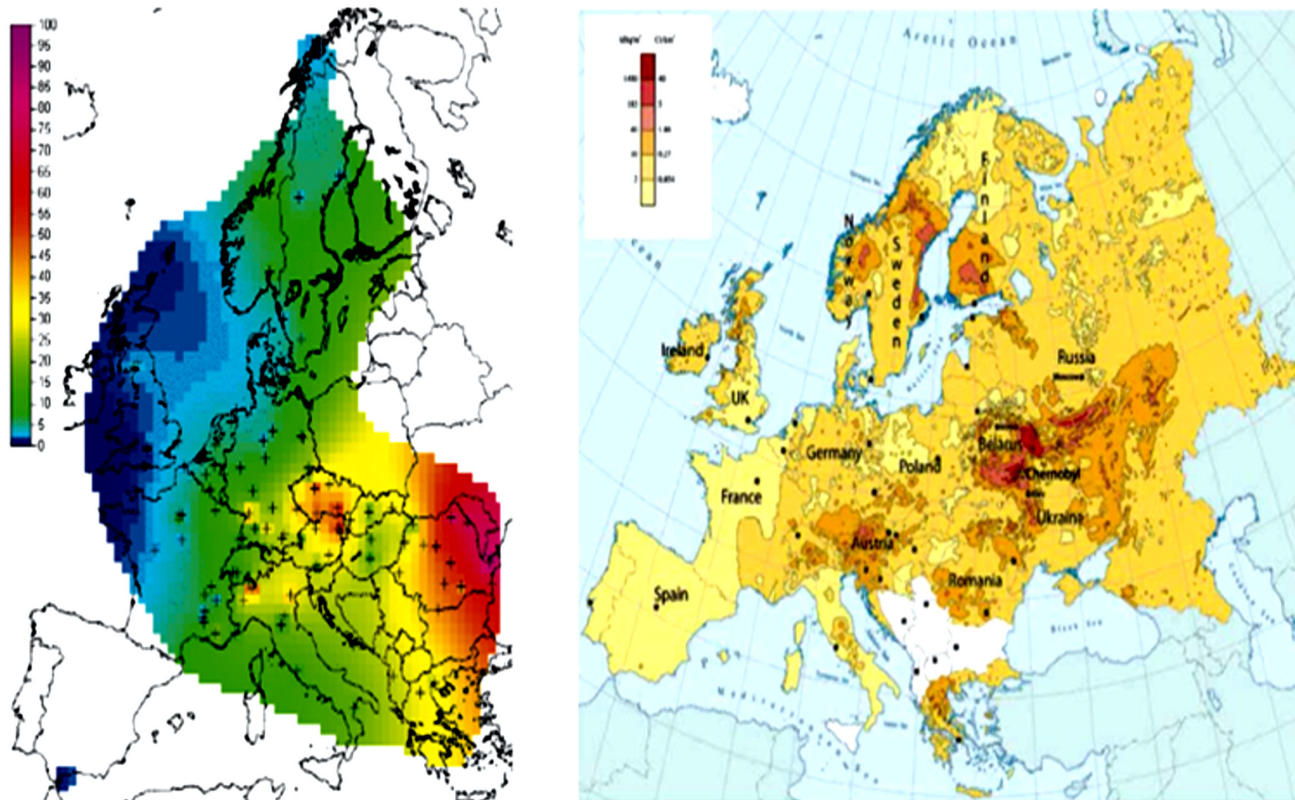
The accident took place on 26 April 1986; some 10–20 million people were exposed to significant levels of fallout; several hundred workers at the plant received whole-body radiation, 134 developed acute radiation sickness and, of these, 28 died within four months. However, what long-term effects did the accident produce? In Belarus, almost exactly half the cases occurred in the region that is closest to Chernobyl, which received the highest fallout. The world incidence of childhood thyroid cancer can be assumed as approximately 1/million children/year, but in Belarus as a whole, the incidence by 1995 was almost 30-fold higher, and, in Gomel Region, it reached approximately 100/million children/year [30]. Very large quantities of radioactive iodine and a considerable amount of ¹³⁷Cs have been discharged into the atmosphere [11, 27, 30] (Figs. 10, 11).

In 2000, Moseman [19] reported that meat of over 1000 wild bears killed in Germany in the previous year was contaminated with ¹³⁷Cs from Chernobyl, with over 600 Becquerel allowed per kg of meat. In 2009, Puschmann [23] reported that, in Norwegian cattle and sheep, ¹³⁷Cs after the Chernobyl accident is expected to be detectable for over 100 years to come. The Norwegian Food Safety Authority ordered the farmers to feed their animals with safer food, if radioactivity is too high. Animals can be also fed with the cesium chelator Giesesalt (also called “Berlin blue”), which binds the radioactive Cs and then excretes it from the body [23]. ¹³⁷Cs is a major health problem in contaminated areas near the radioactive wreck at the Fukushima nuclear power plant. In 2016, social scientists and energy policy experts have reported that worldwide there have been 99 accidents at nuclear power plants from 1952 to 2009 [26]. Therefore, ¹³⁷Cs is still well detectable in Europe [11], and although it is

Distribution of selected radioactive material released after Chernobyl

Cumulative iodine-131 air concentration in May 1986 ($Bq \cdot d/m^3$)

Deposition of caesium-137 (kBq/m^2)



Data source: [TORCH 2016](#), based on data from the European Commission [Joint Research Centre](#); [UNSCEAR](#), based on De Cort et al., 1998.

Fig. 10. Distribution of the Chernobyl radioactive cloud in Europe.

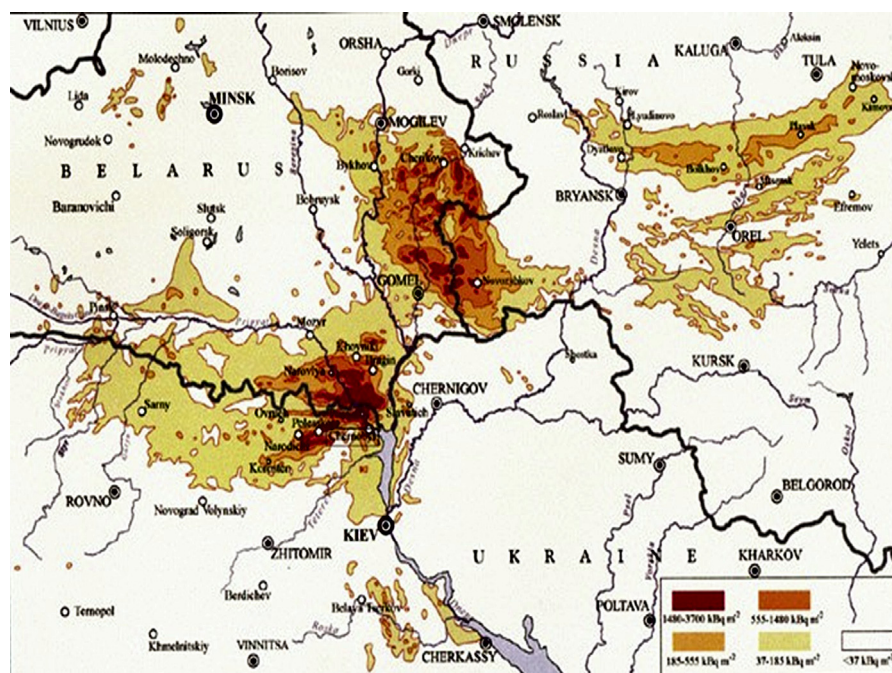


Fig. 11. Nuclear fallout from the Chernobyl accident (1986) in Ukraine, Belarus, and Russia (adapted from [30]).

present in trace amounts considered not harmful by current experts, nobody really knows the cumulative damage that it can cause over time! ^{137}Cs is excreted in the urine over the course of months or years, and this is more than long enough to cause liver, pancreatic and other cancers [12]. The release of radionuclides into European atmosphere had effects on environment and health. Agricultural and natural ecosystems in Belarus, Russia and Ukraine, as well as in many other European countries, were affected as radionuclides were taken up by plants, fruit and later by animals and found in milk, meat, forest food products, freshwater fish. The impact of the Chernobyl fallout on human health is not unanimously agreed by experts; indeed United Nations agency conclusions are challenged. The effects of heavy fallout exposure include radiation sickness and cataracts, with thyroid cancer, especially in children and adolescents, and leukemia [2].

In 2020, Zrielykh reported [31] that in Ukraine, there is an important tendency of an increase in PC incidence and mortality rates. The number of PC cases increased by 8.7% (7.3% in men and 10.3% in women) in 2013 in comparison with 2003. PC incidence in children (age 0-17 years) was zero in 2003 and 4 in 2013. Age-standardized PC incidence rate was 5.9 in 2003 (8.6 in men; 4.0 in

women) and 6.8 in 2013 (9.8 in men; 4.7 in women). Age-standardized mortality rate was 5.0 in 2003 (7.4 in men; 3.4 in women) and 5.5 in 2013 (7.9 in men; 3.9 in women). It should be noted that, in 2013, four children had PC, whereas normally in the rest of the world children are rarely affected.

CONCLUSION

The above analysis of PC epidemiology may be the key to interpreting the etiology of PC and thus, the cornerstone of developing a possible effective prevention strategy. The reported data warrant investigations into a possible association between radioactive cesium and PC. If this correlation will be confirmed, a preventive action may be possible by using table salt enriched in potassium and by a diet rich in fruits and vegetables that feature the highest levels of potassium. These and other foods should be derived mainly from the southern territories of the nations that by now are generally the least polluted by radioactive elements. In cases of occasional strong accidental ingestion of radioactive Cs, “Prussian Blue” will be indicated.

Conflict of interest: There are no conflicts of interest.

References

1. American Cancer Society. Cancer Facts & Figures. Atlanta; 2019.
2. Bandazhevsky YI. Chronic Cs-137 incorporation in children's organs. *Swiss Med Wkly*. 2003;133(35-36):488-90.
3. Dušek L, Vyzula R, Melichar B, Abrahámová J, Fínek J, Petruželka L, Vorlíček J. Číselné podklady pro plánování nákladů léčebné péče v onkologii, analýzy dostupných populačních dat a predikce pro rok. In: *Modrá kniha České Onkologické Společnosti*. Brno: Masarykův Onkologický Ústav; 2014. P:254-97. (In Czech)
4. Edling C, Comba P, Axelson O, Flodin U. Effects of low-dose radiation - a correlation study. *Scand J Work Environ Health*. 1982;8(Suppl 1):59-64.
5. Environmental Protection Agency Bulletin. *HyperPhysics*; 2017.
6. Ferlay J, Soerjomataram I, Ervik M, Dikshit R, Eser S, Mathers C, Rebelo M, Parkin D.M, Forman D, Bray F. GLOBOCAN 2012. Cancer Incidence and Mortality Worldwide. IARC Cancer Base No. 11. International Agency for Research on Cancer, Lyon (France); 2013.
7. Gawlik D, Behne D, Kraft D, Offermann G. The influence of renal insufficiency on caesium metabolism in man and rat (with a note on the Cs content of some biological standard materials). *J Trace Elem Electrolytes Health Dis*. 1989;3(1):43-50.
8. GBD 2017. Pancreatic Cancer Collaborators. The global, regional, and national burden of pancreatic cancer and its attributable risk factors in 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Gastroenterol Hepatol*. 2019; 4(12):934-947. doi:10.1016/S2468-1253(19)30347-4.
9. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans: Volume 100D. <http://monographs.iarc.fr/ENG/Monographs/vol100D/>.
10. Institute of Health Information and Statistics of the Czech Republic: Czech National Cancer Registry (CNCR). <http://www.uzis.cz/registry-nzis/nor>.
11. International Chernobyl Project Technical Report. International Atomic Energy Agency, Vienna; 1991.

12. Kluger J. Japan's Radiation Exposure: How Serious Is It? Time, March 12, 2011.
13. Leung KM, Shabat G, Lu P, Fields AC, Lukashenko A, Davids JS, Melnitchouk N. Trends in solid tumor incidence in Ukraine 30 years after chernobyl. *J Glob Oncol.* 2019(5):1-10. doi:10.1200/jgo.19.
14. Lestaevel P, Racine R, Bensoussan H, Rouas C, Gueguen Y et al. Césium 137: propriétés et effets biologiques après contamination interne [Caesium 137: Properties and biological effects resulting of an internal contamination]. *Médecine Nucléaire.* 2010;34(2):108-18. (in French)
15. Major nuclear accidents around the world. *China Daily*, 17-3-2017. http://www.chinadaily.com.cn/world/2011-03/17/content_12185169.htm
16. Map of Nuclear Power Plants Showing the Location of the World's Nuclear Power Plants. International Nuclear Safety Center; 2015
17. Meusburger K. The new map of Cesium-137 radioactive contamination in Europe. *Scientific Reports*, Basel; 2020.
18. Moseman A. 24 Years After Chernobyl, Radioactive Boars Still Roam Germany. *Discover magazine*; 2010. <https://www.discovermagazine.com/environment/24-years-after-chernobyl-radioactive-boars-still-roam-germany>
19. Nelson A, Ullberg S, Kristoffersson H, Ronnback C. Distribution of radiocesium in mice. *Acta Radiol.* 1961;55:374-84.
20. Numeri del Cancro in Italia. Associazione Italiana di Oncologia Medica; 2018. https://www.ars.toscana.it/images/2018_NumeriCancro-operatori.pdf.
21. Pogharian A. Map Monday, Where are the world's nuclear power plants? *Interweaving Mythology, Science, & History.* August 24, 2015. <http://www.armenpogharian.com/map-monday-where-are-the-worlds-nuclear-power-plants/>
22. Puschmann O. Fortsatt nedforing etter radioaktivitet i dyr som har vært på utmarksbeitein. Eksterne lenker; Matportalen-radioaktivitet; 2009. (In Norwegian) <https://qa.landbruksdirektoratet.no/no/erstatning/palegg-og-restriksjoner/radioaktivitet/fortsatt-nedforing-etter-radioaktivitet-i-dyr-som-har-v%C3%A6rt-p%C3%A5-utmarksbeite>
23. Rawla P, Sunkara T, Gaduputi V. Epidemiology of pancreatic cancer: Global trends, etiology and risk factors. *World J Oncol.* 2019;10(1):10-27.
24. Rosenzweig A. New Global Cancer Statistics Released. *Pancreatic Cancer Action Network*; 2018. <https://www.pancan.org/facing-pancreatic-cancer/>
25. Sovacool BK, Brown MA, Valentine SV. *Fact and Fiction in Global Energy Policy: Fifteen Contentious Questions.* Baltimore: Johns Hopkins University Press; 2016.
26. UNSCEAR 2000 Report, Vol. 2, Annex J. United Nations, New York and Geneva; 2000.
27. U.S. Food and Drug Administration (F.D.A.), Radiation Emergencies. CDC. 20 Oct 2013.
28. Venturi S, Venturi M. Iodide, thyroid and stomach carcinogenesis: evolutionary story of a primitive antioxidant? *Eur J Endocrinol.* 1999;140(4):371-2.
29. Williams D. Cancer after nuclear fallout: lessons from the Chernobyl accident. *Nat Rev Cancer.* 2002;2:543-9.
30. Zrielykh L. Analysis of statistics of pancreatic cancer in Ukraine for a period of 10 years. *J Clin Oncol.* 2020;38(15_suppl), e16721-e16721. doi:10.1200/JCO.2020.38.15_suppl.e16721



БЛАГОДАРНОСТЬ РЕЦЕНЗЕНТАМ

Редакция журнала «Биосфера» и руководство ФНИ «XXI век» считают рецензирование рукописей важнейшим условием работы научных журналов и выражают глубокую признательность специалистам, согласившимся помочь редколлегии в 2020 г.:

- Апарин Б.Ф.** докт. с.-х. наук, профессор кафедры почвоведения и экологии почв Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета
- Архипченко И.А.** докт. биол. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории микробиологического мониторинга и биоремедиации почв Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии (Санкт-Петербург)
- Бахметьева К.А.** канд. с.-х. наук, доцент кафедры биогеографии и охраны природы Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета
- Битюцкий Н.П.** докт. биол. наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии биологического факультета Санкт-Петербургского государственного университета
- Варенцова Е.Ю.** канд. биол. наук, доцент кафедры защиты леса, древесиноведения и охотоведения Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
- Гололобова М.А.** канд. биол. наук, доцент кафедры микологии и альгологии биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
- Горный В.И.** канд. геол.-минерал. наук, заведующий лабораторией дистанционных методов геоэкологического мониторинга и геоинформатики Санкт-Петербургского Федерального исследовательского центра РАН
- Греков К.Б.** докт. техн. наук, профессор кафедры экологической безопасности телекоммуникаций факультета радиотехнологий связи Санкт-Петербургского государственного университета телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
- Комулайн С.Ф.** докт. биол. наук, ведущий научный сотрудник экологии рыб и водных беспозвоночных Института биологии - обособленного подразделения Федерального исследовательского центра «Карельский научный центр Российской академии наук» (Петрозаводск)
- Кораблёв А.П.** канд. биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории общей геоботаники Ботанического института им. В.Л. Комарова РАН (Санкт-Петербург)
- Кузнецова И.А.** канд. биол. наук, старший научный сотрудник Института экологии растений и животных Уральского отделения РАН (Екатеринбург)
- Малецкий С.И.** докт. биол. наук, профессор, сотрудник Группы компаний «Мобилизация Интеллектуальных Ресурсов», Санкт-Петербург, Новосибирск
- Нешатаев В.Ю.** докт. биол. наук, заведующий кафедрой ботаники и дендрологии Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
- Разумовский Л.В.** докт. геогр. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории охраны вод Института водных проблем РАН (Москва)
- Рисник Д.В.** канд. биол. наук, ведущий научный сотрудник кафедры биофизики Биологического факультета Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова
- Силаева А.А.** канд. биол. наук, старший научный сотрудник управления экологической гидрологии и водных экосистем Института гидробиологии НАН Украины (Киев)
- Смирнов А.П.** докт. с.-х. наук, профессор кафедры лесоводства Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета им. С.М. Кирова
- Сопрун Л.А.** канд. мед. наук, ассистент кафедры организации здравоохранения и медицинского права Медицинского факультета Санкт-Петербургского государственного университета
- Терехина Н.В.** канд. геогр. наук, доцент кафедры биогеографии и охраны природы Института наук о Земле Санкт-Петербургского государственного университета

СВОДНОЕ СОДЕРЖАНИЕ ТОМА 12

Combined contents of volume 12

	РЕДАКЦИОННЫЕ СТАТЬИ / EDITORIALS	3:111	ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ СОСТОЯНИЯ ОБЪЕКТОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ Т.Д. Шигаева, Ю.М. Поляк, В.А. Кудрявцева <i>THE REDOX POTENTIAL AS AN INDEX OF THE STATE OF ENVIRONMENTAL ENTITIES</i> <i>T.D. Shigaeva, Yu.M. Polyak, V.A. Kudryavtseva</i>
4:161	БИЗНЕС-ЭКОСИСТЕМЫ: ЧТО СТОИТ ЗА СЛОВАМИ И КУДА ЭТО ВЕДЕТ? Г.С. Розенберг <i>BUSINESS ECOSYSTEMS: WHAT IS THERE BEHIND THE WORDS AND WHERE DOES IT LEAD US?</i> <i>G.S. Rozenberg</i>		
	ТЕОРИЯ / THEORY	4:196	УСПЕШНЫЙ ОПЫТ АККЛИМАТИЗАЦИИ КЕДРОВОГО СТЛАНИКА (<i>PINUS PUMILA</i> (PALL.) REGEL) НА СЕВЕРЕ ЛЕНИНГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ П.А. Лебедев, Л.П. Трофимук, А.В. Карамышева, Р.К. Пузанский <i>A SUCCESSFUL ATTEMPT TO ACCLIMATIZE THE SIBERIAN DWARF PINE (<i>PINUS PUMILA</i> (PALL.) REGEL) IN THE NORTH OF LENINGRAD REGION</i> <i>P.A. Lebedev, L.P. Trofimuk, A.V. Karamysheva, R.K. Puzanskiy</i>
4:175	НОВАЯ КОНЦЕПЦИЯ ДЕМОГРАФИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА Ю.Н. Сергеев, В.П. Кулеш, В.В. Дмитриев <i>A NEW CONCEPT OF DEMOGRAPHIC TRANSITION</i> <i>Y.N. Sergeev, V.P. Kulesh, V.V. Dmitriev</i>		
	ПРАКТИКА / PRACTICE		
1-2:1	ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДОВ БИОТЕСТИРОВАНИЯ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЭКОЛОГИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ПОЧВОГРУНТОВ РЕКУЛЬТИВИРОВАННОГО КАРЬЕРА Т.В. Бардина, М.В. Чугунова, В.В. Кулибаба, В.И. Бардина <i>THE USE OF BIOLOGICAL TESTING APPROACHES TO ASSESSING THE ECOLOGICAL CONDITIONS OF SOILS IN A RECLAIMED SURFACE MINE</i> <i>T.B. Bardina, M.V. Chugunova, V.V. Kulibaba, V.I. Bardina</i>	4:206	СОСТОЯНИЕ ВНУТРИГОРОДСКИХ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАСАЖДЕНИЙ СОСНЫ <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. В ЕКАТЕРИНБУРГЕ В.И. Пономарев, О.В. Толкач, А.В. Тукачева, В.В. Напалкова, Г.И. Клобуков <i>CONDITIONS OF INNER-CITY NATURAL PLANTATIONS OF <i>PINUS SYLVESTRIS</i> L. IN YEKATERINBURG</i> <i>V.I. Ponomarev, O.V. Tolkach, A.V. Tukacheva, V.V. Napalkova, G.I. Klobukov</i>
1-2:12	ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЗАПАДИННЫХ КОМПЛЕКСОВ НА СПОСОБНОСТЬ ПОЧВ К ВОСПРОИЗВОДСТВУ ПЛОДРОДИЯ К.Ю. Зотова, К.Е. Стекольников <i>DETERMINATION OF THE INFLUENCE OF DRANLESS DEPRESSIONS OF RELIEF ON THE SUSTAINABILITY OF SOIL FERTILITY</i> <i>K.Yu. Zotova, K.Ye. Stekolnikov</i>	1-2:19	ПРИРОДА / NATURE
3:105	КАК ВОДИТЬ ПЧЕЛ В ЗАПОЛЯРЬЕ: ГЛОБАЛЬНЫЙ КРИЗИС И АРКТИЧЕСКИЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПЧЕЛОВОДСТВА В.Ф. Марарица, Г.А. Чударов, Л.П. Чурилов, Ю.Т. Демидов <i>BEE KEEPING BEYOND THE ARCTIC CIRCLE: GLOBAL CRISIS OF AND ARCTIC PROSPECTS FOR APICULTURE</i> <i>V.F. Mararitsa, G.A. Chudarov, L.P. Churilov, Yu.T. Demidov</i>	1-2:32	ТАКСОНОМИЧЕСКОЕ РАЗНООБРАЗИЕ ДИАТОМОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ГОЛОЦЕНОВЫХ ДОННЫХ ОТЛОЖЕНИЙ МАЛЫХ ВОДОЕМОВ ДЕПРЕССИИ ОЗЕРА ИМАНДРА А.Л. Косова, Д.Б. Денисов, С.Б. Николаева <i>TAXONOMIC DIVERSITY OF DIATOM COMPLEXES OF HOLOCENE BOTTOM SEDIMENTS OF SMALL WATER BODIES WITHIN THE LAKE IMANDRA DEPRESSION</i> <i>A.L. Kosova, L.B. Denisov, S.B. Nikolayeva</i>
			ВЛИЯНИЕ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ПОДЗОЛОВ М.А. Надпорожская, Б.А. Павлов, Д.М. Мирин, К.Л. Якконен, А.М. Седова <i>THE INFLUENCE OF FOREST FIRES ON THE FORMATION OF THE PROFILE OF PODZOLS</i> <i>M.A. Nadporozhskaya, B.A. Pavlov, D.M. Mirin, K.L. Yakkonen, A.M. Sedova</i>

3:63

ОСОБЕННОСТИ ЛЕТНЕГО ПРОСТРАНСТВЕННОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФОСФОРА, АЗОТА И ХЛОРОФИЛЛА А В КРУПНОМ ЭВТРОФИРУЕМОМ АРКТИЧЕСКОМ ОЗЕРЕ ИМАНДРА (МУРМАНСКАЯ ОБЛАСТЬ) В СВЯЗИ С МАССОВЫМ РАЗВИТИЕМ ФОТОСИНТЕЗИРУЮЩИХ МИКРООРГАНИЗМОВ

Н.А. Кашулин, А.К. Беккелунд, В.А. Даувальтер
 CHARACTERISTICS OF SUMMERTIME SPATIAL DISTRIBUTION OF PHOSPHORUS, NITROGEN AND CHLOROPHYLL-A IN A MAJOR EUTROPHIC ARCTIC LAKE IMANDRA (MURMANSK REGION, RUSSIA) AS ASSOCIATED WITH HARMFUL ALGAL BLOOMS

N.A. Kashulin, A.K. Bekkelund, V.A. Dauvalter

3:93

СОДЕРЖАНИЕ КАДМИЯ В ПОЧВЕ И БИОЛОГИЧЕСКИХ ОБЪЕКТАХ В УСЛОВИЯХ ЛЕСНЫХ ЭКОСИСТЕМ ПРИВОЛЖСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ В ПЕНЗЕНСКОЙ ОБЛАСТИ

М.И. Андреева, А.И. Иванов, Д.Г. Смирнов
 CADMIUM CONTENT IN SOIL AND BIOLOGICAL OBJECTS UNDER THE CONDITIONS OF FOREST ECOSYSTEMS OF VOLGA UPLAND IN PENZA REGION

M.I. Andreeva, A.I. Ivanov, D.G. Smirnov

4:214

ИЗМЕНЕНИЯ ВИДОВОГО СОСТАВА И ЭКОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ В СОСНЯКЕ СЛОЖНОМ ПОДЗОНЫ ХВОЙНО-ШИРОКОЛИСТВЕННЫХ ЛЕСОВ В УСЛОВИЯХ ЗАПОВЕДНОГО РЕЖИМА

Е.В. Зубкова, М.В. Андреева, И.В. Припутина
 COMPOSITIONAL AND ECOLOGICAL CHANGES IN A COMPLEX PINE FOREST OF THE CONIFEROUS-DECIDUOUS SYLVAN SUBZONE UNDER NATURE RESERVE REGIMEN

Ye.V. Zubkova, M.V. Andreeva, I.V. Priputina

4:223

ПОЧВООБРАЗУЮЩЕЕ ЗНАЧЕНИЕ ВЫНОСЯЩЕЙ (ПЕРЕОТЛОЖНОЙ) ДЕЯТЕЛЬНОСТИ КРОТА ЕВРОПЕЙСКОГО (TALPA EUROPAEA, L) В ТАЕЖНОМ БИОГЕОЦЕНОЗЕ

Е.Н. Пилипко, Н.Н. Харченко, В.С. Вернодубенко
 THE SOIL-FORMING SIGNIFICANCE OF THE EXCAVATING (REDEPOSITING) ACTIVITY OF THE EUROPEAN MOLE (TALPA EUROPAEA, L) IN A TAIGA BIOGEOCENOSIS

Ye.N. Pilipko, N.N. Kharchenko, V.S. Vernodubenko

4:231

ОБОСНОВАНИЕ ЗНАЧЕНИЯ ПЫЛЬЦЫ МАКРОФИТОВ ДЛЯ ПАЛЕОЛИМНОЛОГИЧЕСКИХ РЕКОНСТРУКЦИЙ НА ПРИМЕРЕ ОЗЕР ОСТРОВА ЛУНКУЛАНСААРИ СЕВЕРО-ВОСТОК ЛАДОЖСКОГО ОЗЕРА)

Т.Ю. Газизова, Т.В. Сапелко
 SUBSTANTIATION OF THE IMPORTANCE OF MACROPHYTE POLLEN FOR PALEOLIMNOLOGICAL RECONSTRUCTIONS AS EXEMPLIFIED WITH LUNKULANSAARI ISLAND LAKES (THE NORTHEAST OF LAKE LADOGA)

T.Yu. Gazizova, T.V. Sapelko

ОБЩЕСТВО / SOCIETY

1-2:45

ОСОБО ОХРАНЯЕМЫЕ ПРИРОДНЫЕ ТЕРРИТОРИИ И КОРЕННЫЕ НАРОДЫ: СПОСОБЫ РЕШЕНИЯ КОНФЛИКТОВ В СРАВНЕНИИ МЕЖДУ БРИТАНСКОЙ КОЛУМБИЕЙ (КАНАДА) И ПРИМОРСКИМ КРАЕМ (РОССИЯ)

А.В. Бочарникова
 PROTECTED AREAS AND INDIGENOUS PEOPLES: APPROACHES TO CONFLICTS SOLVING IN BRITISH COLUMBIA (CANADA) AND PRIMORSKIY REGION (RUSSIA) COMPARED

A.V. Bocharnikova

НАСЛЕДИЕ / HERITAGE

3:125

ЛИТОГЕННЫЙ ФАКТОР В ФОРМИРОВАНИИ И РАСПРОСТРАНЕНИИ ДОННЫХ БИОЦЕНОЗОВ (АПШЕРОНСКИЙ АРХИПЕЛАГ, КАСПИЙСКОЕ МОРЕ)

К.М. Петров
 THE LITHOGENIC FACTOR OF THE DEVELOPMENT AND DISTRIBUTION OF BOTTOM BIOCENOSES IN THE ABSHERON ARCHIPELAGO (THE CASPIAN SEA)

K.M. Petrov

3:138

ПОЧВОВЕДЕНИЕ – НАУКА ХИМИЧЕСКАЯ

М.К. Захарова, Б.Ф. Апарин
 SOIL SCIENCE IS A CHEMICAL SCIENCE

M.K. Zakharova, B.F. Aparin

4:170

В.А. ДРАГАВЦЕВ О СЕБЕ И НЕ ТОЛЬКО

V.A. DRAGAVTSEV MEMORIES ABOUT HIMSELF AND MORE

4:242 **ЗДРАВООХРАНЕНИЕ / PUBLIC HEALTH**
**ГИПОТЕЗА О КОРРЕЛЯЦИИ МЕЖДУ
 ПОВЫШЕННЫМИ УРОВНЯМИ РАДИОАКТИВНОГО
 ЦЕЗИЯ И ЗАБОЛЕВАЕМОСТИ РАКОМ
 ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ**
С. Вентури
*CORRELATION BETWEEN RADIOACTIVE CESIUM AND THE
 INCREASE OF PANCREATIC CANCER: A HYPOTHESIS*
S. Venturi

1-2:53 **РЕЦЕНЗИИ И ДИСКУССИИ /
 VIEWS AND REVIEWS**
**ОРГАНИЧЕСКОЕ ЗЕМЛЕДЕЛИЕ В РОССИИ –
 БЛАГО ИЛИ КАТАСТРОФА?**
К.Е. Стекольников
*ORGANIC AGRICULTURE IN RUSSIA: A GOOD OR A
 DISASTER?*
K.E. Stekolnikov

3:158

РЕЦЕНЗИЯ НА МОНОГРАФИЮ:
**Г.С. Розенберг, Е.В. Быков, С.В. Саксонов,
 С.А. Сенатор, А.И. Файзулин.**
**ПРОСТРАНСТВО ЭКО-ЖУРНАЛОВ
 (КРАТКОЕ ПОСОБИЕ ДЛЯ МАГИСТРОВ,
 АСПИРАНТОВ И ИЖЕ С НИМИ).**
Тольятти: Анна; 2020. 156 с.
С.Г. Харченко
BOOK REVIEW:
G.S. Rozeberg et al.
*THE SPACE OF ECO-JOURNALS (A BRIEF GUIDE
 FOR GRADUATES, MASTERS AND THE LIKE).*
Togliatti: Anna; 2020. 156 PP.
S.G. Kharchenko

4:168

**СОБЫТИЯ И КОММЕНТАРИИ /
 EVENTS AND COMMENTS**
**85-ЛЕТНИЙ ЮБИЛЕЙ АКАДЕМИКА
 В.А. ДРАГАВЦЕВА**
*THE EIGHTY-FIVE YEAR JUBILEE OF ACADEMICIAN
 V.A. DRAGAVTSEV*



Подписано в печать **10.12.2020.**
Отпечатано в типографии «Лпринт»:
197374, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, 37,
Тел.: **+7(812) 430-91-55.**
Тираж **700 экз.**
Цена свободная



МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ

БИОСФЕРА

Т. 12, № 4 / Санкт-Петербург / 2020