

2018

Т. 10, № 3

**МЕЖДИСЦИПЛИНАРНЫЙ НАУЧНЫЙ
И ПРИКЛАДНОЙ ЖУРНАЛ**



БИОСФЕРА



ISSN 2077-1371 / www.21bs.ru

**РАДИОНУКЛИДЫ ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K ,
 ^{137}Cs В ПОЧВАХ НА ЗВОНЦОВЫХ
И ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИНАХ**

**Е.В. Мингареева, Б.Ф. Апарин,
Е.Ю. Сухачева**

*THE RADIONUCLIDES ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K
AND ^{137}Cs IN SOILS FORMED ON CLAYS
ORIGINATING FROM INTRAGLACIER
AND PARAGLACIER AREAS ("ZVONTSOVYE"
AND "STRIPED" CLAYS)*

*Ye.V. Mingareeva, B.F. Aparin,
Ye.Yu. Sukhacheva*

**ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ
ЗЕМЕЛЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

В.А. Евсегнеев

*STATE MONITORING OF LANDS
IN THE RUSSIAN FEDERATION*

V.A. Yevsegneyev

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДЕРЖИВАНИЕ
МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ
ГРУНТА ТЕХНОГЕННОГО ИЗ ТВЕРДЫХ
БЫТОВЫХ/КОММУНАЛЬНЫХ
ОТХОДОВ...**

**Д.М. Малиухин, В.А. Поздняков,
Л.Г. Бакина, Т.Б. Нагиев,
А.В. Поздняков, С.И. Лоскутов,
Я.В. Пухальский**

*USING PERENNIAL GRASSES
IN EXPERIMENTAL TURFING
OF MUNICIPAL SOLID WASTE-DERIVED
ARTIFICIAL SOIL FOR LANDFILLS
RECLAMATION*

*D.M. Maliukhin, V.A. Pozdnyakov,
L.G. Bakina, T.B. Nagiyev,
A.V. Pozdnyakov, S.I. Loskutov,
Ya.V. Pukhalskiy*

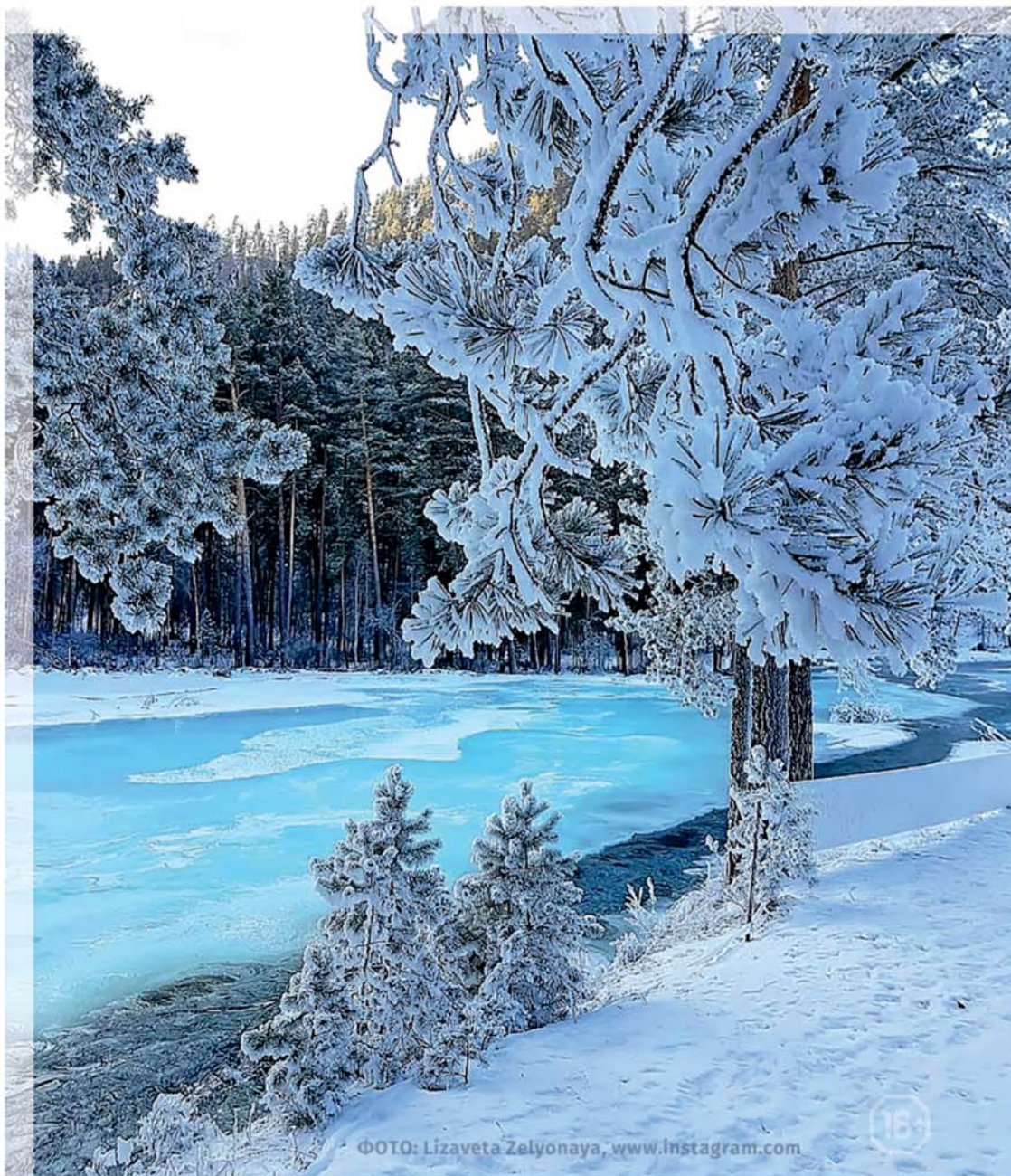


ФОТО: Lizaveta Zelyonaya, www.instagram.com



© 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 10, № 3

Санкт-Петербург
2018



BIOSPHERE

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

Vol. 10, No. 3

Saint Petersburg
2018

© «XXI CENTURY» RESEARCH FOUNDATION
RUSSIAN ECOLOGICAL ACADEMY

**РЕДАКЦИОННАЯ
КОЛЛЕГИЯ**

EDITORIAL BOARD

**РОССИЙСКОЕ ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО
В РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ**

DOMESTIC EDITORIAL BOARD

**МЕЖДУНАРОДНЫЙ
РЕДАКЦИОННЫЙ СОВЕТ**INTERNATIONAL
ADVISORY 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. Натарева

PROOFREADING: N.A. Natarova

АДМИН САЙТА:**И.В. Перескоков**

SITE ADMIN: I.V. Pereskokov

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. Исаченко (С.-Петербург) G.A. Isachenko (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)****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

207

РАДИОНУКЛИДЫ ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs В ПОЧВАХ НА ЗВОНЦОВЫХ И ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИНАХ

Е.В. Мингареева, Б.Ф. Апарин, Е.Ю. Сухачева
THE RADIONUCLIDES ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K AND ^{137}Cs IN SOILS FORMED ON CLAYS ORIGINATING FROM INTRAGLACIER AND PARAGLACIER AREAS ("ZVONTSOVYE" AND "STRIPED" CLAYS)
Ye.V. Mingareeva, B.F. Aparin, Ye.Yu. Sukhacheva

ОБЩЕСТВО / SOCIETY

218

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.А. Евсегнеев
STATE MONITORING OF LANDS IN THE RUSSIAN FEDERATION
V.A. Yevsegneyev

ПРАКТИКА / PRACTICE

224

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДЕРЖИВАНИЕ МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ ГРУНТА ТЕХНОГЕННОГО ИЗ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ/КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ В КАЧЕСТВЕ ПЛОДОРОДНОГО ГРУНТА

Д.М. Малюхин, В.А. Поздняков, Л.Г. Бакина, Т.Б. Нагиев, А.В. Поздняков, С.И. Лоскутов, Я.В. Пухальский
USING PERENNIAL GRASSES IN EXPERIMENTAL TURFING OF MUNICIPAL SOLID WASTE-DERIVED ARTIFICIAL SOIL FOR LANDFILLS RECLAMATION
D.M. Maliukhin, V.A. Pozdnyakov, L.G. Bakina, T.B. Nagiyev, A.V. Pozdnyakov, S.I. Loskutov, Ya.V. Pukhalskiy

НАСЛЕДИЕ / HERITAGE

233

И.Г. КАРМАНОВА И СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ШКОЛЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СОМНОЛОГИИ

Е.А. Аристакесян*, С.И. Ватаев, Г.А. Оганесян
I.G. KARMANOVA'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN SCHOOL OF EVOLUTIONARY SOMNOLOGY
Ye.A. Aristakesyan*, S.I. Vataev, G.A. Oganessian

РЕЦЕНЗИИ И ДИСКУССИИ / VIEWS AND REVIEWS

264

Э.И. Слепян

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН ГЕННАДИЯ САМУИЛОВИЧА РОЗЕНБЕРГА «ПОРТРЕТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»

E.I. Slepyan
Review of the book "Portrety Ekologichaskikh Sistem" (In Russ.) [Portraits of Ecological Systems] by Correspondent Member of RAS Gennadiy Samuilovich Rozenberg

267

Г.С. Розенберг

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ: ПРОТАСОВ О.О. «БИОГЕОМИКА. ЭКОСИСТЕМЫ СВІТУ В СТРУКТУРІ БІОСФЕРИ» (ПРОТАСОВ А.А. «БИОГЕОМИКА. ЭКОСИСТЕМЫ МИРА В СТРУКТУРЕ БИОСФЕРЫ»)

G.S. Rozenberg
Book review: Protasov O.O. "Biogeomika. Ekosistemi Svitv v Strukturi Biosferi" (In Ukrainian) [Biogeomics. Ecosystems of the World in the Structure of the Biosphere]

ПРИЛОЖЕНИЯ / APPENDICES

A5

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ
AUTHOR REFERENCES



УДК 631.4

© Е.В. Мингареева и соавт.; ФНО «XXI век»

РАДИОНУКЛИДЫ ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs В ПОЧВАХ НА ЗВОНЦОВЫХ И ЛЕНТОЧНЫХ ГЛИНАХ

Е.В. Мингареева^{1, 2}, Б.Ф. Апарин^{3, 1}, Е.Ю. Сухачева^{1, 3}

¹ Центральный музей почвоведения им. В.В. Докучаева, СПб., Россия;

² Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии, Обнинск, Россия;

³ Санкт-Петербургский государственный университет, СПб., Россия

Эл. почта: soilmuseum@bk.ru

Статья поступила в редакцию 05.05.2018; принята к печати 07.08.2018

Представлены и проанализированы данные о содержании естественных радионуклидов (ЕРН) ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K и техногенного ^{137}Cs в почвах Северо-Запада России. Почвенные образцы были отобраны в различные временные периоды: до первых ядерных испытаний (1926 и 1932 гг.), в период интенсивных ядерных испытаний (1964 г.) и после их запрета (1996, 2000 и 2009 гг.). Использование коллекции Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева позволило впервые определить удельную активность (R_A) ЕРН до первых ядерных испытаний в естественных почвах, сформированных в относительно одинаковых природно-климатических условиях лесной зоны на озерно-ледниковых отложениях – звонцовых и ленточных глинах. Выявлено, что R_A ЕРН в почвах на звонцовых глинах варьирует в более широком диапазоне, чем в почвах на ленточных глинах. Почвы на звонцовых глинах по средним значениям R_A в сравнении с почвами на ленточных глинах содержат больше ^{226}Ra и меньше ^{232}Th и ^{40}K , что, возможно, связано с особенностями поведения радия-226 в почвах. Отмечено, что содержание ЕРН в почвообразующих породах варьирует в более узких диапазонах по сравнению с верхней частью профиля. Выявлена взаимосвязь удельной активности радионуклидов с величиной pH и гранулометрическим составом почв. Техногенный ^{137}Cs обнаружен только в современных образцах почв. Его содержание варьирует в пределах 6,7–48,6 Бк/кг ($M = 17,5 \pm 17,0$ Бк/кг). Наиболее высокая R_A цезия-137 отмечена в почве на ленточных глинах Ленинградской области. В образцах почв на звонцовых глинах Новгородской и Псковской областей его содержание низкое (<10 Бк/кг). Существенная разница в R_A ^{137}Cs в почвах исследуемых регионов, вероятно, вызвана особенностями распространения радиационного загрязнения после аварии на ЧАЭС. Коллекция почвенных монолитов и материалы исследования физико-химических свойств и удельной активности радионуклидов в почвах, отобранных в период с 1926 по 2009 г., может стать основой для организации почвенно-экологического мониторинга в Северо-Западном регионе Европейской территории России.

Ключевые слова: естественные радионуклиды, техногенный цезий-137, почвенные монолиты.

THE RADIONUCLIDES ^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K AND ^{137}Cs IN SOILS FORMED ON CLAYS ORIGINATING FROM INTRAGLACIER AND PARAGLACIER AREAS (“ZVONTSOVYE” CLAYS AND “STRIPED” CLAYS)

Ye.V. Mingareeva^{1, 2}, B.F. Aparin^{1, 3}, Ye.Yu. Sukhacheva^{1, 3}

¹ V.V. Dokuchayev Central Museum of Soil Science, Saint Petersburg, Russia;

² Russian Institute of Radiology and Agroecology, Obninsk, Russia;

³ Saint-Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

E-mail: soilmuseum@bk.ru

Data on the contents of the natural radionuclides (NRN) ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{40}K and the anthropogenic radionuclide ^{137}Cs in soils of the Northwest of Russia are presented and analyzed. Study samples obtained in different times related to periods before nuclear weapon trials (1926 and 1932), during trials (1964) and after trials had been banned (1996, 2000 and 2009) were stored at V.V. Dokuchayev Central Museum of Soil Science (Saint Petersburg, Russia). This is the first time that the specific radioactivity (R_A) of NRN before nuclear trials was determined in natural soils that formed under relatively similar climatic conditions of the forest zone on glacial sediments (clays) that emerged in intraglacial lakes (“zvontsovye” clays) and paraglacial lakes (“striped” clays). NRN R_A values were found to vary more in soils formed on the former clays than in soils formed on the latter clays. The former feature higher mean R_A of ^{226}Ra and lower mean R_A of ^{232}Th and ^{40}K compared with the latter. This may relate to the specificities of ^{226}Ra behavior in soils. NRN R_A in soil-forming rocks vary less than in the upper soil layers. R_A values were found to depend on soil pH and soil texture. Anthropogenic ^{137}Cs was found only in the present-time samples. Its content varies within 6.7–48.6 Bq/kg (17.5 ± 17.0). The highest levels were found in soils formed on the striped clay in Leningrad Region. Its content is low (<10Bq/kg) in soils formed on the “zvontsovye” clays in Novgorod and Pskov Regions. The differences are likely to reflect the pathways of radioactivity spread after Chernobyl accident. The collection of soils sampled in 1926 to 2009 may provide reference standards for ecological soil monitoring in the Northwest of Russia

Keywords: natural radionuclides, anthropogenic ^{137}Cs , soil monoliths.

Введение

Во второй половине XX в. проведение ядерных испытаний, развитие ядерной энергетики, применение радиоактивных источников в промышленности и медицине привели к изменению радиационной ситуации и появлению территорий с повышенным содержанием естественных и искусственных радионуклидов. Аварийные ситуации и инциденты обусловили формирование радиоактивных следов с высокими уровнями загрязнения (аварии на НПО «Маяк», Чернобыльской АЭС и др.) [1, 8, 20]. В результате аварии на Чернобыльской атомной электростанции (1986 г.) около 60,0 тыс. км² площади Европейской территории России подверглось загрязнению (более 37 кБк/м² или 1 Ки/км²) техногенными радионуклидами¹. Больше всего от аварии на АЭС пострадали Брянская, Калужская области. Ленинградская область загрязнена существенно меньше, а Новгородская и Псковская области не пострадали.

В настоящее время накоплен значительный фактический материал по радиоактивному загрязнению почв России и Мира [1, 6, 7, 8, 20, 24]. Однако данные либо сильно усреднены и не учитывают территориальных особенностей (форма рельефа, автоморфность/гидроморфность ландшафта, форма склонов и их экспозиция, тип угодий и др.), либо касаются конкретных почв и районов без учета литологических типов почвообразующих пород-носителей радионуклидов [6, 7, 9, 11, 17]. Так, по данным Sources and Effects of Ionizing Radiation (2008)² и Переволоцкого А.Н. и Переволоцкой Т.В. [17], типичные диапазоны содержания естественных радионуклидов (ЕРН) в почвах Мира и их средние значения (M) составляют: ²²⁶Ra, 17–60 Бк/кг, $M = 35 \pm 4$ Бк/кг; ²³²Th, 11–64 Бк/кг, $M = 33 \pm 3$ Бк/кг; ⁴⁰K, 140–850 Бк/кг, $M = 400 \pm 24$ Бк/кг. Кроме того, можно найти данные по содержанию некоторых естественных радионуклидов в разных типах почв и геологических породах³, но они не позволяют в полной мере привязать их к конкретному району и условиям почвообразования. Использовать эти данные в целях почвенно-экологического мониторинга невозможно, поскольку не указываются методика отбора почвенных образцов, время и место взятия образцов.

¹ Атлас современных и прогнозных аспектов последствий аварии на Чернобыльской АЭС на пострадавших территориях России и Беларуси (АСПА Россия-Беларусь). Москва, Россия. Минск, Беларусь: Фонд «Инфосфера» – НИА «Природа», 2009:140.

² Sources and effects of ionizing Radiation. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation. 2008 Report to the General Assembly, with annexes. V.1. Sources. N.Y.: United Nations, 2008. 463 p. http://www.unscear.org/docs/reports/2008/09-86753_Report_2008_Annex_A.pdf

³ Природный радиационный фон: происхождение и эволюция: учебно-методическое пособие к курсу «Радиология» для студентов физического факультета. Южный Федеральный Ун-т, Ростов-на-Дону. 2007.

Известно, что содержание радионуклидов в почвах наследуется в первую очередь от почвообразующих пород, а их поведение и распределение в почве зависят от, главным образом, генетических особенностей почв, режимов (водный, окислительно-восстановительный), кислотно-основных свойств, содержания органического вещества, гранулометрического, химического и минералогического составов [9, 19, 20, 22, 24, 25].

Уникальную возможность для исследования содержания ЕРН и искусственных радионуклидов в разных типах почв и почвообразующих породах дают коллекции почвенных образцов и монолитов в фондах Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП), имеющие точную временную и географическую привязку. Эти коллекции дают возможность определить содержание ЕРН в почвах до первых ядерных испытаний (до 1945 г.), в период интенсивных испытаний (1945–1996 гг.) и после их запрета (1996 г.). Коллекция позволяет исследовать содержание ЕРН (и техногенного ¹³⁷Cs) в разных типах почв с учетом почвообразующих пород и определить связь удельной активности радионуклидов с химическим и минералогическим составом почв, а также с учетом антропогенной нагрузки и режимом увлажнения и др. [5, 16, 26].

С этой целью мы провели сравнительный анализ содержания естественных радионуклидов (²²⁶Ra, ²³²Th и ⁴⁰K) и техногенного ¹³⁷Cs в образцах из почвенных монолитов и разрезов, заложенных в 3 временных периода: до 1945, с 1945 по 1996 и после 1996 г.

Объекты и методы

Объектами исследования явились 5 почвенных монолитов из разрезов, заложенных в Псковской и Ленинградской областях в 1926, 1934, 1964, 1996 и 2000 гг., а также образцы, отобранные из разреза 2009 г. (ЭНВМ-10), заложенного в Новгородской области. Исследуемые почвы сформировались на озерно-ледниковых отложениях внутриледниковых (звонцовые глины) и приледниковых (ленточные глины) озер. Первый тип почвообразующих пород представлен хорошо сортированным материалом, а для второго характерна тонкая слоистость, обусловленная сезонностью формирования отложений. По типу рельефа звонцовые глины приурочены к наиболее высоким холмам с плоскими вершинами (звонцы), а ленточные глины – к озерно-ледниковым равнинам. Это является определяющим фактором в степени дренированности и водно-воздушного режима почв [13]. Почвы на звонцовых глинах (поддубицы⁴) хорошо дренированы и

⁴ Поддубицы – это особое название для почв, формирующихся на звонцовых глинах и под своеобразным растительным покровом – изреженные дубовые или елово-дубовые леса [12, 13]. Такое название было принято еще в Классификации почв СССР (1977 г.). В современной Классификации и Диагностике почв России (КиДПР, 2004) поддубицы отнесены к дерново-подзолистым почвам [15].

развиваются в окислительных условиях, а процессы оподзоливания и оглеения практически не выражены. В отличие от поддубиц, почвы на ленточных глинах формируются в условиях временного или постоянно-го переувлажнения. Признаки оподзоливания и оглеения в этих почвах хорошо выражены [12].

Исследуемые почвы на звонцовых и ленточных глинах отбирались в разное время в районах с наименьшим антропогенным влиянием. В 1926 г. на территории Новооскольнического района Псковской области под дубовой порослью был заложен разрез почвы поддубицы на звонцовых глинах и отобран почвенный монолит (№ у287 – здесь и далее указаны номера почвенных монолитов по базе данных ЦМП). В 2000 г. практически на том же самом месте, что и в 1926 г., был заложен разрез и взят почвенный монолит (№ у2138). В 2009 г. сотрудниками ЦМП в целях исследования долгосрочной динамики морфологического строения и свойств дерново-подзолистых почв на основе датированных почвенных коллекций музея в Валдайском районе Новгородской области был заложен современный разрез поддубицы (ЭНВМ-10). Он располагался на плоской вершине звонцового холма под ельником дубравно-травным с примесью дуба практически на том же месте, что и разрез 1996 г., подготовленный для экскурсии по маршруту № 7 II Съезда почвоведов России «Волхов-Ильменская низина, Валдайская возвышенность (Лисино-Новгород-Валдай)»⁵. Для этой почвы (разрез № 4 по Путеводителю) был выполнен широкий спектр физико-химических и химических анализов.

Разрезы почв на ленточных глинах были заложены и монолиты отобраны на территории Лисинского лесничества Ленинградской области по маршруту полевой экскурсии II Международного конгресса [3] в 1934, 1964 и 1996 гг. Здесь расположен крупный лесной массив, относительно слабо затронутый антропогенными воздействиями. В 1996 г. по постановлению Правительства РФ он приобрел статус особо охраняемой природной территории (ООПТ) и стал региональным комплексным заказником, организованным с целью сохранения старейшей базы научных исследований и учебного лесопарка [3]. Почвенный монолит 1934 г. был отобран в парковом квартале лесничества под лесом. В 1964 г. был заложен разрез под луговой растительностью и отобран монолит. В 1996 г. под осиновым лесом с примесью ели и березы был заложен современный разрез (№ 1) для II Съезда почвоведов России. Почва 1996 г. отбора включена в Красную книгу почв Ленинградской области и относится к категории «Почвенные эталоны», то есть почвы, «имеющие значение в поддержании тех природных экосистем, для которых эти почвы являются индикаторами» [4]. По КиДПР (2004) исследуемые почвы были отне-

⁵ Путеводитель экскурсий II Съезда почвоведов России / под ред. Б.Ф. Апарина, Н.Н. Матигян, О.Г. Растворовой. СПб.: СПбГУ, 1996.

сены к 2 типам [22]: глееземы перегнойные (монолит № у2116, 1934 г.) и дерново-элювиально-метаморфические почвы (монолиты № у1560, 1964 г. отбора и № у711, 1996 г. отбора).

Монолиты и образцы исследуемых почв, доведенные до воздушно-сухого состояния, хранились при комнатной температуре в фондах ЦМП. Образцы из монолитов отбирались послойно – каждые 5 (10) см. Пробоподготовка и последующий анализ образцов проводились однотипно и по общепринятым методикам, описанным в руководстве «Теория и практика химического анализа почв» под редакцией Л.А. Воробьевой [10]. В образцах исследовались свойства почв, которые в наибольшей степени влияют на поведение радионуклидов в почвах. Содержание органического углерода определяли методом мокрого сжигания серно-хромовой смесью по Тюрину [21] (коэффициент пересчета на гумус, $K_r = 1,724$), pH водной суспензии ($pH_{\text{водн}}$). Водную суспензию готовили в соотношении почва/дистиллированная вода 1/2,5. Также определяли гранулометрический состав.

Удельную активность (R_A , Бк/кг, воздушно-сухой навески почвы) радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) определяли методом гамма-спектрометрии⁶ во Всероссийском научно-исследовательском институте радиологии и агроэкологии в образцах с глубин: 0–5, 5–10, 10–20 и 90–100 см. Почвы 1926, 1934 гг. отбора условно отнесены к фоновым, так как они отобраны до взрыва первой ядерной бомбы и не содержат техногенный ^{137}Cs . Для статистического анализа полученных данных были рассчитаны: среднее арифметическое (M), стандартное отклонение (σ), критерий Манна-Уитни (U-критерий, используемый для оценки различий между двумя независимыми выборками), коэффициент вариаций (V_σ , мера относительного разброса случайной величины, по которой можно судить о неоднородности рассматриваемой совокупности) и корреляционные взаимосвязи [14, 18]. Коэффициент вариаций (V_σ) рассчитывался нами для каждой глубины в отдельности по трем совокупностям: 1) вся совокупность данных без разделения по типу почвообразующей породы, 2) образцы почв на звонцовых глинах и 3) образцы почв на ленточных глинах. На основании литературных данных и статистической обработки полученного материала V_σ , превышающий 30%, был принят как показатель высокой неоднородности R_A ЕРН [5, 14, 18].

Результаты и обсуждение Сравнительная характеристика почв

Содержание физической глины (<0,01 мм) в исследуемых почвах в среднем составляет $56 \pm 18,3\%$, а фрак-

⁶ Активность радионуклидов в счетных образцах. Методика измерений на гамма-спектрометрах с использованием программного обеспечения «SpectraLine». Менделеево, 2014. 27 с.

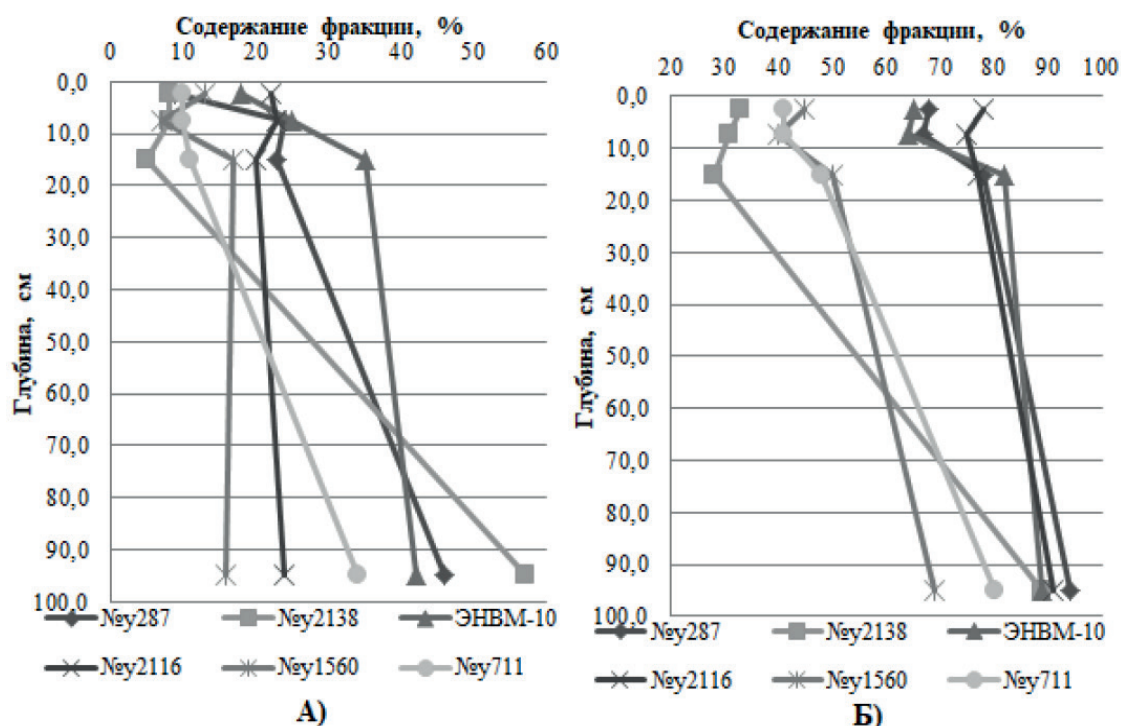


Рис. 1. Содержание фракций гранулометрического состава по профилям почв.

А) ил; **Б)** физическая глина.

№ у287 – почва поддубица на звонцовых глинах, 1926 г. отбора, Псковская область;

№ у2138 – почва поддубица на звонцовых глинах, 2000 г. отбора, Псковская область;

ЭНВМ-10 – почва поддубица на звонцовых глинах, 2009 г. отбора, Новгородская область;

№ у2116 – глеезем перегнойный на ленточных глинах, 1934 г. отбора, Ленинградская область;

№ у1560 – дерново-элювиально-метаморфическая почва на ленточных глинах, 1964 г. отбора, Ленинградская область;

№ у711 – дерново-элювиально-метаморфическая почва на ленточных глинах, 1996 г. отбора, Ленинградская область

ции ила ($<0,001\text{ мм}$) – $16 \pm 8,2\%$ (рис. 1). Фракция физической глины в образцах звонцовых и ленточных глин (90–100 см) составляет 89–94 и 69–91% соответственно. Фракции ила в звонцовых глинах содержится вдвое больше, чем в ленточных глинах.

Характерно, что во всех почвах в верхней части профиля (0–5, 5–10 и 10–20 см) содержание фракций $<0,01$ и $<0,001\text{ мм}$ меньше, чем в почвообразующих породах (90–100 см), за исключением почвы 1934 г. отбора. Особенно большая разница (почти в 2,5 раза) отмечается в почвах 2000 г. отбора (Псковская область, монолит № у2138) и 1996 г. отбора (Ленинградская область, монолит № у711). При этом в них возрастает количество фракций песка (1,00–0,25 и 0,25–0,05 мм). Облегченный гранулометрический состав верхней части профиля этих почв может быть обусловлен разными причинами. В почве на звонцовых глинах это может быть связано с отбором монолита в краевой части вершины звонцового холма. В почве на ленточных глинах, вероятнее всего, это обусловлено литологической неоднородностью, вызванной абразией породы в процессе ее образования [13]. Различия в содержании тонкодисперсных фракций отражаются на удельной активности радионуклидов [2,

19]. Это дает основание предположить, что содержание радионуклидов в исследуемых почвах будет коррелировать с гранулометрическим составом.

На распределение радионуклидов по профилю существенное влияние может оказывать содержание гумуса [19]. Содержание гумуса в верхних 0–5 см всех исследуемых почв варьирует в широком диапазоне – от 3,6 до 10,0%, с наибольшим количеством в образцах почв № у287 (Псковская область) и ЭНВМ-10 (Новгородская область) на звонцовых глинах и в № у1560 (Ленинградская область) на ленточных глинах. В образце почвы на ленточных глинах Ленинградской области, отобранном в 1934 г., содержание гумуса почти вдвое меньше (4,7%), чем в почве на звонцовых глинах 1926 г. Ниже, на глубине 5–10 см количество гумуса существенно уменьшается: до 1,3–3,4% – в почвах на звонцах и до 1,9–4,6% – в почвах на ленточных глинах. Содержание гумуса в почвообразующих породах не превышает 0,36. Таким образом, исследуемые почвы отличаются как по величине содержания гумуса, так и по его профильному распределению. Можно ожидать, что это найдет отражение в содержании ЕРН в образцах.

Установлено, что поведение радионуклидов связано с почвенной кислотностью. Так, по литературным данным, наиболее сильная сорбция тория-232 наблюдается в почвах с нейтральной и слабощелочной реакцией среды, а наименьшая – с кислой [19]. Исследуемые почвы в верхней части профиля (0–20 см) характеризуются кислой реакцией среды (рН 4,1–5,3), за исключением одного образца современной почвы на ленточных глинах, в котором реакция близка к нейтральной (рН 6,1). Звонцовые глины (90–100 см) имеют нейтральную и даже слабо щелочную (рН 7,1–7,9) реакцию среды, а ленточные глины – слабо кислую (рН 6,1–6,4). Вероятно, при таком широком диапазоне значений рН будут наблюдаться заметные различия в содержании ЕРН.

Содержание радионуклидов

Радий-226 присутствует в природе в рассеянном состоянии и практически не входит в состав отдельных минералов. Часто вместе с ^{232}Th он присутствует в фосфорных удобрениях. Радий-226 в почвах обладает наибольшей миграционной способностью. Его максимальная сорбция отмечена в почвах с высоким содержанием илистой фракции. До 40% всех соединений с ^{226}Ra в почвах находятся в водорастворимой, обменной и кислоторастворимой формах, а прочно-связанные и связанные с полуторными оксидами⁷ – 50–60% [2, 22].

Удельная активность (R_A) ^{226}Ra во всех почвах изменяется в диапазоне 12,0–39,4 Бк/кг (рис. 2). Наиболее широкий диапазон R_A характерен для почв на звонцовых глинах. Разница между значениями R_A радия-226 в почвах на звонцовых и ленточных глинах по критерию Манна-Уитни недостоверна, а их средние значения (M) очень близки: $24,7 \pm 11,0$ и $21,7 \pm 6,9$ Бк/кг, соответственно.

Удельная активность ^{226}Ra в почвообразующей породе (90–100 см) во всех образцах варьирует в диапазоне от 22,0 до 35,6 Бк/кг и определяется содержанием в звонцовых глинах. Средние значения R_A радия-226 в звонцовых и ленточных глинах составляют $M = 29,7 \pm 7,6$ и $M = 24,1 \pm 5,3$ Бк/кг, соответственно. Различия в содержании радионуклида в почвообразующих породах по критерию Манна-Уитни недостоверны. По абсолютным значениям в образце звонцовых глин 1926 г. R_A радия-226 более высокая, чем в современных образцах, а в ленточных глинах 1934 г. – более низкая. Расчет коэффициента вариаций ($V\sigma$), по рассматриваемым совокупностям данных, показал отсутствие неоднородности для всех трех случаев ($V\sigma < 25,9\%$).

⁷ Полуторные оксиды (или R_2O_3) – оксиды, в которых на один атом Al или Fe приходится полтора атома кислорода. Распределение полуторных оксидов в почвенном профиле выявляет характер почвообразования, а соотношение $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}_2\text{O}_3$ косвенно характеризует минералогический состав почв [10].

В слоях 0–5, 5–10 и 10–20 см (далее – верхняя часть профиля) исследуемых почв диапазон R_A радия-226 составляет 12,0–39,4 Бк/кг и определяется R_A в образцах почв на звонцовых глинах (рис. 2). Разница в M содержания радия-226 в образцах почв на звонцовых и ленточных глинах отсутствует: $22,9 \pm 11,1$ и $22,3 \pm 6,8$ Бк/кг, соответственно. Наиболее широкие диапазоны содержания ^{226}Ra в почвах на звонцовых и ленточных глинах приурочены к глубине 0–5 см, а наиболее узкие – к глубине 5–10 см. Максимальные R_A для почв, сформированных на обоих типах почвообразующих пород, наблюдаются на глубине 0–5 см, а минимальные – 10–20 см. Стоит отметить, что почвы на звонцовых глинах, в целом, имеют более широкие диапазоны R_A радионуклида на каждой из рассматриваемых глубин.

Образцы почвы 1926 г. отбора на глубине 0–5 и 5–10 см имеют наиболее высокую R_A по сравнению с современными образцами, а на глубине 10–20 см активность радия-226 близка к максимальной. В образцах почвы на ленточных глинах 1934 г. отбора R_A в целом ниже, чем в образцах 1926 г. и занимает промежуточное положение относительно более современных почв на ленточных глинах. Современная почва на звонцовых глинах (№ у2138, 2000 г.), выделявшаяся наиболее низким содержанием фракций $<0,01$ и $<0,001$ мм в верхней части профиля, имеет практически самое низкое содержание ^{226}Ra на этих глубинах по сравнению со всеми исследуемыми образцами почв. Сравнение содержания ^{226}Ra в почвах на глубине 0–5 см и почвообразующей породе показало существенную разницу между этими образцами только в современной почве на звонцовых глинах № у2138. Расчет $V\sigma$ выявил общую тенденцию: наиболее высокую неоднородность R_A на глубине 0–5 и 10–20 см ($V\sigma > 42\%$) и низкую – в слое 5–10 см ($V\sigma < 34,5\%$), в особенности для почв на ленточных глинах ($V\sigma = 15,0\%$).

Рассчитаны корреляции между R_A ^{226}Ra и содержанием фракций гранулометрического состава (крупный, средний и мелкий песок, ил и физическая глина), содержанием гумуса и $\text{pH}_{\text{водн}}$. В почвах на звонцовых глинах существенные взаимосвязи были выявлены с фракцией физической глины (0,68) и мелкого песка (–0,67), а в почвах на ленточных глинах – с фракцией ила (0,68). В генеральной выборке (без разделения по типу почвообразующей породы) существенная взаимосвязь выявлена с содержанием всех рассматриваемых фракций гранулометрического состава, а также с $\text{pH}_{\text{водн}}$ (0,44). Взаимосвязь с содержанием гумуса не была найдена, что не соответствует литературным данным.

Отсутствие корреляции активности ^{226}Ra с содержанием гумуса в исследуемых почвах может быть связано, главным образом, не с его количеством, а с групповым составом. По данным Рачковой Н.Г. [19],

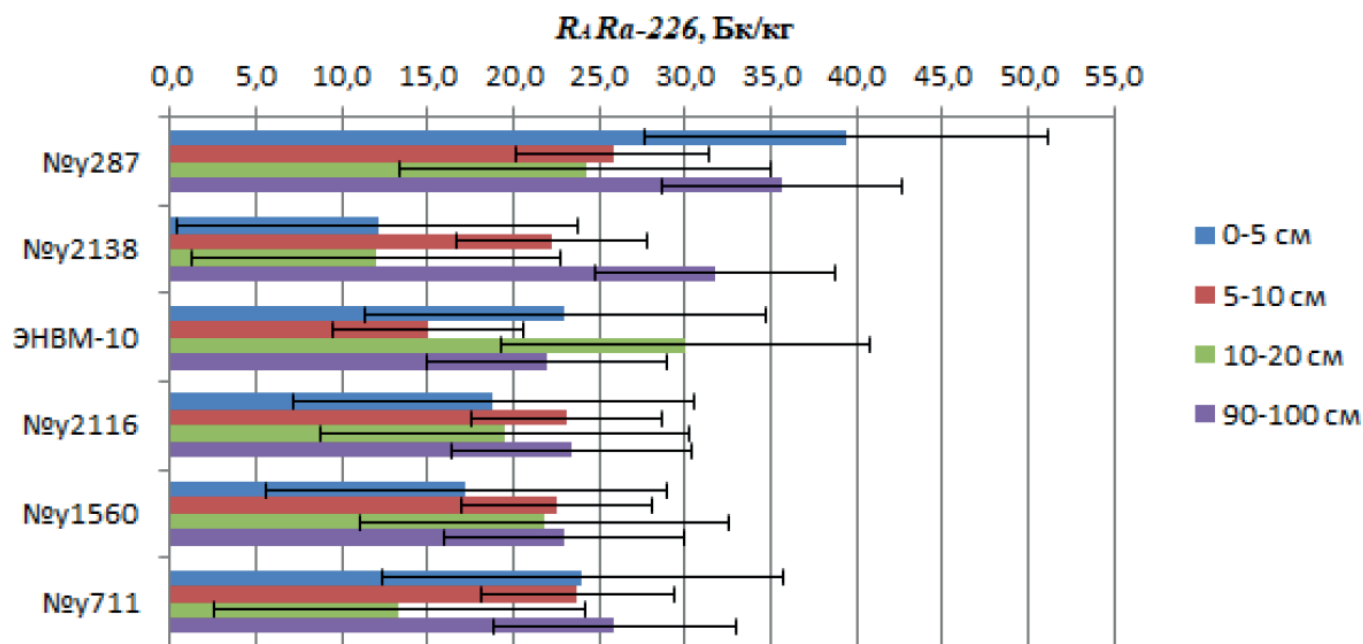


Рис. 2. Удельная радиоактивность ²²⁶Ra (R_A , Бк/кг⁻¹) в почвах на глубинах 0–5, 5–10, 10–20 и 90–100 см «Усами» обозначены стандартные отклонения, рассчитанные по всем данным для конкретной глубины

органическое вещество почв действует двояко по отношению к радио-226. С одной стороны, радионуклид сорбируется органическим веществом, а с другой – образует подвижные формы. По данным, представленным Гагариной Э.И. [13] и в Путеводителе экскурсий II Съезда почвоведов России, почвы на звонцовых и ленточных глинах характеризуются гуматно-фульватным типом гумуса. Таким образом, можно предположить, что радионуклид одновременно удерживается в верхней части профиля гуминовыми кислотами и перемещается в профиле в форме фульватов радия.

Полученные данные свидетельствуют о том, что поглощение и удержание естественных радионуклидов в почвах связано в большей степени с содержанием физической глины и фракции ила, чем с рН и содержанием гумуса.

Торий-232 является родоначальником радиоактивного семейства [2]. Его среднее содержание в почвах СССР составляло 31,1 Бк/кг (0,24 до 400 Бк/кг). Источником загрязнения торием-232 сельскохозяйственных угодий являются фосфорные удобрения. До 10% всех соединений с ²³²Th в почвах находится в водорастворимой, обменной и кислоторастворимой формах, тогда как количество прочносвязанных и связанных с полукоторными оксидами соединений достигает 80% [2].

Удельная активность тория-232 во всех проанализированных образцах варьирует в диапазоне 12,2–60,8 Бк/кг (рис. 3). Различия по критерию Манна-Уитни недостоверны, а средние значения R_A ²³²Th в почвах

на звонцовых и ленточных глинах близки: $38,2 \pm 14,4$ и $34,5 \pm 12,4$ Бк/кг, соответственно.

Существенной разницы в содержании радионуклида в обеих почвообразующих породах (по критерию Манна-Уитни) не обнаружено, хотя в звонцовых глинах (90–100 см) диапазон шире ($37,0–57,8$ Бк/кг, $M = 49,1 \pm 10,1$ Бк/кг), чем в ленточных глинах ($45,6–60,8$ Бк/кг, $M = 54,3 \pm 8,2$ Бк/кг). По абсолютным значениям в образце звонцовых глин 1926 г. R_A тория-232 занимает промежуточное положение по сравнению с современными образцами, в отличие от образца ленточных глин 1934 г., где удельная активность самая высокая. Следует отметить, что R_A тория-232 образца 1926 г. близка к содержанию радионуклида в современном образце того же района. Коэффициент вариаций ($V\sigma$), рассчитанный для всех рассматриваемых выборок, не превысил 30%, что в целом свидетельствует об однородности исследуемых почвообразующих пород.

R_A ²³²Th в верхней части профиля почв варьирует в диапазоне от 12,2 до 49,2 Бк/кг и определяется содержанием ²³²Th в образцах почв на звонцовых глинах (рис. 3). При этом $M R_A$ тория-232 в образцах почв на звонцовых глинах ниже ($M = 26,0 \pm 13,9$ Бк/кг), чем в образцах почв на ленточных глинах ($M = 34,5 \pm 12,4$ Бк/кг). Наиболее широк диапазон содержания ²³²Th в образцах почв на звонцовых глинах на глубине 5–10 см, а в ленточных глинах – на глубинах 0–5 и 10–20 см. Образцы 1926 г. отбора в верхней части профиля содержат ²³²Th больше, чем образцы 1934 г. (на ленточных глинах). В верхней части профиля современной почвы на звонцовых гли-

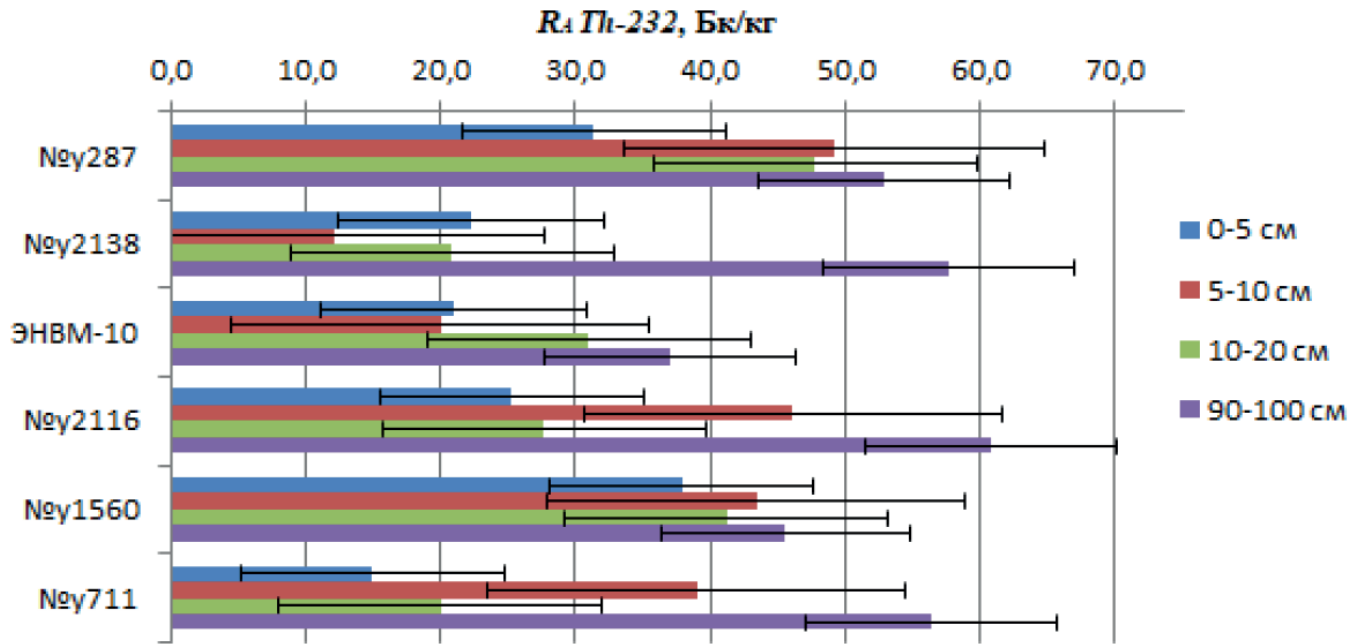


Рис. 3. Удельная активность ^{232}Th в почвах на глубине 0–5, 5–10, 10–20 и 90–100 см. Обозначения см. рис. 2

нах (№ у2138) наблюдается самое низкое содержание ^{232}Th по сравнению с другими исследуемыми почвами. Во всех исследуемых почвах обнаружена существенная разница в содержании ^{232}Th на глубине 0–5 см и в почвообразующей породе. При этом наименьшие значения $R_A^{232}\text{Th}$ отмечены в слое 0–5 см. $V\sigma$, рассчитанный для глубин 0–5, 5–10 и 10–20 см, превысил 30%-й порог во всех случаях, за исключением образцов почв на ленточных глинах с глубины 5–10 см ($V\sigma = 11\%$). В отличие от почв на ленточных глинах, в почвах на звонцовых глинах на этой же глубине (5–10 см) наблюдается очень высокая неоднородность (68,9%).

Существенные корреляционные связи в почвах на звонцовых глинах были выявлены с содержанием фракций песка (–0,61), ила (0,75), физической глины (0,76) и $\text{pH}_{\text{водн}}$ (0,69). В почвах на ленточных глинах выявлены связи только с гранулометрическим составом (содержанием фракций крупного и среднего песка (–0,58), мелкого песка (–0,72) и ила (0,58)). Для общей выборки существенная взаимосвязь выявлена со всеми рассматриваемыми свойствами почв.

Калий-40 – один из основных (по активности) естественных радионуклидов в почвах и растениях. В почве удельная активность калия-40 может составлять 300–1000 Бк/кг. При распаде калий-40 превращается в стабильный ^{40}Ca . Основными калийсодержащими минералами являются биотит, мусковит, ортоклаз и иллит [2, 22].

$R_A^{40}\text{K}$ в образцах варьирует в очень широком диапазоне – от 302 до 1043 Бк/кг (рис. 4). При этом диапа-

зоны содержания калия-40 в поддубицах и почвах на ленточных глинах в целом близки, а разница между ними по критерию Манна-Уитни недостоверна: 302–940 Бк/кг, $M = 606 \pm 274,4$ Бк/кг и 416–1043 Бк/кг, $M = 737,5 \pm 232,3$ Бк/кг, соответственно.

Удельная активность ^{40}K в ленточных глинах (90–100 см) в целом выше (785–1043 Бк/кг, $M = 933,6 \pm 180,0$ Бк/кг), чем в звонцовых (470–998 Бк/кг, $M = 802,7 \pm 275,3$ Бк/кг), хотя разница между значениями по критерию Манна-Уитни не существенная. Содержание ^{40}K в образцах почвообразующей породы 1926 и 1934 гг. сроков отбора практически самое высокое по сравнению с современными образцами. Коэффициент вариаций для всей совокупности данных и отдельно для ленточных глин составил 27,1 и 19,3%, соответственно, тогда как в звонцовых глинах $V\sigma = 34,3\%$.

$R_A^{40}\text{K}$ в верхней части профиля почв варьирует в диапазоне от 302 до 903 Бк/кг и, как и для других ЕРН, определяется диапазоном $R_A^{40}\text{K}$ в почвах на звонцовых глинах (рис. 4). Значение средней $R_A^{40}\text{K}$ в почвах на звонцовых глинах ниже ($M = 539,3 \pm 257,0$ Бк/кг), чем в почвах на ленточных глинах ($M = 733,8 \pm 205,5$ Бк/кг), но с учетом σ разница не существенная. Как и для ^{232}Th , наиболее широкие диапазоны R_A калия-40 в образцах почв на звонцовых глинах приурочены к глубине 5–10 и 10–20 см, а в почвах на ленточных глинах – к 0–5 и 10–20 см. Аналогично ^{226}Ra и ^{232}Th , в образцах почвы 1926 г. (№ у287) R_A калия-40 выше не только по сравнению с почвой 1934 г. отбора (№ у2116), но и со всеми остальными почвами. Сов-

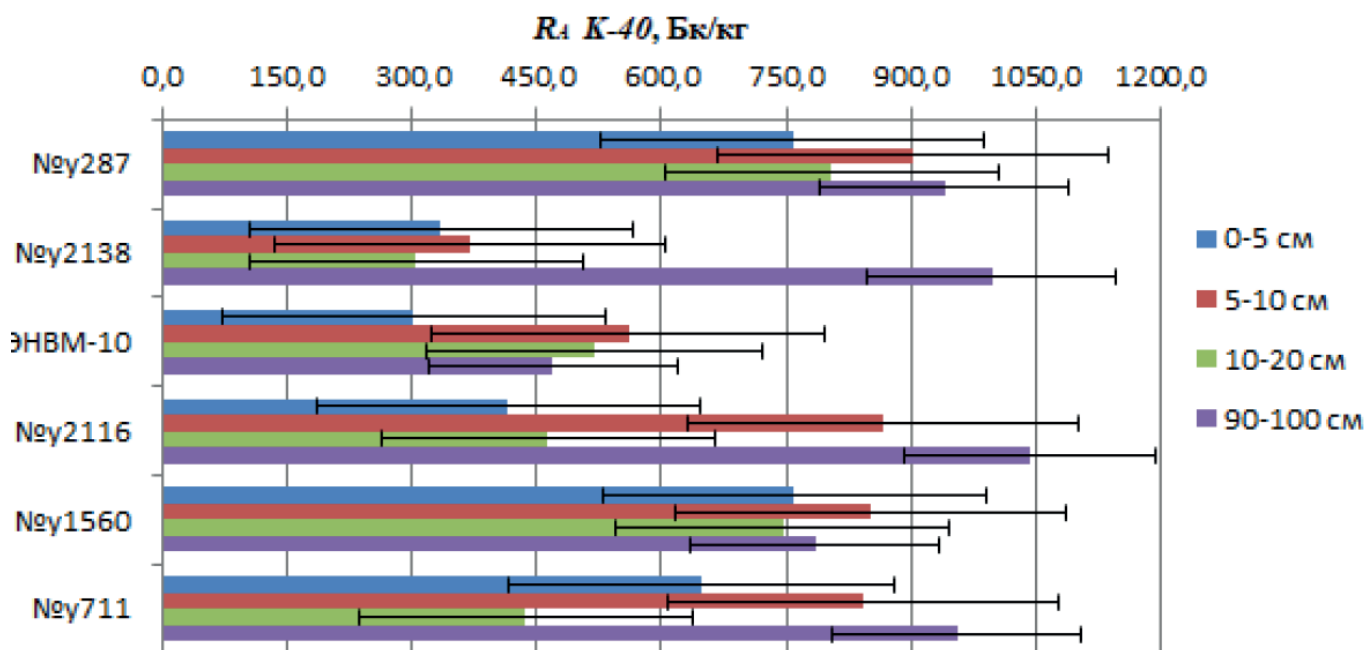


Рис. 4. Удельная активность ^{40}K в почвах на глубине 0–5, 5–10, 10–20 и 90–100 см. Обозначения см. в подписи к рис. 2

ременная почва на звонцовых глинах (№ у2138) имеет практически самое низкое содержание ^{40}K как по сравнению с другими почвами, сформированными на звонцовых глинах, так и по сравнению с почвами на ленточных глинах. Существенная разница в содержании ^{40}K на глубине 0–5 см и в почвообразующей породе обнаружена в трех почвах: современной почве на звонцовых глинах (№ у2138) и почвах 1934 г. (№ у2116) и 1996 г. (№ у711) на ленточных глинах. В этих почвах наиболее низкая R_A ^{40}K приурочена к слою 0–5 см. $V\sigma$, рассчитанный для глубин 0–5, 5–10 и 10–20 см, превысил 30%. Исключение составили образцы почв на ленточных глинах с глубины 5–10 см ($V\sigma = 15\%$). Такая тенденция ранее уже была отмечена для радия-226 и тория-232. В целом, коэффициент вариаций для почв на звонцовых глинах более высокий (42,4–53,0%), чем в почвах на ленточных глинах (15,3–32,7%).

Существенные корреляционные взаимосвязи удельной активности калия-40 в почвах на звонцовых глинах были выявлены с содержанием фракций песка (–0,62), ила (0,62) и физической глины (0,68). В почвах на ленточных глинах корреляционные связи не были выявлены. Для всей совокупности данных была выявлена связь с фракциями гранулометрического состава, а именно песка (–0,57), ила (0,39) и физической глины (0,43), а также для $\text{pH}_{\text{водн}}$ (0,42).

Расчет корреляционных взаимосвязей R_A ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K по всей совокупности данных выявил существенные корреляции содержания всех рассматриваемых

фракций гранулометрического состава и $\text{pH}_{\text{водн}}$. Взаимосвязь с содержанием гумуса была выявлена только для тория-232. В почвах на звонцовых глинах найдена корреляция с содержанием фракций гранулометрического состава для всех ЕРН, а с $\text{pH}_{\text{водн}}$ – только в случае с торием-232. В почвах на ленточных глинах для радия-226 корреляционная взаимосвязь отмечена только с содержанием фракции ила, для тория-226 – с фракцией ила и крупного и среднего песка, а для калия-40 существенные взаимосвязи не выявлены ни с одним из рассматриваемых свойств почв. Взаимосвязь содержания ЕРН с гранулометрическим составом может быть обусловлена их сорбцией высокодисперсными вторичными минералами (илистой фракцией). Это подтверждается данными двух почв (№ у2138 и № у711) с более высоким содержанием крупных фракций (1,00–0,25 и 0,25–0,05 мм) и более низкой удельной активностью ЕРН в верхней части профиля по сравнению как с образцами почвообразующей породы, так и в целом с другими почвами. Взаимосвязь содержания ЕРН с $\text{pH}_{\text{водн}}$ может быть обусловлена их более сильной сорбцией в нейтральной и слабощелочной среде по сравнению со слабокислой и кислой средами, а также со-осаждением с карбонатами кальция и гидратированными оксидами железа. Отсутствие взаимосвязи с содержанием гумуса в исследуемых почвах, скорее всего, обусловлено способностью гумусовых веществ одновременно сорбировать ЕРН и образовывать с ними подвижные соединения [19].

Цезий-137 является одним из основных долгоживущих техногенных радионуклидов (период полураспада = 30,17 лет), распространившихся на поверхности Земли в результате ядерных испытаний, развития ядерной энергетики, применения радиоактивных источников в промышленности, медицине и сельском хозяйстве [1, 2]. Цезий-137 является химическим аналогом биогенно важного элемента калия [2].

Техногенный ^{137}Cs обнаружен только в современных образцах почв (1996–2009 гг. – № у2138, ЭНВМ-10 и № у711) на глубинах 0–5 и 5–10 см. Его содержание варьирует в пределах 6,7–48,6 Бк/кг ($M = 17,5 \pm 17,0$ Бк/кг). R_A ^{137}Cs в почвах Псковской (2000 г.) и Новгородской (2009 г.) областей в слое 0–5 см в 6–7 раз ниже (6,7–7,5 Бк/кг), чем в образцах почвы Ленинградской области (1996 г.; 48,6 Бк/кг). Эта разница по R_A ^{137}Cs в почвах исследуемых регионов, вероятно, вызвана спецификой распространения радиоактивного следа после аварии на ЧАЭС. Ниже, на глубине 5–10 см, R_A ^{137}Cs в почвах уменьшается, и разница между образцами почв разных регионов становится практически не существенной.

Существенная разница между полученными данными об удельной активности ^{137}Cs в исследуемых почвах в сравнении с данными, приведенными в материалах Государственных докладов «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия населения»^{8, 9, 10}, выявлена только для почвы поддубицы Новгородской области (ЭНВМ-10). Это, возможно, обусловлено тем, что Валдайский район, в котором отбирались почвенные образцы, относится к районам с повышенным содержанием ^{137}Cs .

Заключение

Впервые определено содержание естественных радионуклидов ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{40}K в почвах, сформированных на звонцовых и ленточных глинах до первых ядерных испытаний:

^{226}Ra : $26,6 \pm 9,2$ (18,8–39,0) Бк/кг;

^{232}Th : $42,6 \pm 13,1$ (25,3–60,8) Бк/кг;

^{40}K : $774,4 \pm 247,9$ (416–1043) Бк/кг.

Показано, что почва 1964 г. отбора существенно не отличается по R_A ЕРН от образцов почв, отобранных в

⁸ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Ленинградской области в 2016 году». Управление Роспотребнадзора по Ленинградской области. СПб., 2017. С. 43.

⁹ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Псковской области в 2016 году». Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Псков, 2017. 91 с.

¹⁰ Государственный доклад «О состоянии санитарно-эпидемиологического благополучия в Новгородской области в 2016 году». Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека. Великий Новгород, 2017. 364 с.

1926 и 1934 гг., и не содержит ^{137}Cs , а значит, не были подвержена техногенному загрязнению. Это позволяет рассматривать их в одном ряду с почвами ранних сроков отбора.

R_A ЕРН в почвах на звонцовых глинах, как в целом для всех образцов, так и для каждой глубины в отдельности, варьируют в более широком диапазоне, чем в почвах на ленточных глинах. При этом средняя R_A у ^{226}Ra выше в почвах на звонцовых глинах, а у ^{232}Th и ^{40}K – в почвах на ленточных глинах, но с учетом разброса эти различия недостоверны.

В показателях ЕРН в зависимости от исследованных глубин (0–5, 5–10, 10–20 и 90–100 см) в почвах на ленточных глинах были выявлены следующие закономерности: R_A всех ЕРН варьирует в наиболее широких диапазонах на глубинах 0–5 и 10–20 см, а в узких – на глубинах 5–10 и 90–100 см. Вероятно, это связано с условиями переувлажнения, в которых формируются почвы, развитием в них процессов оподзоливания (то есть выноса глинистых частиц и оксидов Fe и Al из верхних горизонтов почв в нижележащие), а также преобладанием в составе гумуса подвижных фульвокислот, образующих комплексные соединения с радионуклидами.

В почвах-поддубицах на звонцовых глинах наблюдается иная картина. R_A ^{226}Ra и ^{232}Th (и в меньшей степени ^{40}K) варьируют в узких диапазонах на глубине 90–100 см. В верхней части профиля R_A варьируют в более широких диапазонах, за исключением R_A ^{226}Ra на глубине 5–10 см и ^{232}Th на глубине 0–5 см. Скорее всего, особенности распределения радионуклидов в почвах-поддубицах обусловлены в большей степени их гранулометрическим составом, рН, а также качественным составом гумуса, где кроме фульвокислот появляются и гуминовые кислоты, которые, накапливаясь в верхних слоях почвы, удерживают ЕРН [2, 19].

Техногенный ^{137}Cs обнаружен только в современных образцах почв (сроки отбора 1996–2009 гг.). R_A у него варьирует в пределах 6,7–48,6 Бк/кг ($M = 17,5$ Бк/кг, $\sigma = 17,0$ Бк/кг). Наиболее высокая R_A цезия-137 отмечена в почве на ленточных глинах Ленинградской области. В образцах почв на звонцовых глинах Новгородской и Псковской областей его содержание низкое (<10,0 Бк/кг). Существенные различия по R_A ^{137}Cs в почвах исследуемых регионов, вероятно, вызваны особенностями распространения радиационного загрязнения после аварии на ЧАЭС.

Коллекцию почвенных монолитов Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева и материалы исследования физико-химических свойств и удельной активности радионуклидов в почвах, отобранных в период с 1926 по 2009 г., можно рассматривать как основу для организации почвенно-экологического мониторинга в Северо-Западном регионе Европейской территории России.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Алексахин РМ, Санжарова НИ, Спиридонов СИ, Фесенко СВ. Чернобыль и окружающая среда. Радиационная биология. Радиоэкология. 2007;47(2):196-203.
2. Алексахин РМ, Васильев АВ, Дикарев ВГ, Егорова ВА, Жигарева ТЛ, Иванов ЮА, Козьмин ГВ, Кругликов БП, Круглов СВ, Моргунова ЕА, Пантелеев ЛИ, Поваляев АП, Попова ГИ, Расин ИМ, Ратников АН, Санжарова НИ, Сарапульцев ИА, Соколов ВА, Спиринов ЕВ, Фесенко СВ, Филипас АС, Хвостунов ИК, Шевченко АС, Шуховцев БИ. Сельскохозяйственная радиология. М.: Экология; 1992.
3. Апарин БФ, Бабинов БВ, Касаткина ГА, Сухачева ЕЮ. Лисинское лесничество как уникальный полигон почвенно-экологического мониторинга. Бюлл почв ин-та. 2016;(83):140-57.
4. Апарин БФ, Касаткина ГА, Матинян НН, Сухачева ЕЮ. Красная книга почв Ленинградской области. СПб.: Аэроплан; 2007.
5. Апарин БФ, Мингареева ЕВ, Санжарова НИ, Сухачева ЕЮ. Содержание радионуклидов (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , ^{137}Cs) в черноземах Волгоградской области разных сроков отбора образцов. Почвоведение. 2017;(12):1457-67.
6. Барсуков АО, Языкеев ДВ. Горизонтальная и вертикальная миграция ^{40}K , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th и ^{241}Am на обрабатываемых склоновых агроландшафтах Пензенской области различной степени крутизны. Изв ПГПУ им Белинского. 2012;(29):369-74.
7. Богатова МК, Щеглов АИ, Цветнова ОБ. Пространственная неоднородность радиоактивного загрязнения почв лесных фитоценозов Тульской области. Актуальные проблемы лесного комплекса. 2005;(10):78-81.
8. Булгаков АА, Коноплев АВ, Попов ВЕ, Бобовникова ЦИ, Сиверина АА, Шкуратова ИГ. Механизмы вертикальной миграции долгоживущих радионуклидов в почвах 30-километровой зоны ЧАЭС. Почвоведение. 1990;(10):14-9.
9. Бураева ЕА, Малышевский ВС, Вардуни ТВ, Шиманский ЕИ, Триболина АН, Гончаренко АА, Гончарова ЛЮ, Тоцкая ВС, Нефедов ВС. Содержание и распределение естественных радионуклидов в различных типах почв Ростовской области. Современные проблемы науки и образования. 2013;(4):1-9.
10. Воробьева ЛА. Теория и практика химического анализа почв. М.: ГЕОС; 2006.
11. Воскресенский ВС. Изучение содержания радионуклидов в почвах городских и природных территорий. Вест РУДН, Сер. Экология и безопасность жизнедеятельности. 2001(1):69-73.
12. Гагарина ЭИ, Абакумов ЕВ. Почвообразующие породы с элементами четвертичной геологии. СПб.: Изд-во СПбГУ; 2012.
13. Гагарина ЭИ, Матинян НН, Счастливая ЛС, Касаткина ГА. Почвы и почвенный покров Северо-Запада России. СПб.: Изд-во СПбГУ; 1995.
14. Дмитриев ЕА. Математическая статистика в почвоведении: учебник. М.: Изд-во МГУ; 1995.
15. Матинян НН, Дергачева МИ. Гумусовый профиль полугидроморфных почв на ленточных глинах. Вест ЛГУ. 1988;3(2):90-5.
16. Мингареева ЕВ. Изменение содержания радионуклидов (Ra-226 , Th-232 , K-40 , Cs-137) в почвах государственного природного заказника «Каменная степь» с 1929 по 2011 г. В кн.: Взгляд молодых ученых на современные проблемы развития радиобиологии, радиоэкологии и радиационных технологий. Обнинск; 2016. с. 177-82.
17. Переволоцкий АН, Переволоцкая ТВ. О содержании ^{40}K , ^{226}Ra и ^{232}Th в лесных почвах республики Беларусь. Радиационная биология. Радиоэкология. 2014;54(2):193-200.
18. Попов АИ, Игамбердиев ВМ, Алексеев ЮВ. Статистическая обработка экспериментальных данных. СПб.: Изд-во СПбГУ; 2009.
19. Рачкова НГ, Шуктомова ИИ, Таскаев АИ. Состояние в почвах естественных радионуклидов урана, радия и тория (обзор). Почвоведение. 2010;(6):698-705.
20. Силантьев АН, Шкуратова ИГ, Бобовникова ЦИ. Вертикальная миграция в почвах радионуклидов, выпавших в результате аварии на Чернобыльской АЭС. Атомная энергия. 1989;66(3):194-7.
21. Тюрин ИВ. Органическое вещество почв и его роль в почвообразовании и плодородии. Учение о почвенном гумусе. М.-Л.: Сельхозгиз; 1937.
22. Фокин АД, Лурье АА, Торшин СП. Сельскохозяйственная радиология. СПб.: Лань; 2011.
23. Шишов ЛЛ, Тонконогов ВД, Лебедева ИИ, Герасимова МИ, Добровольский ГВ. Классификация и диагностика почв России. Смоленск: Ойкумена; 2004.

Общий список литературы/Reference List

1. Aleksakhin RM, Sanzharova NI, Spiridonov SI, Fesenko SV. [Chernobyl and the environment]. Radiatsionnaya Biologiya Radioekologiya. 2007;47(2):196-203. (In Russ.)
2. Aleksakhin RM, Vasilyev AV, Dikarev VG, Yegorova VA, Zhigareva TL, Ivanov YuA, Koz'min GV, Kruglikov BP, Kruglov SV, Morgunova EA, Pantel'eyev LI, Povalyayev AP, Popova GI, Rasin IM, Ratnikov AN, Sanzharova NI, Sarapultsev IA,

- Sokolov VA, Spirin YeV, Fesenko SV, Filipas AS, Khvostunov IK, Shevchenko AS, Shukhovtsev BI. *Selskokhoziaystvennaya Radiologiya*. [Agricultural Radiology]. Moscow; *Ecologiya*; 1992. (In Russ.)
3. Aparin BF, Babikov BV, Kasatkina GA, Sukhacheva YeYu. [Lisinsky Forestry as a unique site for ecological soil monitoring]. *Biulleten Pochvennogo Instituta*. 2016;(83):140-57. (In Russ.)
 4. Aparin BF, Kasatkina GA, Matinyan NN, Sukhacheva YeYu. *Krasnaya Kniga Pochv Leningradskoy Oblasti*. [Red Book of Soils of Leningrad Region]. Saint Petersburg: Aeroplan; 2007. (In Russ.)
 5. Aparin BF, Mingareeva YeV, Sanzharova NI, Sukhacheva YeYu. [Concentrations of radionuclides (^{226}Ra , ^{232}Th , ^{40}K , and ^{137}Cs) in chernozems of Volgograd Oblast sampled in Different Years]. *Pochvovedenie*. 2017;(12):1457-67. (In Russ.)
 6. Barsukov AO, Yazykeev DV. [Horizontal and vertical migration of ^{40}K , ^{137}Cs , ^{226}Ra , ^{232}Th and ^{241}Am on processed sloped landscapes of various degree of steepness in Penza Region]. *Izvestiya Penzenskogo Gosudarstvennogo Pedagogicheskogo Universiteta Imeni Belinskogo*. 2012;(29):369-74. (In Russ.)
 7. Bogatova MK, Shcheglova AI, Tsvetnova OB. [Spatial heterogeneity of radioactive contamination of soils in the forest phytocenoses of Tula Region]. *Aktualnye Problem Lesnogo Kompleksa*. 2005;(10):78-81. (In Russ.)
 8. Bulgakov AA, Konoplyev AV, Popov VYe, Bobovnikova TsI, Siverina AA, Shkuratova IG. [Mechanisms of vertical migration of long-lived radionuclides in soils of the 30-kilometer zone of Chernobyl nuclear power plant]. *Pochvovedeniye*. 1990;(10):14-9. (In Russ.)
 9. Burayeva YeA, Malyshevskiy VS, Varduni TV, Shimanskiy YeI, Tribolina AN, Goncharenko AA, Goncharova LYu, Totskaya VS, Nefedov VS. [Distribution of natural radionuclides in soil of Rostov Region]. *Sovremennye Problem Nauki i Obrazovaniya*. 2013;(4):1-9. (In Russ.)
 10. Vorobyeva LA. *Teoriya i Praktika Khimicheskogo Analiza Pochv*. [Theory and Practice of Chemical Analysis of Soils]. Moscow: GEOS; 2006. (In Russ.)
 11. Voskresenskiy VS. [Study of radionuclides contents in soils of urban and natural areas]. *Vestnik RUDN, Seriya Ecologiya i Bezopasnost Zhiznedeyatelnosti*. 2001(1):69-73. (In Russ.)
 12. Gagarina EI, Abakumov YeV. *Pochvoobrazuyuschiy Porody s Elementami Chetvertichnoy Geologii*. [Soil-forming Rocks with Elements of Quaternary Geology]. Saint Petersburg: SPbGU; 2012. (In Russ.)
 13. Gagarina EI, Matinyan NN, Schastnaya LS, Kasatkina GA. *Pochvy i Pochvennyi Pokrov Severo-Zapada Rossii*. [Soils and Soil Cover of the North-West of Russia]. Saint Petersburg: SPbGU, 1995. (In Russ.)
 14. Dmitriyev EyA. *Matematicheskaya Statistika v Pochvovedenii: Uchebnik*. [Mathematical Statistics in Pedology: A Textbook]. Moscow: MGU; 1995. (In Russ.)
 15. Matinyan NN, Dergachyeva MI. [Humus profile of semihydromorphic soils on belt clays]. *Vestnik LGU*. 1988;3(2):90-5. (In Russ.)
 16. Mingareeva YeV. [Changes in the content of radionuclides (Ra-226, Th-232, K-40, Cs-137) in soils of the State Nature Reserve "Kamennaya Step" in 1929-2011]. In: *Vzgliad Molodykh Uchenykh na Sovremennye Problemy Razvitiya Radiobiologii, Radioekologii i Radiatsyonnykh Tekhnologiy*. Obninsk; 2016. p. 177-82. (In Russ.)
 17. Perevolotskiy AN, Perevolotskaya TV. [The content of ^{40}K , ^{226}Ra and ^{232}Th in forest soils of the Republic of Belarus]. *Radiatsionnaya Biologiya Radioekologiya*. 2014;54(2):193-200. (In Russ.)
 18. Popov AI, Igamberdiyev VM, Alekseyev YuV. *Statisticheskaya Obrabotka Eksperimentalnykh Danykh*. Saint Petersburg: SPbGU; 2009. (In Russ.)
 19. Rachkova NG, Shuktomovs II, Taskaev AI. [The state of natural radionuclides of uranium, radium, and thorium in soils]. *Pochvovedeniye*. 2010;(6):698-705. (In Russ.)
 20. Silantsev AN, Shkuratova IG, Bobovnikova TsI. [Vertical migration of radionuclides in soils that precipitated because the Chernobyl nuclear power plant accident]. *Atomnaya Energiya*. 1989;66(3):194-7. (In Russ.)
 21. Tyurin IV. *Organicheskoye Veschestvo Pochv i Yego Rol' v Pochvoobrazovanii i Plodorodii*. *Ucheniye o Pochvennom Gumuse*. [Organic Matter of Soils and its Role in Soil Formation and Fertility. The Doctrine of Soil Humus]. Moscow-Leningrad: Selkhozgiz; 1937. (In Russ.)
 22. Fokin AD, Lurye AA, Torshin SP. *Selskokhoziaystvennaya Radiologiya*. [Agricultural radiology]. Saint Petersburg: Lan'; 2011. (In Russ.)
 23. Shishov LL, Tonkonogov VD, Lebedeva II, Gerasimova MI, Dobrovolskiy GV. *Klassifikatsiya i Diagnostika Pochv v Rossii*. [Classification and diagnostics of soils in Russia]. Smolensk: Oykumena; 2004. (In Russ.)
 24. Forsberg S, Rosen A, Fernandez V, Juhan H. Migration of ^{137}Cs and ^{90}Sr in undisturbed soil profiles under controlled and close-to-real conditions. *J Environ Radioact*. 2000;50:235-52.
 25. Gomes MEP, Martins LMO, Neves LJPF, Pereira AJCS. Natural radiation and geochemical data for rocks and soils, in the North International Duoro Cliffs (NE Portugal). *J Geochem Explor*. 2013;130:60-4.
 26. Mingareeva Ye, Lasareva M. Using a collection of soil monoliths for the study of natural radiation of soils in Russia. *Proc. 20th World Congr Soil Sci*. Jeju (Korea); 2014. p. 1-12.

УДК 349.414

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

В.А. Евсегнеев

АО «НИИП Градостроительства», Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: evsegneevev@inbox.ru

Статья поступила в редакцию 08.06.2018; принята к печати 17.07.2018

Проведен анализ нового действующего законодательства в сфере государственного земельного мониторинга в Российской Федерации, в котором по большей части устранены недочеты, содержащиеся в предыдущих нормативно-правовых актах. Выявлены имеющиеся проблемы в формировании сведений мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, связанные с тем, что субъекты Российской Федерации показывают невысокую активность и таким образом невысокую эффективность по вопросам государственного мониторинга земель, в том числе создания информационных ресурсов в указанной сфере. Сделан вывод, что проводимый государственный мониторинг земель не обеспечивает должного наблюдения за земельными участками и не осуществляется по ряду параметров. Предложены новые более эффективные подходы и более широкий перечень показателей состояния земель. Отмечено положительное значение мониторинга плодородия земель сельскохозяйственного назначения, который является составной частью государственного мониторинга земель. Внесены новые предложения по конкретизации в части проведения мониторинга плодородия земель, для чего требуется установить состав сведений, подлежащих учету. Внесены предложения по определению структуры, органа, уполномоченного на ведение мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, а также по оформлению паспорта плодородия земельных участков. Необходимо системное комплексное правовое регулирование государственного мониторинга земель, обеспечивающее его эффективное проведение во взаимосвязи с другими управленческими функциями, а также достоверность и своевременность информации, полученной в результате мониторинга земель, и сведений, использованных для его проведения.

Ключевые слова: мониторинг земель, земли сельскохозяйственного назначения, паспорт плодородия, эффективность действия норм земельного права, состояние земель.

STATE MONITORING OF LANDS IN THE RUSSIAN FEDERATION

V.A. Yevsegneyev

АО «Research and Development Institute of Urban Development», Saint Petersburg, Russia

Email: evsegneevev@inbox.ru

An analysis of the current legislation related to state monitoring of lands in the Russia Federation suggests that it is largely devoid of shortcomings found in previous normative and legislative acts. However, there are problems with filing of information obtained upon agricultural lands monitoring. The problems are caused by RF subjects' reluctance to monitoring of lands and developing of relevant informational resources. This leads to missing of a number of parameters in state monitoring. A more elaborate list of parameters to be monitored is suggested. In particular, the crop productivity of lands should be taken into account. For this, an inventory of accountable parameters must be developed. A modification is suggested for the administrative structure of agencies authorized to conduct agricultural lands monitoring and to issue crop yield certificates. A systemic approach to land monitoring ensuring its efficient interactions with other branches of state management, as well as timeliness and credibility of information obtained during land monitoring are warranted.

Keywords: land monitoring, agricultural lands, crop yield certificate, land law effectiveness, land conditions.

Важное информационное значение для обеспечения эффективности действия норм земельного права при осуществлении управленческой деятельности в сфере земельных отношений имеет государственный мониторинг земель. Как следует из п. 1 ст. 67 Земельного кодекса РФ, государственный земельный мониторинг, являющийся составной частью государственного экологического мониторинга, представляет собой систему наблюдений, оценки и прогнозирования, на-

правленных на получение достоверной информации о состоянии земель, об их количественных и качественных характеристиках, их использовании и о состоянии плодородия почв. Объектами государственного мониторинга земель являются все земли в Российской Федерации.

При проведении государственного земельного мониторинга применяется дифференцированный подход, в соответствии с которым он осуществляется:

– в отношении земель сельскохозяйственного назначения – Министерством сельского хозяйства РФ, подведомственными ему федеральными государственными бюджетными учреждениями в соответствии с «Порядком осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения», утвержденным приказом Минсельхоза России от 24 декабря 2015 г. № 664¹. Вместе с тем, следует отметить, что, согласно постановлению Правительства РФ от 12 июня 2008 г. № 450 «О Министерстве сельского хозяйства Российской Федерации»², министерство осуществляет функцию по выработке и реализации государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере земельных отношений (в части, касающейся земель сельскохозяйственного назначения), по государственному мониторингу таких земель;

– в отношении иных земель – Росреестром³ в соответствии с «Порядком осуществления государственного мониторинга земель», за исключением земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным приказом Минэкономразвития России от 26 декабря 2014 г. № 852⁴. Согласно Постановления Правительства РФ от 5 июня 2008 г. № 437 «О Министерстве экономического развития Российской Федерации»⁵, на данное министерство возложено осуществление функции по выработке государственной политики и нормативно-правовому регулированию в сфере государственного мониторинга земель (за исключением земель сельскохозяйственного назначения).

Соответственно полномочия по утверждению порядка осуществления государственного мониторинга земель и его осуществлению возложены на Министерство сельского хозяйства РФ (в отношении земель сельскохозяйственного назначения) и Министерство экономического развития РФ (в отношении иных категорий земель).

До 1 апреля 2015 г. мониторинг земель должен был осуществляться на основании Постановления Правительства РФ от 28 ноября 2002 г. № 846⁶. В научной литературе высказывается справедливая критика ранее действовавшего положения об осуществлении госу-

дарственного мониторинга земель. В числе недостатков называлось отсутствие цели мониторинга, а также определения роли государственных органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации и органов местного самоуправления в его осуществлении; перечня обязательных параметров и требований к содержанию и структуре информации, полученной при проведении мониторинга земель, фиксируемой на федеральном, региональном и локальном уровнях, критериев оценки состояния земель, а также перечня наименований видов работ, обследований, съемок и исследований, которые могут или должны проводиться в процессе мониторинга и результаты которых должны представляться уполномоченными органами. Данные, полученные в ходе проведения мониторинга, должны были систематизироваться и передаваться на хранение в государственный фонд данных, полученных в результате проведения землеустройства. Отсутствовала четкость в том, на каком этапе и кем должны были систематизироваться данные, полученные в ходе проведения государственного мониторинга земель, не было установлено, кто является хранителем государственного фонда данных, полученных в результате проведения землеустройства [1].

Эти недостатки в большей части устранены в новых нормативных правовых актах, которые предусматривают общие и специальные положения осуществления государственного мониторинга земель в отношении выделяемых его видов. Так, оба вида государственного мониторинга земель подразделяются на мониторинг использования земель, в рамках которого осуществляется наблюдение за использованием земель и земельных участков в соответствии с их целевым назначением, а также мониторинг состояния земель. При этом применительно к землям сельскохозяйственного назначения в рамках мониторинга состояния земель осуществляется мониторинг плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения и учет показателей состояния плодородия почв в соответствии с Порядком государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным приказом Министерства сельского хозяйства Российской Федерации от 4 мая 2010 г. № 150⁷. Однако, как отмечает Г.Л. Землякова, нельзя сделать вывод о том, в каких случаях и для чего используются сведения, содержащиеся в документации по учету показателей плодородия указанной категории земель [1].

В отношении иных категорий земель в рамках мониторинга состояния земель осуществляется наблюдение за изменением количественных и качественных

¹ Официальный интернет-портал правовой информации: <http://www.pravo.gov.ru>, 16.02.2015 (дата обращения: 8 января 2017 г.).

² СЗ РФ. 2007. № 25. Ст. 2983.

³ Постановление Правительства РФ от 1 июня 2009 г. № 457 «О Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии» (вместе с «Положением о Федеральной службе государственной регистрации, кадастра и картографии») // СЗ РФ. 2009. № 25. Ст. 3052.

⁴ Официальный интернет-портал правовой информации: <http://www.pravo.gov.ru>, 16.02.2015 (дата обращения: 8 января 2017 г.).

⁵ СЗ РФ. 2008. № 24. Ст. 2867.

⁶ Постановление Правительства РФ от 28 ноября 2002 г. № 846 г. «Об утверждении Положения об осуществлении государственного мониторинга земель» (Документ утратил силу) // СЗ РФ. 2002. № 49. Ст. 4882.

⁷ Приказ Минсельхоза России от 4 мая 2010 г. № 150 «Об утверждении Порядка государственного учета показателей состояния плодородия земель сельскохозяйственного назначения» // Бюллетень нормативных актов федеральных органов исполнительной власти. 2010. № 32.

характеристик земель, в том числе с учетом данных результатов наблюдений за состоянием почв, их загрязнением, захламлением, деградацией, нарушением земель, оценка и прогнозирование изменений состояния земель.

При проведении данного вида мониторинга выявляются количественные характеристики изменения площадей земель и земельных участков различных категорий, видов разрешенного использования и видов земельных угодий. При проведении мониторинга состояния земель выявляются изменения качественных характеристик состояния земель под воздействием следующих негативных процессов: подтопления и затопления, переувлажнения, заболачивания, эрозии, опустынивания земель, загрязнения земель тяжелыми металлами, радионуклидами, нефтью и нефтепродуктами, другими токсичными веществами, захламления отходами производства и потребления, вырубок и гарей на землях лесного фонда, образования оврагов, оползней, селевых потоков, карстовых и других процессов и явлений, влияющих на состояние земель.

Тем самым отличительные особенности применительно к землям сельскохозяйственного назначения и в отношении земель иных категорий выделяются при проведении мониторинга состояния земель. Однако на практике формирование именно этих сведений является наиболее проблемным. Как показывает региональный опыт по созданию региональных систем государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, субъекты РФ показывают невысокую активность по вопросам государственного мониторинга земель, в том числе создания информационных ресурсов в указанной сфере. Информацию о наличии органов, наделенных полномочиями по осуществлению мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, представили 20 субъектов Российской Федерации, о принятых региональных программах и нормативных правовых актах в области мониторинга земель сельскохозяйственного назначения – 16 субъектов Российской Федерации⁸.

Важное значение для обеспечения эффективности проведения государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения имеет мониторинг плодородия земель сельскохозяйственного назначения, предусмотренный ст. 16 Федерального закона от 16 июля 1998 г. № 101-ФЗ «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения»⁹, который является составной частью государственного мониторинга земель. Однако конкретизация в части проведения такого

важного вида государственного земельного мониторинга в Законе отсутствует. В этой связи предлагается его дополнить новой главой: «Система государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения», устанавливающей состав сведений, подлежащих учету в системе государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, ее структуру, орган, уполномоченный на ведение мониторинга, а также информационное взаимодействие при ее ведении.

В научной литературе [2] правомерно обращалось внимание на необходимость создания специализированного государственного информационного ресурса в рамках Концепции развития государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения и земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий, и формирования государственных информационных ресурсов об этих землях на период до 2020 г.¹⁰

В Концепции также дано обоснование создания системы специализированного мониторинга в отношении земель сельскохозяйственного назначения. Проводимый государственный мониторинг земель не обеспечивает наблюдение за земельными участками и полями севооборота как производственным ресурсом и не осуществляется по ряду параметров, характеризующих плодородие почв, имеющих существенное значение для сельскохозяйственного производства. Специфика учета сельскохозяйственных земель как природного ресурса, используемого в качестве главного средства производства в сельском хозяйстве, требует иных подходов и более широкого перечня показателей состояния таких земель и их плодородия.

Необходимо реальное создание правовых, организационных и других условий осуществления государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения. Однако, как указано в Концепции, без осуществления государственного мониторинга земель, используемых или предоставленных для ведения сельского хозяйства в составе земель иных категорий (независимо от форм собственности и форм осуществляемого на них хозяйствования), невозможно эффективное управление агропромышленным комплексом страны, что является на сегодняшний день первостепенной задачей.

При проведении мониторинга земель сельскохозяйственного назначения определяющее значение имеет классификация земель на основании признака плодородия. По мнению специалистов, использование классификации для мониторинга плодородия земель значительно повышает его эффективность, поскольку позволяет дать реальную производственную оценку негативным последствиям, которые могут иметь ме-

⁸ Доклад о состоянии и использовании земель сельскохозяйственного назначения. М.: Минсельхоз России, 2013 // URL: <http://akkor.ru/wp-content/uploads/2012/01/2012.01.24-doklad-minselhoz-o-zemle.pdf> (дата обращения: 8 января 2017 г.).

⁹ СЗ РФ. 1998. № 29. Ст. 3399.

¹⁰ Распоряжение Правительства Российской Федерации от 30 июля 2010 г. № 1292-р // СЗ РФ. 2010. № 32. Ст. 4366.

сто при интенсивном использовании земель, особенно если эти земли подвержены прогрессирующим процессам водной эрозии, дефляции, подтопления и т. п. Классификация земель является методическим инструментом, обеспечивающим возможность эффективно решать вопросы, связанные с оценкой качества сельскохозяйственных угодий, их зонированием для установления видов разрешенного использования, планированием сельскохозяйственного производства на различных уровнях управления, расчетом убытков при изъятии земель сельскохозяйственного назначения [3].

В качестве одного из ключевых источников сведений, полученных при проведении государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения, следует считать паспорт плодородия земельного участка. Согласно Методическим указаниям по проведению комплексного мониторинга плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения, утвержденным Минсельхозом РФ 24 сентября 2003 г., Россельхозакадемией 17 сентября 2003 г.¹¹, в паспортах почв указывают местоположение обследуемого участка, его ландшафтно-экологическую и эколого-генетическую характеристики, значения показателей химических, физико-химических и биологических свойств почв, физических и водно-физических свойств почв, химического загрязнения почв тяжелыми металлами, пестицидами и другими химическими веществами, радионуклидами, фитосанитарного состояния почв и посевов, агроклиматических условий и урожайности.

Сведения, содержащиеся в паспорте почв, имеют большое практическое значение. Приведенные в паспорте величины указанных показателей состояния плодородия почв используют в качестве исходной информации для разработки комплекса агрохимических, агротехнических, фитосанитарных, противозерозионных, мелиоративных и других мероприятий, в том числе по реабилитации загрязненных вредными веществами сельскохозяйственных земель, по повышению плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения; разработки проектов применения удобрений, в том числе при ограниченных ресурсах; разработки проектов производства в хозяйстве конкретной растениеводческой продукции, в которых интегрированное применение средств химизации рассматривают в едином технологическом процессе возделывания сельскохозяйственных культур с учетом современных требований экологии, экономики и систем земледелия на адаптивно-ландшафтной основе.

Однако в земельном законодательстве Российской Федерации (Земельном кодексе РФ, Федеральном законе «О государственном регулировании обеспече-

¹¹ Документ опубликован не был // Справочная правовая система «КонсультантПлюс».

ния плодородия земель сельскохозяйственного назначения») отсутствует правовая норма, содержащая обязательное требование составления паспорта плодородия земельного участка. Такие паспорта, их типовая форма предусматриваются в законодательстве субъектов Российской Федерации. Так, например, согласно ст. 8 Закона Московской области от 2 декабря 2006 г. № 212/2006-ОЗ (ред. от 4 мая 2017 г.) «Об обеспечении плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Московской области»¹², паспорт плодородия земельного участка является документом, характеризующим уровень почвенного плодородия и его изменения в процессе хозяйственного использования земельного участка. Он оформляется на основе результатов проведения специализированной организацией почвенных, агрохимических, фитосанитарных и эколого-токсикологических обследований и передается собственникам, землевладельцам, землепользователям и (или) арендаторам земельных участков. В случае перехода права на земельный участок прежний собственник, землевладелец, землепользователь и (или) арендатор земельного участка передает Паспорт плодородия земельного участка новому собственнику, землевладельцу, землепользователю и (или) арендатору. Распоряжением Минсельхозпрода Московской области от 23 июля 2015 г. № 17РВ-96 утверждена типовая форма Паспорта плодородия земельного участка и формы Показателей почвенного, агрохимического и эколого-токсикологического исследования почв земельных участков из земель сельскохозяйственного назначения¹³.

В ст. 4 Закона Республики Калмыкия от 26 февраля 2016 г. № 170-V-3 «О государственном регулировании обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения в Республике Калмыкия»¹⁴ паспорт качества почв земельного участка, ведение и выдача которого осуществляется уполномоченным органом исполнительной власти Республики Калмыкия в сфере обеспечения плодородия земель сельскохозяйственного назначения, является официальным документом о состоянии плодородия почв земельного участка. Паспорт предоставляется собственникам, владельцам, пользователям, в том числе арендаторам, земельных участков в целях обеспечения информацией о состоянии плодородия почв их земельных участков. Данные, включенные в паспорт, по истечении пяти лет считаются устаревшими, в связи с чем пользователю выдается новый паспорт.

Приведенные примеры показывают разные подходы при определении порядка, формы, показателей и

¹² Ежедневные Новости // Подмоскowie. № 232. 13.12.2006.

¹³ Документ опубликован не был // Справочная правовая система «КонсультантПлюс».

¹⁴ Официальный интернет-портал правовой информации: <http://www.pravo.gov.ru> (дата обращения: 1 марта 2016 г.).

других сведений паспорта. В целях обеспечения единообразия правового регулирования следует определить основные требования к паспорту на федеральном уровне. Это будет способствовать повышению эффективности государственного мониторинга земель сельскохозяйственного назначения.

Вместе с тем, необходимо обеспечение эффективности государственного мониторинга земель для всех категорий земель на основе системного подхода. Необходимыми условиями достижения данной цели являются достоверность и своевременность информации, полученной в результате государственного мониторинга земель, а также сведений, использованных для его проведения.

При осуществлении государственного мониторинга земель необходимые сведения получаются с использованием:

- а) дистанционного зондирования (съёмки и наблюдения с космических аппаратов, самолетов, с помощью средств малой авиации и других летательных аппаратов);
- б) сети постоянно действующих полигонов, эталонных стационарных и иных участков;
- в) наземных съёмок, наблюдений и обследований (сплошных и выборочных);
- г) сведений, содержащихся в государственном кадастре недвижимости;
- д) землеустроительной документации;
- е) материалов инвентаризации и обследования земель, утвержденных в установленном порядке;
- ж) сведений о количестве земель и составе угодий, содержащихся в актах органов государственной власти и органов местного самоуправления;
- з) данных, представленных органами государственной власти и органами местного самоуправления;
- и) результатов обновления картографической основы (результатов дешифрирования ортофотопланов или сведений топографических карт и планов);
- к) данных государственного лесного реестра, а также лесохозяйственных регламентов лесничеств (лесопарков).

Не менее важное значение имеет системное правовое регулирование государственного мониторинга земель, обеспечивающее его эффективное проведение, во взаимосвязи с другими управленческими функциями.

Как отмечает Г.Л. Землякова, с позиций государственного и муниципального управления в сфере использования и охраны земель мониторинг несет в себе черты таких общих функции управления, как анализ, прогнозирование и информационное обеспечение. При этом, как отмечает автор, в Порядке осуществления государственного мониторинга земель прямо не указывается, для чего используются данные, полученные в ходе осуществления мониторин-

га качественного состояния земель (за исключением государственного доклада, для которого используются сведения, полученные в ходе осуществления в целом мониторинга земель). По ее мнению, на основании действующих нормативных актов трудно сделать вывод о том, востребованы ли при реализации иных функций управления сведения о качественных характеристиках земель, полученные в ходе осуществления мониторинга состояния земель [1].

Поскольку государственный мониторинг земель является, согласно п. 3 ст. 63.1 Федерального закона «Об охране окружающей среды», подсистемой Единой системы государственного экологического мониторинга, на него распространяются общие требования, предусмотренные в том числе для использования сведений. Согласно п. 5 ст. 63.2 этого Закона, информация, включаемая в государственный фонд данных, подлежит использованию органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями, гражданами при планировании и осуществлении хозяйственной и иной деятельности.

Однако использование данных государственного мониторинга земель необходимо для осуществления функций государственного управления в области земельных отношений, например, при осуществлении государственного земельного надзора. Так, Положением о государственном земельном надзоре, утвержденным постановлением Правительства РФ от 2 января 2015 г. № 1 (ред. от 8 сентября 2017 г.)¹⁵, предусмотрен учет данных государственного мониторинга земель при отнесении земельных участков к категориям риска, составлении ежегодных планов проведения плановых проверок, анализе и прогнозировании состояния исполнения требований земельного законодательства при осуществлении органами государственной власти, органами местного самоуправления, юридическими лицами, индивидуальными предпринимателями и гражданами своей деятельности.

По справедливому мнению Г.Л. Земляковой, материалы, подготавливаемые в ходе проведения мониторинга земель и землеустройства, а также данные ГКН должны использоваться при подготовке документов территориального планирования [1].

Ю.Г. Жариков отмечает, что «для определения размера потерь используются планово-картографические материалы, данные почвенных обследований, земельного кадастра и мониторинга земель» [4].

В целях системного правового регулирования организации и проведения государственного мониторинга земель необходимо определение порядка участия органов государственной власти, что также будет способствовать повышению его эффективности.

¹⁵ СЗ РФ. 2015. № 2. Ст. 514.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ЗАДЕРЖЕНИЕ МНОГОЛЕТНИМИ ТРАВАМИ ГРУНТА ТЕХНОГЕННОГО ИЗ ТВЕРДЫХ БЫТОВЫХ/ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ, ИСПОЛЬЗУЕМОГО ПРИ РЕКУЛЬТИВАЦИИ ПОЛИГОНОВ В КАЧЕСТВЕ ПЛОДОРОДНОГО ГРУНТА

Д.М. Малюхин¹, В.А. Поздняков², Л.Г. Бакина³, Т.Б. Нагиев²,
А.В. Поздняков², С.И. Лоскутов⁴, Я.В. Пухальский⁴

¹ ООО «Новый Свет-ЭКО»; ² Ленинградский НИИ сельского хозяйства «Белогорка»;
³ Санкт-Петербургский научно-исследовательский центр экологической безопасности РАН
и ⁴ ООО НПО «БиоЭкоТех», Санкт-Петербург, Россия

* Эл. почта: mdm@ns-eco.ru

Статья поступила в редакцию 02.08.2018; принята к печати 03.09.2018

В условиях полевого опыта на полигоне твердых бытовых отходов изучена пригодность грунта техногенного, полученного аэробным компостированием отсеков грохочения твердых коммунальных отходов при их сортировке, для использования при рекультивации полигона в качестве плодородного грунта. Изучены агрохимические показатели грунта техногенного и его температурный режим в пределах корнеобитаемого слоя. Проведены исследования по подбору ассортимента трав, наиболее эффективных для задержания исследуемого субстрата. Выявлены существенные различия по эксплуатационным характеристикам у однолетних и многолетних злаковых трав. Особенно перспективны овсяница красная сорт Шилис и овсяница луговая сорт Шведская, которые сформировали плотный травостой, выделяющийся красивой зеленой окраской вплоть до наступления зимних холодов. Установлено, что в травах, выросших на грунте техногенном, содержание тяжелых металлов и нитратов не превышает нормативы для кормовых трав.

Ключевые слова: рекультивация полигонов твердых бытовых отходов, плодородный грунт, компост из твердых бытовых отходов, ассортимент трав, эффективность задержания, грунты техногенные.

USING PERENNIAL GRASSES IN EXPERIMENTAL TURFING OF MUNICIPAL SOLID WASTE-DERIVED ARTIFICIAL SOIL FOR LANDFILLS RECLAMATION

D.M. Maliukhin¹, V.A. Pozdnyakov², L.G. Bakina³, T.B. Nagiyev², A.V. Pozdnyakov²,
S.I. Loskutov⁴, Ya.V. Pukhalskiy⁴

¹ООО «Novyi Svet-EKO»; ²Leningradskiy Agricultural Research Institute «Belogorka»; ³Saint-Petersburg Research Center of Ecological Safety, Russian Academy of Science; and ⁴ООО «BioEkoTekh», Saint Petersburg, Russia

* Email: mdm@ns-eco.ru

Soil obtained by aerobic composting from municipal solid waste after screening upon its sorting was tested under field conditions of municipal solid wastes landfill for suitability as a fertile soil for landfill reclamation. The agrochemical indices and temperature regime within the root layer of the soil were studied. Among test herbs, the ones most effective for turfing were determined based on their performance characteristic. The most promising are the Shilis variety of red fescue and the Swedish variety of meadow fescue able to develop a dense grass cover featuring beautiful green color, which persisted up to the onset of winter cold. The contents of heavy metals and nitrates in herbs grown on the artificial soil were within levels permissible for forage.

Keywords: solid municipal wastes, landfills, reclamation, fertile soil, grasses, turfing, artificial earth.

ВВЕДЕНИЕ

Обращение с отходами является одной из основных экологических проблем, которая ни в одной стране мира не решена окончательно [18]. В последние годы в России, как и во всем мире, наблюдается неуклонный рост образования твердых бытовых/коммунальных отходов (ТБО/ТКО). Ежегодно в России образуется порядка 35–40 млн тонн ТКО, и, согласно данным Росприроднадзора, только 4–5% из них вовлекаются в переработку, а остальное размещается на полигонах ТКО и санкционированных и несанкционированных свалках [6, 14]. В результате этого продолжается активное накопление отходов в природной среде. Анализ системы утилизации и переработки ТКО в Российской Федерации показывает, что основной стратегией в области управления ТКО является не переработка, а захоронение на полигонах, несмотря на то что такой вид обращения с отходами является наименее предпочтительным согласно принятой иерархии методов [3]. Поэтому полигоны будут оставаться основным направлением обращения с ТКО в ближайшие 15–20 лет [5, 9].

Все вышеизложенное в полной мере относится и к Санкт-Петербургу. По сведениям Росприроднадзора, Санкт-Петербург сейчас производит порядка 2 млн тонн твердых коммунальных отходов в год, Ленинградская область – 900 000 тонн. Для приема этих отходов в Ленинградской области официально существуют около 15 полигонов. По сведениям Государственного экологического надзора, на территории области функционируют около 1500 несанкционированных свалок, из них постоянных и крупных, по разным данным, от 150 до 200¹.

Анализ практики складирования ТКО свидетельствует о том, что объекты захоронения и полигоны ТКО являются источниками длительного негативного воздействия на окружающую среду. Известно, что не только несанкционированные свалки, но и полигоны – комплексы сооружений природоохранного назначения, предназначенные для размещения, изоляции и обезвреживания отходов, – могут создавать опасность загрязнения окружающей среды [2, 12, 14]. Поэтому в соответствии с действующей на территории Российской Федерации нормативной базой^{2, 3, 4}, завершающим этапом эксплуатации полигонов, направленным на обеспечение санитарных и экологических требований, является рекультивация. Согласно

ГОСТ 17.5.1.01-83⁵, рекультивация закрытых полигонов представляет собой комплекс работ, направленных на восстановление продуктивности и народнохозяйственной ценности нарушенных земель, а также на улучшение условий окружающей среды в соответствии с интересами общества.

Рекультивация полигонов включает в себя два этапа: технический и биологический. В соответствии с нормативными документами, технический этап рекультивации включает формирование откосов с нормативными углами наклонов, строительство дренажных систем, дегазацию, планировку поверхности с созданием рекультивационного многофункционального покрытия и другие операции. Завершается технический этап рекультивации нанесением, формированием и планированием плодородного слоя, и здесь сразу же появляется одна из основных экологических и экономических проблем при рекультивации – дефицит почвогрунтовых ресурсов для создания рекультивационных покрытий. Известно, что для рекультивации 1 га полигона требуется до 10 тыс. м³ почвенно-растительного грунта, что соответствует нарушению 5 га природных земель, то есть до 5 раз может быть превышена площадь рекультивируемого объекта [7]. С целью экономии природных ресурсов и ускорения биологических процессов при проведении рекультивационных работ почва может быть заменена органомными субстратами из отходов производства и потребления. Общеизвестным является факт высокого биологического потенциала компостов из ТКО, а технологии биотермической переработки ТКО позволяют получать компост, близкий по своим свойствам к традиционным органическим удобрениям. С нашей точки зрения, наиболее рациональным и доступным является получение из органической части ТКО грунта техногенного и последующее использование его в качестве плодородного грунта при эксплуатации и рекультивации полигонов и других нарушенных земель. В настоящее время нами разработана технология использования грунта техногенного из органической части ТКО в качестве перекрывающего/изолирующего/плодородного материала в технологических циклах эксплуатации и рекультивации полигонов [11]. Несмотря на эффективность и перспективность подобного направления утилизации органической части ТКО, подобные работы практически не проводятся на других полигонах. Ограниченное количество данных, подтверждающих эффективность и экологическую безопасность применения подобных субстратов (компостов/грунтов техногенных) при эксплуатации и рекультивации полигонов и других нарушенных земель ограничивало до настоящего времени широкое внедрение подобных технологий, что на наш взгляд требует изменить в кратчайшие сроки.

⁵ ГОСТ 17.5.1.01-83. Охрана природы. Рекультивация земель. Термины и определения.

¹ <http://nsp.ru/news/8797-musor-poschitali>

² Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Минстрой России: 02.11.96; Госкомсанэпиднадзор России: 10.06.96 (01-8/1711).

³ ГОСТ 17.5.3.04-83. Охрана природы (ССОП). Земли. Общие требования к рекультивации земель.

⁴ ТСН 11-301-2005 «Положение о порядке работ по рекультивации несанкционированных свалок в г. Москве». М.; 2005.

Биологический этап рекультивации предусмотрен всеми действующими сейчас нормативными документами^{6, 7, 8}, и в большинстве случаев применение биологического этапа совершенно необходимо, так как процессы самозарастания могут растянуться на несколько десятков лет. Так, Л.С. Застенским [8] для условий Беларуси выявлено, что при формировании рекультивационного слоя из минеральных суглинистых грунтов процессы гумусообразования происходят очень медленно, и за 15 лет образуется лишь 1,5–2 см сплошного гумусового горизонта. В экстремальных условиях северных регионов эти процессы еще более затруднены, и без специальных мероприятий биологического этапа рекультивации восстановление нарушенных ландшафтов практически не происходит [1].

Одной из наиболее важных операций последующего биологического этапа является подбор ассортимента многолетних трав, который наряду с другими мероприятиями (подготовка и обработка почвы, посев трав и уход за посевами) обеспечивает наиболее активное зарастание рекультивируемой поверхности и формирование экологически безопасных экосистем на территории бывшего полигона ТБО.

В связи с этим основной целью данной работы являлось изучение эффективности применения грунтов техногенных из органической части ТКО в качестве плодородного грунта на заключительной стадии технического этапа и подбор ассортимента травянистых и древесных растений для этого субстрата на биологическом этапе рекультивации полигона ТКО.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ

Полевой эксперимент, результаты которого излагаются в данной работе, был проведен на опытной площадке полигона «Новый Свет-ЭКО», Гатчинский р-н Ленинградской обл. Грунт техногенный, использованный в эксперименте в качестве плодородного слоя, являлся продуктом утилизации отсева грохочения ТКО при аэробном биотермическом компостировании в буртах на специально оборудованной площадке на полигоне. Он применялся при достижении состояния зрелости после 6 месяцев компостирования. Основные агрохимические показатели грунтов техногенных определяли дважды – перед закладкой опыта и в конце вегетационного сезона, после учета биомассы. При лабораторных исследованиях пользовались общепринятыми методами [15]. Содержание

⁶ Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов. Минстрой России: 02.11.96; Госкомсанэпиднадзор России: 10.06.96 (01-8/1711).

⁷ МР по проведению инженерно-экологических изысканий для целей рекультивации существующих свалок и проектирования вновь организуемых полигонов захоронения ТБО на территории Московской области. Моск. обл.: ГК по охране окружающей среды; 28.04.1998.

⁸ Территориальные строительные нормы Московской области ТСН30-308-2002. М.; 2002.

органического углерода определяли методом Тюрина, подвижные формы фосфора и калия определяли в вытяжке Кирсанова, фосфор – колориметрически по Дениже, калий – на пламенном анализаторе ПАЖ-2. Подвижные формы азота определяли фотоколориметрически, нитратный азот – с дисульфифеноловой кислотой, аммонийный – с реактивом Несслера. Содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-эмиссионной спектроскопии с индуктивно-связанной плазмой, а также методом атомно-абсорбционной спектрофотометрии.

Температуру субстратов измеряли в течение вегетационного сезона с апреля по октябрь почвенным термометром на глубине корнеобитаемого слоя (15–20 см) в пределах каждой опытной площадки в 6–8 точках в дневное время (с 12 до 15 ч). Измерения проводили один раз в неделю.

Закладку опытов по подбору травянистых и древесных растений, проведение биометрических учетов и наблюдений осуществляли согласно методическим указаниям, разработанным в Всероссийском институте кормов им. В.Р. Вильямса [4]. Площадь опытных делянок – 6 м².

В опытах на полигоне были использованы следующие виды растений: овсяница луговая сорт Шведская; овсяница красная сорт Шилис; райграс однолетний Изорский; райграс пастбищный Ленинградский 809; клевер луговой Волосовский. Из семян этих видов были составлены смеси, состав которых был следующим:

смесь 1 – овсяница красная 50% + клевер луговой 50%;

смесь 2 – райграс пастбищный 50% + клевер луговой 50%;

смесь 3 – овсяница красная 30% + клевер луговой 70%;

смесь 4 – райграс пастбищный 50% + клевер луговой 25% + овсяница красная 25%;

смесь 5 – райграс пастбищный 50% + овсяница красная 50%;

смесь 6 – овсяница красная 50% + клевер луговой 25% + райграс однолетний 25%;

смесь 7 – райграс пастбищный 50% + райграс однолетний 50%.

Норма высева – 2,5 г/м².

На опытных делянках с посевом травянистых смесей проводили два укоса – в середине лета (20 июля) и в конце (17 августа). При этом были проведены следующие биометрические замеры: определена надземная биомасса растений (сырая), измерена средняя высота и оценена плотность посевов, общее проективное покрытие, высота растений и их мощность в баллах. Оценку мощности травостоя проводили глазомерно по 5-балльной шкале. Также при общей оценке учитывали облиственность, кустистость, выравненность и густоту стояния посевов.

Кроме травяных смесей, были проведены монопо-
севы следующих видов растений: овсяница красная,
овсяница луговая, клевер луговой. А также в допол-
нение к основному опыту были заложены монопо-
севы следующих видов растений: фацелия рязанская,
синяк обыкновенный, козлятник восточный, овес и
горчица белая для оценки их всхожести и декоратив-
ности.

В качестве контроля были оставлены делянки под
самозаращение.

Наряду с травами, были испытаны два вида дре-
весных растений – сосна *Pinus sylvestris* и тополь
(гибридные формы) *Populus sp.* Их высаживали в ко-
личестве 81 шт. на делянку. Состояние саженцев оце-
нивали в конце вегетационного сезона по выживаемо-
сти и внешнему виду.

Статистическую обработку экспериментальных
данных осуществляли с помощью программы AtteStat
(версия 12.5). Для визуализации исходных данных и
результатов их статистического описания использова-
на программа PAST (версия 3.21). Достоверность раз-
личий двумя независимыми группами данных оце-
нивали по критерию Манна-Уитни. Аналитическая
повторность – четырехкратная. Различия считали
значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Известно, что пригодность субстратов в качестве
плодородного грунта для продуктивного роста расте-
ний определяется прежде всего их агрохимическими
свойствами. В этой связи были проведены исследо-
вания грунтов техногенных, используемых в экспе-
рименте в качестве плодородного слоя, которые по-
зволили дать его агрохимическую характеристику
(табл. 1).

Установлено, что грунт техногенный весьма благо-
приятен в агрохимическом отношении для произраста-
ния растений, а по содержанию питательных веществ
существенно превосходит фоновую дерново-подзоли-
стую почву. Так, максимальное содержание органиче-

ского углерода (11% и более) наблюдается в грунтах
техногенных, в дерново-подзолистой содержание ор-
ганического углерода достигает 2,5%. Он характери-
зуется нейтральной реакцией среды ($pH = 7,0 \pm 1,0$ в
отличие от слабокислой почвы с $pH 5,5 \pm 1,0$), высоким
содержанием органического углерода, а также основ-
ных питательных элементов – азота, фосфора и калия.
По содержанию фосфора и калия грунт техногенный
превышал аналогичные показатели в почве на порядок;
азот аммонийный и азот нитратный содержались в со-
поставимых с почвой количествах, однако содержание
общего азота, а следовательно, и его запасы были в ис-
следуемом субстрате более чем в 3 раза выше, чем в по-
чве. Сравнение агрохимических показателей в начале
эксперимента и в конце (осенью, после учета биомассы)
с комплексными нормативами (ПДК) позволило сде-
лать вывод о том, что в течение вегетационного сезона
эти показатели практически не изменились.

При проведении визуальных оценок травостоев на
опытных делянках мы зафиксировали изменения раз-
вития у многолетних бобовых и злаковых по сравне-
нию с тем, что свойственно нашему региону: сниже-
ние темпов развития в первой половине вегетации и
ускорение развития во второй половине. В какой-то
степени эти изменения аналогичны особенностям
развития травянистых растений на засоленных (со-
лонцеватых) почвах южных районов страны и, веро-
ятно, могут быть связаны с повышенной степенью
минерализации грунтовых растворов в грунтах тех-
ногенных. Этим же, по-видимому, можно объяснить
и выявленное в эксперименте более активное образо-
вание биомассы злаковых (райграсов и овсяниц) по
сравнению с бобовыми: известно, что солеустойчи-
вость у злаковых выше, чем у бобовых [17]. Неодно-
кратно высказывалась мысль, что солеустойчивость
сортов и видов растений связана с экологическими
(в частности, почвенно-климатическими) условиями
места их происхождения и основного ареала возделы-
вания. Более высокая солеустойчивость злаковых по
сравнению с бобовыми может объясняться в значи-

Табл. 1

Агрохимические свойства грунтов техногенных в начале и конце опыта
в сравнении с фоновой дерново-подзолистой почвой

Субстрат	Срок отбора	pH	C _{орг} , %	N _{общ} , %	C:N	Содержание подвижных питательных элементов, мг/100 г			
						P	K	N-NH ₄	N-NO ₃
Грунт техногенный	Май	6,9	11,5	0,52	20,4	340 ± 15*	390 ± 35*	24 ± 2	32 ± 6
	Сентябрь	7,1	11,0	0,56	19,6	350 ± 20*	275 ± 32*	17 ± 4*	31 ± 6
Почва	Май	5,5	2,5	0,17	14,7	25 ± 5	20 ± 5	25 ± 3	30 ± 5
	Сентябрь	5,6	2,5	0,16	15,6	22 ± 3	19 ± 4	21 ± 2	31 ± 4

Примечание: * $p < 0,05$ для отличия грунта от почвы на таком же сроке.

тельной степени тем, что центрами происхождения и формирования многих из них являются аридные районы Северной Африки и Юго-Восточной Азии, отличающиеся значительным распространением засоленных земель.

Выявленные особенности развития изучаемых травянистых растений привели к тому (табл. 2), что во время первого учета зеленой массы (выход в трубку-колошение злаковых трав) только посе́вы двух видов райграса достигли укосной спелости.

Табл. 2

Хозяйственно ценные признаки травостоев и древесных растений, вегетационный сезон 2017 г.

Варианты	Виды растений в смеси	1-й укос, 20.07.2017				2-й укос, 17.08.2017			
		Масса, (кг/м ²)	Высота (см)	Плотность (%)	М**	Масса (кг/м ²)	Высота (см)	Плотность (%)	М**
Смесь 1	Овсяница красная	0,26 ± 0,04	16,4 ± 3,1	95,6	3	0,45 ± 0,07	28,0 ± 5,3	95,0	4
	Клевер луговой	0,13 ± 0,02	8,2 ± 2,2	50,0	1	0,23 ± 0,04	14,4 ± 3,9	48,0	2
Смесь 2	Райграс пастбищный	0,90 ± 0,10*	43,0 ± 7,7	88,0	5	1,12 ± 0,12*	70,2 ± 12,6	90,0	5
	Клевер луговой	0,13 ± 0,04	8,2 ± 2,1	50,0	1	0,20 ± 0,06	12,2 ± 3,1	47,0	2
Смесь 3	Овсяница красная	0,21 ± 0,07	13,1 ± 3,7	96,0	2	0,32 ± 0,11	20,0 ± 5,6	80,0	4
	Клевер луговой	0,13 ± 0,04	8,2 ± 3,8	96,0	1	0,19 ± 0,06	11,8 ± 5,5	45,0	2
Смесь 4	Райграс пастбищный	0,25 ± 0,05*	15,4 ± 3,7	92,0	5	0,89 ± 0,18*	55,8 ± 13,4	95,0	4
	Клевер луговой	0,13 ± 0,05	8,2 ± 2,2	15,4	1	0,23 ± 0,09	14,6 ± 3,9	49	3
	Овсяница красная	0,26 ± 0,06	16,4 ± 4,4	96,0	2	0,35 ± 0,08	21,8 ± 5,8	80,0	2
Смесь 5	Райграс пастбищный	0,43 ± 0,07	26,8 ± 5,8	96,0	5	1,34 ± 0,22	83,8 ± 18,1	90,0	4
	Овсяница красная	0,28 ± 0,06	17,4 ± 2,1	90,0	2	0,43 ± 0,09	26,8 ± 3,2	46,0	1
Смесь 6	Овсяница красная	0,13 ± 0,04	8,2 ± 1,1	92,0	2	0,31 ± 0,10	19,4 ± 2,6	55,0	3
	Клевер луговой	0,13 ± 0,04	8,2 ± 2,1	50,0	1	0,26 ± 0,08	16,0 ± 4,1	45,0	1
	Райграс однолетний	1,10 ± 0,21	111,2 ± 25,7*	90,0	5	1,12 ± 0,21	69,8 ± 16,1*	80,0	4
Смесь 7	Райграс однолетний	1,24 ± 0,30*	104,2 ± 20,8	91,0	5	1,22 ± 0,30*	76,0 ± 15,2	85,0	5
	Райграс пастбищный	1,21 ± 0,28*	104,2 ± 23,4	93,0	5	1,23 ± 0,28	75,0 ± 16,8	85,0	5
	Клевер луговой	0,19 ± 0,04	11,8 ± 0,4	40,0	3	0,19 ± 0,04	11,8 ± 0,4	80,0	3
	Овсяница красная	0,25 ± 0,05*	15,8 ± 0,8	86,0	4	0,52 ± 0,10*	32,4 ± 1,6	90,0	5
	Овсяница луговая	0,45 ± 0,05	28,4 ± 4,4	86,0	5	0,45 ± 0,05	28,4 ± 4,4	95,0	5
	Контроль (самозарастание)	1,81 ± 0,211	87,1 ± 16,9	40,0	3	1,28 ± 0,15	125,2 ± 24,3	55,0	4
	НСР 0,5	1,1	10,3	8,1	–	1,1	9,6	7,9	–
	Х ср.	0,45	29,8	76,7	–	0,59	39,7	71,6	–

Примечания. * $p < 0,05$; сравнение по укосам. ** М = мощность (баллы).

Райграс однолетний и райграс пастбищный обеспечили наивысший урожай зеленой массы – 1,24 и 1,21 кг/м², при высоте 104,2 см, соответственно. В двойной смеси с клевером луговым и в тройной – плюс овсяница красная урожай ниже (0,9–1,1 кг/м²) при высоте стеблестоя в 43,0–111,2 см. К первому укосу сформировался плотный травостой (88–93%). При втором укосе через месяц по высоте подтянулся клевер луговой, кусты в фазе розетки достигали 11,8–16,0 см высоты. Активный рост овсяницы красной продолжался до выпадения снега в ноябре. Подобные положительные характеристики отмечены и для травостоя овсяницы луговой сорта Шведская. Ко времени первого укоса злаковых трав травостой клевера лугового, как в чистом виде, так и в смесях 1, 3, 4, был развит слабо, что не позволило провести учет зеленой массы растений. Подобное наблюдалось и в травосмеси 5. В конце июня в начальных стадиях роста и развития также была овсяница луговая.

Декоративность и способность формировать крепкий газон на грунте техногенном видами овсяниц – одна из находок данного исследования. Овсяница красная и овсяница луговая – еще слабо окультуренные виды, не затронутые активной селекцией, они оказались вполне эффективными для рекультивации полигона ТКО и для выполнения черновой работы – нивелирования антропогенной нагрузки на среду [13].

Медоносы (фацелия, синяк, горчица) обладали слабой холодостойкостью, при первом слабом морозе (0–2 °С) растения пожухли и прекратили рост, проявив таким образом малую пригодность для использования их при рекультивации полигона ТБО.

Помимо травянистых растений, были высажены селекционные образцы сосны (*Pinus sylvestris*) и однолетние саженцы и гибридные формы тополя (*Populus sp.*) – 3-е скрещивание Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Молодые саженцы прижились у сосны на 29,4% и у тополя – на 36,4%. Отмечено засыхание верхушки у отдельных особей молодых саженцев тополя. По этим предварительным результатам использование сосны и тополя в качестве посадочного материала при рекультивации полигонов ТКО путем нанесения грунтов техногенных с посадкой в них вышеприведенных видов малоперспективно и нуждается в дальнейших исследованиях.

Необходимо подчеркнуть, что визуальные наблюдения, проводимые и после 2-го укоса, выявили, что на большинстве опытных площадок активная вегетация продолжалась гораздо дольше обычного, вплоть до ноября. Эта особенность, по нашему мнению, связана со специфическим температурным режимом на полигоне при использовании грунта техногенного в качестве поверхностного слоя, а именно, со значительно более высокими температурами корнеобитаемого слоя по сравнению с фоновыми почвами.

Известно, что органические субстраты (органические удобрения – навоз, помет, бытовые и пищевые отходы,

торфокомпосты) при компостировании могут значительно нагреваться вследствие экзотермических реакций. Так, навоз при компостировании в буртах может разогреваться до температуры 60–70 °С, на чем основано его обеззараживание от семян сорной растительности и патогенной микрофлоры [16]. Для полигонов ТКО значительное разогревание масс внутри массива отходов и образование биогазов – одна из серьезных экологических проблем. Однако, с другой стороны, в практике овощеводства широко распространены методы выращивания таких культур, как тыква и кабачки, на компостных «подушках», что обеспечивает для этих теплолюбивых растений оптимальный температурный режим. В этой связи был изучен температурный режим корнеобитаемого слоя грунта техногенного в течение вегетационного сезона, поскольку он является одним из важнейших экологических факторов для роста растений. Сравнения проводили с температурой фоновой почвы, расположенной в непосредственной близости от полигона. Полученные результаты обобщены на рис. 1.

Установлено, что для техногрунта из компоста ТБО свойствен специфический температурный режим, связанный с активным протеканием экзотермических процессов биохимического разложения органического вещества, вследствие чего наблюдалось увеличение температуры корнеобитаемого слоя с середины лета до конца осени, и в октябре она составляла 27–32 °С, превышая дневную температуру воздуха на 20–24 °С. Такой своеобразный температурный режим позволил продлить вегетационный период злаковых многолетних трав до декабря 2017 г.

Известно, что основным неблагоприятным фактором, препятствующим широкому применению компостов/грунтов техногенных из ТКО в качестве удобрений или плодородного грунта при озеленении, является повышенное содержание тяжелых металлов. Поэтому при использовании этих органических отходов в качестве удобрений или плодородных грунтов при рекультивации или в озеленении санитарно-химические исследования являются обязательными. Проведенными ранее исследованиями [10] было установлено, что все изученные пробы компоста соответствовали нормативам для компостов из ТБО/ТКО. По двум элементам – свинцу (три пробы) и меди (одна проба) – отмечено незначительное превышение нормативов для компостов ТБО – в 1,1–1,3 раза. Тем не менее, в данном эксперименте было сочтено целесообразным оценить экологическую безопасность выросших на исследуемом грунте техногенном трав и определить в них содержание нормируемых санитарными нормами показателей – тяжелых металлов и нитратов, поскольку на объектах с высоким уровнем содержания токсичных элементов необходимо контролировать химический состав естественно произрастающего или искусственно созданного травостоя. Так как

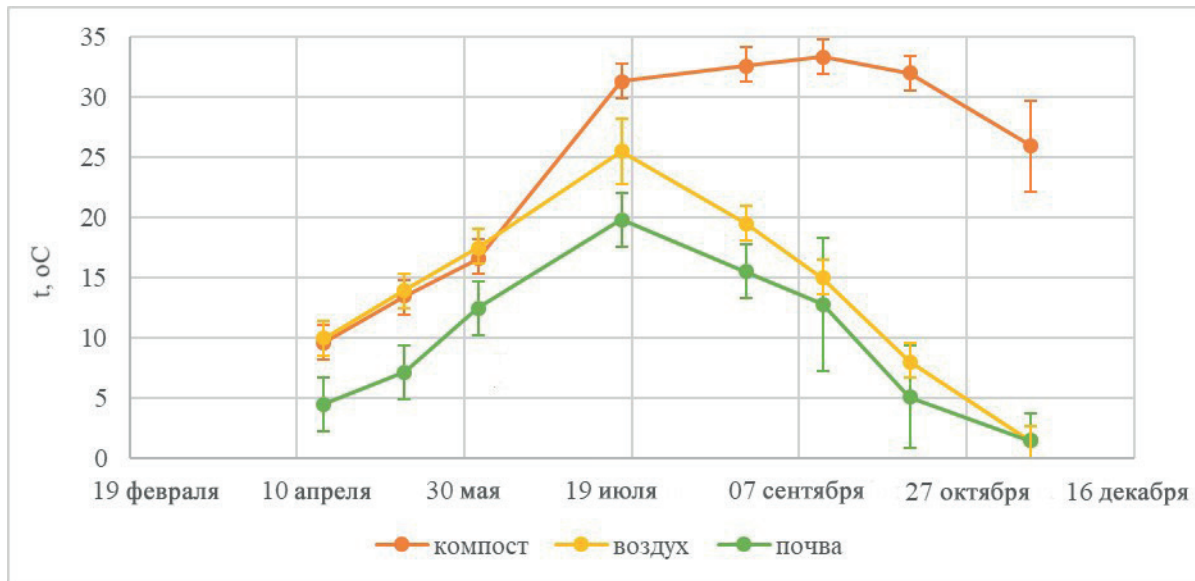


Рис. 1. Изменение температуры корнеобитаемого слоя техногрунта (компоста из ТБО), воздуха и почвы в течение вегетационного сезона. Точки: средние по четырем измерениям. Окончания «усов» – минимальные и максимальные результаты измерений

Табл. 3

Содержание нитратов и металлов (мг/кг) в зеленой массе растений

Показатель	Усредненные показатели по двум укосам				Допустимый уровень
	Смесь 3	Смесь 6	Смесь 7	Контроль	
Нитраты	254,5	312,1	405,0	686,5	500
Медь	1,24	1,55	1,85	0,90	30,0
Свинец	1,32	0,52	0,75	0,25	5,0
Кадмий	0,049	<0,01	<0,01	0,012	0,3
Никель	0,167	0,028	0,247	<0,01	3,0
Цинк	18,38	36,58	45,49	46,18	50,0
Марганец	3,73	6,58	6,22	10,26	–
Железо	60,36	21,38	26,89	12,12	100
Хром	<0,10	<0,10	<0,10	0,029	0,5
Кобальт	<0,10	<0,10	<0,10	<0,10	2,0
Ртуть	0,014	<0,001	<0,001	<0,001	0,05

использованные в эксперименте культуры потенциально могут рассматриваться как кормовые для сельскохозяйственных животных, сравнение полученных результатов проводили по существующей в РФ системе оценки кормов для сельскохозяйственных животных, а именно: содержание токсичных элементов – по ВМДУ 123-4/281-8-87, а содержание нитратов согласно нормам предельно допустимой концентрации (ПДК нитратов и нитритов в кормах для сельскохозяйственных животных и основных видах сырья для комбикормов, утв. Главным государственным ветеринарным инспектором СССР 18 февраля 1989 г.). В качестве контроля была использована

проба трав, отобранная с откоса, отсыпанного грунтом, образовавшимся в результате землеройных работ 5-го класса. Полученные результаты представлены в табл. 3.

В пробах растительных образцов, отобранных с участков нанесения грунта техногенного (травосмеси 3, 6, 7), превышения нормативов по содержанию токсичных элементов согласно ВМДУ 123-4/281-8-87 и превышения ПДК по содержанию нитратов не выявлено. Зафиксированное повышенное содержание нитратов в пробе трав, отобранной с откоса, отсыпанного грунтом, может быть связано с миграцией азотистых соединений с грунтовыми и поверхностными водами в корнеобитаемый слой.

ВЫВОДЫ

– Грунт техногенный/компост из ТКО, использованный в качестве плодородного поверхностного слоя при рекультивации полигона, характеризуется благоприятными агрохимическими свойствами, слабо загрязнен тяжелыми металлами и пригоден для роста и развития травянистых растений.

– Опыты, проведенные по подбору ассортимента трав для рекультивации полигона ТБО/ТКО, выявили высокую эффективность злаковых растений (райграса пастбищного, райграса однолетнего, овсяницы луговой и овсяницы красной). Особенно перспектив-

ными являются овсяницы, особенно сорт Шведская селекции ЛенНИИСХ «Белогорка».

– Травы, выросшие на грунте техногенном, не превышают допустимых значений по содержанию тяжелых металлов и нитратов и являются экологически безопасными даже при использовании их в сельском хозяйстве.

– Требуется масштабирование подобного рода исследований, особенно для условий с небогатými почвами и тяжелыми климатическими условиями, где применение грунтов техногенных позволит нивелировать неблагоприятные условия местопроизрастания окружающей среды.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Арчегова ИБ, Панюков АН, Кузнецова ЕГ, Ковалева ВА. Роль биологического фактора в процессе формирования почвы в таежной зоне. Вестн СПбГУ Сер 3 Биол. 2016;2:127-39.
2. Ашихмина ТВ. Геоэкологический анализ состояния окружающей среды и природоохранные рекомендации в районе расположения полигонов ТБО Воронежской области. Автореф дисс. ... канд геол наук. Воронеж; 2014.
3. Барцев ИА, Трофимов ОВ, Доценко ИС. Анализ стратегий утилизации и переработки ТБО в Российской Федерации. Управление экономическими системами. 2013;9(57):34.
4. Бехтин НС. Методические указания ВИК по селекции многолетних трав. М.; 1985.
5. Вендюлис ЛС, Скорик ЮИ, Флоринская ТМ. Система обращения с отходами: принципы организации и оценочные критерии. СПб.: ПИЯФ РАН; 2007.
6. Девяткин В. Обращение с отходами: отечественный и зарубежный опыт. Экол вестн России. 2009;2:37-40.
7. Жилинская ЯА. Рекультивация полигонов захоронения твердых бытовых отходов продуктами механо-биологической переработки отходов. Автореф дисс. ... канд техн наук. Пермь; 2010.
8. Застенский ЛС. Эколого-агротехнические основы облесения рекультивируемых карьеров. Автореф дисс. ... д-ра с.-х. наук. Л.; 1983.
9. Зеньков ИВ, Мордвинов АВ, Волков АВ, Сибирякова ОВ, Кирюшина ЕВ, Вокин ВН. Технология формирования почвенного слоя в рекультивации земельных участков под промышленными и твердыми бытовыми отходами. Экология и промышленность России. 2013;3:40-3.

10. Малюхин ДМ, Бакина ЛГ, Орлова ЕВ, Орлова ЕЕ. Агроэкологическая оценка органомных субстратов, используемых при рекультивации полигона ТБО. Агрохимия. 2016;10:80-8.
11. Малюхин ДМ, Колычев НА, Бакина ЛГ, Теплякова ТЕ. Техногенный грунт из органической фракции ТКО. Твердые бытовые отходы. 2018;5(143):40-4.
12. Подлипский ИИ. Полигоны бытовых отходов как объекты геологического исследования. Вестн СПбГУ Сер 7 Геол Геогр. 2010;1:15-31.
13. Поздняков ВА, Бекушева ТН, Поздняков АВ. Гармонизация биогеохимических анкетных данных и мест репродукции новых сортов многолетних трав. Труды Кубанского ГАУ. 2016;5(62):101-4.
14. Пронько НА, Крашенинников ДА, Афонин ВВ. О восстановлении нарушенных свалками и полигонами земель Саратовской области. Аграрный научный журн. 2017;2:20-3.
15. Соколов АВ, ред. Агрохимические методы исследования почв. М.: Наука; 1975.
16. Тюрин ВГ, Мысова ГА, Бирюков КН, Аббасов ТГ. Режимы обеззараживания навоза при ускоренном его компостировании. Проблемы ветеринарной санитарии, гигиены и экологии. 2012;2(8):58-60.
17. Удовенко ГВ. Солеустойчивость культурных растений. Л.: Колос; 1977.

Общий список литературы/List of References

1. Arhegova IB, Paniukov AN, Kuznetsova EG, Kovaleva VA. [The role of the biological factor in the process of soil formation in the taiga zone]. Vestnik SPbGU Ser 3 Biologiya. 2016;2:127-39. (In Russ.)
2. Ashihmina TV. Geoekologicheskii Analiz Sostoyaniya Okruzhayushey Sredy i Prirodokhrannye

- Rekomendatsii v Rayone Raspolozheniya Poligonov Voronzhskoy Oblasti. [Geoecological Analysis of Environmental Conditions and Environmental Recommendations in the Area of Solid Waste Landfills of Voronezh Region]. Candidate of Geological Sciences theses. Voronezh; 2014. (In Russ.)
3. Bartsev IA, Trofimov OV, Dotsenko IS. [Analysis of strategies for disposal and recycling of solid waste in the Russian Federation]. Upravlenie Ekonomicheskimi Sistemami. 2013;9(57):34. (In Russ.)
 4. Bekhtin NS. Metodicheskiye Ukazaniya VIK po Selektzii Mnogoletnykh Trav. [Methodological Guidelines for Breeding of Perennial grass]. Moscow; 1985. (In Russ.)
 5. Ventsulis LS, Skorik YuI, Florinskaya TM. Sistema Obrashcheniya s Otkhodami: Printsipy Organizatsii i Otsenochnye Kryterii. [Waste Management System: Principles of Organization and Evaluation Criteria]. Saint Petersburg: PIYAF RAN; 2007. (In Russ.)
 6. Deviatkin V. [Waste management: domestic and foreign experience]. Ekologichyeskiy Vestnik Rossii. 2009;2:37-40. (In Russ.)
 7. Zhilinskaya YaA. Rekultivatsiya Poligonov Zakhroneniya Tverdykh Bytovykh Otkhodov Produktami Mekhano-Biologicheskot Pererabotki Otkhodov. [Reclamation of Solid Household Waste Products Landfills with Products of Mechano-Biological Waste Treatment]. Candidate of Technical Sciences theses. Perm'; 2010. (In Russ.)
 8. Zastenskiy LS. Ekologo-Agrotekhnicheskiye Osnovy Obleseniya Rekultiviruyemykh Karyerov. [Ecological-Agrotechnical Foundations of Afforestation of Quarries under Reclamation]. Candidate of Sciences theses. Leningrad; 1983. (In Russ.)
 9. Zenkov IV, Mordvinov AV, Volkov AV, Sibiriakova OV, Kiriushina EV, Vokin VN. [Technology for soil layer formation upon reclamation of lands occupied with industrial and solid waste]. Ekologiya i Promyshlennost Rossii. 2013;3:40-3. (In Russ.)
 10. Maliukhin DM, Bakina LG, Orlova YeV, Orlova YeYe. [Agroecological assessment of organogenic substrates used in landfill reclamation]. Agrokhimiya. 2016;10:80-8. (In Russ.)
 11. Maliukhin DM, Kolychev NA, Bakina LG, Teplyakova TYe. [Artificial soil from the organic fraction of solid household waste]. Tverdye Bytovye Otkhody. 2018;5(143):40-4. (In Russ.)
 12. Podlipskiy II. [Landfills as an object of geological research]. Vestnik SPbGU Ser 7 Geol Geogr. 2010;1:15-31. (In Russ.)
 13. Pozdnyakov VA, Bekusheva TN, Pozdnyakov AV. [Harmonization of biogeochemical profile data and places of reproduction of new varieties of perennial herbs]. Trudy Kubanskogo GAU. 2016;5(62):101-4. (In Russ.)
 14. Pronko NA, Krashennikov DA, Afonin VV. [On the restoration of lands affected by dumps and landfills in Saratov region]. Agrarniy Zhurnal. 2017;2:20-3. (In Russ.)
 15. Sokolov AV, ed. Agrohimiicheskiye Metody Issledovaniya Pochv. [Agrochemical Methods of Soil Research]. Moscow: Nauka; 1975. (In Russ.)
 16. Tiurin VG, Mysova GA, Biriukov KN, Abbasov TG. [Modes of disinfection of manure upon accelerated composting]. Problemy Veterinarney Sanitarii Gigieny i Ekologii. 2012;2(8):58-60. (In Russ.)
 17. Udovenko GV. Soleustoychivost Kulturnykh Rasteniy. [Salt Tolerance of Cultivated Plants]. Leningrad; 1977. (In Russ.)
 18. Environmental Indicator Report 2012 – Ecosystem Resilience and Resource Efficiency in a Green Economy in Europe. Copenhagen: EEA; 2012.

И.Г. КАРМАНОВА И СОЗДАНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ ШКОЛЫ ЭВОЛЮЦИОННОЙ СОМНОЛОГИИ

Е.А. Аристакесян*, С.И. Ватаев, Г.А. Оганесян

Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова, Санкт-Петербург, Россия

* Эл. почта: earistak@mail.ru

Статья поступила в редакцию 17.07.2018; принята к печати 23.07.2018

Рассмотрены основные этапы формирования физиологического направления в изучении цикла бодрствование-сон (ЦБС) на основе целей и задач эволюционной физиологии, которые обозначил Л.А. Орбели, и их влияние на формирование взглядов И.Г. Кармановой относительно предмета эволюционной сомнологии. Эволюционная сомнология осуществляет сравнительные исследования ЦБС холоднокровных и теплокровных позвоночных, изучает закономерности и этапы формирования фаз сна, терморегуляторных и других вегетативных реакций в постнатальном онтогенезе. На основе фило- и онтогенетических исследований И.Г. Карманова сформулировала гипотезу об эволюции сна в подтипе позвоночных, проанализировала центральные механизмы регуляции таких форм поведения млекопитающих, как сон, спячка, катаlepsия, кататония, катаплексия. Также рассмотрены вопросы гомологии этих явлений изначальным, первичным формам охранительного поведения холоднокровных. Приводятся примеры функциональной и патологической диссоциации ЦБС, которые позволили И.Г. Кармановой создать диссолюционную теорию сна.

Ключевые слова: цикл бодрствование-сон, катаlepsия, кататония, катаплексия, эволюция.

I.G. KARMANOVA'S CONTRIBUTION TO THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN SCHOOL OF EVOLUTIONARY SOMNOLOGY

Ye.A. Aristakesyan*, S.I. Vataev, G.A. Oganesyanyan

I.M. Sechenov Institute of Evolutionary Physiology and Biochemistry, Saint Petersburg, Russia

* Email: earistak@mail.ru

The present review addresses the main stages of the development of the evolutionary trend in studying the sleep-wakefulness cycle (SWC) based on the objectives and tasks delineated by L.A. Orbeli as they influenced the formation of I.G. Karmanova's views on the subject of evolutionary somnology. This discipline comprises comparative studies of SWC in cold-blooded and warm-blooded vertebrates and of the stages of the development of sleeping phases and the related thermoregulatory and other vegetative functions in the postnatal ontogenesis. Based on phylo- and ontogenetic investigations, I.G. Karmanova suggested a hypothesis about the evolution of sleep in vertebrates and analyzed the central mechanisms of regulation of sleep, hibernation, catalepsy, catatonia, and cataplexy. Issues related to the homology of these phenomena to the primordial forms of self-guarding behaviors are also considered. The examples provided to illustrate the functional and pathological cases of SWC dissolution are the ones that have prompted the dissolution theory of sleep to I.G. Karmanova.

Keywords: sleep-wakefulness cycle, catalepsy, catatonia, cataplexy, evolution.



Ида Гавриловна Карманова
(1925–2005)

*И рыбы спят, и птицы спят, и черепахи.
Все живое неотвратно клонит в сон.
Зачем? Спасись от утомления, назойливых забот?
Запечатлеть себя в минувшем? Увидеть вещей сон?
А камень вечно спит...*

И.Г. Карманова (из цикла «Маски сна», 1991)

1. Основные этапы формирования физиологического направления в изучении эволюции.	234
2. Формирование взглядов И.Г. Кармановой на предмет эволюционной сомнологии.	238
3. Становление школы эволюционной сомнологии И.Г. Кармановой.	243
4. Понятие гомологии и его интерпретация И.Г. Кармановой.	243
5. Гомологом каких состояний является состояние обездвиженности типа каталепсии?	246
6. Гомологом каких состояний можно считать состояние обездвиженности типа кататонии?	247
7. Какая из форм проявления протосна является истинным гомологом медленноволнового сна?	248
8. Существуют ли в ЦБС холоднокровных состояния, гомологичные БФС?	250
9. Гипотеза И.Г. Кармановой об эволюции ЦБС.	252
10. Рекапитуляция филогенетических этапов формирования ЦБС в онтогенезе млекопитающих.	253
11. Диссолюция цикла бодрствование-сон.	
12. Значение фило- и онтогенетического изучения ЦБС позвоночных для понимания патологии сна (к вопросу о «патологической диссолюции ЦБС»).	254

1. Основные этапы формирования физиологического направления в изучении эволюции

На протяжении всей истории в биологии накапливались сведения о сравнительной морфологии и физиологии различных животных, строении тел ископаемых видов животных, живших на земле миллионы лет назад, создавались классификации животного мира. Труд Ч. Дарвина «Происхождение видов путем естественного отбора, или сохранение благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь» (1859) [19] дал мощный толчок в развитии представлений о путях и движущих силах эволюционных преобразований органического мира в ходе исторического процесса. В додарвиновский период развития биологии представления об эволюции животного мира базировались, главным образом, на данных зооморфологии и палеонтологии. В последарвиновскую эпоху физиология постепенно начинает занимать свое место в трактовке тех или иных морфологических фактов, относящихся к формированию старых и новых функций как одного из движущих факторов эволюции живого, который обуславливает как биохимические изменения в организме, так и морфологическое многообразие животного мира.

Одним из первых ученых, обративших внимание на необходимость учета данных о становлении функций в ходе филогенеза позвоночных при анализе патологии ЦНС, был выдающийся английский невролог Джон Хьюлингс Джексон (1835–1911) [66–68]. В 80-х гг. XIX в. Джексон, изучая характер двигательных расстройств при поражениях пирамидной системы, являющейся, как известно, конечным, эволюционно молодым этапом развития механизмов регуляции движений, установил, что при повреждении нейронов или проводящих путей пирамидного тракта в первую очередь происходит выпадение произвольных, выработанных жизненным опытом, профессиональных движений рук и пальцев. Движения приобретают как бы «детский» характер – простые сгибания и разгибания рук, сосательные и глотательные

движения. При обширных поражениях начинают проявляться эволюционно древние типы движений – когтеобразное сгибание пальцев и кистей рук, веерообразное разгибание пальцев ног – спонтанный рефлекс Бабинского. Проявляются также и другие филогенетически древние рефлексы: хоботковый, сосательный, ладонно-ротовой, которые обычно имеют место на ранних стадиях онтогенеза ребенка, а затем исчезают по мере развития новорожденного. На основании этих исследований, а также изучения больных эпилепсией Джексон пришел к выводу о том, что формирующиеся в процессе эволюции мозга позвоночных филогенетически более молодые нервные центры подчиняют и тормозят функционирование более древних центров ЦНС. При ряде заболеваний нервной системы возникает распад (диссолюция) эволюционно сложившейся интеграции молодых и древних отделов ЦНС, результатом которого является переход центров к автономной работе и возврат регуляторных функций мозга к формам, характерным для предшествующих ступеней эволюции [67].

С начала XX в. процесс формирования физиологического направления в изучении эволюции стал продвигаться особенно быстрыми темпами. Определелись его основные принципы, методы и подходы. В 1914 г. создатель русской школы морфологов-эволюционистов А.Н. Северцев ввел в научный обиход термин «эволюционная физиология» [55]. Под руководством таких выдающихся физиологов и клиницистов, как В.М. Бехтерев [17], И.П. Павлов [52], М.И. Аствацатуров [14], И.С. Бериташвили [16], С.Н. Давиденков [21], М.Б. Кроль [42, 43], был сформирован ряд научных коллективов, в основе исследовательской работы которых лежало использование эволюционного подхода к изучению функций у человека и животных в норме и при патологии. Но основная заслуга в становлении эволюционной физиологии как самостоятельной области науки принадлежит Леону Абгаровичу Орбели (1882–1958). Именно Л.А. Орбели определил основное содержание этой дисциплины и сущность методов, с помощью которых достигается решение ее за-

дач [50, 51]. В своих работах Л.А. Орбели указывал, что изучение той или иной функции организма следует вести не только с позиций аналитической физиологии, но важно изучить и конкретный исторический путь становления этой функции. Он считал, что каждую функцию необходимо рассматривать с точки зрения истории ее формирования, то есть как она складывалась в ходе эволюционного процесса. Орбели наметил и основные методические приемы, с помощью которых эволюционная физиология должна решать поставленные перед ней задачи. Этими методами являются: 1) сравнительно-физиологический или филогенетический, дающий возможность сравнения, сопоставления и выяснения определенных эволюционных закономерностей становления функций; 2) онтогенетический, выявляющий параллелизм в изменении функциональных отношений в ходе онто- и филогенеза; 3) метод экспериментальных воздействий, которые искусственно нарушают сложившуюся иерархию регуляторных механизмов той или иной функции и позволяют вычлнить эволюционно более древние ее проявления; 4) изучение клинической патологии и сопоставления симптомов тех или иных заболеваний с теми явлениями и процессами, которые наблюдаются в ходе онто- и филогенетического развития. Понятие «исследование функций» применительно к эволюционной физиологии Л.А. Орбели трактовал очень широко, включая в это понятие наряду с физиологическими исследованиями и изучение развития структур, и изучение химических веществ, химических процессов и механизмов, обеспечивающих реализацию функций.

Одним из важнейших принципов функциональной эволюции Л.А. Орбели считал выдвинутое Дж.Х. Джексоном и развитое позднее на материалах клиники нервных и клинических болезней М.И. Аствацатуровым [14] и М.Б. Кролем [42, 43] положение о том, что исторически рано формирующиеся в ЦНС анатомо-физиологические уровни регуляции функций в процессе развития и усложнения мозга не исчезают, а оказываются заторможенными, завуалированными и подчиненными филогенетически более молодым нервным центрам. При поражении или дисфункции этих «молодых» центров может возникать распад (диссолюция) эволюционно сложившейся иерархии уровней регуляции и возврат регуляторных функций мозга к формам, характерным для предшествующих ступеней эволюции. Очень отчетливо такого рода возврат к преимущественному функционированию филогенетически более древних анатомо-физиологических уровней регуляции проявляется при некоторых заболеваниях нервной системы, определенных экспериментальных воздействиях (таких, например, как избирательное разрушение тех или иных структур или медиаторных систем мозга), а также при действии ряда физических и химических факторов (например, под влиянием фармакологических агентов, гипоксии, гипо- или гипергликемии и т. п.).

Руководствуясь идеями Л.А. Орбели, возглавляемый И.Г. Кармановой коллектив лаборатории эволюции сна и бодрствования Института эволюционной физиологии и биохимии им. И. М. Сеченова в начале 1960-х гг. начал работу по изучению эволюционных закономерностей становления в филогенезе позвоночных такого жизненно важного состояния, как сон. Сон – это состояние, в котором человек проводит от 1/4 до 1/3 своей жизни. Сон является генетически детерминированным, проявляющимся с определенной периодичностью функциональным состоянием, характеризующимся отключенностью от сенсорных воздействий и обеспечивающим восстановление способности мозга к аналитико-синтетической деятельности. Это как бы бездеятельное состояние, тем не менее, жизненно необходимо, о чем убедительно свидетельствуют опыты с искусственным лишением (депривацией) сна животных и человека. Установлено [44], что здоровые испытуемые могут выдержать без серьезных последствий для психики экспериментальное полное (тотальное) лишение сна не более 4 суток. В течение первых суток депривации сна у испытуемых наблюдается постепенное нарастание ощущения усталости, появляются раздражительность и рассеянность, снижаются работоспособность и двигательная активность, способность решать задачи, нарастает потребность уснуть. Конец 4 суток лишения сна является переломным моментом, после которого начинает проявляться психопатологическая симптоматика: испытуемые не могут выполнять какие-либо умственные задания, появляются галлюцинации, переплетающиеся с реальностью. После 6 суток лишения сна у людей возникают деперсонализация и галлюцинаторно-бредовые проявления. Таким образом, лишение сна чревато патологическими нарушениями интегративной деятельности мозга и может вызывать существенные расстройства здоровья человека, поскольку клеточные и молекулярные механизмы регуляции цикла бодрствования-сон (ЦБС), которые лежат в основе регуляции центральной нервной системой функций организма в целом, оказываются глубоко поврежденными.

2. Формирование взглядов И.Г. Кармановой на предмет эволюционной сомнологии

Научный путь И.Г. Кармановой начался в конце 1940-х гг. в аспирантуре под руководством П.К. Анохина с исследований условно-рефлекторной деятельности у животных, стоящих на разных ступенях филогенетического развития. Далее Ида Гавриловна работала в Ленинградском институте экспериментальной медицины АМН СССР, где под руководством академика Д.А. Бирюкова она начала изучение охранительно-пассивных форм поведения у птиц и млекопитающих в норме и при патологии ЦНС. Исследуя процесс формирования внутреннего торможения при выработке с помощью света невроза у птиц (куры и

совы), она обнаружила, что при ритмическом (в определенной последовательности и с определенной частотой) чередовании света и темноты у птиц возникают эпизоды застываний, которые сопровождаются восковидной гибкостью мышц. Этот феномен был назван ею «фотогенной каталепсией». Во время эпизодов такого рода обездвиженности птицам можно было придать любую (даже неестественную) позу, и они ее сохраняли. Реакцией избегания на действия экспериментатора птицы не реагировали, хотя их глаза оставались открытыми, как в состоянии бодрствования.

Следует заметить, что внезапная временная утрата способности совершать движения – довольно распространенное явление при патологии ЦНС у людей. Симптоматический комплекс разных форм обездвиженности часто наблюдают врачи при ряде психических болезней. В зависимости от состояния мышечного тонуса, сопутствующего тому или иному заболеванию, такого рода приступы обездвиженности квалифицируются как каталепсия (сопровождается восковидным мышечным тонусом), кататония (ригидный досковидный тонус) и катаплексия (резкое падение мышечного тонуса). Эпизоды каталептических и кататонических застываний описаны также во время гипноза у животных и у человека вне патологии ЦНС. Катаплексия наблюдается у больных нарколепсией в моменты высокого эмоционального стресса. Это заболевание И.Г. Карманова изучала в клинике усовершенствования врачей под руководством известного невролога и нейрогенетика Сергея Николаевича Давиденкова.

В связи с открытием фотогенной каталепсии необходимо было разобраться, почему такого рода состояние «застывания» у птиц возникает как реакция на раздражение светом, а у человека приступы обездвиженности не зависят от света и возникают спонтанно при той или иной патологии ЦНС. Возникали вопросы, а не является ли обнаруженная форма обездвиженности птиц одной из разновидностей охранительно-пассивного поведения, и не являются ли проявляющиеся у людей при психических заболеваниях формы обездвиженности элементами аналогичных «древних» охранительных приспособлений и адаптаций, которые в норме завуалированы и заторможены и выявляются только под гипнозом или при патологии ЦНС? Ответить на эти вопросы можно было только на основе исследований таких явлений и других форм обездвиженности у большого числа животных разных классов (холоднокровных и теплокровных) при использовании методических приемов эволюционной физиологии. Поэтому переломной в научной судьбе И.Г. Кармановой стала встреча с Леоном Абгаровичем Орбели, которого заинтересовала модель фотогенной каталепсии. Переход И.Г. Кармановой в 1958 г. в Институт эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова (Ленинград) позволил мно-

госторонне исследовать не только явление фотогенной каталепсии, но и проанализировать механизмы регуляции каталепсии у разных видов животных при сопоставлении этого феномена с проявлениями катаплексии у людей, больных нарколепсией, и у больных шизофренией с каталепсией и кататонией.

При сравнительно-физиологическом исследовании феномена фотогенной каталепсии у различных животных, стоящих на разных ступенях «эволюционной лестницы», И.Г. Карманова обнаружила, что каталепсия на ритмический свет вырабатывается не только у птиц, но также у холоднокровных животных (черепахи, ящерицы, лягушки), а также и у некоторых млекопитающих (кролики, морские свинки). Было установлено, что у холоднокровных она вырабатывается намного быстрее, чем у теплокровных. Для изучения механизмов регуляции каталепсии И.Г. Карманова осуществляла перерезки симпатических нервов, анодизацию и катодизацию. Оказалось, что анод усиливал каталепсию, в то время как катод ослаблял феномен каталепсии и переводил животное в состояние сна. Как показали последующие морфофункциональные исследования, у кур на фоне выработки фотогенной каталепсии происходит активация нейроэндокринной системы, в частности, ядер переднего гипоталамуса [26–30, 59]. Было показано, что регуляция покоя типа каталепсии осуществляется древними структурами головного мозга – преоптической областью гипоталамуса и эктомаммилярными ядрами дополнительной оптической системы. Разрушение этих структур всегда сопровождалось выпадением состояния каталепсии из поведения кур. В то же время разрушение филогенетически более молодой таламической структуры (круглое ядро, *n. rotundus*) значительно увеличивало продолжительность каталепсии и сокращало суммарную продолжительность медленно- и быстроволновой фаз сна [26–30, 40]. На основании этих данных И.Г. Карманова пришла к заключению, что каталептическое торможение является одной из древних форм центрального торможения в головном мозге.

Много позже, когда Иды Гавриловны уже не было в живых, мы также проанализировали структуру ЦБС у амфибий и млекопитающих в условиях выработки фотогенной каталепсии [9, 13] и обнаружили, что ритмический свет действительно способствует увеличению активности переднего отдела гипоталамуса, который обеспечивает регуляцию, сохранение и поддержку высоких показателей каталептической стадии ЦБС у крысят 30-дневного возраста, а также состояния обездвиженности типа каталепсии у травяных лягушек (рис. 1). Анализ этих данных позволил заключить, что вызванный фотостимуляцией стресс обуславливает у млекопитающих на ранних стадиях постэмбрионального развития переход регуляции ЦБС от эволюционно молодых таламо-кортикальных систем интеграции ци-

кла к более древним – гипоталамо-палеокортикальным системам. На фоне возбуждения структур переднего гипоталамуса разворачивается гуморальный каскад стресс-реакции, который в последующем приводит к увеличению постстрессорного сна.

Анализ механизмов регуляции феномена катаlepsии позволил И.Г. Кармановой заключить, что каталептическое торможение можно считать одной из древних форм центрального торможения в головном мозге, которое возникает в результате рефлекторного возбуждения межучного мозга, высших вегетативных центров гипоталамуса и восходящей активирующей ретикулярной формации. Более того, каталептическое угнетение корково-обусловленной фазовой двигательной активности является торможением особого рода, которое отличается от сонного торможения. Обобщая полученные экспериментальные данные, И.Г. Карманова пришла к выводу о том, что катаlepsия «...это древний охранительно-пассивный рефлекс, который генетически закрепился в эволюции, когда земноводные вышли на сушу. Замереть, застыть и, таким образом, остаться незамеченным. Именно в этом охранительном рефлексе состоит функциональное назначение и биологический смысл фотогенной катаlepsии» [26–30].

На основе полученных результатов в 1963 г. Ида Гавриловна защитила докторскую диссертацию на тему «Сравнительное физиологическое исследование катаlepsии, некоторые вопросы патогенеза и физиологического обоснования лечения нарколепсии». В 1964 г. по материалам диссертации была опубликована и ее первая монография «Фотогенная катаlepsия: к эволюции, физиологии и клинике центрального угнетения двигательной функции» [26]. В этом же году в Институте эволюционной физиологии и биохимии была создана научно-исследовательская группа, преобразованная в 1975 г. в лабораторию эволюции сна и бодрствования, коллектив которой под руководством И.Г. Кармановой продолжил изучение различных форм охранительно-пассивного поведения: форм обездвиженности типа катаlepsии, кататонии, катаплексии, а также начал исследования эволюции сна, этапов становления его медленно- и быстроволновой (парадоксальной) фаз в филогенезе позвоночных. В составе группы и далее лаборатории работали соратники и единомышленники И.Г. Кармановой: Аристакесян Е.А., Белич А.И., Лазарев С.Г., Максимук В.С., Попова Д.И., Сапожкова Г.Г., Титков Е.С., Хомуецкая О.Е., Чурносков Е.В., Шиллинг Н.В. В последующие годы к ним присоединились Андреева Л.В., Богословский М.М., Ватаев С.И., Калаш-

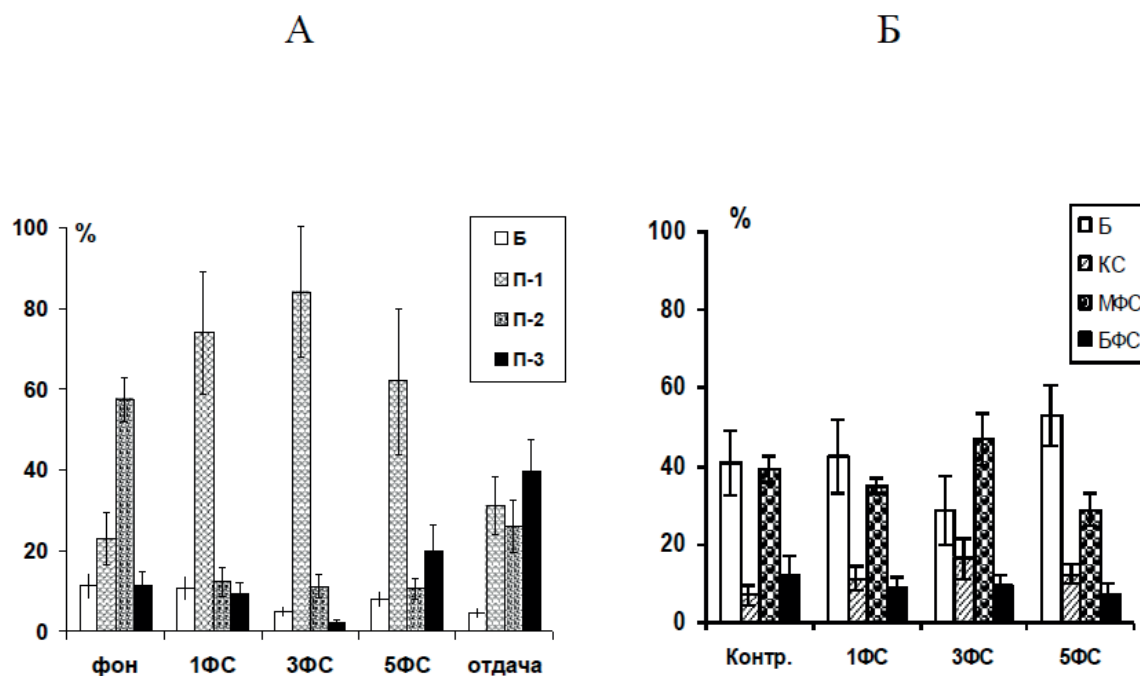


Рис. 1. Динамика изменений цикла бодрствование-сон у лягушки (А) и крысы 30-дневного возраста (Б) на фоне многократной ежедневной получасовой фотостимуляции (ФС) в режиме 10 с свет / 10 с пауза [9, 13].

Условные обозначения. По оси ординат представлены различные функциональные состояния животных в процентном выражении. На А: фон – фоновые показатели, 1ФС, 3ФС, 5ФС – после 1, 3, 5 фотостимуляций, отдача – на следующие сутки после 5-й фотостимуляции. Б – бодрствование, П-1 – обездвиженность типа катаlepsии, П-2 – кататонии, П-3 – катаплексии. Вертикальные отрезки – 95%-ные доверительные интервалы. На Б: Б – бодрствование, КС – каталептическая стадия, МФС – медленноволновая фаза сна, БФС – быстроволновая фаза сна

никова Е.О., Кузьмина Л.В., Моисеева Е.И., Оганесян Г.А., Пискарева Т.В., Элиава М.И. Были налажены контакты и плодотворное сотрудничество с Институтом физиологии им. И.П. Павлова АН СССР (Ленинград), Институтом акушерства и гинекологии АМН СССР (Ленинград), Институтом биофизики АН СССР (Пушино-на-Оке), Институтом биологических проблем Севера ДВНЦ АН СССР (Норильск), Институтом цитологии и генетики СО АН СССР (Новосибирск), Институтом моделирования и энергетики (Киев), НИИ патологии сердечно-сосудистой системы (Паланга), Таджикским университетом им. В.И. Ленина (Душанбе).

Переход И. Г. Кармановой и коллектива возглавляемой ею лаборатории от изучения патологических форм обездвиженности к исследованию генеза сна был логически вполне обоснован. На основе большого объема данных удалось убедительно доказать, что указанные формы обездвиженности являются элементами «древних» рефлекторных пассивно-охранительных приспособлений и адаптаций, которые у животных и человека в норме заторможены, завуалированы и проявляются только под гипнозом или при патологии ЦНС. Подойдя к рассмотрению сна с общебиологических позиций, И.Г. Карманова оценила это жизненно важное для всех живых организмов состояние также как одну из форм адаптивного пассивно-охранительного поведения, для которой характерен низкий уровень взаимодействия (восприятия и реакций) с внешней средой. В своей монографии «Эволюция сна» (1977) она определила сон как охранительный восстановительный рефлекс, генетически подчиненный суточной цикличности освещенности и отражающий морфофункциональный уровень развития нервной системы [27]. Являясь последовательным эволюционистом, И.Г. Карманова поставила перед коллективом своих сотрудников задачу изучить в сравнительно физиологических исследованиях основные эволюционные закономерности становления ЦБС в подтипе позвоночных на основе не только поиска состояний, подобных медленно- и быстроволновому сну млекопитающих и человека, но и изучения других, отличных от сна, состояний типа летней и зимней спячки у разных животных, стоящих на разных ступенях эволюционной лестницы. Были поставлены задачи изучить, наряду с генезом и формированием сна в процессе эволюции позвоночных (то есть в филогенезе), процесс и механизмы становления фаз и стадий сна в ходе развития отдельного индивидуума (то есть в онтогенезе) и то, какие трансформации претерпевает сон при экспериментальных воздействиях (депривация сна, действия разного рода стрессогенных факторов и фармакологических препаратов), при наличии у животных различных форм генетически обусловленной нейропатологии, а также при некоторых психических и нейродегенеративных заболеваниях.

Здесь уместно заметить, что в 60–70-х гг. XX в. изучение проблем сна в СССР велось очень интенсивно. Наряду с работавшей под руководством И.Г. Кармановой лабораторией эволюции сна и бодрствования в ИЭФБ им. И.М. Сеченова РАН в Ленинграде в СССР в это время сформировались и вели активные исследования еще две крупных сомнологических школы: в Тбилиси в Институте физиологии им. И.С. Бериташвили АН ГССР под руководством Тенгиза Несторовича Ониани и в Москве в 1-м Московском медицинском институте под руководством Александра Моисеевича Вейна. Ученые Тбилисской школы осуществляли нейрофизиологическое изучение фундаментальных проблем и механизмов сна. В Московской школе проводили клинические исследования сна у человека, нарушения сна при различных видах заболеваний нейрогенной и не нейрогенной природы, а также влияние разного рода расстройств сна на течение патологических процессов в организме. Между всеми названными сомнологическими центрами существовали тесное сотрудничество и координация исследовательской деятельности.

3. Становление школы эволюционной сомнологии И.Г. Кармановой

Прежде всего, следует вкратце остановиться на некоторых этапах истории исследований сна у позвоночных. Впервые сравнительные данные о временной организации сна у 53 видов млекопитающих были приведены в работе Цеппелина и Рехтшаффена [97]. На основании сопоставления временных характеристик сна и бодрствования с показателями массы животных, объема их мозга, продолжительностью жизни, скоростью метаболических реакций авторы пришли к заключению, что общее время сна и продолжительность медленноволновой фазы сна (МФС) в частности, абсолютно не коррелируют с продолжительностью жизни животного, однако они тесно связаны с интенсивностью обмена веществ, массой тела и объемом мозга животного.

Подчеркивая высокую значимость обобщений, сделанных вышеуказанными авторами, Элиссон с соавт. и другие исследователи отметили важность экологических факторов среды, которые влияют на продолжительность сна и его временную организацию [72, 76, 80, 88, 89, 97]. Было найдено, что продолжительность быстроволновой (или парадоксальной) фазы сна (БФС) зависит от степени защищенности животных: у копытных эта фаза очень короткая, тогда как у хищников, у одомашненных животных, а также у млекопитающих, живущих в норах, эта фаза занимает в ЦБС значительно больше времени (см. табл. 1).

Спустя два десятилетия Кэмбелл и Тоблер в своей обзорной работе также привели данные по временным

параметрам сна уже у 166 представителей позвоночных, из них 97 были млекопитающими [63]. В работе [45], посвященной сравнительно-физиологическому анализу сна млекопитающих, были обобщены данные о временных параметрах сна у 73 видов млекопитающих, в том числе были описаны особенности сна морских млекопитающих дельфинов, у которых вследствие определенных морфофункциональных особенностей ЦНС и дыхательной системы БФС отсутствовала [45, 79]. В одной из последних обзорных

работ анализ временной организации ЦБС базировался на исследованиях 84 видов млекопитающих [77].

В опубликованной нами обзорной работе [46] были представлены данные о соматовегетативных, нейрофизиологических и количественных параметрах сна и бодрствования у различных представителей беспозвоночных, холоднокровных и теплокровных позвоночных, оценена зависимость количественных параметров ЦБС от таких базисных показателей, как основной обмен, размеры тела и мозга животного,

Табл. 1

Соотношения фаз сна и некоторых физиологических характеристик у позвоночных (по данным [46, 77])

Вид животного	Бодрствование (часы)		Сон (часы)		Б/С	Медленноволновая фаза сна (МФС)		Быстроволновая фаза сна (БФС)		МФС/БФС	Б/БФС	Масса мозга (г)	Масса тела (кг)	Соотношение масс мозга и тела (x100)		Цикл сна (мин)	Скорость основного обмена (содержание O ₂ в см ³ /г/час)	Образ жизни	Гестационный период (дни)	Прозревание
	%		%			%		%												
Опоссум	4,6	19,17	19,4	80,83	0,24	13,75	70,87	5,65	29,13	2,43	0,81	3,9	1600	0,24	20	0,52	ночн., спячка	13,2	слеп.	
Броненосец	6,04	25,17	17,96	74,83	0,35	14,41	80,18	3,56	19,82	4,71	1,08	8,4	3320	0,25	23	0,25	ночн., спячка	134,5	слеп.	
Еж	13,92	58	10,08	42	1,38	7,2	71,43	2,88	28,57	2,5	4,83	3,5	750	0,47	7	0,75	ночн., спячка	35,5	слеп.	
Кролик	15,6	64,04	8,44	35,6	1,48	7,35	87,08	1,29	12,2	7,14	1,43	11,1	3750	0,29	25	0,42	ночн.	30,8	слеп.	
Свинка	15,37	64,02	8,63	35,98	1,87	7,57	87,72	1,06	12,28	7,14	14,5	4,9	418	1,17	13	0,74	дневн.	67,2	зряч.	
Крыса	10,76	44,83	13,24	55,17	0,81	10,66	80,51	2,58	19,49	4,13	4,17	3,3	21	1,54	11	0,86	ночн.	21,8	слеп.	
Мышь	10,85	45,2	13,15	54,8	0,82	11,89	90,42	1,26	9,58	9,43	8,61	0,4	21	1,9	11	1,49	ночн.	21,2	слеп.	
Корова	20,03	83,46	3,97	16,54	5,05	3,22	81,11	0,75	18,89	4,29	15,89	460	272000	0,17	40	0,13	дневн.	280	зряч.	
Лошадь	21,12	88	2,88	22	7,33	2,09	72,56	0,79	27,44	2,65	26,73	534	260000	0,21	0,5	0,15	дневн.	337	зряч.	
Овца	20,15	83,96	3,85	16,04	5,63	3,28	85,19	0,57	14,81	5,75	35,35	100	30000	0,33	0,2	0,24	дневн.	146,3	зряч.	
Коза	18,74	78,08	5,26	21,92	3,56	4,69	89,16	0,71	10,84	6,61	26,39	115	29000	0,39		0,19	дневн.	163	зряч.	
Кошка	10,77	44,87	13,23	55,13	0,81	10,01	75,66	3,22	24,37	3,11	3,34	28,4	3260	0,87	25	0,44	дневн.	63,9	слеп.	
Лиса	18,21	75,88	5,79	24,12	3,15	3,39	58,54	2,4	41,46	1,41	7,59	48	5010	0,56	21	0,52	дневн.	52	слеп.	
Собака	15,37	64,04	8,63	35,96	1,78	7,08	82,04	1,55	17,96	4,57	9,91	70	14000	0,5	20	0,12	дневн.	62	слеп.	
Свинья	14,97	62,38	9,03	37,63	1,65	6,4	70,87	2,63	29,13	2,43	5,69	180	75000	0,24	30	0,12	дневн.	117	слеп.	
Мартышка гусар	13,15	54,79	10,85	45,21	1,21	9,99	92,01	0,86	7,99	11,37	15,29	106,6	5600	1,9	45		дневн.	167,8	зряч.	
Макака	15,23	63,46	8,77	36,54	1,74	7,97	90,88	0,98	9,12	8,13	15,54	87,3	11900	0,73	45	0,43	дневн.	163,7	зряч.	
Бабуин	14,15	55	10,8	45,7	1,22	9,18	87,72	1,62	15	5,67	8,15	192	17600	1,09	40	0,15	дневн.	175	зряч.	
Шимпанзе	13,2	55	10,8	45,7	1,22	9,18	85	1,62	15	5,67	8,15	410	36900	1,11	85	0,25	дневн.	223,8	зряч.	
Человек	16	66,67	8	33,33	2	6,1	76,25	1,9	23,75	3,21	8,42	1320	62000	2,13	90	0,22	дневн.	280	зряч.	

образ его жизни и экологические факторы. В данной статье мы хотели бы представить лишь небольшую часть этих данных о временных характеристиках сна млекопитающих, дополненную анализом зависимости продолжительности фаз сна от сроков внутриутробного развития, прозревания (как показателей развития мозга на момент рождения у незрело- и зрелорождающихся млекопитающих). Эти характеристики могут, на наш взгляд, помочь в оценке эволюционного развития ЦБС у млекопитающих (табл. 1).

Совокупный корреляционный анализ зависимости временных параметров сна и бодрствования от различных морфофункциональных показателей млекопитающих, который был осуществлен на основе данных, приведенных в табл. 1, представлен на рис. 2. Анализ показывает, что длительность МФС и БФС демонстрирует сильную корреляцию с длительностью бодрствования. Коэффициент корреляции (r) между бодрствованием и МФС равен $+0,97$, то есть

чем больше бодрствование, тем меньше доля МФС. БФС имеет высокую положительную корреляцию с бодрствованием ($r = +0,81$). Высокий коэффициент корреляции определяется также между МФС и БФС ($r = +0,66$). Оказалось, что суммарная продолжительность бодрствования, МФС и БФС в течение суток находятся в прямой корреляционной зависимости от периода гестации и степени зрелости мозга при рождении. Интересно, что абсолютная величина r для корреляции между бодрствованием, МФС и сроком внутриутробного развития и прозреванием была заметно ниже ($r = 0,51$ и $-0,51$ соответственно), чем между БФС и продолжительностью гестации и прозреванием новорожденного млекопитающего ($r = +0,70$ и $-0,64$ соответственно). Обнаружена также положительная корреляционная связь между бодрствованием, МФС и массой тела ($r = -0,55$). Корреляция между суммарной продолжительностью БФС в течение суток и массой тела животного была слабее ($r = -0,36$),

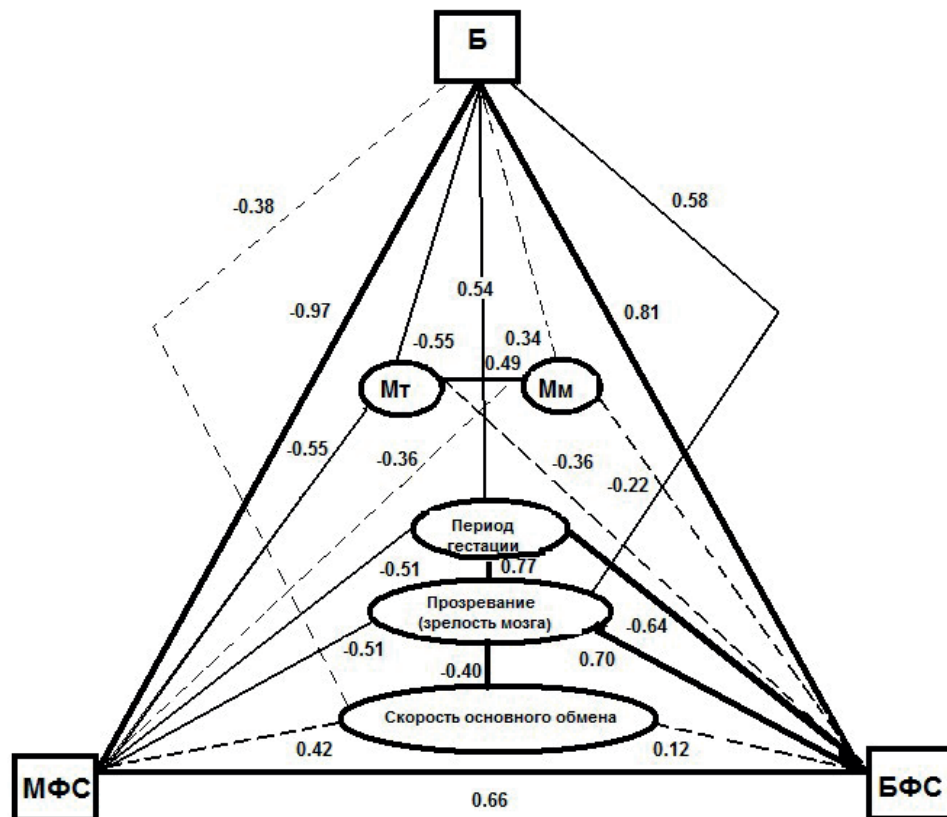


Рис. 2. Корреляции между временными параметрами бодрствования и сна, физическими и физиологическими параметрами: масса тела, масса мозга, период внутриутробного развития, зрелость при рождении, скорость основного обмена у разных представителей млекопитающих (по данным табл. 1).
 Условные обозначения: толстые линии – корреляция высокая ($r > 0,6$), тонкие – корреляция умеренная ($0,60 > r > 0,45$), штриховые – корреляция слабая ($r < 0,45$).
 Б – бодрствование, МФС – медленноволновая фаза сна, БФС – быстроволновая фаза сна, МТ – масса тела, ММ – масса мозга

то есть чем больше масса тела животного, тем больше продолжительность бодрствования и тем меньше продолжительность МФС и БФС.

В литературе, посвященной анализу сна у млекопитающих, подчеркивается наличие большого числа вариантов организации цикла бодрствование–сон, которые связаны с особенностями жизнедеятельности животного и теми экологическими нишами, которые они занимают в природе [45, 61, 62, 77, 96]. Естественно, что те или иные факторы внешней среды способствуют формированию разных приспособлений, типов связей в ЦНС, нервных и гуморальных воздействий на поведение животных не только во время бодрствования, но и во время сна. Ярким примером подобных приспособлений могут служить модификации сна у хищников, в ЦБС которых доминирует сон (МФС + БФС), и их жертв, в ЦБС которых доминирует бодрствование. Особенностью ЦБС дельфинов является «однополушарный» сон с отсутствием в нем БФС [45, 79]. У этих животных на фоне непрерывного плавания под водой регистрируется в ЭЭГ одного полушария медленноволновая активность, типичная для МФС, тогда как в другом полушарии наблюдается картина типичного бодрствования. Межполушарная асимметрия во время сна была описана у голубей, гусей [84–86]. Особенностью сна у птиц являются также чрезвычайно краткие по времени эпизоды БФС. У летучих мышей обнаружен дробный характер сна [86].

Обобщая имеющуюся литературу по вопросу о характеристиках состояния сна во всем подтипе позвоночных, большинство сомнологов пришли к заключению, что, несмотря на наличие у холоднокровных позвоночных поведенческих и соматовегетативных признаков сна, у этих животных отсутствует сон в проявлениях, характерных для теплокровных (с типичными паттернами ЭЭГ, присущими МФС и БФС) [67, 88, 89, 78, 85, 89, 92, 95]. В этих работах подчеркивается, что, хотя при переходе холоднокровных из состояния бодрствования к «сноподобному состоянию» у них снижается двигательная активность, замедляются сердечный ритм и дыхание, повышаются пороги реакции на внешние раздражители, существенные изменения электроэнцефалографической (ЭЭГ) картины сна отсутствуют. Последнее связано с тем, что в ЦНС холоднокровных животных еще незрелы те структуры, которые иницируют и поддерживают МФС. Именно поэтому вывод указанных авторов об отсутствии сна у холоднокровных позвоночных и оказался столь однозначным.

Здесь уместно заметить, что паттерны ЭЭГ с характерной для МФС медленноволновой, хотя и низкоамплитудной активностью впервые выявляются у рептилий [68, 78, 89, 92, 95]. Более четкие проявления уже высокоамплитудной медленноволновой активности во время сна обнаруживаются у птиц и низших

млекопитающих [27, 60, 61, 73, 85, 86]. Их появление связывают с началом прогрессивного развития в головном мозге животных гиппокампа, таламических ядер и коры и, как следствие, с формированием таламо-кортикальной системы регуляции сна [27, 68, 72, 73, 84–86, 91, 97]. Достаточно длительная суммарная продолжительность МФС (до 12 часов в сутки) была обнаружена у ехидны – примитивного яйцекладущего млекопитающего, имеющего, с одной стороны, признаки рептилий (постоянно низкая температура тела, достигающая +27–32 °С, сходный с рептилиями тип строения мозга), а с другой стороны – такой признак млекопитающих, как кормление детенышей молоком [62, 88]. Однако БФС у этого животного авторами не была обнаружена. Вместе с тем, у утконоса, который также является яйцекладущим млекопитающим, в период сна признаки как МФС, так и БФС четко проявляются [89]. В 1998 г. при изучении сна ехидны было установлено, что нейроны ретикулярной формации среднего мозга (*n. reticularis pontis*) ехидны реагируют на изменения функционального состояния животного так же, как это происходит во время сна у плацентарных млекопитающих [80, 88]. В состоянии, соответствующем МФС, имело место резкое уменьшение числа спонтанных разрядов стволовых нейронов, тогда как в состоянии, которое по вегетативным критериям соответствовало БФС, наоборот, отмечалось увеличение частоты и вариабельности спонтанных разрядов ретикулярных нейронов ствола. В этом функциональном состоянии авторы отмечали также фазические сокращения скелетных мышц в виде тремора мелких мышечных групп (шейных и глазодвигательных мышц), а иногда и конечностей. В этих эпизодах активность стволовых нейронов изменялась синхронно с глазодвигательной активностью и сердечной аритмией. Однако, в связи с тем, что перечисленные признаки вегетативной и стволовой «активации» возникали на фоне увеличения мышечного тонуса и движений, авторы сочли повышенную активность ретикулярных нейронов мозга артефактом и вынесли окончательный вердикт о том, что у ехидны БФС отсутствует. Значительно позже у ехидны на фоне повышения температуры окружающей среды, кроме признаков МФС, были обнаружены также четкие признаки БФС в виде десинхронизированной электрокортикограммы [81]. При этом, чем выше была температура окружающей среды, тем длительнее оказывались эпизоды десинхронизированного быстроволнового сна. Таким образом, сегодня уже очевидно, что в ЦБС ехидны истинные МФС и БФС присутствуют с оговоркой на температуру окружающей среды.

Начиная сравнительно-физиологическое изучение ЦБС у холоднокровных и теплокровных позвоночных, И.Г. Карманова сформулировала свой основной

принципиальный подход к такого рода исследованиям. Она указала, что при изучении сна у животных, стоящих на разных уровнях эволюционного развития, необходимо применять единые методические приемы, единые подходы, которые должны быть универсальными, чтобы обеспечить сопоставимость и сравнимость получаемых данных. Дело в том, что ранее все предыдущие исследования, посвященные изучению сна у рыб, амфибий, рептилий и млекопитающих, велись с использованием совершенно разных методических подходов [27]. В возглавляемой И.Г. Кармановой лаборатории в качестве единых рассматривали и использовали: 1) поведенческие критерии: наличие или отсутствие двигательной активности, характерная поза; 2) оценку характера тонуса скелетных мышц, мышц, поднимающих верхнее веко, положения зрачка в глазной орбите; 3) вегетативные критерии: учащенный или замедленный сердечный и дыхательный ритм, суточный анализ сердечного ритма; 4) тип дыхания; 5) характер движения глазных яблок; 6) спектральный анализ волновых составляющих ЭЭГ, 7) анализ временной динамики исследуемых состояний животного в разное время суток. К этому можно добавить методики разрушений и поврежденных эволюционно молодых систем регуляции сна, при применении которых происходит высвобождение активности эволюционно древних регуляторных механизмов и проявляются признаки сна или «покоя» холоднокровных. Еще одним из стандартных методов был метод лишения (депривации) сна, который широко применялся в исследованиях сна у млекопитающих, но практически не использовался в работе с холоднокровными. Сравнительные данные по депривации будут представлены ниже.

Большой заслугой И.Г. Кармановой было то, что к своим эволюционным обобщениям, своей теории о формировании сна в подтипе позвоночных она подошла комплексно. Было проведено сравнительно-физиологическое изучение и анализ всех форм обездвиженности как форм пассивно-оборонительного поведения, которые проявляются и входят в структуру ЦБС холоднокровных (рыбы, амфибии, рептилии) и теплокровных (птицы и млекопитающие) позвоночных [26–30, 34, 40]. На основании сравнения и анализа полученных данных И.Г. Карманова сформулировала основополагающую концепцию об эволюционном развитии сна в подтипе позвоночных. При этом, являясь последовательным эволюционистом, она подтверждала свою гипотезу об эволюции сна данными онтогенетических исследований сна у зрелорождающихся и незрелорождающихся млекопитающих, исследованиями сна у животных различных генетических линий, а также после экспериментальных воздействий на работу мозга [3, 4, 8–12]. Также широко использовался клинический материал по

анализу нарушений ЦБС у больных при некоторых неврологических расстройствах и психических заболеваниях [27, 34, 37, 48, 49].

При изучении естественного поведения рыб (карликовый сомик, кефаль, горбыль, морской налим, скорпена, скат хвостокол, акула катран) и амфибий (травяная и озерная лягушки, жаба) И.Г. Карманова и сотрудники ее лаборатории установили, что в поведении этих животных в течение суток четко выделяются, кроме активного и спокойного бодрствования, три формы сноподобного покоя, при которых неподвижность животных, в отличие от покоя в состоянии бодрствования, сочеталась с ареактивностью, то есть с отсутствием реакции на внешние раздражители. Эти естественно возникающие формы обездвиженности, которые являлись естественными формами пассивно-охранительного поведения, были названы следующим образом: состояние сноподобного покоя П-1, или обездвиженность типа каталепсии; сноподобный покой П-2, или обездвиженность типа кататонии; сноподобный покой П-3, или обездвиженность типа катаплексии [7, 26–30, 34, 40]. Все эти формы отличались от покоя (неподвижности) в состоянии бодрствования и друг от друга по характеру позы, состоянию глазной щели и глазных мышц, состоянию тонуса скелетной мускулатуры, сердечному и дыхательному ритму, нейрофизиологическим характеристикам и, самое важное, по повышенному порогу поведенческого пробуждения. Одним из ведущих признаков, благодаря которому они получили свои названия (каталепсия, кататония, катаплексия), был характер тонуса скелетных мышц. При каталепсии это пластический тонус мышц, при кататонии – ригидный «доскоподобный» тонус, при катаплексии – сниженный мышечный тонус, особенно у мышц, связанных с поддержанием позы, в частности, шейных. Эти формы обездвиженности были объединены И.Г. Кармановой в понятие «первичного сна» или «протосна». Причиной такого объединения было четкое отличие этих состояний от бодрствования по признаку ареактивности. Существенные расхождения состояний сноподобного покоя с состоянием бодрствования были обнаружены не только по соматовегетативным и нейрофизиологическим показателям, но и по нейрохимическим [28, 30, 34, 36] (рис. 3). Так, было обнаружено, что в состоянии обездвиженности типа каталепсии П-1 концентрация и абсолютное содержание РНК и белков в нейросекреторных клетках преоптических ядер гипоталамуса отличаются от таковых в состоянии бодрствования, хотя эти отличия еще и недостаточно достоверны. В состоянии П-2 эти показатели уже значимо и достоверно отличались от таковых при бодрствовании, а в состоянии катаплексии (П-3) они возросли более чем в 2 раза. При этом только на фоне П-3 отмечалось накопление РНК и белка в клет-

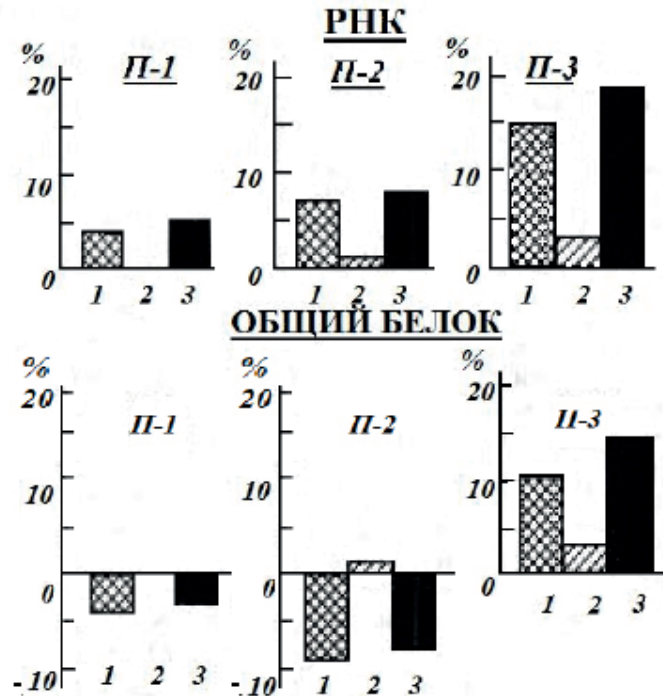


Рис. 3. Относительное изменение величин концентрации, абсолютного содержания РНК, белка, а также объема нейросекреторных клеток преоптического ядра лягушек в формах покоя первичного сна (протосна: катаlepsия, кататония, катаплексия) по сравнению с бодрствованием (нулевая линия оси X) (по данным [34]).
1 – концентрация; 2 – объем клеток; 3 – абсолютное содержание РНК и белка

как гипоталамуса по сравнению с бодрствующими животными, так же как это имеет место во время сна у млекопитающих.

4. Понятие гомологии и его интерпретация И.Г. Кармановой

Термин гомология происходит от греческого ὁμοιος «подобный, похожий» + λόγος «слово, закон». Впервые понятие гомологии в биологическую науку ввел Оуэн в 1847 г. [82]. Он предложил различать два понятия: гомологию и аналогию. Оуэн считал гомологией сходный план строения органа, который выполняет одну и ту же функцию (например, рука человека и крыло птицы). В последующем интерпретация понятия гомологии была несколько изменена. Гомологичными стали считать органы, которые имеют общего предшественника. При этом архетип, который Оуэн рассматривал как реальное воплощение общего плана строения скелетов конкретных позвоночных, стал рассматриваться как гипотетическое строение общего предка группы организмов, для которой он реконструирован. И.Г. Карманова впервые поставила вопрос о гомологии целого функционального состояния, каким является сон, и она искала гомологию этой функции и в ЦБС холоднокровных животных. Следует заметить, что в отличие от гомологии сравнительно морфологической и палеонтологической,

обнаружить функциональную гомологию чрезвычайно трудно, тем более трудно обнаружить изменение функций в эволюции, поскольку здесь, как правило, отсутствует фактический палеонтологический материал о развитии функции (в нашем случае о функции сна). Базироваться пришлось, прежде всего, на поисках сходства и тождества функциональных признаков сна у ныне живущих организмов, место которых в восходящем ряду мира животных уже определено. При этом чем большее число животных исследовано, чем больше выявлено сходных друг с другом тех или иных признаков (показателей) сна современных животных, тем больше вероятность обнаружить проявление гомологии сна и сноподобных состояний. И если гомологичными в биологии называют сопоставимые части сравниваемых биологических объектов, то гомологичными в физиологии можно назвать признаки той или иной функции, сопоставимые по своему функциональному значению.

5. Гомологом каких состояний является состояние обездвиженности типа катаlepsии?

Катаlepsия является состоянием обездвиженности, застывания, при котором наблюдается фиксация позы тела с невозможностью пошевелиться. При этом то-

нус мышц характеризуется «восковой гибкостью», позволяющей придавать объекту любую произвольную позу, которую он сохраняет. Чувствительность к теплу, боли и другим внешним и внутренним стимулам практически отсутствует. В медицине это состояние классифицируется как кататонический ступор с восковой гибкостью, который может проявляться спонтанно при ряде психических болезней. Подобное состояние наблюдал И.П. Павлов у собак и людей при гипнозе, а также при переходе ко сну [51, 52] и рассматривал его в качестве переходной гипнотической фазы сна. И.Г. Карманова с сотрудниками в ходе исследований установила, что сходное с переходными гипнотическими фазами сна состояние обездвиженности типа каталепсии (П-1) возникает естественно и спонтанно в дневное время практически у всех изученных холоднокровных животных и птиц [26–30, 52]. Эта естественная форма охранительно-пассивного поведения была выявлена также в ЦБС у некоторых взрослых млекопитающих (свинка, кролик), а также в ЦБС этих и других млекопитающих на определенных временных отрезках их постнатального онтогенеза [3, 4, 7, 26, 34, 52, 53]. Вместе с тем, место и роль состояния обездвиженности типа каталепсии в структуре ЦБС холоднокровных и теплокровных долгое время оставались неясными и спорными.

По данным И.Г. Кармановой, эта форма обездвиженности уменьшается по своей суммарной продолжительности в восходящем ряду позвоночных [26–30, 34]. У рыб и амфибий она наблюдалась только в дневное время и занимала от 30 до 60% всего времени суток. В ЦБС рептилий (черепаха болотная, степная, варан, желтопузик) она также регистрировалась только днем, но была представлена уже в меньшей степени – 30–40%. У птиц (куры и совы) и у некоторых млекопитающих (морская свинка, кролик) ее доля в ЦБС составляла только 5%. В ЦБС более высокоорганизованных млекопитающих и у человека в норме это состояние практически отсутствует. Однако при гипнозе, а также при некоторых психических заболеваниях (шизофрения, истерия и др.) у людей также можно наблюдать состояние каталепсии [22, 26, 27, 34, 40]. В естественном поведении животных состояние обездвиженности типа каталепсии проявляется у некоторых амфибий, рептилий (свиноногая змея, уж) и млекопитающих (опоссум) при нападении хищников в виде такой формы пассивно-оборонительного поведения, как танатоз или «мнимая смерть». Состояние каталепсии может возникать у млекопитающих в условиях патологического повреждения или раздражения некоторых отделов головного мозга, например, у крыс с генетической предрасположенностью к каталепсии-кататонии на фоне раздражения переднего отдела гипоталамуса, разрушения заднего отдела гипоталамуса или круглых ядер таламуса [2, 3, 27–30, 34, 40, 41].

Основным нейрофизиологическим критерием состояния обездвиженности типа каталепсии практически у всех представителей подтипа позвоночных является чередование в ЭЭГ медленно- и быстроволновой активности. При этом в спектрах мощности ЭЭГ отмечаются два пика: в областях волн дельта- и альфа-диапазонов (рис. 4).

В наших исследованиях формирования ЦБС у зрелорождающегося млекопитающего (морская свинка) эта форма обездвиженности выявлялась уже в первые дни после рождения [3–5, 7]. При этом продолжительность каталепсии в первые дни жизни составляла $20,6 \pm 3,2\%$ от всего времени ЦБС; в дни 14–30 жизни ее представленность сокращалась до $11,8 \pm 2,5\%$. Каталепсия сохраняется в структуре ЦБС на протяжении всей взрослой жизни свинки. У незрелорождающегося млекопитающего (крыса) состояние обездвиженности типа каталепсии проявлялось позже, начиная с дней 17–20 жизни, и полностью исчезало из ЦБС к возрасту 1,5–2 месяца [3–5, 7]. При этом следует заметить, что поведенческие признаки каталепсии обнаруживались у крысят и в более ранние сроки онтогенеза. Так, в ответ на щипок в области холки 3–5-дневный крысенок обычно замирал, тонус скелетных мышц становился пластичным, и только позже животное расслаблялось. «Щипковая каталепсия», по-видимому, генетически закреплена в ЦБС большинства новорожденных млекопитающих. Она описана у котят, собак, волчат, львят и др. и связана с перетаскиванием новорожденных детенышей матерью из одного места в другое, более безопасное. В возрасте 17–20 дней у крысят признаки обездвиженности типа каталепсии проявляются спонтанно в виде периодических кратковременных застываний животного в той или иной позе по типу «прилипания к полу», замираний с приподнятой передней конечностью, стереотипными движениями в виде горизонтальных покачиваний головы и верхней половины туловища, «абсансов», беспокойного пустого жевания, а также застываний в всяческом положении на верхних перекладинах клетки [3–5, 7]. Особенно много подобных спонтанных проявлений каталепсии мы фиксировали перед погружением животного в состояние сна. В 30-дневном возрасте каталепсия уже могла проявляться и на фоне бодрствования в ответ на предъявление внезапных раздражителей (звук, свет, прикосновение) [3, 7]. Во всех вышеперечисленных эпизодах каталепсии в электрограммах корковых и гиппокампальных отведений регистрировались чередующиеся медленные тета- и быстрые альфа- и бета-ритмы (рис. 4А). Заметим, что в этом возрасте естественно возникающая каталептическая стадия у крыс составляла 8–10% всего времени ЦБС. В возрасте 1,5–2 месяцев спонтанные проявления каталептической стадии вовсе исчезали из ЦБС крыс. И только

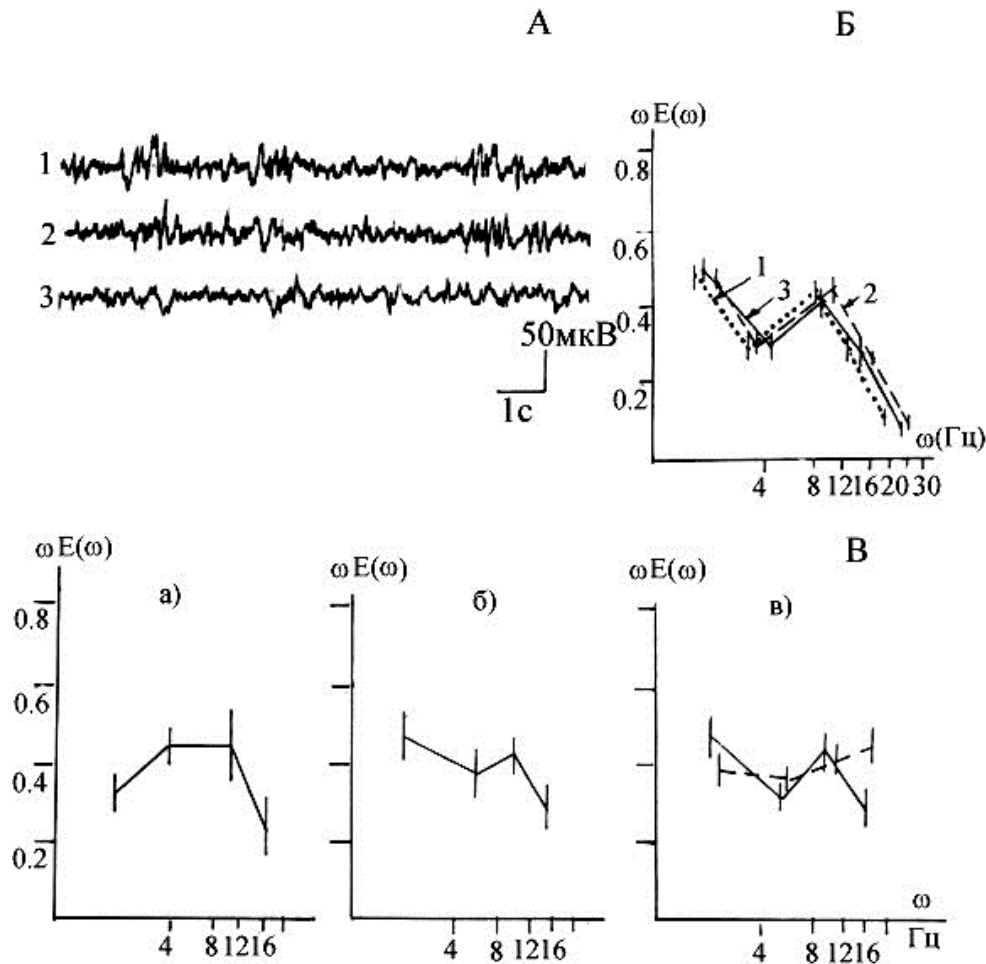


Рис. 4. Паттерн ЭЭГ (А) и его спектральные характеристики (Б) у крысы 30-дневного возраста и спектральные характеристики ЭЭГ переднего мозга лягушки, желтопузика и черепахи (В) в состоянии обездвиженности типа каталепсии (по [7]).

Условные обозначения:

А и Б: 1 – ЭЭГ гиппокампа; 2 – ЭЭГ соматосенсорной коры; 3 – ЭЭГ зрительной коры. По оси абсцисс – частота в логарифмическом масштабе в Гц; по оси ординат – произведение нормированной мощности ЭЭГ сигнала на частоту.

В: а) травяная лягушка – примордиальный гиппокамп; б) ящерица желтопузик – примордиальный гиппокамп; в) степная черепаха: сплошная линия – гиппокампальная кора, штриховая – общая кора

у 2% взрослых крыс состояние каталепсии сохранялось в ЦБС в протяжении всей их жизни.

Эпизоды каталепсии у молодых 30-дневных крысят возрастали по частоте и длительности на фоне процедуры лишения (депривации) сна [5, 60]. При этом длительность отдельных эпизодов каталепсии могла возрасти с 10–20 с в норме до 2–4 мин. Анализ морфофункционального состояния нейросекреторных ядер гипоталамуса после 6-часовой депривации сна как у месячных, так и у взрослых крыс выявил признаки, характерные для стресс-реакций [47]. Эти признаки проявлялись в виде активного выведения нейросекрета из перикарионов нейросекреторных клеток. При этом количество нейросекреторного материала в области переднего нейрогипофиза – в срединном возвышении – увеличивалось. Мы предположили, что возникновение каталепсии в ЦБС у крысы в ранние сроки

постнатального онтогенеза является проявлением рекапитуляции в онтогенезе к одной из форм протосна – состоянию обездвиженности типа каталепсии – и связали его с периодом созревания медиаторных систем головного мозга, в частности, с формированием дофаминергической системы головного мозга [62].

В настоящее время уже показано, что формирование различных нейротрансмиттерных систем начинается на ранних сроках эмбриогенеза (со второй недели беременности) и идет параллельно с начальными этапами морфогенеза ЦНС [55, 94]. Показано, что созревание катехоламинергической системы в онтогенезе опережает созревание холин- и серотонинергических систем. Эффективность катехоламинергической иннервации корковых нейронов на первой неделе жизни уже достаточно высокая, она ускоряется на 2-й и 3-й неделях и достигает взрослого уровня

к двухмесячному возрасту. Именно эта система играет значительную роль в формировании и дифференциации коры головного мозга, способствует дифференцировке нейробластов, формирует дендритное древо развивающихся нейронов, синапсы, организует структурную и функциональную консолидацию нервных элементов системы. Такие же закономерности наблюдаются и в динамике развития дофаминергической системы, одной из самых древних нейромедиаторных систем. Значительно позже формируются тормозные нейромедиаторные системы (например, ГАМК-ергическая) [55].

Таким образом, универсальность проявлений состояния обездвиженности типа каталепсии у большинства представителей позвоночных, его место в ЦБС, возникновение этого состояния на фоне различных, в том числе сильных раздражителей (свет, звук, прикосновение), наличие одних и тех же гипоталамических механизмов его регуляции позволяют предположить, что функциональное значение этой формы обездвиженности состоит не только в реакции животных на свет [7, 26, 40, 60], но и в обеспечении других неспецифических реакций позвоночных, которые возникают в ответ на те или иные стрессорные раздражители. Другими словами, каталепсию можно считать не только функциональным гомологом животного гипноза [26–28], но и важнейшим элементом стресс-реакции [7, 54].

Стрессорные реакции присущи всему животному миру и отражают единство принципов эволюции. Так, у всех одноклеточных все реакции на различные раздражители являются стрессорными. У многоклеточных без нервной системы реакция на воздействия внешней среды характеризуется проявлением отдельных компонентов специфических гормональных ответов. У животных с диффузной нервной системой чрезвычайные воздействия вызывают общую реакцию всего организма, но проявляются уже определенные типы специфических реакций. У животных с дифференцированным строением нервной системы, но еще недостаточно развитым эндокринным аппаратом специфические и неспецифические компоненты стресса представлены практически в равных соотношениях. У позвоночных с дифференцированным строением нервной системы и достаточно развитым эндокринным аппаратом в общей реакции организма преобладают специфические гормональные реакции, тогда как неспецифические компоненты стресса проявляются только в начале действия стрессора.

Как известно, у холоднокровных позвоночных (рыбы, амфибии, рептилии) также существует гормональная реакция на стресс, и она играет существенную роль в адаптации этих животных к появлению различных стрессогенных раздражителей. Тем не менее, она отличается от таковой у млекопитающих, то

есть она еще не достигла дефинитивного уровня этих реакций, типичных для млекопитающих [54]. На этом уровне филогенетического развития головного мозга незрелыми являются также структуры конечного мозга [24, 25, 34, 72, 86]. Поэтому взаимодействие незрелой ЦНС со свойственным для холоднокровных гормональным каскадом стресс-реакции можно считать достаточным для этого уровня развития, но «незрелым» и неустойчивым с точки зрения млекопитающих. Имея это в виду, логично предположить, что стресс-реакции у холоднокровных могут проявляться по эволюционно более древнему гипнотическому типу, в виде обездвиженности типа каталепсии [6, 7]. У теплокровных в обеспечении стресс-реакции ведущую роль начинают играть развитые гормональные системы гипоталамо-гипофизарно-надпочечниковой оси. В связи с этим поведенческие проявления и ЭЭГ-проявления состояния обездвиженности типа каталепсии у этих животных становятся более кратковременными, и они обнаруживаются только в начальной фазе развития стресса, а именно – в «фазе наступления».

6. Гомологом каких состояний можно считать состояние обездвиженности типа кататонии?

Форма протосна, проявляющаяся в виде обездвиженности типа кататонии (П-2), является важной составной частью протосна. Она, как правило, возникает в сумеречное и ночное время и характеризуется полной обездвиженностью животного, которая сопровождается повышенным, кататоническим, тонусом скелетной мускулатуры и повышением порогов реакции на внешние раздражители [1, 2, 27–30, 34, 40]. Для этого функционального состояния характерны также ригидность и умеренное угнетение большинства вегетативных показателей: замедление частоты сердечных сокращений, их устойчивый ритм, снижение синтеза белков и РНК в мозговых структурах. У амфибий эти признаки становятся особенно выраженными осенью перед вхождением животных в состояние холодового гипобиоза [1, 2, 31, 36]. У зимоспящих млекопитающих (арктический суслик, еж европейский) поведенческие, соматовегетативные и нейрофизиологические признаки кататонии проявляются в периоды погружения гетеротермного животного в зимнюю спячку, при снижении температуры мозга до +26–28 °С [29–30, 32–34, 38]. Кроме того, сезонный анализ вегетативных и ЭЭГ показателей цикла бодрствование-протосон лягушки позволил увидеть не только сезонную динамику количественной представленности состояния П-2 [1], но и обнаружить определенную динамику изменений спектральных характеристик ЭЭГ примордиального гиппокампа в виде постепенной перестройки и приближения их к показателям спектров ЭЭГ в со-

стоянии холодового гипобиоза [1, 31, 34]. Электрографические паттерны, типичные для П-2, обнаруживались в спектрах ЭЭГ гиппокампальных отведений у зимоспящих млекопитающих перед погружением их в зимнюю спячку [32–34, 58]. Введение лягушкам экстрактов тканей зимоспящих сусликов, находящихся в состоянии зимней спячки, вызывало у амфибий длительное и глубокое состояние торпидности, сходное с П-2, и, наоборот, введение мышам экстрактов тканей лягушки, находящейся в состоянии холодового гипобиоза, сопровождалось снижением температуры тела мышей. Все это позволило предположить, что именно в состоянии П-2 заложены механизмы поддержания у млекопитающих того минимального уровня жизнедеятельности, который позволяет зимоспящим животным пережить тяжелые условия сезонной бескормицы и низких температур.

У людей кататония проявляется под гипнозом и при ряде психических болезней (например, шизофрении) в форме кататонического ступора с оцепенением [21].

7. Какая из форм проявления протосна является истинным гомологом медленноволнового сна?

Зарубежные и отечественные сомнологи часто задают вопрос, какую из форм проявлений покоя в животном мире, в нашем случае первичного сна, можно считать гомологом МФС? Для того чтобы ответить на этот вопрос, следует сопоставить множество признаков форм покоя и четко представлять морфофункциональное развитие систем регуляции этой фазы сна. Основной системой, обеспечивающей ЭЭГ проявления МФС, является кортико-таламическая система интеграции [45, 46, 68, 72, 73, 83, 85, 90, 91]. Хорошо известно, что неокортикальная формация конечного мозга окончательно формируется у птиц и млекопитающих. В формировании коры млекопитающих, так же как и в организации у них МФС, решающую роль играет прогрессивное развитие таламуса [15, 24, 25, 29, 30, 40, 90, 91]. У рептилий таламус представлен ядрами дорсального таламуса, в частности, круглым ядром. По данным Белеховой [15], это ядро таламуса является важнейшим реле для проведения зрительной импульсации от тектума к стриатуму. В процессе эволюции от рептилий к млекопитающим корковые и стриатарные структуры претерпевают существенные преобразования [24, 25]. Известно, что у рептилий хорошо развиты гиппокамп и в меньшей степени неокортекс. Между таламусом и структурами переднего мозга появляются более специализированные нервные пути, вследствие чего формируется таламокортикальная система интеграции, которая в ходе дальнейшей эволюции становится основной центральной системой регуляции ЦБС у теплокровных позвоночных.

У рыб и у амфибий таламус представлен только скоплением диффузной клеточной массы нейропилных ядер, которые располагают вокруг третьего желудочка. Поэтому таламо-кортикальная система интеграции ЦБС у рыб и амфибий отсутствует. Основной структурой, регулирующей у них цикл бодрствования-протосон, является гипоталамус [1, 2, 26–30, 34, 46]. Таким образом, регуляция ЦБС у рыб и амфибий осуществляется как гомеостатически, так и за счет активного взаимодействия гипоталамических и перенезговых образований.

У рептилий отдельные формации конечного мозга еще недостаточно развиты и представлены в виде зон *primordium hippocampi*, *primordium parii dorsalis* и *primordium piriforme*, границы которых трудно четко определить [24, 25]. На этом уровне развития мозга холоднокровных устанавливаются связи между ядерными образованиями гипоталамуса и таламуса, с одной стороны, и формациями коры и базальными ганглиями конечного мозга – с другой. Впервые формируется диэнцефально-стриатарный уровень интеграции функций. Однако он не способствует резкому подъему функциональных возможностей коры мозга животных, поскольку диэнцефально-стриатарный уровень интеграции функций еще крайне незрел. На этом уровне развития ЦНС формируются два типа равнозначных внутрицентральных связей: филогенетически более древний ретино-текто-гипоталамо-таламо-таламический и эволюционно более молодой ретино-таламо-таламический [15, 24, 25].

На уровне филогенетического развития головного мозга рыб и амфибий только снаподобный покой П-3 (обездвиженность типа катаплексии) можно, по мнению И.Г. Кармановой, рассматривать как эволюционный предшественник промежуточной формы сна рептилий и МФС птиц и млекопитающих [26–31, 34, 40, 50]. Основанием для такого предположения послужило сходство большинства показателей П-3 лягушек с показателями промежуточного сна рептилий и МФС млекопитающих, а именно: характерная расслабленная поза животного, закрытые глаза, замедление сердечного ритма и ритма дыхания, повышение порогов реакции на внешние раздражения (табл. 2). Исключение в этом перечне признаков составляли только амплитудно-частотные характеристики ЭЭГ переднего мозга. У лягушек и жаб в состоянии П-3 амплитуда ЭЭГ резко снижена и составляет около 30–40 мкВ [1, 2, 18]. Однако, как показал анализ распределения волновых составляющих ЭЭГ по спектру частот, у амфибий в состоянии П-3 первичного сна обнаруживается доминирование медленных волн в диапазоне дельта-колебаний (26–30, 34, 40). У черепах в состоянии промежуточного сна представленность такого рода медленных дельта-подобных волн на ЭЭГ заметно возрастает, а их амплитуда достигает уровня 60–

80 мкВ. При этом мощность медленноволновой активности в дельта-диапазоне у рептилий увеличивалась по сравнению с амфибиями почти вдвое. Как хорошо известно, у теплокровных (птицы, млекопитающие) во время МФС на ЭЭГ доминируют дельта-волны с амплитудой 120–150 мкВ. Полученные результаты свидетельствуют о том, что в процессе развития мозга позвоночных от амфибий к млекопитающим в спектральных характеристиках ЭЭГ на фоне снаподобных состояний имеет место существенное увеличение амплитуды и мощности дельта-волн [7].

Сравнительные нейрохимические исследования содержания белков и РНК в ЦНС у представителей амфибий, рептилий и млекопитающих обнаружили, что только в состояниях П-3 рыб и амфибий, промежуточном сне черепах и ящериц, МФС птиц и млекопитающих имеет место усиление репаративных анаболических процессов в структурах головного мозга [26–30, 34, 40].

Еще одним важным фактом для обоснования функциональной гомологии состояния П-3 промежуточному сну рептилий и медленноволновому сну млекопитающих являются эффекты, возникающие на фоне тотального лишения (депривации) сна у этих животных [5]. Оказалось, что после 6-часовой депривации

всех форм покоя первичного сна у амфибий отдача сна проявлялась в виде доминирования в ЦБС этих животных состояния П-3. У представителя рептилий (черепаха) 2-суточная депривация промежуточного сна вызывала реакцию отдачи сна в виде увеличения в ЦБС продолжительности промежуточного сна и увеличения в спектрах ЭЭГ мощности волн дельта-диапазона. У млекопитающих депривация сна вызывала реакцию отдачи, которая проявлялась увеличением представленности как МФС, так и БФС, и повышением мощности медленноволновой активности в начальных эпизодах МФС.

Таким образом, все экспериментальные данные однозначно свидетельствуют в пользу предположения И.Г. Кармановой о том, что только состояние бездвиженности типа П-3 – катаплексии первичного сна рыб и амфибий (рис. 4) – и промежуточная форма сна рептилий являются гомологами МФС теплокровных [26–28, 41, 54, 55].

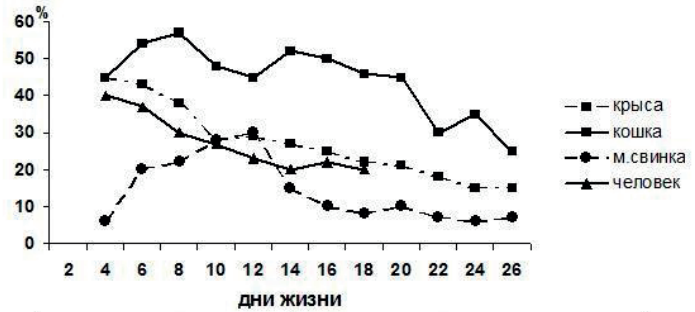
8. Существуют ли в ЦБС холоднокровных состояния, гомологичные БФС?

Так же как и во время сна теплокровных, во время первичного сна холоднокровных существует насущ-

Табл. 2

Филогенетические и онтогенетические данные об этапах развития ЦБС

Этапы развития ЦБС в подтипе позвоночных	Фазы развития ЦБС в постнатальном онтогенезе млекопитающих			
	Незрело рождающиеся		Зрело рождающиеся	
	МФС	АФС	МФС	АФС
1 этап: первичный сон (протосон) позвоночных (рыбы, амфибии)	Недифференцированный сон 1–5 сутки	ДПА 1–8 сутки	–	–
2 этап: промежуточная форма сна (рептилии)	СС, первые нейрофизиологические признаки МФС 6 сутки	ДПА, первые нейрофизиологические признаки АФС 8–14 сутки	Недифференцированный сон (МФС + ПКС) 1–3 сутки	АФС 1–3 сутки
3 этап: МФС + АФС (птицы, млекопитающие)	МФС 14 сутки	АФС 18–21 сутки	МФС и ПКС после 4 суток	АФС после 4 суток



Признаки БФС	Амфибии	Рептилии	Млекопитающие
Вегетативные компоненты	+	+	+
Мышечный тонус	+	+	±
Быстрые движения глаз	-	±	±
Температурные сдвиги	Не изучены	Не изучены	+
Десинхронизация ЭЭГ	-	±	+
Гиппокампальный тета-ритм	-	-	-

Признаки БФС	Дни жизни			
	2-4-й	5-7-й	8-12-й	13-17-й
Вегетативные компоненты	+	+	+	+
Мышечный тонус	+	+	±	-
Температурные сдвиги	-	±	+	+
Быстрые движения глаз	±	±	+	+
Десинхронизация ЭЭГ	-	-	±	+
Гиппокампальный тета ритм	-	-	±	+

Рис. 5. Временные характеристики ДПА у холоднокровных и быстроволновой фазы сна в филогенезе позвоночных и в раннем постнатальном онтогенезе млекопитающих (верхние графики), в таблицах – признаки и сроки формирования основных признаков этой фазы сна (нижние графики) в филогенезе и онтогенезе (по [12])

ная необходимость проявления активаций. Положительный ответ на вопрос о том, представлено ли в ЦБС холоднокровных состояние, гомологичное БФС, был дан в конце 1970-х гг. [12, 30]. Фило- и онтогенетические аспекты гомологии БФС и активаций, возникающих на фоне сна холоднокровных, были подробно рассмотрены в совместной работе И.Г. Кармановой и Е.А. Аристакесян и [12]. На рис. 5 демонстрируются количественная представленность паттернов активации и БФС, особенности проявления признаков активации в филогенезе позвоночных.

Известно, что основными признаками БФС (синонимы: «активированная», парадоксальная фаза сна) млекопитающих являются появляющиеся на фоне сна вегетативные возмущения, падение тонуса скелетных мышц, появление быстрых движений глаз, десинхронизация электрокортикограммы, гиппокампальный тета-ритм и температурные изменения в виде повышения температуры головного мозга наряду с понижением температуры тела и шейных мышц. У рептилий во время активаций на фоне промежуточного сна все компоненты вегетативной активности присутствуют, так же как и быстрые движения глаз. Мышечный тонус, регистрируемый в области шейных мышц

на фоне активаций, у рептилий не падает, а, наоборот, повышается. Что касается типичной для БФС десинхронизации электрокортикограммы и тета-ритма гиппокампа, то эти признаки у рептилий практически не проявляются. В периоды активаций на фоне промежуточного сна у этих животных можно отметить наличие повышенной амплитуды ЭЭГ, в спектрах которой можно увидеть умеренное повышение мощности волн бета-диапазона. На фоне протосна амфибий мы также наблюдали феномены активации в виде учащенного ритма сердечных сокращений и дыхания. Иногда эти изменения сопровождалась высокой фазической двигательной активностью, повышениями амплитуды ЭМГ. По мере углубления «протосна» в электрограммах примордиального гиппокампа этих животных регистрировались одиночные спайкоподобные потенциалы. Иногда они проявлялись в виде гиперсинхронизаций. Как правило, сразу после появления перечисленных признаков активации амплитуда ЭЭГ сна повышалась.

У амфибий вышеперечисленные признаки активаций чаще всего возникают спонтанно и разрозненно, они разбросаны по всему течению «сна» холоднокровного. У лягушек только 7–9% активаций возникали

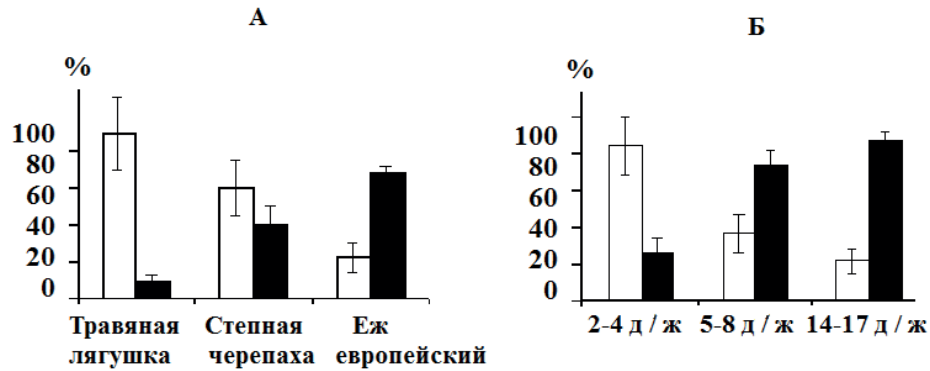


Рис. 6. Процентная представленность организованных (темные столбики) и неорганизованных (светлые столбики) в единую фазу признаков активации в филогенезе и в онтогенезе: слева – эти же параметры у различных позвоночных; справа – в онтогенезе крыс (по [12])

одновременно. Как правило, после одновременного проявления всех признаков активации функциональное состояние амфибий изменялось: животные переходили из более глубокого состояния (например, П-3) в более поверхностное (П-2) или даже в бодрствование. У рептилий (степная черепаха, ящерица желтопузик) признаки активации оказались более организованными во времени. Уже в 40–60% случаев они возникали одновременно. Согласованные во времени активации были названы «древним паттерном активации» (ДПА). Такое согласованное возникновение разных проявлений активации у рептилий может свидетельствовать о том, что у этих животных начинает формироваться активированная фаза сна (будущая БФС). У млекопитающих (крыса, еж европейский) признаки БФС еще более организованы во времени и проявляются одновременно в $77 \pm 12,4\%$ эпизодов (рис. 6, левая сторона). Качественный и количественный анализ феномена активаций мы сравнивали с паттернами формирования активного сна в постнатальном онтогенезе млекопитающих и обнаружили совпадение в характере становления БФС (рис. 6, правая сторона). В этих исследованиях был обнаружен практически одинаковый тип проявления признаков активации и их временное распределение. Таким образом, у млекопитающих организация БФС выражена более четко по сравнению с пойкилотермными позвоночными, что может свидетельствовать о постепенном развитии в эволюции единой и хорошо согласованной системы регуляции этой фазы сна [12]. Это согласуется с выводами других исследователей [72, 90].

Здесь уместно снова напомнить, как проявляются активации на фоне сна у ехидны. Они выражаются в виде спайкоподобных волн на ЭЭГ, повышения мышечного тонуса, учащения сердечного ритма, движения глаз и движений всего тела [61, 62, 88]. Активации

у этого представителя монотермных яйцекладущих млекопитающих выражаются в виде спайкоподобных волн ЭЭГ, повышения мышечного тонуса, учащения сердечного ритма, движениями глаз и движениями всего тела. По своим характеристикам они практически повторяют паттерн ДПА холоднокровных, и поэтому можно говорить о том, что у монотермного животного, каковым является ехидна, БФС даже при низкой температуре окружающей среды не отсутствует. Она проявляется по древнему типу активации.

9. Гипотеза И.Г. Кармановой об эволюции ЦБС

Сравнительно-физиологические исследования ЦБС теплокровных и форм обездвиженности холоднокровных позвоночных, а также анализ механизмов регуляции ЦБС позволили И.Г. Кармановой выдвинуть гипотезу об эволюционном развитии ЦБС. Ею были выделены три этапа формирования цикла: первый этап – цикл бодрствование-первичный сон у рыб и амфибий, второй – цикл бодрствование-промежуточный сон у рептилий и третий – цикл бодрствование-сон у птиц и млекопитающих [27–28, 34, 40] (рис. 7). Сравнительный анализ показателей распределения мощности волновых составляющих ЭЭГ по спектру частот у различных позвоночных на фоне разных форм сна и активаций, имеющих место на фоне сна в восходящем ряду позвоночных, показал следующее. По мере развития МФС характеристики ЭЭГ претерпевают определенные изменения в виде постепенного увеличения мощности дельта-волн и угнетения колебаний в более высокочастотной части спектра [11, 46]. В процессе же развития активированной фазы сна (от древних паттернов активации до БФС) наблюдается постепенное угнетение мощности медленных волн дельта-диапазона и увеличение мощности колебаний в высокочастотной части спек-

тра. Только у млекопитающих на ЭЭГ в БФС обнаруживается увеличение мощности тета-волн, особенно в гиппокампе [90].

Результаты наших сравнительных электроэнцефалографических исследований сна у животных, стоящих на разных ступенях эволюционного развития, и данные о гипоталамических и таламических механизмах регуляции ЦБС, полученные на базе экспериментальных разрушений структур, активно вовле-

ченных в регуляцию ЦБС, позволили подтвердить гипотезу А.И. Карамяна об этапности в эволюционном развитии интегративных систем головного мозга позвоночных [24, 25]. По этой гипотезе, основными морфофункциональными этапами (уровнями) интеграции ЦБС являются следующие [27–30].

Первый – гипоталамо-гиппокампальный уровень (рыбы и амфибии). Этот уровень интеграции обеспечивает равноценное присутствие в ЦБС трех форм

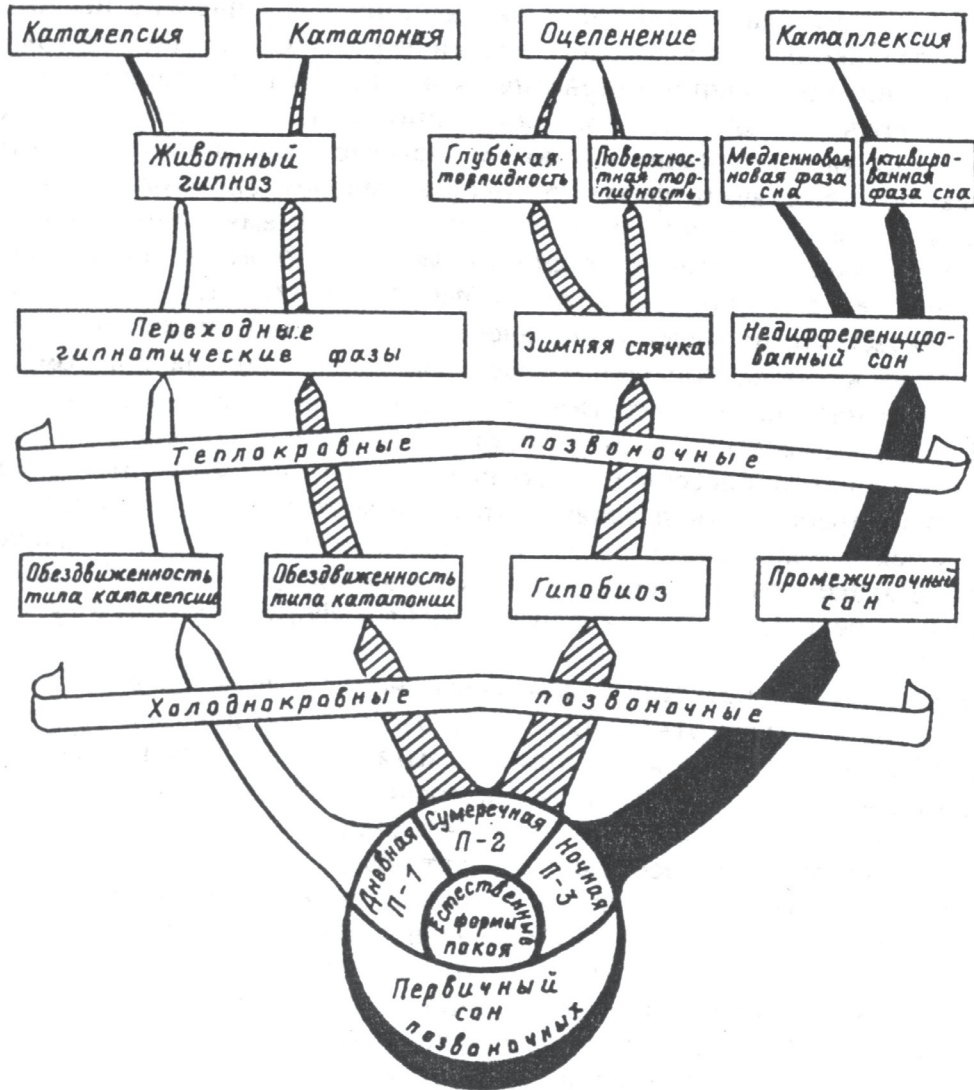


Рис. 7. Схема возможных эволюционных преобразований трех естественно возникающих пассивно-охранительных форм покоя рыб и амфибий, которые объединены в понятие первичный (протосон) позвоночных. Гипотеза Иды Гавриловны Кармановой [30, 34]. Белой стрелкой показана гомология дневной формы покоя, животного гипноза и переходных гипнотических фаз, сопровождающихся восковидной гибкостью скелетных мышц. Штриховые стрелки – гомология сумеречной формы покоя животному гипнозу, гипобиозу и зимней спячке. Черной стрелкой показано единство происхождения ночной формы первичного сна, сопровождающейся расслаблением скелетной мускулатуры в промежуточной форме сна рептилий, недифференцированного сна новорожденных млекопитающих, сна птиц и млекопитающих. Верхний ряд схемы демонстрирует состояния, которые встречаются у человека при патологии ЦН: приступы потери произвольных движений, изменения мышечного тонуса: каталепсия, кататония, катаплексия. Гипобиоз – состояние глубокого угнетения жизнедеятельности у зимоспящих млекопитающих. Торпидность – состояние, сопровождающееся более поверхностным снижением обмена веществ, температуры тела, которая сопровождается умеренным повышением мышечного тонуса и угнетением двигательной активности

пассивно-охранительного поведения в виде дневной (П-1), сумеречной (П-2) и ночной (П-3) форм первичного сна, или протосна.

Второй – гипоталамо-таламо-кортикальный. На этом уровне более четко начинают выделяться ядерные образования в таламусе, обособляются и формируются нео-, палео- и архекортекс [15, 24, 25], которые обеспечивают регуляцию промежуточного сна рептилий и его нейрофизиологические проявления.

Третий – таламо-кортикальный уровень интеграции ЦНС (птицы и млекопитающие). Для этого уровня характерно усиление связей гипоталамуса со старой корой, а таламуса – с новой. Развиваются связи гипоталамуса с неокортексом. Этот этап обеспечивает качественно новую ступень в деятельности головного мозга. Развитие мозга, а также интенсификация обмена веществ и формирование теплокровности приводят к появлению таких функциональных состояний, как МФС и БФС, которые имеют нейрофизиологические характеристики, типичные для МФС и БФС теплокровных.

10. Рекапитуляция филогенетических этапов формирования ЦБС в онтогенезе млекопитающих

Проведенный нами анализ сна в раннем постнатальном онтогенезе незрелорождающихся млекопитающих показал, что на ранних этапах постнатального онтогенеза также можно обнаружить определенную этапность в формировании ЦБС, которая особенно четко проявляется в характере нейрофизиологических показателей сна. На первом этапе (дни 1–4 после рождения) развития ЦБС у крыс он представлен в виде цикла активность-недифференцированный сон. На этом этапе онтогенетического формирования сна в составе недифференцированного сна можно выделить по поведенческим и соматовегетативным характеристикам активный и спокойный сон. Однако по ЭЭГ-признакам эти состояния активного и спокойного сна у крыс мало отличаются друг от друга. На втором этапе формирования ЦБС (дни 5–8 жизни крысенка) ЭЭГ-картина сна начинает изменяться. Этот период можно считать промежуточным этапом в онтогенетическом развитии ЦБС. На этом этапе в состоянии спокойного сна уже начинают выделяться медленные дельта-волны. Однако по амплитуде эти волны еще не столь выражены, как у взрослых крыс. По своим амплитудно-частотным характеристикам спокойный сон крысят больше соответствует сну рептилий. В периоды же активного сна на фоне полиморфной ЭЭГ, насыщенной тета-, альфа- и бета-волнами, происходит снижение мощности дельта-волн. В последующие сроки постнатального онтогенеза (дни 9–14) в состоянии активного сна крысят в спектрах ЭЭГ мощность

альфа- и бета-волн возрастала вдвое. Этот период мы рассматриваем как третий этап формирования ЦБС. Спектральные характеристики ЭЭГ спокойного сна на этом этапе изменялись незначительно, но амплитуда синхронизированной активности, типичной для спокойного сна, заметно возрастала, а паттерны самой активности были во многом сходны с нейрофизиологическими паттернами МФС взрослых млекопитающих. Таким образом, можно заключить, что в процессе онтогенетического развития МФС происходит постепенное повышение суммарной энергии медленных дельта-колебаний. К 17-му дню жизни крысят у них уже формируются большинство паттернов МФС и БФС взрослых животных. В ЦБС появляются уже не только фазы, но и отдельные стадии МФС и БФС.

А можно ли обнаружить в ЦБС новорожденных животных паттерны протосна холоднокровных? Оказывается, можно. Как оказалось, у крысят в возрасте 20–30 дней жизни при переходе из состояния бодрствования в МФС проявляются признаки переходных гипнотических фаз, которые по своим поведенческим, соматовегетативным показателям сходны с состоянием обездвиженности типа каталепсии (рис. 4). Это состояние каталепсии к возрасту полтора месяца практически исчезает из структуры ЦБС крыс и сохраняется только у 2% взрослых животных. Об этом свидетельствуют и данные В.Г. Колпакова [41]. Автор путем генетического отбора крыс с выраженными признаками каталепсии вывел линию крыс с наследственной предрасположенностью к каталепсии. Как показали нейрохимические исследования, у этих животных заметно нарушено развитие дофаминергической системы головного мозга.

Другим примером рекапитуляции «древних» признаков сна в онтогенезе млекопитающих является не только формирование ЭЭГ-паттернов МФС сна, но также и формирование ЭЭГ-паттернов БФС. Эта фаза сна в раннем постнатальном онтогенезе по своим поведенческим и соматовегетативным параметрам напоминает древний паттерн активации (ДПА), который, как правило, имеет место на фоне первичного и промежуточного сна холоднокровных [12] (рис. 6, правая сторона). И это не удивительно. Известно, что новорожденные млекопитающие не способны в первые дни жизни регулировать постоянство температуры тела, в чем они подобны гетеротермным животным [23]. Этот период даже был назван авторами «функциональной пойкилотермией». Температура тела новорожденного млекопитающего пассивно следует за температурой окружающей среды. В последующие дни жизни параллельно со становлением центральных и периферических терморегуляторных механизмов, поддерживающих постоянство температуры тела, имеет место и становление ЦБС. Как показали наши совместные с С.И. Ватаевым и И.Г. Кармановой [8, 31] исследования

температурных реакций мозга и мышц в разных фазах сна у новорожденных крыс с первых дней жизни до возраста 17–20 дней, процессы формирования фаз сна и особенно его ЭЭГ-характеристик и терморегуляции во время сна идут параллельно (рис. 8). В цикле активность-покой у животных в возрасте 2–3 дня в периоды, соответствующие спокойному сну, имеет место постепенное понижение температуры мозга и мышц. Непосредственно перед началом активного сна регистрируются эпизоды резких вздрагиваний, которые сопровождаются повышением температуры мозга на 0,2–0,4 °С. При этом температура мышц или не изменяется, или продолжает понижаться (по-видимому, в силу инерционности процесса). С дней 4–5 начинают проявляться паттерны температурных реакций мозга и мышц, характерные для сна взрослых. Во время спокойного сна температура мозга и мышц снижается, а во время активного сна появляются «температурные ножницы»: температура мышц снижается, а мозга повышается. На эти взаимоотношения фаз сна и температуры обратил внимание еще П. Пармеджани [83]. При этом размах температурных колебаний мозга и мышц после 5-го дня жизни начинает возрастать и к 14-му дню жизни составляет 0,5–0,8 °С [8, 12]. В эти периоды происходит одновременное повышение общей амплитуды ЭЭГ спокойного сна и обогащение ЭЭГ тета- и альфа-волнами. В этот же возрастной период в ЭЭГ начинают проявляться признаки активного сна: эпизоды десинхронизации умеренно высокой амплитуды. Только после дней 15–17 в ЭЭГ активного сна имеет место понижение амплитуды десинхронизированной активности в корковых отведениях ЭЭГ, а в гиппокампе проявляются эпизоды тета-ритма, характерные для БФС взрослых животных. В эти же сроки онтогенеза во время активного сна у крысят начинают исчезать эпизоды повышений ЭМГ и ЭЭГ, и начинает проявляться паттерн падения тонуса шейных мышц. Все это указывает на то, что в этом возрастном периоде онтогенеза в ЦНС происходит упорядочивание процессов возбуждения и торможения корковой и стриопаллидарной систем контроля двигательной активности.

Следует заметить, что при анализе формирования ЦБС в онтогенезе млекопитающих с использованием классических поведенческих, вегетативных, ЭМГ- и ЭЭГ-показателей, Франк и Геллер [65] установили, что в пренатальном периоде онтогенеза в эпизодах активного и спокойного состояний признаки сна отсутствуют. Эти признаки начинают проявляться в эпизодах покоя только в постнатальном онтогенезе. Формирование и созревание ЭЭГ-показателей ЦБС до взрослого уровня Геллер связал с формированием нейрхимических (нейромедиаторных) механизмов регуляции ЦБС. На этом основании он пришел к заключению, что, поскольку в ранние периоды онтогенеза спокой-

ный и активный сон не контролируется нейрхимическими нейромедиаторными субстратами, то в раннем онтогенезе не может существовать МФС и БФС. У новорожденных незрелорождающихся млекопитающих существует только некое недифференцированное состояние, из которого позже формируется ЦБС, в том числе и его ЭЭГ-признаки. Кроме того, он считал, что МФС созревает намного раньше БФС.

Приведенные выше наши данные по анализу филогенетического формирования ЦБС в подтипе позвоночных позволяют не согласиться с этим выводом. Именно функциональная пойкилотермия, характерная для раннего пренатального периода онтогенеза, и пойкилотермия, характерная для БФС теплокровных, однозначно указывают на параллельное формирование фаз сна, так же как это имеет место в процессе формирования фаз сна в филогенезе.

Сходные тенденции в развитии фаз сна описывают и другие исследователи, изучавшие формирование ЦБС у кошек, кроликов, обезьян [63, 65, 74, 93]. Следует подчеркнуть, что различия в сроках формирования фаз сна, дифференциация фаз и стадий сна у этих животных обнаруживается в разные сроки онтогенеза. Нельзя исключить, что это может быть связано со степенью зрелости их ЦНС к моменту рождения [20, 25].

Представленные в табл. 2 данные демонстрируют корреляцию между филогенетической и онтогенетической эволюцией ЦБС [11]. Эти данные являются дополнительным подтверждением закона «рекапитуляции» интегративных систем мозга позвоночных, сформулированного А.И. Карамяном [25]. Они свидетельствуют, что магистральные пути функциональной эволюции ЦБС от недифференцированных примитивных форм обездвиженности первичного сна до сложно организованных специализированных стадий и фаз сна повторяются как в филогенезе, так и в онтогенезе.

11. Диссолюция цикла бодрствование-сон

В начале статьи мы уже указывали на роль эволюционно-диссолюционной теории Джексона в понимании происходящих при патологии ЦНС процессов распада различных, особенно эволюционно молодых, анатомо-физиологических уровней в интеграции, когда происходит возврат функций на более древний уровень их развития. Явление распада (диссолюции) показывает, что более древние функции не исчезают с развитием ЦНС, а сохраняются и маскируются. На этот аспект исследования эволюционной физиологии неоднократно обращал свое внимание Л.А. Орбели [50, 51].

Знание фило- и онтогенетического этапов развития ЦБС и понимание механизмов регуляции такого функционального состояния, как сон, в подтипе по-

звоночных позволили И.Г. Кармановой и ее последователям включить эволюционно-диссолюционный подход в клиническую практику анализа сна у больных с нарколепсией, эпилепсией, каталепсией, кататонией [27, 34, 37, 48]. Подобный подход позволил глубже оценить патогенетические механизмы перечисленных патологических состояний, а также уточнить биологическую значимость таких поведенческих состояний, как МФС и АФС, танатоз или «мнимая смерть», гипноз, зимняя и летняя спячка.

Факт «физиологической диссолюции» ЦБС был обнаружен у крыс, генетически предрасположенных каталепсии (ГК) [35]. У этих животных при переходе от бодрствования к МФС была обнаружена переходная гипнотическая каталептическая стадия, которая занимала значительный процент ЦБС (21,2%). У ГК-крыс в это время глаза были открыты, тонус шейных мышц был пластическим, в электрограммах гиппокампа, сенсомоторной и зрительной коры обнаруживались веретена с частотами от 14 до 20 Гц и отмечалось снижение мощности дельта-волн. У этих крыс количество эпизодов МФС было в 6 раз меньше, чем у контрольных животных, тогда как число эпизодов БФС было намного больше контроля. Переходная гипнотическая (каталептическая) стадия при этом напоминала состояние обездвиженности типа каталепсии рыб, амфибий и рептилий. Анализ спектральных характеристик ЭЭГ структур головного мозга крыс ГК показал, что у этих животных имеет место дисфункция эволюционно молодой таламо-кортикальной системы интеграции МФС. При этом активизирована работа структур эволюционно древней гипоталамо-палиокортикальной системы, что проявляется в виде снижения функциональной активности систем синхронизации и усилении активности десинхронизирующих систем мозга. И если переход из бодрствования к МФС у обычных крыс происходил в течение нескольких секунд, то у ГК-крыс этот переход был затруднен и осуществлялся через продолжительную (более 20 с) переходную гипнотическую каталептическую стадию.

Как мы уже отмечали выше, у нормальных, без наличия какой-либо врожденной патологии сон-регулирующих структур головного мозга, крысят в возрасте 20–30 дней в ЦБС также обнаруживается наличие переходных каталептических стадий, суммарная длительность которых составляла 7–8% от продолжительности всего ЦБС. После депривации сна продолжительность этого состояния компенсаторно возрастала. Длительность отдельных эпизодов с признаками каталепсии могла достигать 1,5–2 мин. Таким образом, «функциональная диссолюция» ЦБС может иметь место не только в условиях генетической патологии, но и проявляться в естественном поведении животных в условиях лишения сна [5, 7, 60].

С «функциональной диссолюцией» И.Г. Карманова столкнулась при анализе ЦБС у зимоспящих млекопитающих [32, 34]. Так, у длиннохвостых арктических сусликов при вхождении в спячку была обнаружена существенная перестройка ЦБС, и впервые были выявлены элементы древних форм сна. В начале вхождения в спячку при постепенном понижении температуры мозга от +38 до +36 °С сначала наблюдалось увеличение суммарной продолжительности фаз сна (до 73% МФС и 27% БФС). При дальнейшем снижении температуры мозга происходило уменьшение доли БФС и глубокой МФС от общего времени сна. На фоне БФС проявлялись признаки ДПА. При этом возрастала доля поверхностной стадии МФС, амплитуда медленноволновой ЭЭГ-активности существенно снижалась, проявлялись признаки промежуточного сна рептилий. Общая продолжительность сходной с промежуточным сном рептилий формы сна достигала 17–25% от суммарной продолжительности МФС. При снижении температуры мозга до 30 °С МФС и БФС практически редуцировалась. На ЭЭГ проявлялись признаки одной из форм первичного сна (П-2) амфибий – обездвиженности типа кататонии, характеризовавшейся доминированием на низкоамплитудной полиморфной ЭЭГ тета-ритма, высоким тонусом скелетной мускулатуры и ригидностью сердечного ритма. При температуре мозга ниже 26 °С регистрировалась типичная ЭЭГ-картина зимней спячки. Таким образом, на «зимоспящих» были получены дополнительные доказательства «функциональной диссолюции» ЦБС, которая проявляется в ходе естественного процесса вхождения животных в зимнюю спячку. Автор высказала предположение, что животные, впадающие при неблагоприятных условиях в зимнюю или летнюю спячку, используют одну из древних форм адаптации низших позвоночных к переживанию неблагоприятных температур и бескормицы [28, 30, 34]. Такой формой адаптации является состояние обездвиженности типа кататонии.

12. Значение фило- и онтогенетического изучения ЦБС позвоночных для понимания патологии сна (к вопросу о «патологической диссолюции ЦБС»)

Как мы уже отмечали выше, И.Г. Карманова с самого начала своей научной деятельности проявляла пристальное внимание к изучению механизмов развития патологических процессов в клинике человека. При изучении патологии И.Г. Карманова базировалась на данных Л.А. Орбели [50, 51] и А.В. Войно-Ясенецкого [19] о послыном обнажении эволюционно сложившихся координирующих центральных нервных механизмов интеграции при воздействии повышенного давления кислорода на организм холодно- и теплокровных позвоночных. Войно-Ясенецкий обнаружил

такого рода обнажение (растормаживание) древних систем регуляции функций на уровне гипоталамуса. Это растормаживание приводило к развитию каталептоидного состояния за счет тонотропных влияний, присущих этому уровню интеграции регуляторных механизмов мозга. Он назвал данный феномен «расслоением по каталептическому типу». Распространение растормаживания до уровня стволовых и спинальных образований приводило к развитию у животных судорожных реакций. Этот тип расслоения он назвал «расслоением по эпилептоидному типу».

Изучение нарушений ЦБС при различных формах патологии ЦНС также являлось одним из первоочередных вопросов неврологической и психиатрической практики. Как отмечал А.В. Войно-Ясенецкий, именно в суточном ЦБС, при переходе от бодрствования ко сну, можно наблюдать проявления не только патологической, но и «естественной диссоциации функций» и проявления филогенетически более древних форм функционирования [19]. И.Г. Карманова с сотрудниками тщательно изучила полисомнограммы ночного сна больных с редкими психическими патологиями, такими как нарколепсия, каталептическая и кататоническая формы шизофрении, болезнь Жилия де ля Туретта (одна из форм аффективных расстройств ЦНС) [34, 49]. Анализ результатов исследования ЦБС у больных с хронической злокачественной кататонической формой шизофрении в свете сформировавшихся представлений И.Г. Кармановой о фило- и онтогенезе сна позволил ей сделать вывод о наличии «диссоциации» систем интеграции ЦБС и у этих больных [3, 4, 6, 9–11]. К числу очевидных проявлений диссоциации можно было отнести «стирание граней» между состояниями сна и бодрствования: отсутствие четких признаков стадийной организации сна, преобладание промежуточных состояний с различной феноменологией ЭЭГ, фрагментарность и «пароксизмальность» смены состояний, значительное увеличение числа переходов в сон, увеличение периодов бодрствования, наличие большого числа активационных сдвигов на фоне ночного сна, увеличение количества микроактиваций и признаков недифференцированных состояний. Сон больных кататонической формой шизофрении по своим физиологическим характеристикам далек от нормального сна здорового человека, но эти характеристики вполне сопоставимы с формами покоя, характерными для ЦБС животных с низким уровнем развития ЦНС, когда поведенческие состояния формируют филогенетически древние образования мозга. В случае данной патологии можно было говорить о функциональном возврате поведения человека от высшей, во многом социально обусловленной ритмики цикла бодрствование-сон к низшим биологическим формам ритмического поведения в виде цикла активность-покой. По сути, наблюдался если не полный, то значительный распад ЦБС и переход больно-

го организма на уровень регуляции сна, свойственный более низкоорганизованным системам с примитивными формами проявления ЦБС, а именно к недифференцированному состоянию, характерной особенностью которого является частичное или полное разобщение корреляций между вегетативными, соматическими и нейрофизиологическими функциями.

Здесь следует обратить внимание на то, что в процессе эволюции ЦНС человека максимального развития достигает лимбическая система мозга. Структуры, входящие в состав этой системы, относятся к числу ключевых в обеспечении таких психических функций, как память, восприятие, мышление, эмоции. Лимбические структуры имеют обширные анатомо-функциональные связи с образованиями мозга, регулируемыми циркадными ритмами. В связи с этим морфологические или функциональные поражения структур лимбической системы приводят к частичной или полной дисфункции циркадной ритмики. Уместно указать и на сопряжение функциональных состояний организма с доминированием влияний конечного, межзачаточного и стволового отделов мозга. В значительной степени условно можно говорить о том, что в состоянии бодрствования функционально доминируют телэнцефалические влияния, в стадиях МФС – диэнцефальные, а в стадиях БФС – бульбарные [12, 44, 46]. Эта условная схема уровней организации регулирующих ЦБС систем мозга соответствует пяти критическим этапам развития ЦНС [24, 25], согласно которым для бесчерепных характерен спинномозговой уровень интеграции, для круглоротых – мезэнцефало-бульбарный, для рыб – мозжечково-среднемозговой, для амфибий и рептилий – диэнцефало-телэнцефальный, для млекопитающих – неокортикальный. При кататонической форме шизофрении отчетливо прослеживается снижение телэнцефальных, неокортикальных влияний и чередование доминирования диэнцефальных и мезэнцефало-бульбарных влияний. Дезорганизация циркадного ритма, вызванная патологическим процессом (шизофренией), приводит к рассогласованию ритмической деятельности систем и органов, приближая их к уровню автоматизмов.

На основе изучения ЦБС у больных нарколепсией И.Г. Кармановой был внесен существенный вклад в понимание патогенетических факторов этого заболевания [27, 34, 37]. Сегодня известно, что в основе данной патологии лежит глубокая дисфункция орексинергических структур латерального гипоталамуса. Характерные для данного заболевания кратковременные приступы катаплексии (резкое внезапное падение тонуса мышц, связанных с поддержанием позы тела) обусловлены нарушениями активности ретикулярной формации бульбарного отдела головного мозга, нисходящая импульсация которого оказывает тормозные влияния на мышечный тонус. На основании имеющихся по-

смертных данных об органических изменениях структур серого вещества дна III желудочка мозга и сильвиева водопровода было выдвинуто предположение о наличии очага стационарного возбуждения на уровне среднего и продолговатого мозга. У больных нарколепсией отмечалась также чрезвычайная слабость внутреннего коркового торможения, что исключало возможности подавления возбуждения ретикулярных нейронов (приступ катаплексии усиливался при попытках больных подавить его). Исследования сна у нарколептиков показали, что сон у них начинается не с МФС, а с БФС. В структуре ЦБС этих больных отмечались «смешанные стадии», представляющие сочетание компонентов МФС и БФС. Было выявлено также увеличение первой стадии МФС и уменьшение третьей и четвертой глубоких стадий сна. Число движений во сне у этих больных достоверно увеличено, особенно в БФС и глубоких стадиях МФС. У больных нарколепсией были выявлены также два типа микроактиваций: в виде десинхронизированной низкоамплитудной ЭЭГ-активности и высокоамплитудной высокочастотной активности, сходной с древним паттерном активации, возникающим на фоне сна амфибий и рептилий. Такого рода паттерны в норме у млекопитающих отсутствуют. У нарколептиков отмечено также увеличение эпизодов катаплексии – падения мышечного тонуса на фоне ночного сна, особенно в МФС. Появление эпизодов катаплексии, как правило, предшествовало наступлению БФС. Наряду с приступами катаплексии на фоне бодрствования такие падения мышечного тонуса во сне свидетельствовали о повышении активности систем инициации и регуляции БФС.

Глубокие нарушения сна были обнаружены И.Г. Кармановой и ее сотрудниками и при других психических патологиях. Так, был осуществлен анализ ночного сна у пациентов с болезнью Жилия де ля Туретта – одной из редких форм аффективных расстройств ЦНС [49]. В клинической картине этого заболевания имеют место, наряду с неврологическими расстройствами, и психические нарушения эмоционально-мнестического характера. Эволюционно-диссолюционный подход И.Г. Кармановой к анализу нарушений сна у этих пациентов позволил выявить у них такой тип нарушений сна, при котором имеет место распад ЦБС. Это оставалось незамеченным, поскольку было замаскировано изменениями продолжительности стадий сна. Удалось установить существенные различия в циклической организации сна у больных и у здоровых людей. У здоровых людей прослеживается четкая циклическая организация сна: сон начинается с засыпания (первая и вторая стадии МФС), затем сон углубляется до стадий 3–4 и сменяется фазой быстрого сна. У пациентов с болезнью Жилия де ля Туретта отмечались затруднения при переходе от поверхностных стадий МФС к глубоким. Обнаружились многократные воз-

враты из второй стадии сна в первую, сон не углублялся и не завершался БФС. У больных преобладал поверхностный МФС (до 65%), который, в основном, был представлен второй стадией. На долю глубокого сна приходилось лишь 1,5–5% всего времени сна, тогда как в норме эта доля равнялась 15–17%. Кроме того, на фоне сна наблюдалось большое число движений. Продолжительность БФС у этих пациентов также была снижена и достигала 10–16% вместо 19–21% в норме. Полученные данные свидетельствовали о глубоком дисбалансе в деятельности синхронизирующих систем и гиперфункции активирующих механизмов мозга. Известно, что выраженность веретен во второй стадии сна и большая ее продолжительность могут свидетельствовать о повышенной активности неспецифических ядер таламуса, а высокая двигательная активность на фоне сна и уменьшение доли глубокого медленноволнового сна – о высокой активности ретикулярной формации среднего мозга. Этим можно было объяснить и сокращение продолжительности БФС. Таким образом, экспериментальные и клинические исследования подтвердили перспективность использования предложенного И.Г. Кармановой эволюционно-диссолюционного подхода [34] к выявлению патогенетических факторов нарушений как самого ЦБС, так и поражений в деятельности ЦНС.

Заключение

На основе фундаментальных сравнительно-физиологических, фило- и онтогенетических исследований ЦБС, выполненных на разных представителях позвоночных, И.Г. Карманова и ее сотрудники показали наличие трех этапов формирования цикла в восходящем ряду позвоночных – от «протосна» рыб и амфибий к «промежуточному» сну рептилий и далее к медленно- и быстроволновому сну птиц и млекопитающих. Она впервые предложила «эволюционно-диссолюционный» подход к анализу характера нарушений цикла бодрствование-сон человека при различных формах патологии ЦНС.

Этот новый подход дополнил понимание патогенеза ряда наследственных заболеваний, в частности, эпилепсии, каталептической формой шизофрении и нарколепсии. Он расширил возможности оценки глубины поражений ЦНС в неврологической и психиатрической практике.

Согласно представлениям И.Г. Кармановой об этапах эволюционного формирования ЦБС в подтипе позвоночных, эволюционное развитие этого цикла можно рассматривать как результат генетически обусловленного чередования катаболических и анаболических процессов. Это чередование является основным базисным элементом обеспечения циркадных ритмов активности и покоя. Эволюционное развитие основных молекулярных механизмов обеспечения

циркадных ритмов проявляется в виде постепенного нарастания числа элементов генетического обеспечения работы анаболических и катаболических систем клетки, тканей, мозга и организма в целом. Это усложнение способствует постепенному улучшению согласования работы генов, синхронизирует ритмы их экспрессии с ритмами окружающей среды (смена дня и ночи, температурные изменения), что создает условия для усложнения проявлений бодрствования и сна. Эволюция и усложнение ЦНС, а также усложнение гормональных систем регуляции функций организма формируют новый тип ритмического чередования активности и покоя – от цикла бодрствование-протосон рыб и амфибий к циклу бодрствование-промежуточный сон рептилий, а далее к циклу бодрствование-сон теплокровных позвоночных. ЦБС теплокровных является вершиной эволюционного развития цикла активность-покой, самым усложненным результатом генетически обусловленного чередования ката- и анаболических процессов. При этом у теплокровных развивающемуся и усложняющемуся бодрствованию сопутствуют усиление и ускорение катаболических процессов. Это способствует увеличению продолжительности бодрствования, создает условия для активных и сложных контактов с внешней средой и тем самым создает условия для прогрессивной эволюции всех систем организма, особенно развития ЦНС.

Сон на всех этапах своего эволюционного развития выполняет основную восстановительную и защитную роль, направленную на поддержание гомеостатического равновесия внутренней среды организма. Анаболические процессы, которые присущи МФС и его эволюционным предшественникам (состоянию катаплексии у рыб и амфибий, промежуточному сну рептилий), способствуют восстановлению и гармонизации внутреннего гомеостаза, для того чтобы обеспечить эффективную работу множества функций как во время сна, так и во время бодрствования. Таким образом, восстановительная анаболическая функция МФС является основной базисной функцией покоя.

Благодаря данным об эволюционном развитии сна в подтипе позвоночных стало возможным не только понимать многообразие модификаций сна, которые обнаруживаются у млекопитающих, но и увидеть во многих из этих модификаций проявления «древних» типов сна (катаплексии, кататонии, катаплексии), то есть таких типов приспособлений, которые обнаруживаются при экстремальных, неблагоприятных условиях окружающей среды (стресс, холод и бескормица) – при спячке или же в условиях патологии на фоне повреждения высших уровней интеграции ЦБС у человека. Подобная структура развития функции сна создает возможность быстрого реагирования и адаптации организма к переживанию тех или иных угрожающих жизни опасностей.

Наличие БФС в ЦБС млекопитающих и ДПА в ЦБС холоднокровных позвоночных связано с необходимостью периодической активации структур ЦНС для того, чтобы углубление МФС не привело бы к переходу в состояние комы. Эта функция БФС и ДПА является общей и базисной. В процессе своего эволюционного развития БФС обогащается новыми функциями, такими как гармонизация и развитие психики, обеспечение процессов обучения и памяти и др. Эти функции, связанные с БФС, являются надстроечными. Они обеспечивают прогрессивное развитие памяти и когнитивных возможностей человека.

В настоящее время сомнологи интенсивно изучают нейрогормональные, нейротрансмиттерные механизмы регуляции ЦБС у млекопитающих, холоднокровных позвоночных и беспозвоночных. Изучение нейромедиаторных механизмов регуляции ЦБС и фармакологических методов коррекции нарушений в работе этих механизмов находятся в начале своего пути, и в развитии этих направлений сомнологии важную роль может сыграть эволюционная сомнология, основы которой в нашей стране были заложены блестящим эволюционистом профессором И.Г. Кармановой.

Обобщая результаты своих исследований и работы всего коллектива лаборатории эволюции сна и бодрствования, в 1977 г. И.Г. Карманова опубликовала монографию «Эволюция сна: этапы формирования цикла "бодрствование-сон" в ряду позвоночных» [27], которая была переведена и опубликована за рубежом в издательстве Karger (Bazel, 1982) [76]. Эта книга получила высокую оценку зарубежных специалистов. В своем предисловии к монографии «Эволюция сна» один из крупнейших нейрофизиологов мира, первый президент Европейского общества по изучению сна В.П. Келла (редактор монографии Иды Гавриловны) написал: «Чтобы создать такое красивое направление в науке, надо быть поэтом...» Совместно с сотрудниками Таджикского госуниверситета Х.М. Сафаровым и Э.Н. Нуритдиновым И.Г. Карманова подготовила и опубликовала учебное пособие «Сон, спячка и условнорефлекторная деятельность» в 2 частях [38, 39]. Стремясь донести результаты своих исследований до как можно большего числа читателей – специалистов и неспециалистов, И.Г. Карманова опубликовала научно-популярную книгу «Что мы знаем о происхождении цикла бодрствование-сон и причинах его нарушения (научно-популярные очерки)» [29]. И, наконец, подводя итог своей научной и творческой деятельности, Ида Гавриловна в 1994 г. опубликовала (совместно с Г.А. Оганесяном) монографию «Физиология и патология цикла бодрствование-сон: эволюционные аспекты» [34]. Эта книга также была переведена на английский язык и опубликована в издательстве «University Press of America» в 1999 г. [75]. С 1976 по 2005 г.

под руководством И.Г. Кармановой было защищено 5 докторских и 13 кандидатских диссертаций. Многим ученым она дала зеленый свет не только в области изучения сна, но и в других областях нейронаук.

Научная деятельность И.Г. Кармановой была заслуженно оценена. В 1998 г. ей было присвоено звание заслуженного деятеля науки Российской Федерации. За циклы исследований по физиологии, патологии и эволюции цикла бодрствование-сон она получила премию им. И.П. Павлова, а также была награждена Институтом высшей нервной деятельности РАН почетной медалью П.К. Анохина. За серию работ, охватывающих 46-летний этап исследований и объединенных общей тематикой: «Современные проблемы эволюционной сомнологии и патогенетические факторы нарушений цикла бодрствование-сон», Ида Гавриловна в 2004 г. была награждена премией РАН им. Л.А. Орбели.

Статья о И.Г. Кармановой будет неполной, если не упомянуть о ее поэтическом таланте, который сформировался еще в юные годы и стремительно развивался и расцветал с возрастом. Как писала Л.А. Региня (член Санкт-Петербургского союза журналистов, публицист и литератор, автор книги «Зеркало памяти»): «Две стихии – жизнь в науке и жизнь в поэзии, пересеклись в этом незаурядном и талантливом человеке и, чудесным образом обогатив друг друга, дали поразительный эффект». Сборник стихов «Маски сна» (Ленинград, 1991) и стихи, включенные в биографиче-

скую книгу Л.А. Регины «Зеркало памяти» [56], являются ярким свидетельством подобного тандема творческих стихий.

Жизнелюбие, самоотверженное служение науке, научная интуиция, огромная работоспособность и воля, умение в любом начинании дойти до конца, удивительное умение вовлекать в круг своих интересов талантливых людей, уважать их опыт – это являлось жизненным кредо Иды Гавриловны Кармановой как личности незаурядной, свободной от комплексов и страхов и всегда заряженной на успех.

*Властвуй над мыслью, властвуй над чувством,
Только, как прежде, будь ты стоустым,
Чтобы, как прежде, любая строка
Знала – она не ручей, а река.*

Ида Карманова (Из цикла «Размышления», 1991)

И такой рекой можно считать то научное направление в сомнологии – эволюционную сомнологию, которую И.Г. Карманова основала и возглавила в нашей стране. В эту реку познания постоянно вливаются все новые и новые факты, которые подтверждают плодотворность сформулированной Идой Гавриловной теории эволюции сна в подтипе позвоночных. Еще многие годы идеи И.Г. Кармановой будут пополняться усилиями учеников созданной ею школы эволюционной физиологии новым содержанием, содействуя дальнейшему развитию науки о сне.

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Аристакесян ЕА. Нейрофизиологическая характеристика форм покоя первичного сна и гипобиоза у лягушки *Rana temporaria*. Журн эвол биохим физиол. 1986;22:475-81.
2. Аристакесян ЕА. Анализ гипоталамических механизмов регуляции холодого гипобиоза у лягушки *Rana temporaria*. Журн эвол биохим физиол. 1992;28:38-44.
3. Аристакесян ЕА. Сравнительный нейрофизиологический анализ цикла бодрствование-сон в раннем постнатальном онтогенезе у крыс и морских свинок. Журн эвол биохим физиол. 1997;33:622-9.
4. Аристакесян ЕА. Формирование цикла бодрствование-сон в онтогенезе крыс линии Вистар и с генетической предрасположенностью к катаlepsии. Журн эвол биохим физиол. 1997;33:169-76.
5. Аристакесян ЕА. Фило- и онтогенетические параллели эффектов депривации сна. Журн эвол биохим физиол. 1999;35:389-95.
6. Аристакесян ЕА. Нейрофизиологические проявления деятельности активирующих систем головного мозга крыс месячного возраста в цикле бодрствование-сон в условиях стресса. В кн.: Сон и тревожность. Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН; 2008. с. 202-16.
7. Аристакесян ЕА. Эволюционные аспекты взаимодействия сна и стресса: фило-онтогенетический подход. Журн. эвол биохим физиол. 2009;45:598-611.
8. Аристакесян ЕА, Ватаев СИ. Формирование фаз сна и терморегуляции в раннем онтогенезе крыс. Журн эвол биохим физиол. 1993;29:53-9.
9. Аристакесян ЕА, Карманова ИГ. Эффекты шестичасовой тотальной депривации сна на цикл бодрствование-сон крыс в разные сроки онтогенеза. Журн эвол биохим физиол. 1998;34:510-15.
10. Аристакесян ЕА, Карманова ИГ. Влияние световой стимуляции на цикл бодрствование-сон травяной лягушки *Rana temporaria*. Журн эвол биохимии физиол. 2007;43:176-81.

11. Аристакесян ЕА, Карманова ИГ. Некоторые примеры рекапитуляции филогенетических этапов формирования цикла бодрствование-сон в онтогенезе млекопитающих. Журн эвол биохим физиол. 1998;34:492-501.
12. Аристакесян ЕА, Карманова ИГ. Развитие активированной фазы сна в фило- и онтогенезе. Журн эвол биохим физиол. 1995;31:346-65.
13. Аристакесян ЕА, Кузик ВВ, Макина ДМ, Оганесян ГА. Цикл бодрствование-сон и гипоталамо-гипофизарная нейросекреторная система молодых крысят на фоне фотостимуляции. Журн эвол биохим физиол. 2006;42:244-53.
14. Аствацатуров МИ. Учебник нервных болезней. М.-Л.: Биомедгиз; 1939.
15. Белехова МГ. Таламо-кортикальная система рептилий (афферентная организация, межцентральные взаимоотношения и филогенетическая интерпретация). Л.; 1977.
16. Бериташвили ИС. Об основных формах нервной и психической деятельности. М.-Л.: Изд-во АН СССР; 1947.
17. Бехтерев ВМ. Общая диагностика болезней нервной системы Ч. I и Ч. II. СПб.: 1911, 1915.
18. Ватаев СИ. Нейрофизиологический анализ форм бодрствования и покоя у жабы *Bufo bufo* и лягушки *Rana ridibunda* в суточном цикле. Журн эвол биохим физиол. 1990;26:199-206.
19. Войно-Ясенецкий АВ. Отражение эволюционных закономерностей в экспериментальной реакции животных на действие высокого парциального давления кислорода. М.-Л.; 1958.
20. Войно-Ясенецкий А.В. Первичные ритмы возбуждения в онтогенезе. Л.: Наука; 1974.
21. Давиденков СН. Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. Л.: Медгиз; 1947.
22. Дарвин Ч. О происхождении видов путем естественного отбора или сохранении благоприятствуемых пород в борьбе за жизнь (*Darwin Ch. On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*, 1859).
23. Иванов КП. Основы энергетики организма. Т. 1. Общая энергетика, теплообмен и терморегуляция. Л.: Наука; 1990.
24. Карамян АИ. Закономерности рекапитуляции и функциональная эволюция мозга. Усп физиол наук. 1987;18:39-48.
25. Карамян АИ. Эволюция конечного мозга позвоночных. Л.: Наука; 1976.
26. Карманова ИГ. Новое об особенностях сна и организации цикла бодрствование-сон холоднокровных позвоночных. Журн эвол биохим физиол. 1996;32:511-35.
27. Карманова ИГ. Первичный сон позвоночных и его роль в генезе гипобиоза и зимней спячки млекопитающих. Журн эвол биохим физиол. 1984;20:49-52.
28. Карманова ИГ. Фотогенная катаlepsия: к эволюции, физиологии и клинике центрального угнетения двигательной функции. Л.: Наука; 1964.
29. Карманова ИГ. Что мы знаем о происхождении цикла бодрствование-сон и причинах его нарушения (научно-популярные очерки). СПб.: Наука; 1998.
30. Карманова ИГ. Эволюция сна: этапы формирования цикла «бодрствование-сон» в ряду позвоночных. Л.: Наука; 1977.
31. Карманова ИГ, Аристакесян ЕА, Шиллинг НВ. Нейрофизиологический анализ гипоталамических механизмов регуляции первичного сна и гипобиоза. Докл акад наук СССР. 1987;294(1):245-8.
32. Карманова ИГ, Белич АИ, Пастухов ЮФ, Чепкасов ИЕ. Преобразование цикла сна при погружении в спячку арктического суслика *Citellus parryi* R (эволюционный аспект проблемы генеза зимней спячки). Журн эвол биохим физиол. 1983;19:78-83.
33. Карманова ИГ, Колаева СГ, Крамарова ЛИ и др. Влияние экстракта кишки зимоспящего суслика (*Citellus undulatus* Pallas) на формы покоя первичного сна позвоночных. Журн криобиол криомед АН УССР. 1984;15:36-40.
34. Карманова ИГ, Оганесян ГА. Физиология и патология цикла бодрствование-сон: эволюционные аспекты. СПб.; 1994.
35. Карманова ИГ, Оганесян ГА, Хомутецкая ОЕ, Богословский ММ, Аристакесян ЕА. Значение фило- и онтогенетического изучения цикла бодрствование-сон для понимания патологии сна. Журн эвол биохим физиол. 1991;27:608-19.
36. Карманова ИГ, Попова ДИ, Хомутецкая ОЕ и др. Гистохимическое определение РНК и белка в мозгу во время первичного сна лягушки и промежуточного сна черепахи. Журн эвол биохим физиол. 1984;20:294-8.
37. Карманова ИГ, Разумов ВМ, Яхно НН. Разработка эволюционных принципов диссолюционного анализа дезинтеграции цикла бодрствование-сон. Журн эвол биохим физиол. 1987;23:133-40.
38. Карманова ИГ, Сафаров ХМ, Нуритдинов ЭН. Сон, спячка и условнорефлекторная деятельность (эволюционный и экологический аспекты). Учебное пособие по спецкурсу. Ч. I. Душанбе; 1989.

39. Карманова ИГ, Сафаров ХМ, Нурутдинов ЭН. Сон, спячка и условнорефлекторная деятельность. Учебное пособие по спецкурсу. Ч. II. Душанбе; 1990.
40. Карманова ИГ, Хомутецкая ОЕ, Шиллинг НВ. Сравнительно-физиологический анализ эволюции сна и механизмов его регуляции. Усп физиол наук. 1981;12:3-20.
41. Колпаков ВГ. Кататония у животных: генетика, нейрофизиология, нейрохимия. Новосибирск: Наука; 1990.
42. Кроль МБ. Невропатологические синдромы. М.-Л.: Биомедгиз; 1933.
43. Кроль МБ, Федорова ЕА. Основные невропатологические синдромы. М.: Медицина; 1966.
44. Левин ЯИ. Депривация сна. Сомнология и медицина сна. Избранные лекции. М.: Медфорум; 2013. С. 111-37.
45. Мухаметов ЛМ. Сравнительная физиология млекопитающих. Итоги науки и техники (физиология животных). 1986;31:111-30.
46. Оганесян ГА, Аристакесян ЕА, Романова ИВ и др. К вопросу об эволюции цикла бодрствование-сон. Часть 1: нейрофизиологические аспекты. Биосфера. 2011;3:514-30.
47. Оганесян ГА, Аристакесян ЕА, Элиава МИ и др. Морфофункциональный анализ действия кратковременной депривации сна на цикл бодрствование-сон молодых и взрослых крыс. Журн эвол биохим физиол. 2002;38:232-39.
48. Оганесян ГА, Аристакесян ЕА, Карманова ИГ, Евсюкова ИИ. Проявления диссоциации центральной нервной системы в цикле бодрствование-сон у млекопитающих. Журн эвол биохим физиол. 2003;39:618-24.
49. Оганесян ГА, Карманова ИГ, Шустин ВА, Корзенов АВ, Арестова МВ. Эволюционно-диссолюционный анализ цикла бодрствование-сон при болезни Жилия де ла Туретта. Журн эвол биохим физиол. 1996;32:478-87.
50. Орбели ЛА. Вопросы эволюционной физиологии. Архив биол наук. 1941;41(1):43-55.
51. Орбели ЛА. Эволюционный принцип в применении к физиологии центральной нервной системы. Усп совр биол. 1942;15(3):257-72.
52. Павлов ИП. Лекции о работе больших полушарий головного мозга. М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1951.
53. Павлов ИП, Петрова МК. К физиологии гипнотического состояния собаки. В кн.: Павлов ИП. Полн. собр. соч. Т. 3. Кн. 2. М.-Л.; 1951. с. 133-47.
54. Поленов АЛ, Константинова МС, Гарлов ПЕ. Гипоталамо-гипофизарный нейроэндокринный комплекс. Основы современной физиологии (нейроэндокринология) Ч. 1. (Кн. 1). СПб.; 1993. с. 139-87.
55. Раевский ВВ. Формирование основных медиаторных систем головного мозга. В кн.: Нейроонтогенез. М.: Наука; 1985. с. 199-243.
56. Региня ЛА. Зеркало памяти. СПб.: Агрограф; 2004.
57. Северцов АН. Современные задачи эволюционной теории. М; 1914.
58. Хомутецкая ОЕ, Аристакесян ЕА, Сапожкова ГГ. Влияние кишечного экстракта, выделенного из тонкой кишки зимоспящего арктического суслика *Citellus undulatus* Pallas на формы покоя первичного сна и гипобיוза травяной лягушки. В кн.: Эволюционные аспекты гипобюоза и зимней спячки. Л.; 1986. с. 100-4.
59. Шапиро БИ, Карманова ИГ. Влияние ритмического света на нейросекрецию супраоптического и паравентрикулярного ядер переднего гипоталамуса. В кн.: Нейросекреторные элементы и их значение в организме. М.-Л.: Наука; 1964. с. 232-5.
60. Элиава МИ, Аристакесян ЕА. Эффекты шестичасовой тотальной депривации сна на цикл бодрствование-сон крыс в разные сроки онтогенеза. Журн эвол биохим физиол. 1998;(2):202-11.

Общий список литературы/List of references

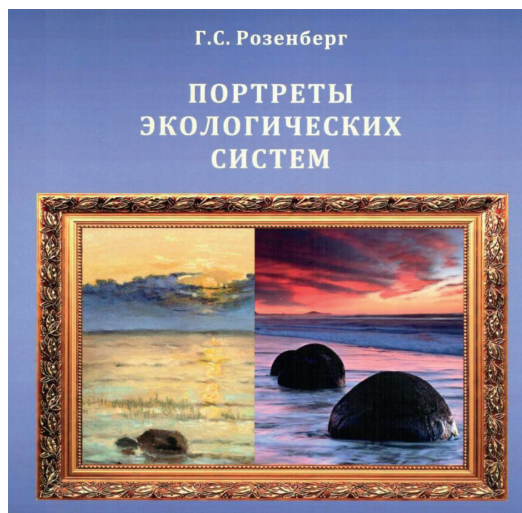
1. Aristakesyan YeA. [Neurological characterization of the forms of the resting state of the primordial sleep and parabiosis in the frog *Rana temporaria*]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1986;22:475-81. (In Russ.)
2. Aristakesyan YeA. [Analysis of the hypothalamic mechanisms of cold-induced hypobiosis regulation in the frog *Rana temporaria*]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1992;28:38-44. (In Russ.)
3. Aristakesyan YeA. [Comparative neurophysiological analysis of the sleep-wakefulness cycle in the early postnatal ontogenesis of rats and guinea pigs]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1997;33:622-9. (In Russ.)
4. Aristakesyan YeA. [The formation of the sleep-wakefulness cycle in Wistar rats genetically predisposed to catalepsy]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1997;33:169-76. (In Russ.)
5. Aristakesyan YeA. [Phylo- and ontogenetic parallels of the effects of sleep deprivation]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1999;35:389-95. (In Russ.)
6. Aristakesyan YeA. [The neurophysiological manifestations of the operation of the activating systems of the brain in one month-old rats under stressful conditions]. In: Son i Trvozhnost'. Rostov-on-Don: Yuzhnyi Nauchnyi Tsentr RAN; 2008. P. 202-16. (In Russ.)

7. Aristakesyan YeA. [The evolutionary aspects of interactions between sleep and stress: A phylo-ontogenetic approach]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 2009;55:598-611. (In Russ.)
8. Aristakesyan YeA, Vatayev SI. [The development of thermoregulation and sleep phases during the early ontogenesis in rats]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1993;29:53-9. (In Russ.)
9. Aristakesyan YeA, Karmanova IG. [Effects of six-hours stimulation with light on the sleep-wakefulness cycle during different stages of ontogenesis]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1998;34:510-15. (In Russ.)
10. Aristakesyan YeA, Karmanova IG. [The effects of stimulation with light on the sleep-wakefulness cycle in the frog *Rana temporaria*]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 2007;43:176-81. (In Russ.)
11. Aristakesyan YeA, Karmanova IG. [Some examples of the recapitulation of the phylogenetic periods of sleep-wakefulness cycle development in the ontogenesis of mammals]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1998;34:492-501. (In Russ.)
12. Aristakesyan YeA, Karmanova IG. [The development of the activated phase of sleeping in phylo- and ontogenesis]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1995;31:346-65. (In Russ.)
13. Aristakesyan YeA, Kuzik VV, Makina DM, Oganeyan GA. [Sleep-wakefulness cycle and the hypothalamo-pituitary neurosecretory system of rat pups upon photostimulation]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 2006;42:244-53. (In Russ.)
14. Astvatsaturov MI. *Uchebnik Nervnykh Bolezney.* Moscow-Leningrad: Biomedgiz; 1939. (In Russ.)
15. Belekova MG. *Talamo-Kortikalnaya Sistema Reptiliy (Afferentnaya Organizatsiya Mezhsentralnye Vzaimootnosheniya i Filogeneticheskaya Interpretatsiya).* Leningrad; 1997. (In Russ.)
16. Beritashvili MG. *Ob Osnovnykh Formakh Nervnoy i Psikhicheskoy Deyatelnosti.* Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR; 1947. (In Russ.)
17. Bekhterev VM. *Obschaya Diagnostika Bolezney Nervnoy Sistemy.* Ch. 1, Ch. 2. Saint Petersburg; 1911, 1915. (In Russ.)
18. Vatayev SI. [Neurophysiological analysis of the forms of wakefulness and rest in diurnal cycles of the toad *Bufo bufo* and the frog *Rana temporaria*]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1990;26:199-206. (In Russ.)
19. Voyno-Yasenetskiy AV. *Otrazheniye Evoliutsionnykh Zakonomernostey v Eksperimentalnoy Reaktsii Zhivotnykh na Deystviye Vysokogo Partitsialnogo Davleniya Kisloroda.* Moscow-Leningrad: 1958. (In Russ.)
20. Voyno-Yasenetskiy AV. *Pervichnye Ritmy Vozbuzhdeniya v Ontogeneze.* Leningrad: Nauka; 1947. (In Russ.)
21. Davidenkov SN. *Evoliutsionno-Geneticheskiye Problemy v Nevropatologii.* Leningrad: Medgiz; 1947. (In Russ.)
22. Darwin Ch. *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life,* 1859. (In Russ.)
23. Ivanov KP. *Osnovy Energetiki Organizma. T. 1. Obschaya Energetika, Teploobmen i Teploregulirovaniya.* Leningrad; Nauka; 1990. (In Russ.)
24. Karamyayn AI. [Regularities in recapitulation and the functional evolution of the brain]. *Uspekhi Fiziol Nauk.* 1987;18:39-48. (In Russ.)
25. Karamyayn AI. *Evoliutsiya Konechnogo Mozga Pozvonochnykh.* Leningrad: Nauka; 1976. (In Russ.)
26. Karmanova IG. [Novelties about the specifics of sleep and the organization of sleep-wakefulness cycle of cold-blooded vertebrates]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1996;32:511-35. (In Russ.)
27. Karmanova IG. [The primordial sleep of vertebrates and its role in the genesis of hypobiosis and winter hibernation of mammals]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1984;20:49-52. (In Russ.)
28. Karmanova IG. *Fotogennaya Katalapsiya: K Evoliutsii, Fiziologii i Klinike Tsentralnogo Ugneteniya Dvigatelnoy Funktsii.* Leningrad: Nauka; 1964. (In Russ.)
29. Karmanova IG. *Chto My Znayem o Proiskhozhdenii Tsykla Bodrstvovaniye-Son i Prichinakh Yego Nwrusheniy (Nauchno-Populiarnye Ocherki).* Saint Petersburg: Nauka; 1998. (In Russ.)
30. Karmanova IG. *Evoliutsiya Sna: Etapy Formirovaniya Tsykla "Bodrstvovaniye-Son" v Riadu Pozvonochnykh.* Leningrad: Nauka; 1997. (In Russ.)
31. Karmanova IG, Aristakesyan YeA, Shilling NV. [Neurophysiological analysis of the hypothalamic mechanisms of regulation of primordial sleep and hypobiosis]. *Dokl Akad Nauk SSSR.* 1987;294(1):245-8. (In Russ.)
32. Karmanova IG, Belich AI, Pastukhov YuF, Chepkasov IYe. [Sleep cycle transformation into the forms of resting state upon falling of arctic suslik (*Citellus undulatus* Pallas) into hibernation]. *Zhurn Evol Biokhim Fiziol.* 1983;19:78-83. (In Russ.)
33. Karmanova IG., Kolayeva SG, Kramarova LI et al. [The effect of an extract from the intestine of suslik (*Citellus undulatus* Pallas), which hibernates in winter, on the forms of the resting state of the primordial sleep of mammals]. *Zhurn Kriobiol Kriomed AN USSR.* 1984;15:36-40. (In Russ.)
34. Karmanova IG., Oganeyan GA. *Fiziologiya i Patologiya Tsykla Bodrstvovaniye-Son: Evoliutsionnye Aspekty.* Saint Petersburg; 1994. (In Russ.)

35. Karmanova IG, Oganessian GA, Khomutsetsкая OYe, Bofoslovskiy MM, Aristakesyan YeA. [The significance of phylo- and ontogenetic studies of sleep-wakefulness cycle for understanding sleep pathologies]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1991;27:608-19. (In Russ.)
36. Karmanova IG, Popova DI, Khomutsetsкая OYe et al, [Histochemical determination of RNA and protein in the brain during the primordial sleep of the frog and the intermediate sleep of the turtle]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1984;20:294-8. (In Russ.)
37. Karmanova IG, Razumov VM, Yakhno NN. [Development of the evolutionary principles of the sissonition analysos of disintegration of sleep-wakefulness cycle]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1987;23:133-40. (In Russ.)
38. Karmanova IG, Safarov KhM, Nuritdinov EN. Son, Spiachka i Uslovnoreflektotnaya Deyatelnost (Evolutsionnyy i Ekologicheskiy Aspekty) Uchebnoye Posobiye po Spetskursu Ch I. Dushanbe; 1989. (In Russ.)
39. Karmanova IG, Safarov KhM, Nuritdinov EN. Son, Spiachka i Uslovnoreflektotnaya Deyatelnost Uchebnoye Posobiye po Spetskursu Ch II. Dushanbe; 1990. (In Russ.)
40. Karmanova IG, Khomutsetsкая OYe, Shilling NV. [Comparative physiological analysis of the evolution of sleep and the mechanisms of its regulation]. Uspekhi Fiziol Nauk. 1981;12:3-20. (In Russ.)
41. Kolpakov VG. Katatoniya u Zhivotnykh: Genetika, Neyrofiziologiya, Neyrokhiimiya. Novosibirsk: Nauka; 1990. (In Russ.)
42. Krol MB. Nevropatologicheskiye Sindromy. Moscow-Leningrad: Biomedgiz; 1933. (In Russ.)
43. Krol MB, Fedorova YeA. Osnovnye Nevropatologicheskiy Sindromy. Moscow: Meditsyna; 1966. (In Russ.)
44. Levin YaM. Deprivatsiya Sna. In: Somnologiya i Meditsyna Sna Izbrannye Lektsii. Moscow: Medforum; 2013. P. 111-37. (In Russ.)
45. Mukhametov LM. [Comparative physiology of mammals]. Itogi Nauki i Tekhniki (Fiziologiya Zhivotnykh). 1986;31:111-30. (In Russ.)
46. Oganessian GA, Aristakesyan YeA, Romanova IV et al. [The issues of the evolution of sleep-wakefulness cycle. Part 1: Neurophysiological aspects]. Biosfera. 2011;3:514-30. (In Russ.)
47. Oganessian GA, Aristakesyan YeA, Eliava MI et al. [Morphofunctional analysis of the effect of a short-term sleep deprivation on sleep-wakefulness cycles in young and adult rats]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 2002;38:232-39. (In Russ.)
48. Oganessian GA, Aristakesyan YeA, Karmanova IG, Yevsiukova II. [Manifestations of dissolution of the central nervous system in the course of sleep-wakefulness cycle in mammals]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 2003;39:618-24. (In Russ.)
49. Oganessian GA, Karmanova IG, Shustin VA, Korzenev AV, Arestova MV. [Evolutionary-dissolutionary analysis of sleep-wakefulness cycle upon Tourette syndrome]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1996;32:478-87. (In Russ.)
50. Orbeli LA. [Issues in evolutionary physiology]. Arkhiv Biol Nauk. 1941;41(1):43-55. (In Russ.)
51. Orbeli LA. [Evolutionary principles as applied to physiology of the central nervous system]. Uspekhi Sovr Biol. 1942;15(3):257-72. (In Russ.)
52. Pavlov IP. Lektsii o Rabote Bolshikh Polushariy Golovnogo Mozga. Moscow-Leningrad: Izdatelstvo AN SSSR; 1951. (In Russ.)
53. Pavlov IP, Petrova MK. [On physiology of the hypnotic state in dogs]. In: Pavlov IP. Polnoye Sobraniye Sochineniy T 3 Kn 2. Moscow-Leningrad: 1951. P. 13-147. (In Russ.)
54. Polenov AL, Konstantinova MS, Garlov PYe. Gipotalamo-Gipofizarniy Neuroendokrinnyy Kompleks. In: Osnovy Sovremennoy Fiziologii (Neuroendokrinologiya) Ch 1 (Kn 1). Saint Petersburg; 1994. P. 139-187. (In Russ.)
55. Rayevskiy VV. [Development of the principal mediator systems of the brain]. In: Neyroontogenez. Moscow: Nauka; 1985. P. 199-243. (In Russ.)
56. Reginia LA. Zerkalo Pamiati. Saint Petersburg: Agrograf; 2004. (In Russ.)
57. Severtsov AN. Sovremennye Zadachi Evolutsionnoy Teorii. Moscow; 2014. (In Russ.)
58. Khomutsetsкая OYe, Aristakesyan YeA, Sapozhkova GG. [The effects of an intestinal extract obtained from the thin intestine of the hibernating arctic suslik *Citellus undulatus Pallas* on the forms resting state and hypobiosis of the brown frog]. In: Evolutsionnye Aspekty Gipobioza i Zimney Spiachki. Leningrad; 1986. P. 100-4. (In Russ.)
59. Shapiro BI, Karmanova IG. [The effect of rhythmic illumination on neurosecretion in the supraoptic and paraventricular nuclei of the anterior hypothalamus]. In: Neyrosekretornye Elementy i Ikh Znachenie v Orhanizme. Moscow-Leningrad: Nauka; 1964. P. 232-5. (In Russ.)
60. Eliava MI, Aristakesyan YeA. [Effects of six-hours total sleep deprivation on sleep-wakefulness cycle in rates at different periods of ontogenesis]. Zhurn Evol Biokhim Fiziol. 1998;(2):202-11. (In Russ.)
61. Alisson N, Cocchetti DV. Sleep in mammals: ecological and constitutional correlates. Science. 1976;194:732-34.
62. Allison T, Van Twyver H, Goff WR. Electrophysiological studies of the echidna, *Tachyglossus*

- aculeatus. I. Waking and sleep. *Arch Ital. Biol.* 1972;110(2):145-84.
63. Campbell SS, Tobler I. Animal sleep. Review of sleep duration across phylogeny. *Neurosci Biobehav Rev.* 1984;8:268-300.
 64. Balzamo E, Dradley JM, Dradley DM et al. Sleep ontogeny in the chimpanzee from birth to 2 month. *Electroenceph Clin Neurophysiol.* 1972;33:41-6.
 65. Frank M, Heller HC. The ontogeny of mammalian sleep: a reappraisal of alternative hypotheses. *J Sleep Res.* 2003;(12):25-34.
 66. Frederick AL, Stanwood GD. Developing brain as an endocrine organ secretion of dopamine. *Dev Neurosci.* 2009;31:7-22.
 67. Hobson JA. Sleep is of the brain, by the brain and for the brain. *Nature.* 2005;437:1254-6.
 68. Inoue S. Behavioral versus telencephalic sleep. *WFSRS Newslett.* 1995;4:11-2.
 69. Jackson JH. On the anatomical, physiological and pathological investigation of epilepsies. *West Riding Lunatic Asylum Med Rep.* 1873:315-339.
 70. Jackson JH. On evolution and dissolution of the nervous system. 1884. In: *Hierarchies in neurology. A reappraisal of a Jacksonian concept.* London, Berlin: Springer Verlag; 1989.
 71. Jackson JH. Study of convulsions. *Tr St Andrews Med Grad Assoc.* 1870;3(1):1-45. In: *Selected writing of J.H. Jackson. Vol.1. On Epilepsy and Epileptic Form Convulsions.* London: Hodder & Stoughton, 1931. P. 8-36.
 72. Jouvet M. How sleep was dissociated into two stages: telencephalic and rhombencephalic sleep? *Arch Ital Biol.* 2004;142(4):317-26.
 73. Jouvet M. Telencephalic and rhombencephalic sleep in the cat. In: *The Nature of Sleep.* London; 1961. P. 188-206.
 74. Jouvet-Mounier D, Astic L, Lacote D. Ontogenesis of sleep in rat, cat, and quinea pig during the first postnatal month. *Dev Physiol.* 1969;2:216-39.
 75. Karmanova IG. *Sleep Evolution and Disorders.* N-Y., Oxford: Univ Press Amer Inc.; 1999.
 76. Karmanova IG. *Stages of Sleep Evolution. Stages of Wakefulness-Sleep Cycle in Vertebrates.* Basel: Karger; 1982.
 77. Lesku JA, Roth TC 2d, Amlaner CJ, Lima SL. A phylogenetic analysis of sleep architecture in mammals: the integration of anatomy, physiology, and ecology. *Am Nat.* 2006;168:441-53.
 78. Libourel P-A, Herrel A. Sleep in amphibians and reptiles: review and preliminary analysis of evolutionary patterns. *Biol Rev Cambridge Philos Soc.* 2016;91:833-66.
 79. Lyamin OI, Manger PR, Ridgway SH et al. Cetacean sleep: an unusual form of mammalian sleep. *Neurosci Biobehav Rev.* 2008;32:1451-84.
 80. Meddis R. The evolution of sleep. In: Mayes A. (Ed.) *Sleep Mechanisms and Functions in Human and Animal – An Evolutionary Perspective.* Berkshire:Van Nostrand Reinhold; 1983. P. 57-106.
 81. Nicol SC, Andersen NA, Phillips NH, Berger RJ. The echidna manifests typical characteristics of rapid eye movement sleep. *Neurosci Lett.* 2000;283:49-52.
 82. Owen R. *On the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton.* London; 1847.
 83. Parmeggiani PL. Interaction between sleep and thermoregulation an aspect of the control of behavioral states. *Sleep.* 1987;10(5):426-35.
 84. Rattenborg NC, Amlaner CJ, Lima SL. Unilateral eye closure and interhemispheric EEG asymmetry during sleep in the pigeon (*Columba livia*). *Brain Behav Evol.* 2001;58:323-32.
 85. Rattenborg NC, Amlaner CJ. Phylogeny of sleep. In: Lee-Chiong T, Sateia M, Carskadon M. (Eds.) *Sleep Medicine.* Philadelphia; 2002. P. 7-22.
 86. Rattenborg NC. Evolution of slow-wave sleep and palliopallial connectivity in mammals and birds: a hypothesis. *Brain Res Bull.* 2006;69:20-9.
 87. Rial RV, Nicolau MC, Gamundi A et al. The trivial function of sleep. *Sleep Med Rev.* 2007;11:311-25.
 88. Siegel JM, Manger PR, Nienhuis R et al. Monotremes and the evolution of rapid eye movement sleep. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci.* 1998;353:1147-57.
 89. Siegel JM. Do all animals sleep? *Trends Neurosci.* 2008;31:208-13.
 90. Steriade M, Mc Carley RW. *Brainstem control of wakefulness and sleep.* N-Y.: Plenum Press; 2001.
 91. Steriade M. The corticothalamic system in sleep. *Front Biosci.* 2003;8:d878-d899.
 92. Vasilescu E. Phylogenetic and general remarks on sleep. *Rev Roum Morphol Embriol Physiol.* 1983;209:17-25.
 93. Verley R, Garma L. The criteria of sleep stages during ontogeny in different animal species. In: *The Experimental Study of Human Sleep: Methodological Problems.* Amsterdam; 1975. P. 109-25.
 94. Voorn P, Kalsbeek A, Jorritsma-Byham B, Groenewegen HJ. The pre- and postnatal development of the dopaminergic cell groups in the ventral mesencephalon and the dopaminergic innervation of the striatum of the rat. *Euroscience.* 1988;25:857-87.
 95. Walker LW, Berger RJ. A polygraphic study of the tortoise, *Testudo denticulate*. *Brain Behav Evol.* 1973;8:453-67.
 96. Webb WB, Agnew HW. Sleep stage characteristics of long and short sleepers. *Science.* 1970;168:146-47.
 97. Zepellin H, Rechtshaffen A. Mammalian sleep, longevity and energy metabolism. *Brain Behav Evolution.* 1974;10:425-70.

РЕЦЕНЗИЯ
НА КНИГУ ЧЛЕНА-КОРРЕСПОНДЕНТА РАН
ГЕННАДИЯ САМУИЛОВИЧА РОЗЕНБЕРГА
«ПОРТРЕТЫ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ»



Книга, изданная Самарским государственным экономическим университетом, была подписана к печати 9 августа 2017 г. и опубликована тиражом 500 экземпляров. Автором книга оценивается как научно-популярная, хотя с точки зрения рецензента она является научно-познавательной. Изложенное в книге объединено в 4 главы с 14 подразделениями и разделами; имеются «Заключение» (с. 203–210), именной указатель (с. 211–247) и список цитированной литературы (с. 227–247).

Открывается книга разделом «Введение» (с. 5–14), в котором Г.С. Розенберг повествует о своем отношении к экологии и к математическому моделированию экологических систем, к взаимоотношению искусства и науки.

Глава 1. Религия – Искусство (с. 15–50). В начале главы автор подчеркивает, что истоки взаимоотношения религии и искусства берут свое начало в первобытном обществе, в его мифологии и обрядах, пример которых – якутский шаманизм. Автор указывает, что религия способствовала развитию искусства. Автор ссылается на взгляды В.И. Вернадского, указывающего на теснейшую взаимосвязь религиозной мысли и художественного творчества, и подтверждает эту взаимосвязь репродукциями живописных творений Рубенса, Рафаэля, Верещагина и других гениальных художников. Автор подчеркивает далее, что в реалиях современной жизни религия, искусство и наука не противоречат друг другу, и подтверждает это многими примерами экологического характера и примерами изобразительного искусства, объединенными в таблицы. В конце главы автор приводит ссылку на



Д.М. Угриновича, указывающего, что в ходе исторического развития религия и искусство проникали друг в друга, а не просто взаимодействовали.

Глава 2. Религия – Наука (с. 39–50). Глава начинается с утверждения автора о том, что диалектика экологии и экологизированного мышления дает возможность приблизиться к религиозной проблематике. Автор указывает, что сохранение и выживание человечества зависят от радикального изменения его отношения к природе. Автор ссылается на основателей «Римского клуба» и идеологии так называемого «нового гуманизма» – условия сохранения и человеческого общества, и природы, в которых человеческое общество возникло и совершенствовалось. Автор отмечает, что новая экологическая религия основана на лучшем в идеологическом смысле, что содержится в основных классических религиях, – от индуизма до христианства. Автор указывает, что жизнь, воплощенная в организмах, при изменении условий не исчезает, а дает начало другим живым существам – новым микроорганизмам, грибам, растениям и животным. Автор объясняет далее предпосылки рассмотрения Святой Розалии и Святого Франциска Аквинского как покровителей Экологии, а Святого Власия – как покровителя домашних животных и, в частности, коров.

Глава 3. Искусство – Наука (с. 51–90). Автор начинает главу с обсуждения противопоставления однозначности языка науки как непреложности и многозначности языка искусства, хотя по мнению автора такое противопоставление устаревшее. Далее, автор обращает внимание на метафоры, распространенные в экологии, геологии и иных науках, пример которых – «белый шум», «солнечный ветер», «земная

кора», «экологическая ниша» и т. д. Затем автор переходит к рассмотрению разницы между языками науки и искусства, представленными в виде таблицы показателей науки и искусства, научной и художественной деятельности.

Затем автор рассматривает иллюстрированные примеры к экологическим законам и моделям, например, моделям роста популяций – по убеждению автора, разделяемому и рецензентом, наиболее развитому разделу математической экологии. Автор обращает внимание на исключительную важность ряда Фибоначчи, достижений Мальтуса, уравнения Ферхюльста. Автор объясняет, почему вычисление максимальной численности популяции и установление времени достижения этой численности – одна из основ теоретической экологии.

Далее профессор Г.С. Розенберг переходит к обсуждению проблемы перспективы как великому открытию художников эпохи Возрождения, учитывающего и деятельность человеческого органа зрения – глаза, что переводит теорию перспективы из раздела художественного творчества в раздел геометрии. Далее автор анализирует все известные формы перспективы – прямую и обратную, линейные, фронтальные, угловую, панорамную и другие, после обсуждения перспективы автор переходит к обсуждению так называемого «Золотого сечения» или «Золотой пропорции», в основе которой – самоподобие. Автор завершает рассмотренное выше повествованием о так называемом «Витрувианском человеке», что имеет отношение к известной проблеме «глобального потепления». Затем начинается обсуждение рисунка Пабло Пикассо «Бык» со всеми его одиннадцатью положениями, что автор оценивает как абстрактную геометрическую композицию и аналогию перехода от имитационного моделирования к аналитическому.

Важнейший вывод, к которому приходит автор в третьей главе, это вывод о становлении нового раздела экологии – математической экологии, об осуществлении которой мечтали и А.А. Ляпунов, и А.А. Любищев, и И.И. Шмальгаузен, и Л.С. Берг, и многие иные выдающиеся представители отечественной науки.

Безусловное достоинство главы – великолепное, обдуманное и обоснованное подтверждение ее содержания блестяще подобранными иллюстрациями, свидетельствующими о справедливости вывода автора о влиянии эстетики на науку и науки на эстетику, т. е. науки на искусство и искусства на науку.

Глава 4. Наука – Искусство (с. 91–202). Автор начинает главу с высказывания убеждения в том, что взаимопроникновение искусства и науки столь значительно, что выяснить, что оказывает основное влияние, невозможно, хотя анализ перспективы и золотого сечения – все же в первую очередь искусство, с чем нельзя не согласиться.

В подразделе «Геометрия Эшера» автор высказывает убеждение, что геометрия ближе к искусству, поскольку она – пространственное воображение, организованное стройной логикой. Автор пишет, что реализации идеи геометризации – первооснова, как он образно выражается, «интеллектуальной пищи». В части подраздела, названного «Пейзажи», автор возвращается к деяниям М. Эшера и обсуждает его пейзажные ксилографии, в том числе и в аспекте моделирования экологических систем. В подразделе, именуемом «Мозаика», автор пишет о деяниях М.В. Ломоносова, о смальтовых мозаиках, о М.Л. Воронцове, о мозаичных изделиях и их экономической реализации.

После обсуждения деяний М.Л. Воронцова автор переходит к анализу модельно-экологического смысла мозаик М. Эшера и указывает, что эти мозаики интерпретируют принцип плотной упаковки экологических ниш, объясненный Р. Мак-Артуром. Автор обсуждает далее выявленный Г.Ф. Гаузе принцип так называемого конкурентного исключения, приводит примеры его проявления и указывает на закон максимума плотности упаковки видов сообщества в данной среде в формулировке Юрия Михайловича Свиричева. Затем автор переходит к анализу многогранников, именуемых телами Платона, – тетраэдра, куба, октаэдра, додекаэдра и икосаэдра, и повествует об интерпретации их смысла. Автор разбирает, далее, соотношения порядка и хаоса, колебательные процессы, равновесность и неравновесность, открытые и закрытые системы. Автор обращается к обсуждению проявлений конкуренции, к энтропии и ее эффектам, к аллелопатии и алхимии, к оценке взглядов Сергея Васильевича Мейена, к эвристическим представлениям и их возможностям, к категориям классификации, включая и классификацию жизненных форм организмов, к представлению о спирали и ее проявлениям и объяснениям, к эффектам гомологии и их оценкам, к свидетельствам зональности и проявлениям зонирования, к циклам и ритмам.

Далее Г.С. Розенберг обсуждает личность английского художника Вильяма Хогарта и оценки прямых и изогнутых линий по их декоративности и познавательному значению в духе книги D'Arcy Thompson «On Growth and Form». Автор переходит затем к анализу и обсуждению форм пространства и привлекает внимание к так называемой петле Мебиуса, геометрии Н.И. Лобачевского и вновь к М. Эшеру и к модельно-экологической интерпретации, к G- и R-анализам, к так называемому коэффициенту Серенсена, к парадоксу «невозможных фигур» и к фильму «Достижение невозможного», вышедшему на экраны в Канаде в 2007 г.

Почти в конце главы, в разделе «Самовоспроизведение» автор опять возвращается к творчеству М. Эшера в связи с теорией информации и искусственным интел-

лектом и к эффекту так называемого «самоподобия». Самостоятельно автор рассматривает подраздел-рубрику «Дизайн», в котором рассказывает о направлениях творчества М. Эшера – от дизайна картин для королевской почты до дизайна оберточной бумаги, почтовых марок, денежных банкнот, экслибрисов и т. д., что отражало разнообразие талантов их исполнителя.

Автор не обходит вниманием и деятельность так называемого «ФАНО» – организации, которая нанесла более чем значительный вред отечественной науке. Автор ссылается при обсуждении «ФАНО» на такие авторитеты, как Поль Дирак, Вернер Гейзенберг, Анри Пуанкаре, Льюис Кэрролл, и приводит свидетельства странности его возникновения. Автор заканчивает раздел ссылкой на Льва Андреевича Арцимовича – крупнейшего отечественного физика, утверждавшего принципиальную важность необходимости свободы научного творчества, что противоречит всей деятельности упомянутого ФАНО.

Автор переходит далее к обсуждению геометрии Бенуа Мандельброта и к анализу представлений о фракталах, их проявлениях и значении для природы, человека и искусства. Автор рассматривает фрактальную структуру экосистем и ссылается при этом на результаты Давида Бежановича Гелашвили и Сванте Аррениуса и затем переходит к изложению сведений о зоопланктоне Чебоксарского водохранилища. Автор совершенно оправданно утверждает, что в настоящее время возникло новое направление в искусстве – фрактальная графика. Ближе к концу главы он делает глубокое и вполне оправданное утверждение о том, что концепция фракталов приобрела в настоящее время значение общенаучной парадигмы, что дает возможность выявлять, анализировать и сопоставлять самые различные объекты, имеющие место в природе, в искусстве и в науке.

Последний раздел четвертой главы посвящен так называемой видеоэкологии – разделу экологии, где основное внимание уделено зрительному восприятию окружающего мира при нормальном зрении и при его патологических нарушениях. Автор совершенно справедливо обращает внимание читателей на тот факт, что визуальная среда может быть как способствующей здоровью, так и агрессивной, наносящей здоровью вред. Особое значение имеют высказывания автора о важности озеленения крыш зданий¹.

Конец книги Геннадий Самуилович Розенберг посвятил обсуждению проблемы нарушений климата на Земле, которые в настоящее время широко обсуждаются во всем мире.

¹ Рецензент впервые познакомился с этой практикой в Японии. Замечу, что на крышах в Японии выращивают не только декоративные растения – травянистые, кустарниковые древесные, – но и лекарственные и съедобные, включая плодовые – представители самых разных семейств, относящихся как к двудольным, так и к однодольным.

Завершает книгу раздел «Заключение» (с. 203–210), в котором автор высказывает вполне обоснованное и оправданное утверждение, что наука и искусство – различные и вполне самостоятельные области культуры.

Оценивая книгу Геннадия Самуиловича Розенберга в целом, можно лишь радоваться и изумляться мощности его интеллекта, обширности его познаний и их уникальной упорядоченности². Свидетельством которых является обширный именной указатель (с. 211–247)³.

В заключение позволю себе высказать автору два пожелания, они связаны с публикациями моих университетских друзей – учеников, как и я, Валентина Александровича Догеля.

Пожелание первое – ознакомиться с книгой Льва Николаевича Серавина⁴ «Теория информации с точки зрения биолога» (издательство ЛГУ, 1973, 160 с.). Второе пожелание относится к книге моего университетского друга Вячеслава Вильгельмовича Хлебовича⁵ «Критическая соленость биологических процессов» (Издательство «Наука», 1974 г.).

**Э.И. Слепян, доктор биологических наук,
профессор
Главный редактор журнала «Биосфера»**

² Близкую, но не такую же, упорядоченность я чувствовал у двух хорошо, я бы даже сказал, близко знакомых мне лиц – у Бориса Викторовича Раушенбаха и Льва Давидовича Ландау и, пожалуй, еще у Ивана Ивановича Шмальгаузена и Николая Владимировича Тимофеева-Ресовского (переписку с которыми бережно сохраняю).

³ Полагаю вполне оправданным отметить, что среди тех лиц, которых называет в своей блистательной книге Геннадий Самуилович Розенберг, помимо тех, кого я уже упомянул, я хорошо был знаком с еще несколькими. Расскажу об этих знакомствах. Моя мама Валентина Петровна Зубкова-Гаржевская дружила с сестрой Льва Андреевича Арцимовича Верой Андреевной, у которой была дочь Ольга. Мама решила нас познакомить, надеясь, что возникнет роман, но этого не произошло. Не знаю когда, где и как, но Ольга познакомилась с Булатом Окуджавой и влюбилась в него, как и он в нее. Помню, как я устроил в Ботаническом институте встречу общественности с Булатом, и он подарил мне только что опубликованную в Москве книгу своих произведений. Ее попросил у меня на время Андрей Алексеевич Яценко-Хмельевский, который вместе со своим однокурсником Арменом Леоновичем Тахтаджаном был на этой встрече. Андрею Алексеевичу я отказать, естественно, не мог. Книгу он мне так и не вернул. После ухода Андрея Алексеевича из жизни я просил его дочь Риту найти книгу. Но она, увы, книгу не нашла. О ее судьбе, возможно, знает сын Риты – внук Андрея Алексеевича Андрей. Но он переехал на постоянное место жительства в Германию. Так эта книга и исчезла. Знал я хорошо и еще двух замечательных людей, упомянутых Геннадием Самуиловичем Розенбергом. Первый из них – ленинградец Александр Александрович Любищев, второй – москвич Сергей Викторович Мейен, которого я по его просьбе называл просто Сережа. Александр Александрович – совершенно замечательный ученый, ушедший из жизни в 1972 г. на семьдесят втором году жизни (при жизни, когда мы встретились в Ульяновске, Александр Александрович подарил мне все свои труды, которые я затем передал в Сколково).

⁴ Мой близкий университетский друг, с которым вместе я посещал Памир – Горный Бадагшан, – ушел из жизни в 2010 г.

⁵ Этот ученик Валентина Александровича Догеля жив, продолжает трудиться и время от времени публикуется в журнале «Биосфера».

РЕЦЕНЗИЯ НА КНИГУ:
Протасов О.О.
БИОГЕОМИКА. ЭКОСИСТЕМЫ СВИТУ
В СТРУКТУРЕ БИОСФЕРИ

Киев.: Академперіодика, 2017. 382 с.

(Протасов А.А. Биогеомика. Экосистемы мира в структуре биосферы. Киев: Академперіодика, 2017. 382 с.)

Свои представления о «биогеоме» как крупной структурной единице биосферы известный гидро-биолог А.А. Протасов¹ стал развивать со второго десятилетия XXI в., а рецензент первоначально познакомился с ними по статьям в журнале «Биосфера» [12, 13]. Рецензируемая книга, естественно, позволяет более подробно ознакомиться с этой новой теоретической конструкцией в рамках биосферологии.

Монографию открывает «Предисловие» (с. 3–6), которое написал академик НАН Украины Д.М. Гродзинский: «Вечный дом человечества – биосфера – является сложной системой, структуру и свойства которой крайне необходимо познать, так как вмешательство человека в биосферные процессы стало настолько мощным, что возникла угроза необратимых изменений окружающей среды, истощения ее животворных ресурсов для существования цивилизации. Именно поэтому так важно раскрыть все тайны биосферы, чтобы не перейти границы допустимого воздействия деятельности человечества, после которых система биосферы может быть необратимо разрушена» (с. 3). Он справедливо подчеркивает, что антропогенные воздействия одновременно направлены на всю иерархию экосистем, – начиная от отдельных биогеоценозов и заканчивая биосферой в целом. И с этой точки зрения, данная книга посвящена важной проблеме – изучению структуры биосферы, к которой Протасов подошел с собственной концепцией в отношении организации биоты и среды жизни нашей планеты, рассмотрев однотипные экосистемы как одну из ключевых единиц структуры биосферы.

Сам автор так формулирует во «Введении» (с. 7–14) цель своей работы: «И вот здесь мы находим главное отличие биосферы от всех других земных сфер: живое вещество, будучи специфически структурированной, чрезвычайно активно преобразует свою среду. Эта связь настолько сильна и всеобъемлюща, что

¹ 28 сентября 2009 г. на X съезде Всероссийского гидробиологического общества при РАН (г. Владивосток) А.А. Протасов стал пятым лауреатом Почетной медали этого общества имени Г.Г. Винберга (присуждается российским и иностранным ученым за выдающиеся достижения и большой вклад в развитие международного сотрудничества в области фундаментальной гидробиологии).



биосферу нельзя рассматривать ни как зону жизни на планете, ни как собственно жизнь, что проявляется в существовании каждого индивида и различных их ассоциаций. Именно поэтому, исходя из двух основных принципов экологии (ассоциативности организмов и их взаимосвязи со средой обитания), экосистемы рассматриваются как наименьшие элементы, “кванты” биосферы... Жизнь имеет дискретную основу. Ее еди-

ница – организмы. В масштабах биосферы они образуют определенную целостность – живое вещество с собственной иерархической структурой... Биосфера – это сложная система, которую условно можно представить формулой БИО + ГЕО, где первое слагаемое символизирует все [множество] планетарной жизни, а второе – все земные условия его существования... Биогеомика – одна из научных дисциплин, которая дает возможность познать структуру биосферы, некоторые важные закономерности ее жизни. Основной вопрос, на который она стремится дать исчерпывающий ответ, это: как именно из локальных экосистем формируется сложная, которая существует уже более трех миллиардов лет, биосфера нашей планеты? Биогеомы являются объектами этой дисциплины» (с. 9–11).

Первая глава монографии «Экосистема, биогеом, биосфера» (с. 15–135) – это попытка автора «навести» некий порядок в терминологическом «лесу». Вслед за Ю. Одумом он предлагает за самый первый объект исследований для экологов взять экосистему небольшого пруда или озера. Здесь можно вспомнить знаменитую фразу, сказанную профессором Московского университета Карлом Рулье еще в 1852 г.: «Вместо путешествий в далекие страны, на что так жадно кидаются многие, приляг к лужице, изучи подробно существа – растения и животных, ее населяющих, в постепенном развитии и взаимно непрестанно перекрещивающихся отношениях организации и образа жизни, и ты для науки сделаешь несравненно более, нежели многие путешественники, издавшие великолепно описания и изображения собранных естественных произведений... Полагаем задачей, достойною первого из первых ученых обществ, назначить следующую тему для ученого труда первейших ученых: “Исследовать три вершка ближайшего к исследователю болота относительно растений и животных и исследовать их в постепенном взаимном развитии организации и образа жизни посреди определенных условий”» [23, с. 140]. Эту метафору о «трех вершках болота» в качестве эпиграфа использовал в своей магистерской диссертации его ученик Н.А. Северцов (интересна реакция на этот эпиграф рецензента работы Северцова, одного из основоположников ландшафтно-экологического подхода в исследовании природных систем А.Ф. Миддендорфа [10, с. 202]: «даже и самая ограниченная в своих желаниях лягушка не может довольствоваться тремя вершками болот! – подавно ученый»).

Удалось ли автору «навести порядок» в биосферной (экологической) терминологии? Мне представляется, что не совсем. *Во-первых*, можно было бы пойти чисто «лингвистическим» путем и упорядочить термины, например, так:

В.И. Вернадский, 1926 г. [4]: биосфера	К.Д. Старынкевич, 1919 г. [27]: биомерида, геомерида В.Н. Беклемишев, 1928 г. [2, 27]: Геомерида (с заглавной буквы)
(?) экосфера	Б.С. Соколов, 2009 г. [25]: биогеомерида
Ф. Клементс (F. Clements; 1916 г.) [22]: биом	М.А. Глазовская, 1972 г. [5]: технобиогеом В.Б. Сочава [26]: геом
(?) эком	Ю.И. Тесаков, 1978 г. [29]; А.А. Протасов, 2012 г. [12]: биогеом
А. Тэнсли (A. Tansley; 1935 г.) [22, 35]: экосистема	В.Н. Сукачев, 1942 г. [22, 28]: биогеоценоз

Экосфера (биосфера) → Биогеомерида (геомерида)
Эком (биом) → Биогеом
Экосистема → Биогеоценоз

Тогда слева представлены безразмерные единицы (эко), справа – «привязанные» к достаточно крупным географическим (ландшафтным) образованиям (биогео). Я себе вполне отдаю отчет в том, что сегодня вряд ли кто (да и я сам) будет менять «биосферу» на «экосферу», «биом» на «эком»; да и «биогеоценоз» остается только нашим, отечественным «изобретением», не нашедшим поддержки в мировой научно-экологической литературе. Термин «биогеомерида» весьма громоздок и тоже, как мне кажется, не пойдет в «широкие массы».

Во-вторых, границу можно провести по линии «целое – части» (холистический – меристический подход). Но и здесь противопоставления «биосфера – геомерида» или «биом – биогеом» не очевидны, и на это, будем справедливы, указывает и сам А.А. Протасов. Действительно, по названию («геомерида»), вроде, В.Н. Беклемишева можно «записать» в «организмисты», тогда как В.И. Вернадский – холист и континуалист. Но, читаем у Беклемишева [1, с. 1765]: «В результате этого всестороннего изучения живого покрова (*геомериды*. – Г.Р.) человечество должно получить целостную картину жизни на Земле, охватывающую как самые общие ее закономерности, так и мельчайшие детали. Необходимость целостного познания (выделено мной. – Г.Р.) всего процесса жизни на нашей планете становится все более острой...» Или цитата, которую приводит и Протасов: «В каждый данный момент вре-

мени, от докембрия и до наших дней, живой покров Земли представлял *организованное целое (выделено мной. – Г.Р.)*, существующее благодаря достаточно сложному функционированию своих частей» [2, с. 26]. Таким образом, и биосфера, и геомерида – целостные образования и на этой основе трудноразличимы.

Наконец (и об этом также говорит А.А. Протасов), разделение понятий можно провести по параметру «функционационности», – любая система (в том числе биосфера, биогеом, экосистема и пр.) обладает структурой (анатомией; формализуется с помощью ориентированного графа) и поведением (физиологией; функционирование и изменение во времени; см. [6, 19]). Большинство понятий (существующих и предлагаемых выше и в

работе Протасова) структурны. Например, А.И. Кафанов [8, с. 487] отмечает: «если биосфера – это географическая оболочка Земли, то Геомерида (биострома) – живой покров, органическая составляющая биосферы». Название самой монографии, да и названия статей Протасова [13, 34] в этом контексте весьма красноречивы – «Макроструктура биосферы и место в ней биогеома» и «Биогеомы гидросферы и суши как элементы биосферной структуры». Такой подход, естественно, имеет право на жизнь. Приведу слова выдающегося отечественного фитоценолога Л.Г. Раменского [15, с. 196]: «Без анализа биобаланса ценозов мы не можем толком разобраться ни в экологических закономерностях, ни в явлениях устойчивости и смен растительных группи-

Основные системы типов биомов

Биогеомы	Биомы				
	1	2	3	4	5
1. Биогеом дождевых тропических лесов (гилея)	+	+	+	+	+
2. Биогеом периодических лесных экосистем	+	+	+	+	+
3. Биогермовый биогеом (высокая и стабильная температура воды, круговое тропическое распространение, большинство экосистем существует в верхней части фотической зоны; основная из современных форм жизни – рифообразующие кораллы, огромное разнообразие видов и форм жизни)	+			+	+
4. Тундровый биогеом	+	+	+	+	+
5. Травяной безлесый биогеом умеренной зоны (степь, прерия, пампасы)	+	+	+	+	+
6. Шельфовый биогеом	+				+
7. Гидротермальный биогеом (источники подземных вод; глубинные минеральные воды с высокой температурой, большие гидрохимические и тепловые градиенты; малоподвижные и подвижные формы, богатый состав и пространственно-сложное сообщество гетеротрофных организмов; можно дополнить этот биогеом пещерными экосистемами, которые рассматриваются, в частности, в «Экосистемах мира» [36])					+
8. Реобиогеом	+				+
9. Лимнобиогеом					+
10. Биогеом пустынь	+		+		+
11. Пелагический биогеом океана (широтная термическая зональность в поверхностных слоях, низкая и относительно стабильная температура на глубине, разделение фотической и афотической зон, круговые течения; превалирование пастбищной и детритной пищевых цепей, царство nekтона и планктона со значительной вертикальной миграцией)	+			+	
12. Батинально-абиссальный биогеом (низкая и стабильная температура без четкой широтной зональности, осадконакопление зависит от процессов в пелагиале; преобладание малоподвижных глубоководных форм, которые всегда имеют контакты с субстратом, отсутствие автотрофных организмов)					+
13. Внегеобиомные экосистемы					

Примечание. Биомы по классификации: 1 – Р. Уиттекера [30], 2 – Г. Вальтера [3], 3 – Ю. Одума [11], 4 – Р. Риклефса [16], 5 – Д. Гудолла [32].

ровок (можно добавить, биогеоценозов и экосистем. – Г.Р.)). Но не следует забывать и второй составляющей любой системы – ее изменения во времени. Мне представляется, как и с определением понятия «сложная система» [19, Т. 1, с. 13–18], «динамическое» определение может оказаться более конструктивным. Справедливости ради, опять же, укажу на то, что Протасов в своих последующих работах [14] приходит именно к такому пониманию проблемы.

Главы 2–14 (с. 136–354) посвящены описанию 12 конкретных биогеомов, выделенных А.А. Протасовым (последняя глава – внебиогеомным экосистемам). Он сгруппировал экосистемы по соотношению биотических и косных элементов, что, по его мнению, более адекватно их природе. При этом автор различает три типа биогеомов (они разделены в таблице горизонтальными линиями) – «биотический» (с явным преобладанием биотических компонент), «олигобиотический» (роль биотических компонентов не выглядит определяющей) и «суббиотический» (в экосистемах явно преобладают абиотические элементы). Вслед за Д.М. Гродзинским отмечу, что различные, достаточно крупные «объединения» экосистем и их место в структуре биосферы неоднократно обсуждались и ранее; особо здесь «преуспели» биогеографы (правда, они чаще рассматривали экосистемы суши в ущерб водным экосистемам). Классический вариант такой типизации – биомы (термин предложен Ф. Клементсом [F. Clements] еще в 1916 г. [22]). Их классификация основана на типах растительности и основных стабильных физических чертах климата и ландшафта.

Для сравнения в таблице ниже приведено соответствие биогеомов Протасова основным биомам (всего их с разной детализацией выделяют более 50), которые стали уже достаточно традиционными (см. [3, 11, 16, 30, 32²]; обобщенная классификация биомов представлена в работе [22, с. 340–341]).

Анализ этой таблицы позволяет сделать вывод о том, что биогеомы Протасова, пожалуй, впервые столь подробно фиксируют внимание на водных экосистемах. И с этой точки зрения весьма интересны рассуждения Протасова об экологической и биологической конвергенции, об особенностях ноосферогенеза (процесс формирования, внедрения и даже замены чисто природных экосистем достаточно своеобразными биокосными системами нового типа – антропогенными, техноэкосистемами). Это, естественно, определяет оригинальность и ценность данного исследования.

И все-таки, как мне представляется, 12 биогеомов недостаточно, чтобы полно описать структуру биосферы.

² Все 30 томов «Экосистем мира» названы в работах [20, с. 197–199; 21, с. 152–153].

ры. Я уже говорил, что биогеографами выделено более 50 биомов и можно было бы включить в число биогеомов, например, такие, как горные местообитания и экосистемы, аркто-альпийские полупустыни и пустыни (в условиях крайне холодного климата), пустоши и связанные с ними кустарники и др. Кстати, экотоны на границе суши и моря (скалистые побережья, песчаные отмели, илистые мелководья) и экотоны на суше (например, бореальный экотон [9, 31] или экотон «лес – степь» [24]) – также очень интересный объект статуса биогеома; некоторые из этих объектов рассмотрены в главе 14 «Внебиогеомные экосистемы».

Завершает работу «Заклучение (с. 355–364), в котором конспективно подведены итоги исследования. Здесь же А.А. Протасов подчеркивает антропогенную преобразованность большинства современно существующих экосистем. Это огромный «пул» объектов, которые, например, Ю. Одум [33] называл «техно-экосистемами», а Д. Гудолл [32] – «управляемыми экосистемами»; это экосистемы полевых [агроэкосистемы] и лесных культур, парниковые и биопромышленные экосистемы, экосистемы нарушенного грунта, управляемые водные экосистемы, урбоэкосистемы и пр. И это уже область «ноосферологии» и «устойчивого развития» (см., например, [17]).

Заканчивая рецензию на эту очень интересную и богатую по содержащейся в ней информации, теоретическим представлениям и новым идеям монографию, отмечу следующее. Наверное, главная черта, поражающая нас в окружающем мире, – это гармония всех элементов и процессов, происходящих в нем. Каждый вид занимает строго определенное место в экосистеме, которое определяется как его положением в круговороте вещества и энергии, так и конкурентными отношениями. Высокий потенциал увеличения численности и потребностей любого вида ограничивается емкостью местообитания (человеку также стоит об этом задуматься...). В результате все виды оказываются словно «точно подогнаны» друг к другу («объединяясь» в сообщества разного масштаба) и условиям среды. Это достигается за счет регулирующих механизмов, действующих на каждом из уровней биологической иерархии (особи – экосистемы – биогеомы – биосфера...). Заслуга А.А. Протасова состоит в том, что он последовательно развивает представления об экосистемах со сходными косными компонентами (которые он определяет как *геом*), имеющими сходные биотические компоненты (определяемыми как *биом*); а вместе – это *биогеомы*. Если удастся найти и оптимизировать механизмы, гармонично регулирующие структуру и функционирование биогеомов, мы с уверенностью сможем принять еще одно [18] определение экологии: «экология – наука о механизмах поддержания гармонии и обеспечения устойчивости экологических систем» [7, с. 5].

Литература

Список русскоязычной литературы

1. Беклемишев ВН. Возбудители болезней как члены биоценозов. Зоол. журн. 1956;35(12):1765-79.
2. Беклемишев ВН. Об общих принципах организации жизни. Бюлл. МОИП, отд. биол. 1964;69(2):22-38.
3. Вальтер Г. Общая геоботаника. М.: Мир; 1982.
4. Вернадский ВИ. Биосфера. Л.: Науч. хим.-техн. изд-во; 1926.
5. Глазовская МА. Технобиogeомы – исходные физико-географические объекты ландшафтно-геохимического прогноза. Вестн. МГУ. Сер. V – География. 1972(6):23-35.
6. Голубець МА. Екосистемологія. Львів: Поллі; 2000.
7. Захаров ВМ., Трофимов ИЕ. Экология сегодня. Экология как мировоззрение. Человек и природа. М.: Департ. природопол. и охр. окруж. среды г. Москвы / Центр устойч. разв. и здоровья среды ИБР РАН / Центр экол. полит. России; 2015.
8. Кафанов АИ. Континуальность и дискретность геомериды: биомический и биотический аспекты. Журн. общ. биол. 2004;56(6):486-512.
9. Коломыц ЭГ. Бореальный экотон и географическая зональность: Атлас-монография. М.: Наука; 2005.
10. Миддендорф АФ. Разбор сочинения г. Северцова под заглавием: «Периодические явления в жизни зверей, птиц и гадов Воронежской губернии», составленный академиком А. Миддендорфом. В кн.: Двадцать пятое приращение учрежденных П.Н. Демидовым наград. СПб.: Изд. Импер. Академии наук; 1856. с. 191-212.
11. Одум Ю. Экология. В 2 т. М.: Мир; 1986.
12. Протасов АА. Биогeом как структурная единица биосферы. Биосфера. 2012;4(3):280-5.
13. Протасов АА. Макроструктура биосферы и место в ней биогeома. Биосфера. 2013;5(4):384-92.
14. Протасов АА. Тренды в эволюционной системе биосферы. Биосфера. 2015;7(3):289-94.
15. Раменский ЛГ. О некоторых принципиальных положениях современной геоботаники. Бот. журн. 1952;37(2):181-201.
16. Риклефс Р. Основы общей экологии. М.: Мир; 1979.
17. Розенберг ГС. Волжский бассейн: на пути к устойчивому развитию. Тольятти: Кассандра; 2009.
18. Розенберг ГС. Еще раз к вопросу о том, что такое «экология»? Биосфера. 2010;2(3):324-35.
19. Розенберг ГС. Введение в теоретическую экологию / В 2 т. Тольятти: Кассандра; 2013.
20. Розенберг ГС. Атланты экологии. Тольятти: Кассандра; 2014.
21. Розенберг ГС. Легенды количественной геоботаники XX века. Эвелин Пилу (Evelyn Chris Pielou; 20 февраля 1924 г.). Дэвид Гудол (David W. Goodall; 4 апреля 1914 г.). Фиторазнообразие Восточной Европы. 2014(1):142-56.
22. Розенберг ГС, Мозговой ДП, Гелашвили ДБ. Экология. Элементы теоретических конструкций современной экологии (Учебное пособие). Самара: Самар. НЦ РАН; 1999.
23. Рулье КФ. Избранные биологические произведения. М.: АН СССР; 1954.
24. Симоненкова ВА, Кулагин АЮ. Биоклиматическая характеристика зонального экотона леса и степи Южного Предуралья в условиях антропогенного воздействия на окружающую среду и очаги массового размножения филлофагов. Карел. науч. журн. 2016;5(3):85-8.
25. Соколов БС. Биосфера как биогеомериды и ее биотоп. Биосфера. 2009;1(1):1-5.
26. Сочава ВБ. Введение в учение о геосистемах. Новосибирск: Наука; 1978.
27. Старынкевич КД. Стрoение жизни. М.: ГЕОС; 2013.
28. Сукачев ВН. Идея развития в фитоценологии. Сов. ботаника. 1942;(1-2):7-17.
29. Тесаков ЮИ. Табуляты. Популяционный, биогеоценологический и биостратиграфический анализ. М.: Наука; 1978.
30. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. М.: Прогресс; 1980.
31. Усольцев ВА, Терехов ГГ, Ненашев НС, Пальмова НВ, Балицкий МИ, Касаткин АС, Лысенко ДИ, Канунникова ОВ, Кузьмин НИ. Биологическая продуктивность лесных культур на бореальном экотоне. Хвойные бореальные зоны. 2007;24(1):42-54.

Общий список литературы/Reference List

1. Beklemishev VN. [Pests as components of biocenoses]. Zool Zhurn. 1956;35(12):1765-79. (In Russ.)
2. Beklemishev VN. [On general principles of organization of life]. Biull MOIP Otd Biol. 1964;69(2):22-38. (In Russ.)
3. Valter G. Obshchaya Geobotanika. Moscow: Mir; 1982. (In Russ.)
4. Vernadsky VI. Biosfera. Leningrad; 1926. (In Russ.)
5. Glazovskaya MA. [Technobiogeoms as the primary physico-geographic objects for geochemical landscape forecasting]. Vestn MGU Ser V Geografiya. 1972(6):23-35.

6. Golubets MA. Ekosistemologiya. Lvov: Polli; 2000. (In Ukrainian)
7. Zaharov VM, Trofimov IE. Ekologiya Segodnya Ekologiya kak Mirovozzrenie Chelovek i Priroda. Moscow; 2015. (In Russ.)
8. Kafanov AI. [Continuity and discreteness of geomerida: Bionomic and biotic aspects]. Zhurn Obshch Biol. 2004;56(6):486-512. (In Russ.)
9. Kolomyts EG. Borealnyj Ekoton i Geograficheskaya Zonalnost Atlas-Monografiya. Moscow: Nauka; 2005. (In Russ.)
10. Middendorf AF. [An analysis of the writing by Mr. Severtsov entitled "Periodic phenomena in the life of animals, birds and worms of Voronezh Province"]. In: Dvadsat Piatoe Prisuzhdeniye Uchrezhdeniykh P.N. Demidovym Nagrad. Saint Petersburg: Izdadelstvo Imperatorskoy Akademii Nauk; 1856. P. 191-212. (In Russ.)
11. Odum Yu. Ekologiya. Moscow: Mir; 1986. (In Russ.)
12. Protasov AA. [Biogeome as the structural unit of the biosphere]. Biosfera. 2012;4(3):280-5. (In Russ.)
13. Protasov AA. [The macrostructure of the biosphere and the place of biogeome therein]. Biosfera. 2013;5(4):384-92. (In Russ.)
14. Protasov AA. [Trends in the evolutionary system of the biosphere]. Biosfera. 2015;7(3):289-94. (In Russ.)
15. Ramenskiy LG. [On some principal concepts of present-day geobotany]. Bot Zhurn. 1952;37(2):181-201. (In Russ.)
16. Riklifs R. Osnovy Obshej Ekologii. Moscow: Mir; 1979. (In Russ.)
17. Rozenberg GS. Volzhskiy Basseyn: Na Puti k Ustojchivomu Razvitiyu. Togliatti: Kassandra; 2009. (In Russ.)
18. Rozenberg GS. [The issue of what is ecology revisited]. Biosfera. 2010;2(3):324-35. (In Russ.)
19. Rozenberg GS. Vvedeniye v Teoreticheskuyu Ekologiyu. Togliatti: Kassandra; 2013. (In Russ.)
20. Rozenberg GS. Atlanty Ekologii. Togliatti: Kassandra; 2014. (In Russ.)
21. Rozenberg GS. [The legends of quantitative geobotany of the XX century: Evelyn Chris Pielou (20 February, 1924) and David W. Goodall (4 April, 1914)]. Fitoraznoobraziye Vostochnoy Yevropy. 2014(1):142-56. (In Russ.)
22. Rozenberg GS, Mozgovoy DP, Gelashvili DB. Ekologiya Elementy Teoreticheskikh Konstruktyri Sovremennoy Ekologii Uchebnoye Posobiye. Samara: Samarskiy NTs RAN; 1999. (In Russ.)
23. Rulye KF. Izbrannye Biologicheskiye Proizvedeniya. Moscow: AN SSSR; 1954. (In Russ.)
24. Simonenkova VA, Kulagin AY. [Bioclimatic characterization of the zonal ecoton of forests and steppes of Southern part of Western piedmont of Urals under anthropogenic impact on the environment and massive proliferation of leaf-eating insects]. Karel Nauch Zhurn. 2016;5(3):85-8. (In Russ.)
25. Sokolov BS. [Biosphere as biogeomerida and its biotope]. Biosfera. 2009;1(1):1-5. (In Russ.)
26. Sochava VB. Vvedeniye v Ucheniye o Geosistemakh. Novosibirsk: Nauka; 1978. (In Russ.)
27. Starynkevich KD. Stroyeniye Zhizni. Moscow: GEOS; 2013. (In Russ.)
28. Sukachev VN. [The idea of development in phytocenology]. Sov Botan. 1942;(1-2):7-17. (In Russ.)
29. Tesakov YuI. Tabuliaty Populiationnyj, Biogeotsenoticheskij i Biostratigraficheskij Analiz. Moscow: Nauka; 1978. (In Russ.)
30. Wittaker R. Soobshchestva i Ekosistemy. Moscow: Progress; 1980. (In Russ.)
31. Usoltsev VA, Terekhov GG, Nenashev NS, Palmova NV, Balitskiy MI, Kasatkin AS, Lysenko DI, Kanunnikova OV, Kuzmin NI. [Biological productivity of sylvan cultures upon the boreal ecotone]. Khvoynye Borealnye Zony. 2007;24(1):42-54. (In Russ.)
32. Goodall DW (ed.). Ecosystems of the World. Midland (W.A., Australia): CSIRO; 1977-2005.
33. Odum EP. The «tehnno-ecosystem». Bull Ecol Soc Amer. 2001;82:137-8.
34. Protasov AA. Biogeomes of hydrosphere and land as elements of the biosphere structure. Ecology and Noospherology. 2016;27(1-2):5-15.
35. Tansley AG. The use and abuse of vegetational concepts and terms. Ecology. 1935;16:284-307.
36. Wilkens H, Culver DC, Humphreys WF (eds.). Ecosystems of the World. V. 30. Subterranean Ecosystems. N.-Y.: Elsevier.; 2000.

Г.С. Розенберг,
член-корр. РАН,
заслуженный деятель науки
Российской Федерации

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

АПАРИН БОРИС ФЕДОРОВИЧ,

доктор сельскохозяйственных наук, профессор, научный руководитель Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, профессор кафедры почвоведения и экологии почв Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ). Вице-президент Общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Автор более 200 научных работ, в том числе 6 монографий. Области научных интересов: генезис и география почв, микробиология и экология почв. Дважды лауреат премии СПбГУ за научные труды. Руководитель научно-педагогической школы фундаментального почвоведения СПбГУ.



АРИСТАКЕСЯН ЕВГЕНИЯ АВЕТИКОВНА,

доктор биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории эволюционной сомнологии и нейроэндокринологии Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН (Санкт-Петербург). Родилась в 1949 г. в Ереване. В 1972 г. окончила Ереванский государственный медицинский институт. В течение 8 лет работала в качестве врача-неонатолога. С 1981 г. работала в ИЭФБ РАН по проблемам нарушений сна в условиях различных стрессогенных нагрузок: гипоксии, депривации, укачивания. В настоящее время основным направлением исследований является сравнительное исследование роли дофамин- и орексинергических нейромедиаторных систем в организации цикла бодрствование-сон у представителей холоднокровных и в онтогенезе теплокровных позвоночных. Является членом Всемирного и Европейского обществ по изучению сна, Российского общества сомнологов. Автор и соавтор 120 научных публикаций, в том числе главы коллективной монографии, посвященной физиологии и патологии цикла бодрствование-сон.



БАКИНА ЛЮДМИЛА ГЕОРГИЕВНА,

доктор биологических наук, заведующая лабораторией методов реабилитации техногенных ландшафтов Научно-исследовательского центра экологической безопасности РАН. Вы-



пускница кафедры географии почв биолого-почвенного факультета Санкт-Петербургского государственного университета. Основные научные интересы: закономерности восстановления почв и экосистем, нарушенных в результате различных видов антропогенных воздействий; определение допустимых уровней нагрузок на почвы; разработка биологических методов оценки качества природной среды; проведение мониторинга экосистем, нарушенных в результате техногенеза; изучение начальных стадий почвообразования; изучение роли гумусовых веществ в почвенно-экологических процессах. Автор 190 научных трудов в российских и зарубежных изданиях.

БАТАЕВ СЕРГЕЙ ИВАНОВИЧ,

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии Института эволюционной физиологии и биохимии им. И.М. Сеченова РАН (Санкт-Петербург). Родился в 1951 г. Окончил Ленинградский государственный университет в 1974 г. и аспирантуру Института физиологии им. И.П. Павлова АН СССР. Является автором и соавтором изобретения, 93 научных публикаций, удостоен Премии Ленинского комсомола в области науки и техники за 1981 г. Области научных интересов: нейрофизиология, эволюция, физиология и патология сна. В настоящее время проводит изучение влияния пароксизмальных проявлений на механизмы регуляции сна у крыс с наследственной предрасположенностью к аудиогенным судорогам. Результаты этих исследований имеют важное значение для понимания механизмов нарушений сна у животных и человека при различного рода эпилептиформных синдромах.



ЕВСЕГНЕЕВ ВЛАДИМИР АЛЕКСЕЕВИЧ,

кандидат юридических наук, доцент, научный консультант ООО «НИИП Градостроительства». В 1988 г. окончил юридический факультет Ленинградского государственного университета им. А.А. Жданова, впоследствии прошел обучение в аспирантуре названного факультета и защитил кандидатскую диссертацию по теме «Международно-правовые аспекты предупреждения наводнений и ликвидация их вредных последствий». Специалист в области земельного, экологического и градостроительного права. Автор более 40 публикаций.



**ЛОСКУТОВ
СВЯТОСЛАВ ИГОРЕВИЧ,**

кандидат сельскохозяйственных наук, научный сотрудник лаборатории ризосферной микрофлоры Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной микробиологии, генеральный директор ООО «НПО «БиоЭкоТех». Родился в 1985 г. в Тольятти, окончил Санкт-Петербургский государственный аграрный университет в 2007 г. Специалист в области метагеномики, геномной селекции, экологии.



**МАЛЮХИН
ДМИТРИЙ МИХАЙЛОВИЧ,**

родился в Тольятти в 1985 г., в 2008 г. окончил факультет экологии Санкт-Петербургской лесотехнической академии им. С.М. Кирова. Заместитель генерального директора полигона ТБО «Новый Свет-ЭКО». Специалист в области проектирования, эксплуатации и рекультивации полигонов для отходов производства и потребления, утилизации органической фракции ТКО, а также биоремедиации и рекультивации нарушенных земель. Автор более 15 научных публикаций.



**МИНГАРЕЕВА
ЕЛЕНА ВАЛЕРЬЕВНА,**

старший научный сотрудник в Центральном музее почвоведения им. В.В. Докучаева (ЦМП), аспирант во Всероссийском научно-исследовательском институте радиологии и агроэкологии в Обнинске по специальности радиобиология. Окончила биолого-почвенный факультет Санкт-Петербургского государственного университета в 2012 г. Занимается исследованиями содержания радионуклидов в разных типах почв и почвообразующих пород разных сроков отбора с использованием коллекций ЦМП.



**ОГАНЕСЯН
ГЕНРИХ АМАЗАСПОВИЧ,**

доктор медицинских наук, профессор, заведующий лабораторией сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии Института эволюционной физиологии и биохимии



им. И.М. Сеченова РАН (Санкт-Петербург). Родился в 1943 г., в 1966 г. окончил Ереванский государственный медицинский институт по специальности врач-хирург, работал нейрохирургом. С 1968 г. по настоящее время занимается нейрофизиологическими исследованиями в области корково-подкорковых взаимоотношений. С 1986 г. возглавляет лабораторию сравнительной сомнологии и нейроэндокринологии. Член Российского общества сомнологов. Автор более 140 работ, в том числе участник коллективной монографии «Физиология и патология цикла бодрствование-сон», переведенной на английский язык.

**ПУХАЛЬСКИЙ
ЯН ВИКТОРОВИЧ,**

родился в 1988 г. в Ленинграде, в 2010 г. окончил Санкт-Петербургский государственный аграрный университет по специальности ученый агроном-эколог. В 2011 г. поступил на работу во Всероссийский научно-исследовательский институт сельскохозяйственной микробиологии на должность инженера-микробиолога лаборатории ризосферной микрофлоры, где продолжает трудиться, совмещая свою научную деятельность с работой по междисциплинарным исследованиям в смежных НИИ, в том числе по агрохимическим исследованиям в ООО «НПО «Био-ЭкоТех». Автор и соавтор 10 публикаций по взаимодействиям растительно-микробных систем и процессов фиторекультивации различных типов и фракций почв, загрязненных тяжелыми металлами, в том числе монографии «Роль корневой экссудации в трофических взаимодействиях растений с ризосферными микроорганизмами».



**СУХАЧЕВА
ЕЛЕНА ЮРЬЕВНА,**

кандидат биологических наук, директор Центрального музея почвоведения им. В.В. Докучаева, доцент кафедры почвоведения и экологии почв Санкт-Петербургского государственного университета (СПбГУ). Занимается вопросами классификации естественных и антропогеннопреобразованных почв. Соавтор первой в мире цифровой крупномасштабной почвенной карты Санкт-Петербурга (1:50 000), а также среднимасштабной почвенной карты Ленинградской области (1:200 000). Известна своими исследованиями почв Ленинградской области и является одним из авторов монографии «Красная книга почв Ленинградской области». Дважды лауреат премии СПбГУ за научные труды.







Подписано в печать **29.09.2018.**
Отпечатано в типографии «Лпринт»:
197374, Санкт-Петербург, ул. Сабировская, 37,
Тел.: **+7(812) 430-91-55.**
Заказ № **1810620.** Тираж **700 экз.**
Цена свободная